

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Impacto da urbanização sobre as tartarugas verdes
(*Chelonia mydas*) e seu potencial como sentinela da
degradação costeira**

Juliana Santos Ferreira

**Vitória, ES
Março, 2018**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Impacto da urbanização sobre as tartarugas verdes
(*Chelonia mydas*) e seu potencial como sentinela da
degradação costeira**

Juliana Santos Ferreira

Orientador: Dr. Jean-Christophe Joyeux

Coorientador: Dr. Robson Guimarães dos Santos

**Dissertação 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 Mestre em Biologia
Animal.**

Vitória, ES
Março, 2018

JULIANA SANTOS FERREIRA

**Impacto da urbanização sobre as tartarugas verdes
(*Chelonia mydas*) e seu potencial como sentinela da
degradação costeira**

Dissertação 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 Mestre em Biologia Animal.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Jean-Christophe Joyeux
Orientador
Universidade Federal do Espírito Santo / UFES

Prof. Dr. Yuri Luiz Reis Leite
Examinador Interno
Universidade Federal do Espírito / UFES

Prof. Dr. Marcelo Renan de Deus Santos
Examinador Externo
Universidade de Vila Velha / UVV

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Dr. Jean-Christophe Joyeux pela oportunidade de realizar este trabalho e pelos aprendizados adquiridos neste processo e pela paciência com sua aluna. Te admiro imensamente. Muito obrigada.

Agradeço ao meu coorientador Robson Guimarães dos Santos por mais uma vez estar ao meu lado realizando este trabalho. Obrigada por confiar em mim. Sempre aprendo muito com sua orientação, e esses aprendizados me inspiram a continuar essa jornada.

Ao Levi e Davi que me ajudaram sempre, mostrando-se a todo tempo dispostos quando eu precisava de uma força. Muito obrigada.

Aos colegas de laboratório, Gabriel, Larissa, Ciro, Caio, Guabiroba, Ryan e Rebeka, que sempre deixavam o laboratório descontraído e divertido e incentivavam todos a progredir. Agradeço especialmente à Kathiani. Tenho certeza que Robson planejou te botar na minha vida para essa jornada ficar mais divertida!

A todos meus amigos, especialmente à Juliana pelo apoio, sempre me ajudando em campo, estudos e conversas. Obrigada pela parceria.

A toda equipe do Instituto de Ensino Pesquisa e Preservação Ambiental Marcos Daniel, pelo suporte em campo. Agradeço também ao Mozart, sem você não conseguiríamos fazer metade do trabalho em campo.

Finalmente agradeço às pessoas mais valiosas da minha vida. Minha família. Obrigada vovó pelos sábios conselhos, minha mãe por todo o apoio e interesse em meus projetos, especialmente meu pai pelo suporte, ensinamentos e conversas que levo comigo sempre. Por fim agradeço à Matheus, meu parceiro de vida, que me acompanhou em todas as etapas deste trabalho, me ajudando em campo, revisando meus trabalhos, dando apoio emocional e conselhos valiosos. Obrigada por ser meu suporte!

Sem vocês minha caminhada até aqui não seria a mesma.

Agradeço a todos!

RESUMO

Os ecossistemas costeiros possuem uma reconhecida importância para a manutenção da vida marinha e para os seres humanos, servindo de fonte de alimento e prestando diversos serviços ambientais. Porém, devido à densa ocupação humana nas regiões costeiras, esses ecossistemas estão entre os mais impactados e alterados do mundo. Portanto, podemos esperar que essas alterações tenham um efeito deletério direto na biodiversidade marinha. Dentre as espécies marinhas ameaçadas podemos destacar a tartaruga verde (*Chelonia mydas*), sendo atualmente considerada “em perigo” pela IUCN. Séculos de impactos antrópicos diretos ou indiretos, levaram à um declínio vertiginoso das populações de tartarugas verdes, principalmente aquelas no estágio juvenil, que fazem uso intenso da região costeira. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto da degradação ambiental sobre populações de tartarugas verdes em áreas com diferentes níveis de urbanização ao longo da costa brasileira, além de estabelecer parâmetros que possibilitem o uso dessa espécie em sua fase juvenil, como indicadora da degradação costeira. O grau de urbanização nas áreas de estudo foi determinado através de dados de iluminação visível à noite (Night-light - NL) obtidas por imagens de satélite, variando entre áreas não urbanizadas até altamente urbanizadas. Foram avaliados parâmetros de saúde das populações de *Chelonia mydas* em cada uma dessas áreas (severidade da fibropapilomatose, caracterização da dieta e condição corporal). Estes parâmetros foram utilizados de uma extensa base de dados previamente coletados. Através da análise de regressão linear múltipla, observamos que esses parâmetros de saúde respondem significativamente ao grau de urbanização ($R^2 = 29,47\%$; $p < 0,01$), de forma que quanto mais urbanizado for o ambiente, pior será a condição corporal ($p < 0,01$) no animal, mais severo será o quadro da fibropapilomatose ($p = 0,03$), e menor a riqueza da sua dieta ($p = 0,04$). Nossos resultados demonstram uma resposta significativa dessa espécie aos impactos ambientais locais, indicando que tartaruga verde tem um grande potencial como sentinela da qualidade ambiental, podendo representar mudanças ou desequilíbrios nas condições de qualidade de seus habitats, principalmente através do uso de escores de severidade da fibropapilomatose, que é uma métrica de rápida e fácil obtenção, mundialmente utilizada, e que é um forte indicador da saúde das tartarugas verdes.

Palavras-chave: tartaruga verde; urbanização; sentinela.

ABSTRACT

Coastal regions are among the most impacted and changed the world due to dense human occupation and their impact accumulated over the years. As a result, marine biodiversity has been suffering with direct deleterious effects. Among the marine species affected by human impacts, we can highlight the green turtle (*Chelonia mydas*), currently considered "endangered" by the IUCN. Centuries of anthropic impacts have led to a decline in these populations. Therefore, this study aimed to assess the impact of environmental degradation on populations of green turtles in areas with different levels of urbanization along the Brazilian coast, and to establish parameters that allow the use of this species in its juvenile stage, as an indicator of degradation coastal areas. The degree of urbanization in the study areas was determined by night-light (NL) data. Health parameters were evaluated populations of *Chelonia mydas* in each of these areas and through multiple linear regression analysis, we found that these parameters respond significantly to the degree of urbanization ($R^2 = 29.47\%$; $p < 0.01$). Therefore, the more urbanized the environment, the worse the body condition score ($p < 0.01$) more severe will be the fibropapillomatosis ($p = 0.03$), and lower the richness of their diet ($p = 0.04$). Our results show a significant response of the species to local environmental impacts, indicating that green turtle has great potential as a sentinel of environmental quality, especially through the use of severity scores of fibropapillomatosis, which is quick and easy to obtain, used worldwide, and which is a strong indicator of the health of green turtles.

Keywords: green turtle; urbanization; sentinel.

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Classificação da intensidade luminosa de acordo com Azevedo, 2013 - adaptado, para definição do grau de urbanização. Intervalo NL: escala de intensidade luminosa W/m^2**21**

Tabela 2.2: Resultados de biometria dos indivíduos de tartaruga verde em cada área de estudo. CCC (cm), Peso (kg), Índice de Condição Corporal (ICC) estão representados por média, com seus respectivos desvios padrão ($\pm DP$); ** = dado não disponível.....**26**

Tabela 2.3: Representação dos resultados de prevalência e severidade da doença fibropapilomatose em indivíduos de *Chelonia mydas* nas áreas de estudo. Prevalência: número relativo (%) de tartarugas afetadas pelo tumor; Severidade: número relativo (%) de tartarugas afetadas segundo o grau de severidade do tumor (FPS-1, FPS-2, FPS-3). * = Não houve registro de tartarugas afetadas pela doença neste local.....**30**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1:** Padrões comuns de declínio em 22 guildas de espécies de 12 ecossistemas no estudo para (A) mamíferos marinhos, (B) aves costeiras, (C) peixes, (D) répteis, (E) invertebrados e (F) vegetação. (G) crescimento populacional humano em tempo real e (H) em período cultural. Período cultural (Pre, pré-humano, HG, coletor-caçador; Agr, agrícola; Est, estabelecimento mercado-colonial; Dev, desenvolvimento mercado-colonial; Glo1, mercado global 1900-1950; e Glo2, mercado global 1950-2000). Em G e H cada uma das linhas representa um ecossistema no estudo. Dados de média e erro padrão. (Lotze et al., 2006 adaptado).....13
- Figura 1.2:** Espécime de *Chelonia mydas*, tartaruga verde. Fonte: Projeto TAMAR, 2015.....14
- Figura 2.1:** Áreas de estudo das populações de tartarugas verdes (*Chelonia mydas*) na costa brasileira. 1: Fernando de Noronha – PE; 2: Abrolhos – BA; 3: Fundão – ES; 4: Vitória – ES; 5: Vila Velha – ES; 6: Ubatuba – SP.....19
- Figura 2.2:** Classificação do grau de urbanização em relação às classes de intensidade luminosa (Night-light W/m²), para as localidades de estudo, na costa brasileira. Classificação variando entre não urbanizado à altamente urbanizado, baseado em Azevedo, 2013.....25
- Figura 2.3:** Frequência relativa da condição corporal dos indivíduos de *Chelonia mydas* nas localidades de estudo, de acordo com Walsh, 1999.....26
- Figura 2.4:** Peso médio dos resíduos antrópicos ingeridos por tartaruga (g) em cada área de estudo, com respectivo erro padrão.....27
- Figura 2.5:** Riqueza de gêneros de macrófitas encontrados na dieta das tartarugas verdes em cada área de estudo.....28
- Figura 2.6:** Média do número de tumores de fibropapilomatose por indivíduo de *Chelonia mydas* em cada área de estudo, com respectivo desvio padrão. A área de Fernando de Noronha não se encontra no gráfico pois não houve registro de tumores de FP nos indivíduos deste local.....29
- Figura 2.7:** Magnitude de efeito da urbanização sobre as variáveis preditoras da saúde dos indivíduos de *Chelonia mydas*. CC: condição corporal 1 (Normal) / 2 (Abaixo do

peso) / 3 (Emaciado); FPS: severidade da fibropapilomatose 0 (não afetada) / 1 (levemente afetada) / 2 (moderadamente afetada) / 3 (severamente afetada); Dieta: número de gêneros da dieta encontrados no esôfago dos indivíduos. N = 109. Símbolo vermelho = variável negativamente correlacionada; Símbolo azul = variável positivamente correlacionada. “***” $p < 0,01$; “**” $p = 0,03$; “*” $p = 0,04$**31**

SUMÁRIO

I. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
II. O POTENCIAL USO DE TARTARUGAS VERDES (<i>CHELONIA MYDAS</i>) COMO SENTINELA DA DEGRADAÇÃO COSTEIRA	17
1. Introdução	18
2. Metodologia	19
2.1. Área de estudo e determinação do grau de urbanização	19
2.2. Avaliação da saúde	21
2.2.1. Biometria e necropsia	21
2.2.2. Ingestão de resíduos antropogênicos.....	22
2.2.3. Avaliação da dieta.....	22
2.2.4. Fibropapilomatose	23
2.3. Parâmetro para o uso da <i>Chelonia mydas</i> como espécie sentinela.....	23
3. Resultados	24
3.1. Grau de urbanização.....	24
3.2. Avaliação da saúde	25
3.2.1. Biometria e necropsia	25
3.2.2. Ingestão de resíduos antropogênicos.....	26
3.2.3. Avaliação da dieta.....	27
3.2.4. Fibropapilomatose	28
3.3. Parâmetro para o uso da <i>Chelonia mydas</i> como sentinela.....	30
4. Discussão	31
4.1. Ingestão de resíduos antropogênicos	31
4.2. Dieta.....	32
4.3. Fibropapilomatose.....	34
5. Conclusão	35
5.1. <i>Chelonia mydas</i> como sentinela da qualidade ambiental	35
6. Considerações Finais	37
7. Referências Bibliográficas	38
III. ANEXO	46
Anexo I – Metodologia dos índices de fibropapilomatose	46
Anexo II – Figuras	47
Anexo III – Tabelas.....	48

Anexo IV - Script das análises do modelo de regressão linear múltipla no Rstudio	50
IV. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

I. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Historicamente os humanos vêm ocupando as áreas costeiras, onde quase metade da população mundial mora em até 60 km do litoral, e esse número vêm crescendo ao longo dos anos (Turner et al., 1996). Essa ocupação, por muitas vezes desordenada, é umas das principais causas de impacto nos sistemas costeiros, contribuindo assim para o esgotamento de seus recursos naturais (Halpern et al., 2015; Smallt & Nichollst, 2003). Séculos de sobre-exploração, transformação de habitat e poluição ofuscaram a magnitude total de degradação costeira e da perda de biodiversidade que por sua vez, prejudicaram a resiliência ecológica desses habitats (Lotze et al., 2006).

Alguns sintomas do impacto do desenvolvimento humano na saúde ecológica dos ambientes marinhos incluem o aumento da frequência e intensidade das florações algais, o aumento da pressão de captura sobre as espécies de alto nível trófico como por exemplo a sobrepesca, a perda de habitats de reprodução e berçário, além da propagação de poluentes químicos como dioxina e bifenilos policlorados (PCBs) que têm a capacidade de bioacumulação na teia trófica (Aguirre et al., 2002). Múltiplos impactos antrópicos ameaçam as zonas costeiras (e.g.: sobre-exploração de recursos naturais, poluição orgânica e inorgânica, eutrofização, introdução de espécies invasoras, mudanças climáticas) (Lotze et al., 2006), e todo este histórico de degradação compromete a biodiversidade das zonas costeiras, que estão sob crescente ameaça em virtude deste massivo desenvolvimento humano (Halpern et al., 2008). A biodiversidade global apresentou queda nas últimas quatro décadas, enquanto os indicadores de pressões sobre essa biodiversidade, incluindo sobre-exploração e impactos nas mudanças climáticas, apresentaram aumentos (Butchart et al., 2010).

Desta forma, uma longa lista de espécies marinhas sofrem com as atividades humanas e seus impactos cumulativos (Halpern et al., 2008). No trabalho de Lotze et al (2006), os autores quantificaram a magnitude e as causas da mudança dos impactos antrópicos em 12 ecossistemas estuarinos e costeiros desde o início da ocupação humana até hoje, mostrando um cenário crítico, onde ao final do século XX, 91% das espécies registradas eram escassas; 31% raras; e 7% já haviam sido extintas. Também demonstraram que os ecossistemas com a mais longa história de ocupação humana estavam entre os mais degradados (Figura 1.1).

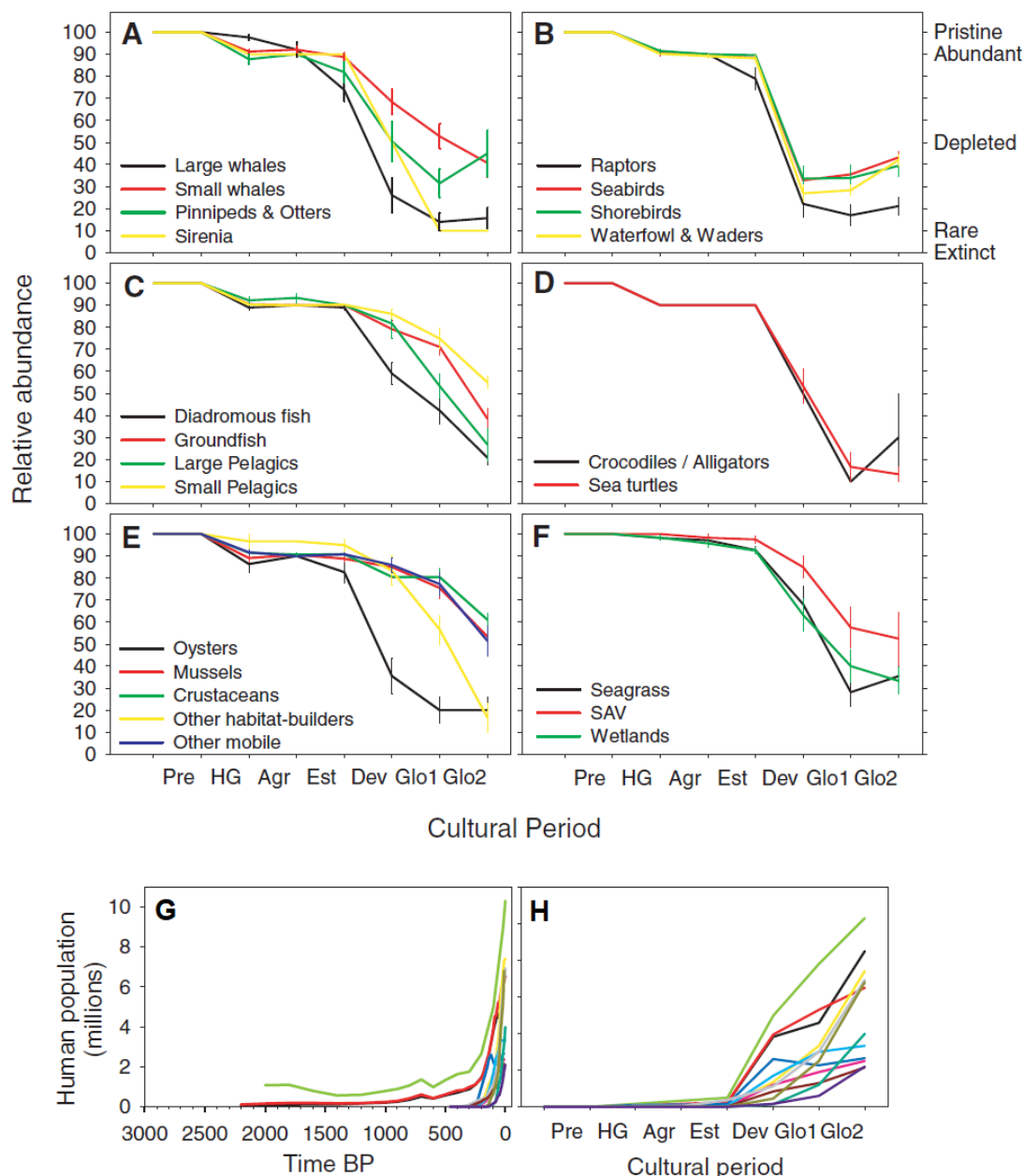


Figura 1.1: Padrões comuns de declínio em 22 guildas de espécies de 12 ecossistemas no estudo para (A) mamíferos marinhos, (B) aves costeiras, (C) peixes, (D) répteis, (E) invertebrados e (F) vegetação. (G) crescimento populacional humano em tempo real e (H) em período cultural. Período cultural (Pre, pré-humano, HG, coletor-caçador; Agr, agrícola; Est, estabelecimento mercado-colonial; Dev, desenvolvimento mercado-colonial; Glo1, mercado global 1900-1950; e Glo2, mercado global 1950-2000). Em G e H cada uma das linhas representa um ecossistema no estudo. Dados de média e erro padrão. (Lotze et al., 2006 adaptado).

Dentre as espécies marinhas afetadas pelas atividades antrópicas, está a tartaruga verde *Chelonia mydas* (Figura 1.2), classificada atualmente como “em perigo” pela International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN) (Seminoff, 2004). Esta espécie é um dos mais importantes mega-herbívoros costeiros, exibindo um importante papel na manutenção dos recifes de corais (Goatley et al., 2012).

Em sua fase juvenil, esta espécie migra da zona oceânica para a zona costeira, utilizando-a como área de alimentação e desenvolvimento, onde fica até alcançar a maturidade sexual (Musick & Limpus, 1997). Nesta fase juvenil, as tartarugas verdes demonstram fidelidade de sítio em suas áreas de alimentação (Colman et al., 2015; Godley et al., 2003; Makowski et al., 2006), evidenciadas por claras diferenças nas taxas de crescimento específicas para cada região, diferenças na composição da dieta, no grau de manifestação de doenças como a fibropapilomatose, diferenças nas taxas de ingestão de lixo, além de registros de marcação-captura-recaptura e rastreamento por satélite (e.g.: Balazs & Chaloupka 2004; Bjorndal et al., 2000; Godley et al., 2008; Herbst, 1994; Santos et al., 2010; 2015). Esta fidelidade associada a seus hábitos de forrageamento costeiro tornam essa espécie muito susceptível aos impactos antrópicos.



Figura 1.2: Espécime de *Chelonia mydas*, tartaruga verde. Fonte: Projeto TAMAR, 2015.

Tartarugas verdes têm um longo histórico de ameaças antrópicas, que afetam direta ou indiretamente suas populações, incluindo ingestão de detritos marinhos, degradação e poluição de habitats de nidificação e de forrageamento, colisão por embarcações, caça e colheita de ovos, impactos das mudanças climáticas no ambiente marinho e emaranhamento por redes de pesca (Bjorndal, 1995; Herbst & Klein, 1995; Lutz, 2002; Santos et al., 2010; 2015; Van Houtan et al., 2010).

Além dessas ameaças à espécie, outra grande ameaça frequentemente relatada na literatura é a doença da fibropapilomatose (FP). A FP é um importante indicador do estado

de saúde das tartarugas, pois é uma doença metaplástica, associada a um herpesvírus, de proporções epidêmicas recentes, encontrada em tartarugas que estão associadas a áreas costeiras degradadas (Aguirre & Lutz, 2004). É uma doença severamente debilitante caracterizada externamente por tumores da pele, nadadeiras, tecidos perioculares, carapaça e plastrão. Também podem se desenvolver nódulos em todos os órgãos internos, incluindo pulmões, coração, fígado, baço, rins, trato gastrointestinal e gônadas (Campbell, 1996).

A fibropapilomatose é considerada como multifatorial, podendo ser desencadeada por poluentes ambientais (Aguirre et al., 1994; Sakai et al., 2000), mudanças na temperatura da água (Herbst & Klein, 1995), ou biotoxinas (Landsberg et al., 1999). Não se sabe o fator que desencadeia a doença, porém a alta frequência de FP nas tartarugas pode estar correlacionada com sua residência em áreas degradadas, sugerindo que existe uma influência da qualidade ambiental sobre a prevalência da doença (Aguirre & Lutz, 2004; Jones et al., 2016; Van Houtan et al., 2010).

Estudos também correlacionam a alta frequência desta doença com uma dieta comprometida em áreas impactadas (Santos et al., 2010). A restrição de itens na dieta das tartarugas em consequência ao impacto ambiental traz limitações nutricionais ao indivíduo, gerando consequências como diminuição nas taxas de crescimento e maturação sexual. Além disso, é possível que haja déficit no sistema imunológico, pois algumas algas produzem metabólitos secundários que desempenham papéis com efeito antitumoral (Barbier et al., 2001), e antiviral (Santos et al., 1999; Soares et al., 2012) e sem estes os indivíduos podem se tornar mais susceptíveis a doenças (Santos et al., 2011; Sposato, 2014).

Apesar deste longo histórico de ameaças antrópicas, *Chelonia mydas* contém um papel ecológico único, importante para a manutenção das áreas costeiras (Bjorndal, 1997). Desta forma, torna-se necessário a implementação e aplicação de estratégias para sua conservação (Guebert et al., 2013), e consequentemente, a dos ecossistemas costeiros (Reddy et al., 2001).

Uma das ferramentas utilizadas como estratégia de conservação da saúde das espécies e seus ecossistemas, é o uso de espécies sentinelas. O conceito de espécie sentinela pode ser usado para fornecer um sistema de alerta para uma determinada situação ambiental, que requer maior monitoramento para remediação ou controle.

Assim, uma espécie sentinela tem função de vigilante, pois indicará mudanças ou desequilíbrios nas condições de qualidade de seus habitats (Reddy et al., 2001).

Diversos táxons marinhos são utilizados como sentinelas da qualidade ambiental, (e.g.: ostras, crustáceos e moluscos). Bivalves por serem sedentários, com população relativamente estável, concentram contaminantes em seus corpos que refletem a condição ambiental do local (Reddy et al., 2001). Vertebrados também são usados como sentinelas e devido ao maior nível trófico em comparação com os invertebrados, há maior probabilidade de demonstrarem os efeitos da bioacumulação de contaminantes (Keith, 1996). De acordo com Reddy et al (2001), vertebrados marinhos são bons indicadores de mudanças ambientais de médio à longo prazo, pois muitas espécies são de vida longa e geralmente ocupam altos níveis na cadeia alimentar. Diversos trabalhos abordam o uso desse grupo como sentinelas da qualidade ambiental, como as lontras marinhas (Jessup et al., 2004), golfinho-nariz-de-garrafa (Wells et al., 2004); aves marinhas (Burger, 1993; Furness & Camphuysen, 1997) e tartarugas marinhas (Matiddi et al., 2017; Domiciano et al., 2017).

De acordo com o que já foi explorado por Aguirre & Lutz (2004), a fidelidade de sítio pelas tartarugas verdes nas zonas costeiras faz desta espécie uma boa representante da saúde local de seus ecossistemas, além disso, são animais grandes, de vida longa, e operam na interface ar/água e, portanto, podem receber encargos ambientais não só através da sua dieta mas também pela inspiração de voláteis tóxicos. Dessa forma, podemos utilizar as populações de tartarugas verdes como ferramenta para a conservação marinha, onde a mesma indicará a saúde ambiental como sentinela de seu habitat.

Adicionalmente, tartarugas marinhas possuem um alto apelo popular por representarem uma fauna carismática, sendo capazes de atrair a atenção de diferentes grupos sociais e aumentar a conscientização sobre os maus hábitos que afetam os ambientes marinhos (Reddy et al., 1988). Portanto, tartarugas verdes podem servir não apenas como sentinelas da saúde do ecossistema, mas também como espécie bandeira para atrair a atenção pública (Caro & O'Doherty, 1999; Frazier, 2005).

A relação entre a degradação da região costeira com os parâmetros de saúde das populações de tartarugas verdes, além de ser importante para a sua conservação, embasam o uso dessa espécie como indicadora da qualidade ambiental dos habitats costeiros. Portanto, este trabalho buscou determinar o grau de urbanização nas áreas de alimentação das tartarugas verdes *Chelonia mydas*, utilizando dados de iluminação noturna (Night-

light - NL), e avaliar a ecologia alimentar e a saúde dessas populações, com os objetivos de: I) Avaliar o impacto da urbanização sobre essas populações de tartarugas verdes; II) Avaliar parâmetros da saúde das populações de tartarugas verdes que possam ser utilizados para o uso dessa espécie como sentinela da qualidade ambiental.

II. O POTENCIAL USO DE TARTARUGAS VERDES (*CHELONIA MYDAS*) COMO SENTINELA DA DEGRADAÇÃO COSTEIRA

Juliana Santos Ferreira^{1*}, Robson Guimarães dos Santos²; Davi Teles Vinhas Santos²; Jean-Christophe Joyeux¹

1. Departamento de Ciências Biológicas, Laboratório de Ictiologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, Brasil.

2. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil.

*julianasantos.92@hotmail.com

Abstract

Coastal regions are among the most impacted and changed the world due to dense human occupation and their impact accumulated over the years. As a result, marine biodiversity has been suffering with direct deleterious effects. Among the marine species affected by human impacts, we can highlight the green turtle (*Chelonia mydas*), currently considered "endangered" by the IUCN. Centuries of anthropic impacts have led to a decline in these populations. Therefore, this study aimed to assess the impact of environmental degradation on populations of green turtles in areas with different levels of urbanization along the Brazilian coast, and to establish parameters that allow the use of this species in its juvenile stage, as an indicator of degradation coastal areas. The degree of urbanization in the study areas was determined by night-light (NL) data. Health parameters were evaluated populations of *Chelonia mydas* in each of these areas and through multiple linear regression analysis, we found that these parameters respond significantly to the degree of urbanization ($R^2 = 29.47\%$; $p < 0.01$). Therefore, the more urbanized the environment, the worse the body condition score ($p < 0.01$) more severe will be the fibropapillomatosis ($p = 0.03$), and lower the richness of their diet ($p = 0.04$). Our results show a significant response of the species to local environmental impacts, indicating that green turtle has great potential as a sentinel of environmental quality, especially through the use of severity scores of fibropapillomatosis, which is quick and easy to obtain, used worldwide, and which is a strong indicator of the health of green turtles.

Keywords: green turtle; urbanization; sentinel.

1. Introdução

Historicamente as áreas costeiras têm sido o ponto focal de concentração de seres humanos e de extração de recursos naturais (Lotze et al. 2006). As transformações dos ecossistemas entre 1700 e 1800 foram mais lentas, porém a taxa de transformação aumentou rapidamente nos últimos 100 anos (Ellis et al. 2010). Atualmente cerca de metade da população humana vive em regiões costeiras (Turner et al., 1996). A urbanização da região costeira é marcante, onde 60% das metrópoles com mais de 5 milhões de habitantes estão localizadas nesta área, incluindo 12 das 16 cidades com populações acima de 10 milhões de habitantes (IPCC, 2007). Deste modo, a maior parte das áreas costeiras estão atualmente sujeitas a diversos impactos antrópicos devido à urbanização, como por exemplo, poluição orgânica e inorgânica, pesca e espécies invasoras (Halpern et al., 2008).

Apesar da clara degradação das regiões costeiras e o grande dano decorrente deste processo (Jackson, 2001; Adger et al. 2005; Lotze et al. 2006; Worm et al. 2006), o impacto da perda e a modificação dos habitats não têm sido foco de estudo em ambientes marinhos como têm sido em ambientes terrestres (Airoldi et al. 2008). Esses impactos cumulativos sugerem uma rápida degradação costeira conduzida pela humanidade, de maneira que possamos ter ultrapassado um ponto crítico no qual estamos em um longo e lento caminho para a recuperação desses sistemas (Lotze et al., 2006).

A degradação das áreas marinhas costeiras leva a perdas substanciais nas áreas de berçários, alimentação e desenvolvimento de diversas espécies (Lotze et al. 2006). Dentre elas, podemos destacar a tartaruga verde (*Chelonia mydas*), espécie globalmente ameaçada (Seminoff, 2004). A tartaruga verde é a espécie mais abundante dentre os mega-herbívoros costeiros (Arthur & Balazs 2008), e de grande importância para a manutenção dos recifes de corais (Goatley et al., 2012). Porém, a combinação de diversos impactos antrópicos em suas áreas de alimentação e nidificação causou um declínio vertiginoso em suas populações nas últimas décadas (Jackson, 1997). É reconhecido que o desenvolvimento costeiro é uma das principais ameaças à essa espécie (Wallace et al. 2011), e mesmo as populações em que tem se observado aumento no número de fêmeas nas áreas de desova ainda sofrem grandes taxas de mortalidade no estágio juvenil nas áreas de alimentação costeiras (Seminoff & Shanker 2008). Indicadores que refletem as ameaças que sofrem nas zonas costeiras são, entre outros, a alta ingestão de resíduos antropogênicos em regiões altamente urbanizadas (Santos et al., 2015), a grande

ocorrência da doença fibropapilomatose em áreas degradadas (Herbst, 1994) e a diminuição na diversidade da dieta, em decorrência do estresse ambiental que afetam as comunidades de macroalgas nas áreas de alimentação (Santos et al., 2010, 2015). Esses impactos cumulativos estão provocando profundos efeitos negativos sobre as tartarugas, afetando seu ciclo de vida, crescimento, sobrevivência e fecundidade (Worm et al. 2008).

Desta maneira, este trabalho objetivou avaliar a relação entre o nível de urbanização na costa brasileira com parâmetros de saúde das populações de tartarugas verdes, para o potencial uso dessa espécie como sentinela da degradação ambiental.

2. Metodologia

2.1. Área de estudo e determinação do grau de urbanização

Foram selecionadas seis áreas na costa brasileira com diferentes níveis de urbanização, três áreas no Espírito Santo, uma em São Paulo e mais duas ilhas, uma oceânica (Fernando de Noronha) e outra na plataforma continental (Abrolhos) (Figura 2.1).

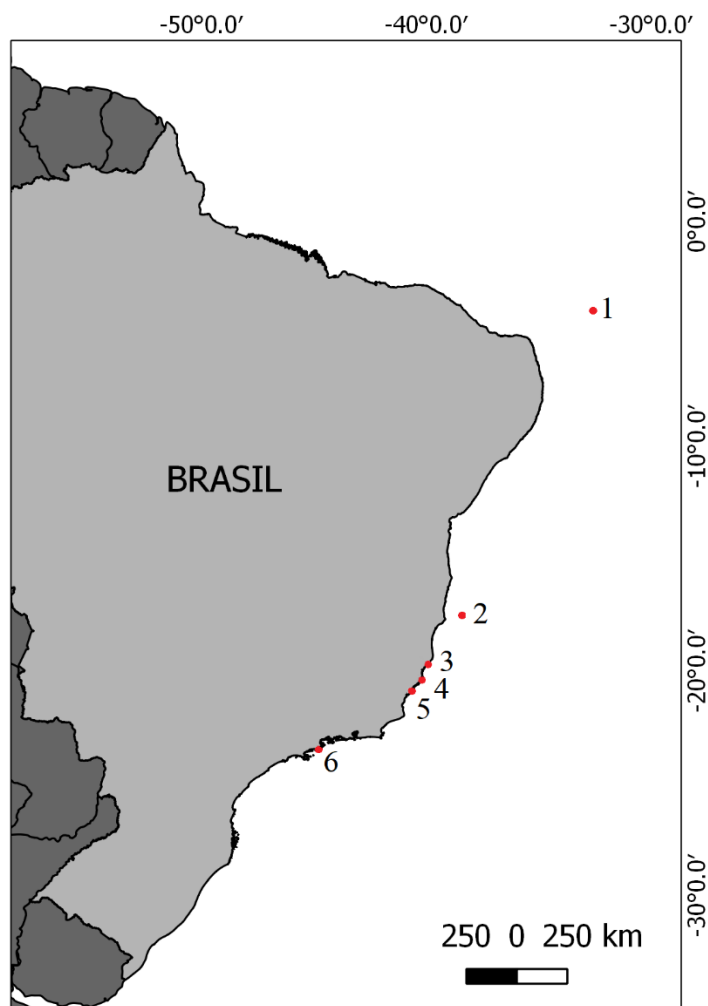


Figura 2.1: Áreas de estudo das populações de tartarugas verdes (*Chelonia mydas*) na costa brasileira. 1: Fernando de Noronha – PE; 2: Abrolhos – BA; 3: Fundão – ES; 4: Vitória – ES; 5: Vila Velha – ES; 6: Ubatuba – SP.

Conhecer a intensidade da ocupação humana é extremamente importante para prever os impactos antrópicos e, portanto, para testar a influência da ocupação humana sobre as populações de tartarugas verdes ao longo da costa brasileira foi necessário identificar os níveis de urbanização para as seis áreas de alimentação estudadas. Uma forma eficiente para realizar esta estimativa é através do uso de imagens de satélite que captam a luz noturna. Assim, definimos neste estudo um *proxy* do grau de urbanização de cada área, utilizando dados de iluminação visível à noite (Night-light - NL) obtidas através de imagens de satélite com o sensor DMSP/OLS (Programa de Satélites Meteorológicos de Defesa/ Operational Linescan System). O satélite capta imagens noturnas que possibilitam mapear a distribuição e intensidade luminosa das áreas ocupadas (Elvidge et al., 2007). No Brasil, Amaral et al. (2001) e Kampel (2003) investigaram a presença e atividade humana na Amazônia por meio dessas imagens e consideraram que seu uso representa uma alternativa para o monitoramento de regiões em que os dados censitários são escassos e o trabalho de campo muito dispendioso (Amaral et al., 2006). Dados de luz noturna podem superestimar a extensão espacial da ocupação urbana devido ao efeito de over-glow (Elvidge et al, 1997) porém, apesar deste efeito, densidade populacional e luz noturna são altamente correlacionados (Ma et al., 2012). Desta forma, optamos por utilizar o NL como *proxy* do grau de urbanização, pois esta é uma metodologia que está disponível para qualquer parte do globo, e que dispensa o uso dados censitários que poderiam estar indisponíveis em outras regiões.

Utilizamos a camada de stable lights (luz estabilizada) obtidas pelo sensor DMSP/OLS, que capta apenas as luzes das cidades e de outros locais com iluminação persistente. Os valores variam entre 1 e 63 W/m² sendo atribuído o valor zero para áreas abaixo do limite de 1W/m². As praias onde as tartarugas verdes foram coletadas foram delimitadas manualmente utilizando o programa Google Earth Pro versão 7.3.0. Em volta do polígono geográfico definindo espacialmente para cada praia, foi gerado um buffer de 2 km, de forma que pudéssemos extrair os valores médios de luz noturna.

As localidades foram classificadas quanto ao seu grau de urbanização em quatro classes de intervalo de acordo com a intensidade luminosa detectada pelo sensor para pequenas escalas (Azevedo, 2013). Essas classes foram 1-7, 8-23, 24-39 e 40-63 W/m²,

e hipotetizando que a maior concentração de luzes corresponde a maior ocupação humana (Tabela 2.1; Azevedo, 2013).

Tabela 2.1: Classificação da intensidade luminosa de acordo com Azevedo, 2013 - adaptado, para definição do grau de urbanização. Intervalo NL: escala de intensidade luminosa W/m².

Intervalo NL	Classe de NL	Grau de Urbanização
1-7	1	Não Urbanizado
8-23	2	Pouco Urbanizado
24-39	3	Moderadamente Urbanizado
40-63	4	Altamente Urbanizado

2.2. Avaliação da saúde

Utilizamos dados secundários de 311 indivíduos, obtidos nos anos 2009 à 2014 em diferentes localidades da costa brasileira (Figura 2.1), coletados pelas equipes do TAMAR/ICMBio. Esses dados foram utilizados para avaliar qual a influência da urbanização sobre as populações de tartarugas verdes em cada área de estudo, e para isso, selecionamos parâmetros de saúde que podem estar associados aos impactos antrópicos. Avaliamos a magnitude de efeito da urbanização (i.e. NL) sobre três parâmetros de saúde através de um modelo de regressão linear múltipla. Os parâmetros de saúde foram: (1) condição corporal segundo Walsh (1999) (1: Normal; 2: Abaixo do peso; 3: Emaciado), (2) severidade da fibropapilomatose adaptado de Work & Balazs (1999) (0: FPS-0 ou Não Afetada; 1: FPS-1 ou Pouco Afetada; 2: FPS-2 ou Moderadamente Afetada; 3: FPS-3 ou Severamente Afetada) e (3) número de gêneros de macroalgas na dieta.

2.2.1. Biometria e necropsia

A necropsia e a biometria (peso em kg e comprimento curvilíneo da carapaça – CCC em cm) foram executadas por veterinário usando a metodologia padrão para tartarugas marinhas (Wyneken, 2001). Para uma avaliação mais precisa da causa de morte, apenas animais em que não foram detectados sinais de decomposição foram coletados. A condição corporal (CC) dos indivíduos foi avaliada de acordo com Walsh (1999), que categoriza o animal como normal, abaixo do peso ou emaciado, considerando o afundamento do plastrão, características dos olhos e a musculatura do pescoço e das nadadeiras. O Índice de Condição Corporal (ICC x 10⁵) foi calculado usando o índice de Fulton (ICC = peso/ CCC³), e foi realizado o teste de Kruskal-Wallis (KW) para verificar se há diferença no Índice de Condição Corporal entre as populações das diferentes localidades.

2.2.2. Ingestão de resíduos antropogênicos

Para avaliação da ingestão dos resíduos antropogênicos todo o trato gastrointestinal (TGI) foi analisado, exceto nas tartarugas capturadas em Fernando de Noronha, Abrolhos e oito indivíduos em Vila Velha, pois nestas localidades apenas o conteúdo esofágico foi avaliado por lavagem de acordo com o método de Forbes & Limpus (1993). 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, borracha, nylon e cordas). A categoria “fragmento” foi utilizada quando não foi possível identificar o uso original do item. A frequência de ocorrência e o peso dos itens foram calculados para todas as categorias de material. Os itens de cada categoria foram pesados em balança digital, com precisão de 0,01 g. Todo item maior que 0,5 cm foi considerado um item individual e fragmentos menores que 0,5 cm foram considerados como gerados através da fragmentação de itens maiores já dentro do trato da tartaruga, portanto, foram incluídos apenas no peso total do material a que pertencem. Somente *pellets* de plástico, material para produção de objetos plásticos, foram considerados como sendo uma categoria individual apesar de seu tamanho ser menor que 5 mm.

O peso relativo de cada material foi calculado da seguinte forma:

$$\text{Peso (\%)} = \frac{\text{peso do material}}{\text{peso total dos materiais}} \times 100$$

Assim como o número de itens relativo foi calculado:

$$\text{Item (\%)} = \frac{\text{número de itens do material}}{\text{número total dos materiais}} \times 100$$

O teste de Kruskal-Wallis (KW) foi realizado para verificar se há diferença na quantidade de lixo ingerida pelas tartarugas dos diferentes ambientes.

2.2.3. Avaliação da dieta

Os itens alimentares provenientes do conteúdo esofágico dos indivíduos foram identificados até o menor grupo taxonômico possível com o uso de lupas, microscópios e chaves de identificação especializadas. Para cada táxon foi determinado o peso úmido (com precisão 0,1 g) e o peso relativo. Avaliamos as diferenças entre as localidades na composição das macrófitas ingeridas pelas tartarugas, através da análise de similaridade (ANOSIM), utilizando apenas táxons presentes no conteúdo esofágico.

2.2.4. Fibropapilomatose

A fibropapilomatose é um importante indicador da saúde de tartarugas, e para categorizar a severidade desta doença, realizamos três métodos que geram um índice de severidade da doença. O método clássico de Work & Balazs (1999), outro mais recente desenvolvido por Rossi et al. (2016), que pode ser categorizado em três escores. Os métodos de cada índice estão descritos no Anexo I.

Para definir qual índice utilizar em nossas análises, realizamos a correlação de Pearson, utilizando o software RStudio versão 1.0.136, pelo pacote PerformanceAnalytics. Essa análise demonstrou que todos são altamente correlacionados (Anexo II.I) e portanto optamos por utilizar o método clássico de Work & Balazs (1999) pois fornece de forma simples e rápida o *status* de saúde do indivíduo através de quatro escores de severidade de FP. Além de ser um método extensamente utilizado na literatura (Aguirre et al., 2002; Chaloupka & Balazs, 2005).

Também foi realizada uma análise de similaridade (ANOSIM) para avaliar as diferenças de quantidade dos tumores entre as localidades.

2.3. Parâmetro para o uso da *Chelonia mydas* como espécie sentinela

Para estabelecermos um parâmetro em que se possa utilizar *Chelonia mydas* como espécie sentinela da qualidade ambiental, avaliamos características da saúde das populações em locais com diferentes níveis de urbanização de acordo com o Nigth-light. Quando classificamos um local conforme o seu nível de urbanização, espera-se que o mesmo apresente impactos antrópicos proporcionais à sua classificação, ou seja, um local altamente urbanizado poderá apresentar maiores impactos em relação ao lixo no ambiente costeiro, alta taxa de contaminantes e efluentes domésticos, alteração na comunidade bentônica, entre outros aspectos.

Desta forma, para encontrar a melhor métrica do uso da tartaruga verde como sentinela da qualidade ambiental, selecionamos o conjunto de dados que engloba o número de gêneros na dieta de cada indivíduo, a condição corporal (CC) segundo Walsh (1999), e o escore de severidade da fibropapilomatose (FPS). Esses parâmetros foram utilizados como variáveis preditoras da saúde das tartarugas em um modelo de regressão linear múltipla, com a finalidade de avaliar o efeito dessas em relação a variável resposta: Nigth-light, correspondente à urbanização.

Escolhemos a variável condição corporal para o modelo, pois é uma métrica facilmente obtida em campo através de uma simples inspeção visual e altamente correlacionado ao Índice de Condição Corporal (Thomson et al., 2009), o qual é necessária a obtenção do peso do indivíduo, podendo dificultar na logística de campo. Inserimos a variável número de gêneros na dieta por ser um bom representante da dieta recente dos indivíduos (Nagaoka et al., 2012), que demonstra a qualidade e diversidade da dieta das tartarugas em cada área.

Optamos por não inserir a variável ingestão de lixo, pois essa métrica não foi aferida para as tartarugas nas ilhas. Adicionalmente, apesar da ingestão de lixo por tartarugas marinhas ser um indicador válido no monitoramento de resíduos no ambiente marinho (Matiddi et al., 2017), outros aspectos como presença de rios (Barnes et al., 2009) e modo de forrageio da tartaruga (Santos et al., 2015a), podem influenciar fortemente a ingestão desses resíduos, que não necessariamente provém da urbanização local (Andrades et al., 2016).

Por fim, nosso modelo final será: $NL = f(CC + FPS + Dieta)$.

Para a execução do modelo, utilizamos o software RStudio versão 1.0.136. As variáveis preditoras foram padronizadas e o modelo foi gerado utilizando o pacote lme4. Para gerar o gráfico da magnitude de efeito das variáveis preditoras, utilizamos o pacote ggplot2. Todo o script está disponível no Anexo IV.

3. Resultados

3.1. Grau de urbanização

Através da extração de dados de NL para as localidades amostradas, conseguimos classificar as regiões de acordo com seu grau de urbanização, demonstrada na figura 2.2. O resultado do grau de urbanização pode ser comparável com os dados de densidade demográfica disponíveis pela plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de acordo com o último censo realizado em 2010. De acordo com este censo demográfico, o município de Vitória é o mais populoso dentre as 6 localidades de estudo, apresentando 3338,3 hab/km², e foi o único município classificado como altamente urbanizado pela metodologia de NL. Em seguida está o município de Vila Velha, com 1973,59 hab/km². As regiões classificadas como pouco urbanizadas pelo NL apresentam as respectivas densidades demográficas: 154,55 hab/km² em Fernando de Noronha, 108,87 hab/km² em Ubatuba e 58,97 hab/km² em Fundão. As duas primeiras em especial

estão contidas em áreas de proteção ambiental (APA), com mata verde preservada, o que influenciou os resultados de NL. Já em Abrolhos, que também está contida em uma APA, a densidade demográfica é mínima, menor que 2 hab/km², e foi classificada como não urbanizada de acordo com NL.

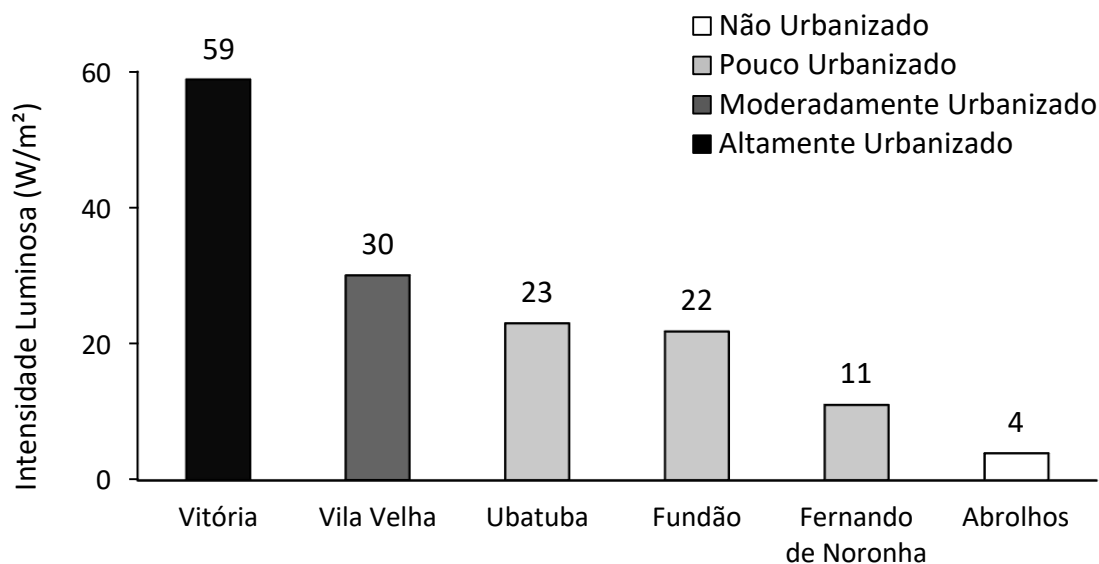


Figura 2.2: Classificação do grau de urbanização em relação às classes de intensidade luminosa (Night-light W/m²), para as localidades de estudo, na costa brasileira. Classificação variando entre não urbanizado à altamente urbanizado, baseado em Azevedo, 2013.

Dessa forma, observamos uma clara distinção entre as localidades amostradas em relação ao seu grau de urbanização, de forma que mesmo localidades relativamente próximas como as do Espírito Santo, possuem distintas classificações. A partir disso, assumimos que os impactos costeiros dessas localidades são distintos e que as populações de *Chelonia mydas* possivelmente responderam a essas diferenças, possibilitando seu uso como espécie sentinela.

3.2. Avaliação da saúde

3.2.1. Biometria e necropsia

Todos os 311 indivíduos foram considerados juvenis (CCC <100 cm). Houve diferença significativa de ICC entre as localidades de estudo (KW; $p < 0,05$). Adicionalmente, na região altamente urbanizada (Vitória), 32,8% das tartarugas estão com condição corporal emaciado. Em contrapartida, as localidades com menor grau de urbanização possuem cerca de 80 à 100% de tartarugas com condição corporal normal,

sendo exceção Ubatuba com 43% (Figura 2.3). Os resultados da biometria estão representados na tabela 2.2.

Tabela 2.2: Resultados de biometria dos indivíduos de tartaruga verde em cada área de estudo. CCC (cm), Peso (kg), Índice de Condição Corporal (ICC) estão representados por média, com seus respectivos desvios padrão (\pm DP); ** = dado não disponível.

Localidade	N	CCC \pm DP	Peso \pm DP	ICC \pm DP
1 Fernando de Noronha – PE	19	51,8 \pm 13,4	**	**
2 Abrolhos – BA	25	53,0 \pm 13,1	16,9 \pm 12,0	10,7 \pm 2,3
3 Fundão – ES	51	36,2 \pm 4,2	4,9 \pm 2,0	10,1 \pm 1,6
4 Vitória – ES	174	38,7 \pm 6,2	6,4 \pm 4,3	10,0 \pm 2,1
5 Vila Velha – ES	28	37,1 \pm 5,9	7,5 \pm 6,0	12,7 \pm 5,7
6 Ubatuba – SP	14	40,5 \pm 7,5	7,2 \pm 3,7	10,3 \pm 2,3
Total	311	40,1 \pm 8,9	7,1 \pm 5,9	10,2 \pm 2,5

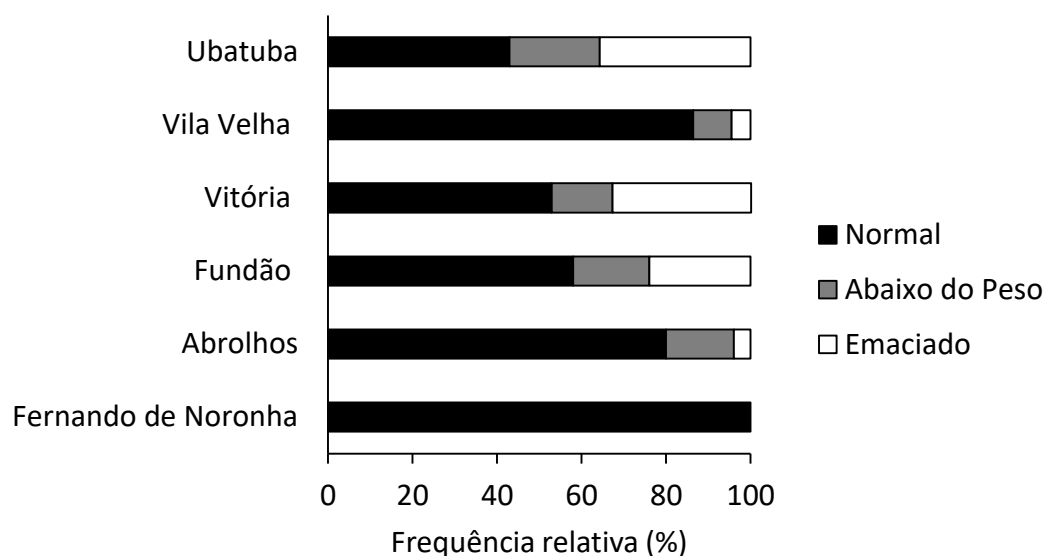


Figura 2.3: Frequência relativa da condição corporal dos indivíduos de *Chelonia mydas* nas localidades de estudo, de acordo com Walsh, 1999.

3.2.2. Ingestão de resíduos antropogênicos

Das 193 tartarugas com trato gastrointestinal (TGI) avaliado, 120 (62,2%) ingeriram lixo. Ao todo foram 3695 itens ingeridos, com média de 32,1 itens por indivíduo (DP: 75,9; min - max: 1 - 511). O peso total dos itens foi de 209,7g, com peso médio 1,8 g por indivíduo (DP: 5,9; min - max: <0,01 – 39,5). A figura 2.4 apresenta as médias dos resultados de ingestão de resíduo por área de estudo.

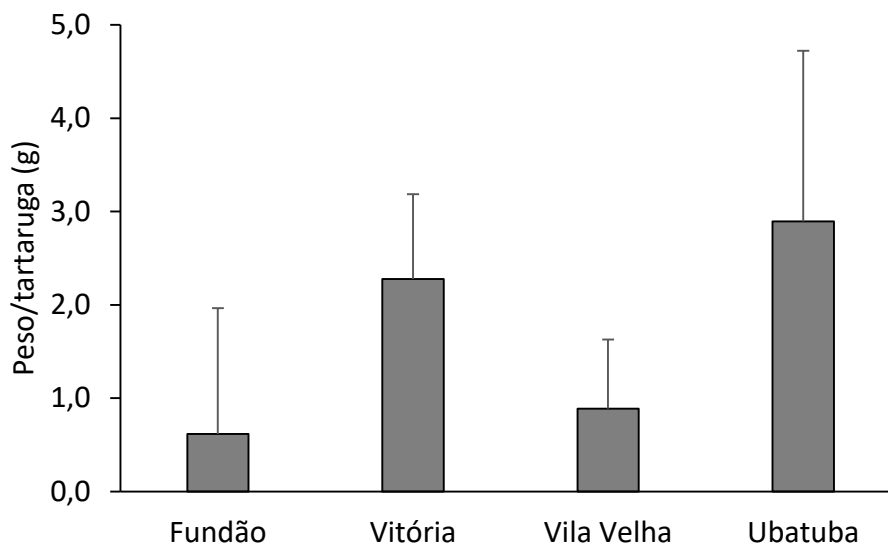


Figura 2.4: Peso médio dos resíduos antrópicos ingeridos por tartaruga (g) em cada área de estudo, com respectivo erro padrão.

A frequência de ingestão dos resíduos antrópicos manteve-se alta independentemente do nível de urbanização do local, onde mais de 50% das tartarugas em todas as áreas foram registradas com presença de resíduos antrópicos em seu TGI. Porém, obtivemos diferenças em relação à quantidade de lixo ingerido por tartaruga, de forma que na área mais urbanizada, o peso médio de resíduos ingeridos foi cerca de três vezes maior do que nas regiões menos urbanizadas. A região de Ubatuba se destacou por registrar a presença de lixo em 100% das tartarugas, com uma elevada quantidade de itens ingeridos (38,7 itens/tartaruga). A maior parte dos resíduos ingeridos eram de origem terrestre (87,6%), e os que foram considerados de origem marinha eram itens relacionados à atividade de pesca, como *nylon* e cordas. Em todas as áreas de estudo, o material mais ingerido foi o plástico (Anexo II.II), ocorrendo em 76,1% das tartarugas, e representando mais de 88% do peso total do lixo ingerido. Os resultados de ingestão de lixo estão apresentados no anexo III.I.

3.2.3. Avaliação da dieta

As tartarugas se alimentaram majoritariamente de macroalgas, fazendo uso de 59 gêneros de macrófitas. Os resultados dos componentes alimentares estão disponíveis no anexo III.II. Foram encontrados traços de angiosperma marinha (*Halodule wrightii*) em 25 indivíduos, dos quais 19 são de Abrolhos, compondo 53,4% da dieta desses indivíduos. Independente da região, as tartarugas apresentam uma dieta clássica composta de macrófitas bentônicas, sendo moldadas principalmente por itens dos filos Chlorophyta e Rhodophyta (Anexo III.II). Entretanto, a composição da dieta foi significativamente

diferente entre os locais (ANOSIM; R: 0,388; p: 0,0001), onde principalmente na região mais urbanizada, a riqueza de gêneros na dieta cai para menos da metade em relação às outras regiões (Figura 2.5), em que a maior parte da biomassa da dieta dessas tartarugas (82,2%) é composta por apenas um gênero do filo Chlorophyta (*Ulva*).

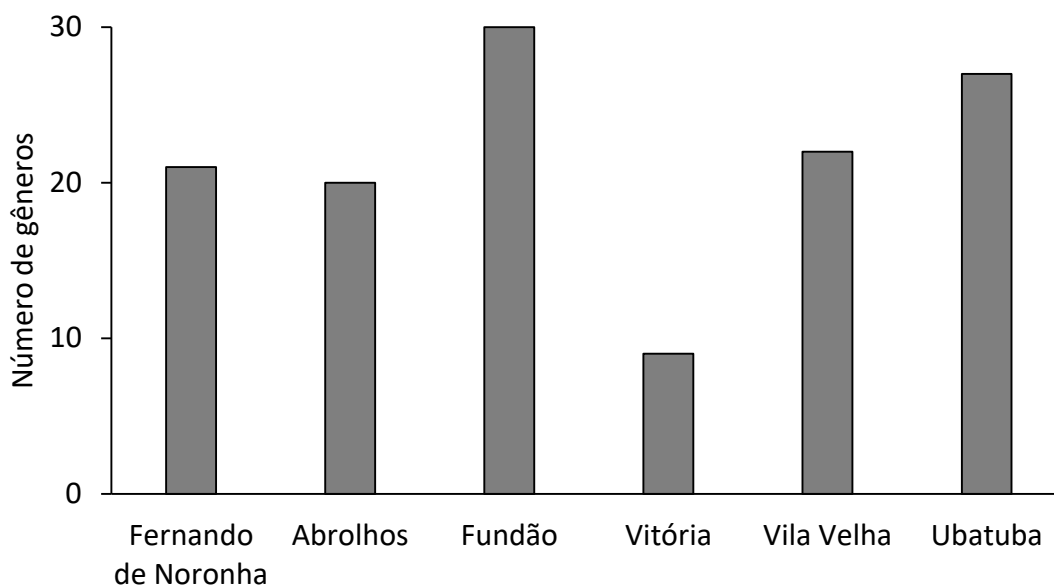


Figura 2.5: Riqueza de gêneros de macrófitas encontrados na dieta das tartarugas verdes em cada área de estudo.

3.2.4. Fibropapilomatose

De 311 indivíduos, 102 apresentaram tumores (32,8%), com média de 40,2 tumores por tartaruga (DP: 25,5; min-máx: 1-108). A maior prevalência de FP ocorreu nas áreas costeiras (36,3%). Cerca de 89% das tartarugas nas ilhas não apresentaram tumores, encontrados em apenas 5 tartarugas em Abrolhos, e nenhuma em Fernando de Noronha.

Pela análise de similaridade ANOSIM, observamos diferença significativa no tamanho dos tumores das tartarugas entre as localidades (R: 0,214; p: 0,0004), assim como o número total de tumores (R: 0,164; p: 0,004). Quando avaliamos as localidades extremas em relação ao nível de urbanização (Vitória e Abrolhos), também notamos diferença significativa quanto ao número de tumores por tartaruga (R: 0,573; p: 0,001), em que na localidade altamente urbanizada temos cerca de 4 vezes mais tumores por tartaruga do que a não urbanizada (Figura 2.6).

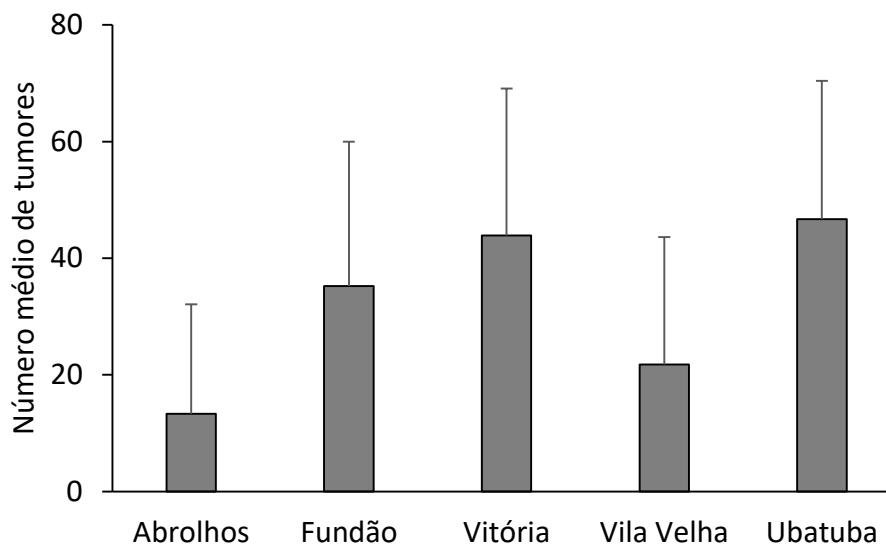


Figura 2.6: Média do número de tumores de fibropapilomatose por indivíduo de *Chelonia mydas* em cada área de estudo, com respectivo desvio padrão. A área de Fernando de Noronha não se encontra no gráfico pois não houve registro de tumores de FP nos indivíduos deste local.

Em relação aos escores de severidade da FP (FPS), foram avaliados 305 indivíduos. Entre as tartarugas afetadas nas regiões costeiras, 49,5% possuíam FPS-3, enquanto FPS-2 e FPS-1 foram 44% e 6,6% respectivamente. Destacamos que a região altamente urbanizada apresentou uma alta frequência de FPS-3, com mais da metade dos indivíduos severamente afetados (54,9%), assim como Ubatuba (66,7%) (Tabela 2.3).

Observamos diferenças de manifestação da doença em tartarugas de áreas relativamente próximas com diferentes níveis de urbanização, como Vitória e Vila Velha (ANOSIM; R: 0,193; p: 0,006). Porém, não observamos diferença entre áreas com níveis parecidos de urbanização (Fundão e Vila Velha) (R: 0,1; p: 0,232).

Considerando a manifestação mais severa da doença, observamos que em áreas menos urbanizadas (1, 2, 3) temos uma frequência de FPS-3 muito baixa em relação à área altamente urbanizada (0 – 33,3%).

Tabela 2.3: Representação dos resultados de prevalência e severidade da doença fibropapilomatose em indivíduos de *Chelonia mydas* nas áreas de estudo. Prevalência: número relativo (%) de tartarugas afetadas pelo tumor; Severidade: número relativo (%) de tartarugas afetadas segundo o grau de severidade do tumor (FPS-1, FPS-2, FPS-3). * = Não houve registro de tartarugas afetadas pela doença neste local.

	Localidade	Prevalência	Severidade		
			FPS-1	FPS-2	FPS-3
1	Fernando de Noronha - PE *	0	0	0	0
2	Abrolhos - BA	20,0	80,0	20,0	0,0
3	Fundão - ES	27,5	0	66,7	33,3
4	Vitória - ES	42,5	5,6	39,4	54,9
5	Vila Velha - ES	17,9	40,0	60,0	0
6	Ubatuba - SP	28,6	0	33,3	66,7
	Total	32,8	10,4	42,7	46,9

3.3. Parâmetro para o uso da *Chelonia mydas* como sentinela

Para analisar os parâmetros do uso das tartarugas verdes como sentinela da qualidade ambiental, selecionamos as 109 tartarugas oriundas das seis localidades que possuem dados completos de condição corporal (CC), severidade da fibropapilomatose (FPS) e dieta.

A relação entre urbanização (NL) e a saúde das tartarugas verdes (CC, FPS e Dieta) foi analisada através da regressão linear múltipla, resultando na função a seguir: $NL = 24,857 + 9,158 \times CC + 3,422 \times FPS - 3,258 \times Dieta$ ($R^2 = 29,47\%$; $p < 0,01$) (Figura 2.7). Simplificamos este resultado para obter a seguinte função do modelo: $NL = 25 + 9 \times CC + 3 \times FPS - 3 \times Dieta$. Nosso modelo demonstra que todas as variáveis preditoras estão significativamente correlacionadas ao NL, demonstrando que há uma resposta significativa ($p < 0,01$) da saúde das populações de *Chelonia mydas* quanto ao nível de urbanização de suas áreas de forrageio.

Tanto a CC ($p < 0,01$) quanto FPS ($p = 0,03$) foram positivamente correlacionados, pois quanto maior a classificação de CC e FPS, pior é a saúde do animal, pois mais impactado é o ambiente. Já a Dieta ($p = 0,04$) está negativamente correlacionada, pois quanto mais impactado é o ambiente, menor o número de gêneros de macrófitas na dieta.

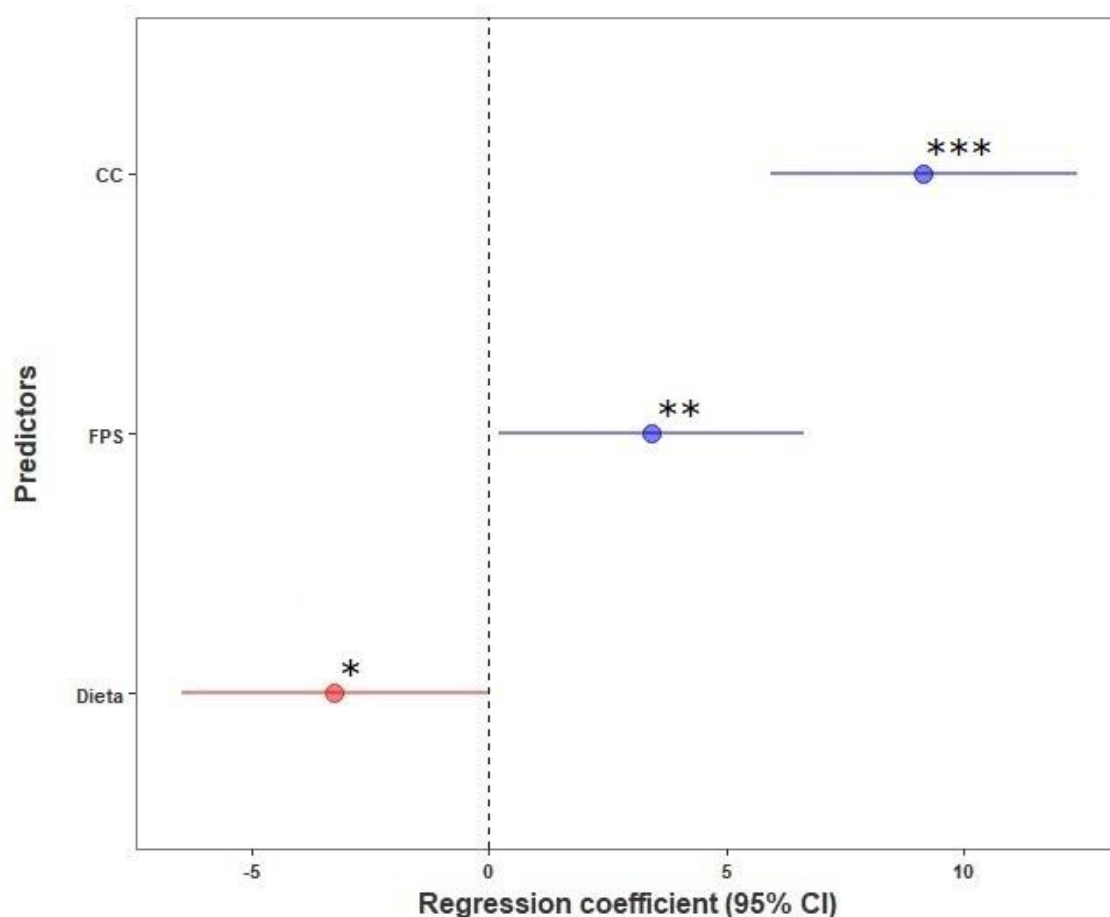


Figura 2.7: Magnitude de efeito da urbanização sobre as variáveis predictoras da saúde dos indivíduos de *Chelonia mydas*. CC: condição corporal 1 (Normal) / 2 (Abaixo do peso) / 3 (Emaciado); FPS: severidade da fibropapilomatose 0 (não afetada) / 1 (levemente afetada) / 2 (moderadamente afetada) / 3 (severamente afetada); Dieta: número de gêneros da dieta encontrados no esôfago dos indivíduos. N = 109. Símbolo vermelho = variável negativamente correlacionada; Símbolo azul = variável positivamente correlacionada. “****” $p < 0,01$; “***” $p = 0,03$; “*” $p = 0,04$.

4. Discussão

4.1. Ingestão de resíduos antropogênicos

Nossos resultados corroboram com o que é estabelecido na literatura em relação à alta taxa de ingestão de resíduos antropogênicos em diversas espécies no mundo (Li et al., 2016), e pela tartaruga verde no Brasil onde 70% apresentam registros de ingestão de resíduos plásticos (Santos et al., 2015). A alta frequência de ingestão de plástico pelas tartarugas verdes vêm sendo relatada em diversos trabalhos (Schuyler et al., 2014), e já foi constatada por Santos e colaboradores (2015) que uma pequena quantidade de lixo já é o suficiente para provocar a morte de um indivíduo de tartaruga verde. Além disso, o autor discute que a morte por ingestão de resíduos antropogênicos é um processo crônico, onde seu potencial de letalidade é muito maior do que a mortalidade observada.

Neste trabalho mostramos que mesmo em áreas pouco urbanizadas, a frequência e quantidade de ingestão de lixo pelas tartarugas pode ser alta. Essa alta ingestão de lixo pode ser explicada por fatores dissociados à urbanização, como o carreamento de lixo por rios e correntes, onde mesmo em áreas remotas pode ser encontrado resíduos plásticos (McDermid & McMullen, 2004). Os rios têm um importante papel no aporte de lixo terrestre no ambiente marinho (Barnes et al., 2009; Derraik, 2002; Gregory, 1991; Pruter, 1987). Dessa forma, constatamos a importância de investigar qual a fonte do aporte de lixo no ambiente marinho, pois nem sempre uma região com maior aporte de lixo nos oceanos é uma região altamente urbanizada. Este dado também foi apresentado por Andrades et al. (2016), onde em uma praia pouco urbanizada com a presença de rio, a quantidade de lixo na praia foi maior que na região altamente urbanizada. Portanto, avaliar apenas a ingestão de lixo como indicador de urbanização, pode trazer resultados que não condizem com a urbanização do local avaliado, pois resíduos plásticos são onipresentes (Wilcox et al., 2015), sendo altamente dispersantes devido a suas características como leveza e durabilidade, podendo alcançar áreas pristinas.

Entretanto, observamos diferenças na quantidade de lixo ingerida, visto que a distribuição dos resíduos no globo não é uniforme (Barnes, 2002). Dessa forma, mesmo que haja exceções que em localidades pouco urbanizadas apresentem altas taxas de ingestão de lixo, áreas altamente urbanizadas tendem a ter grande quantidade de lixo ingerida, pois grandes centros urbanos são uma das principais fontes produtoras de lixo (Barnes et al., 2009). Assim, destacamos a importância de investigar a fonte poluidora desses resíduos no ambiente marinho, para distinguir a causa da alta ingestão de lixo: por urbanização de fato ou por alta incidência de rios (Pruter, 1987).

Destacamos que o grande número de ingestão de resíduos antropogênicos por 395 espécies marinhas (Gall & Thompson, 2015) representa a falta de conscientização e de políticas públicas relacionadas ao descarte apropriado desses itens, e a alta frequência de itens relacionados à alimentação e embalagens (Derraik, 2002) é uma amostra do consumo insustentável do plástico, material que mais impacta a vida de diversas espécies da fauna marinha (Li et al., 2016).

4.2. Dieta

Espécies de algas verdes e vermelhas dominaram a dieta das tartarugas verdes, com destaque para os gêneros *Ulva* e *Gelidium*, corroborando com vários trabalhos publicados, que demonstram a predominância de macroalgas na dieta dessa espécie (Arthur & Balazs, 2008; Santos et al., 2011; 2015; Seminoff et al., 2002), onde itens do filo

Rhodophyta são os mais encontrados. Porém, existem algumas diferenças na composição da dieta das tartarugas que forrageiam em locais com distintos níveis de urbanização. Na região mais urbanizada, a diversidade de macroalgas na dieta foi a menor entre todas as áreas de estudo, provavelmente devido ao grande impacto antrópico que atinge a comunidade bentônica nessa área, pois recebe a descarga final do tratamento de esgoto do município, além disso, o esgoto *in natura* dos bairros mais humildes é descartado ao redor do canal (Grillo et al., 2013).

Esses impactos prejudicam a comunidade bentônica, pois macroalgas são organismos sensíveis às mudanças ambientais, sendo considerados organismos bioindicadores (Orfanidis et al., 2001). Qualquer alteração no ambiente influencia diretamente na sua biodiversidade (Díez et al., 1999). Sedimentação, turbidez, poluição por esgotos e compostos tóxicos são fatores desestabilizadores para as macroalgas, de forma que essas comunidades respondem simplificando suas estruturas, por meio da diminuição da riqueza e abundância das espécies (Murray & Littler, 1977, 1978; Brown et al., 1990; Gorostiaga & Díez, 1996) e no estabelecimento de espécies resistentes que impedirão o desenvolvimento de outras (Simboura et al., 1995; Díez et al., 1999; 2012; Horta et al., 2008). Portanto, alterações ambientais irão moldar a composição da cobertura bentônica, e conseqüentemente a oferta de táxons para as espécies herbívoras, como a tartaruga verde. Observamos que na áreas mais urbanizadas, a dieta se mostrou menos diversa, dominada por apenas o gênero *Ulva* (Anexo III.II), que é um importante bioindicador de áreas degradadas (Orfanidis et al., 2001). Já tartarugas que forrageiam em áreas pouco urbanizadas, apresentaram grande diversidade na composição da dieta, corroborando com a literatura (André et al., 2005; Fuentes et al., 2006; Nagaoka et al., 2012).

Esta diferença na dieta das tartarugas de acordo com a urbanização do local podem trazer prejuízos nutricionais a estas populações, pois a restrição de itens na dieta pode gerar uma restrição nutricional, tendo como consequência a diminuição nas taxas de crescimento e maturação sexual (Bjorndal, 1980) pois tartarugas verdes necessitam adquirir um balanço adequado de nutrientes (Carr & Carr, 1970; Bjorndal, 1997). Estudos mostram que a baixa ingestão de proteína é responsável pelas taxas de crescimento extremamente lentas em tartarugas verdes no Havá (Balazs, 1979) e Austrália (Limpus, 1979), em comparação com tartarugas criadas em cativeiro, que possuem uma dieta rica em proteína (Caldwell, 1962). Essa restrição na dieta em áreas impactadas também gera déficit no sistema imunológico, pois algumas algas produzem metabólitos secundários que desempenham papéis farmacológicos, como antibacteriano (Vairappan, 2003),

antiviral (Santos et al., 1999; Soares et al., 2012), antifúngico (Oliveira et al., 2008) e antitumoral (Barbier et al., 2001). Esse déficit no sistema imunológico pode tornar os indivíduos mais susceptíveis a doenças como fibropapilomatose (Santos et al., 2011; Sposato, 2014).

4.3. Fibropapilomatose

A doença de fibropapilomatose é considerada como multifatorial, podendo ser desencadeada por poluentes ambientais (Aguirre et al., 1994), mudanças na temperatura da água (Herbst & Klein, 1995), e até biotoxinas (Landsberg et al., 1999). Adicionalmente, já é relatado na literatura que a alta prevalência de FP nas tartarugas marinhas está correlacionada com sua residência em áreas degradadas, indicando que existe uma influência da qualidade ambiental sobre a prevalência da doença (Aguirre & Lutz, 2004; Jones et al., 2016; van Houtan et al., 2010). Herbst (1994) mostra correlação positiva entre a prevalência de FP em populações de tartarugas verdes próximas a regiões associadas à agricultura, indústrias e desenvolvimento urbano, e Santos et al. (2010) relata diferenças no grau de severidade entre populações de localidades próximas, porém com o *status* de qualidade ambiental distintos, onde a maior proporção do grau mais severo da doença (FPS-3) se encontra no local mais impactado. Nosso estudo também demonstra essa relação, onde na área mais urbanizada/impactada ocorre a maior prevalência e severidade de FP, portanto vemos que a relação entre a FP e a qualidade ambiental torna-se cada vez mais clara, reforçando o uso da FP como indicador de qualidade ambiental, conforme sugerido por Aguirre & Lutz (2004).

Observamos nas ilhas, baixa prevalência de FP, onde apenas 5/44 foram afetadas pela doença, apresentando predominantemente o grau mais brando (FPS-1). Esta relação pode ser explicada pelo fato dessas tartarugas estarem explorando áreas com menos impacto antrópico em relação aos centros urbanos. Adicionalmente na costa brasileira, as áreas classificadas como pouco e moderadamente urbanizadas também apresentaram alta frequência (> 70%) de tartarugas não afetadas (FPS-0). Essas evidências deixam cada vez mais clara a relação entre a fibropapilomatose e a qualidade ambiental, onde em locais altamente antropizados, a doença se manifesta em abundância e evolui rapidamente para um quadro mais grave, como demonstrado através de capturas-recapturas (Santos et al., 2010).

Tartarugas verdes desenvolvem tumores da fibropapilomatose apenas depois de recrutarem aos ambientes costeiros (Ene et al., 2005; van Houtan et al., 2010),

evidenciado pela correlação entre tamanho da tartaruga e ocorrência da FP, havendo um aumento na prevalência da doença com tamanho da tartaruga, atingindo um pico e posterior regressão (Baptistotte, 2007; Santos et al., 2010; van Houtan et al., 2010). Esse aumento na ocorrência de tumores em tartarugas juvenis pode estar associado a sua exposição aos fatores que desencadeiam a doença, nos ambientes costeiros antropizados. Adicionalmente, revisões da literatura sugerem que a prevalência e severidade de fibropapilomatose pode variar mesmo entre as localidades extremamente próximas (Herbst, 1994; Santos et al., 2010), reforçando que essas tartarugas possuem fidelidade às suas áreas de alimentação, pois tartarugas expostas a ambientes com diferentes níveis de antropização apresentam diferenças na manifestação da doença, de forma que uma exposição prolongada em áreas costeiras mais impactadas contribui para uma maior prevalência e desenvolvimento da doença, fazendo da fibropapilomatose um ótimo bioindicador de qualidade ambiental.

5. Conclusão

5.1. *Chelonia mydas* como sentinela da qualidade ambiental

Como vimos, tartarugas verdes são excelentes candidatas a sentinelas da qualidade ambiental. Além de cada parâmetro da saúde dessa espécie responder individualmente à diferentes localidades, também demonstramos através do modelo de regressão linear múltipla a interação entre estes parâmetros, com diferenças significativas entre os níveis de urbanização. Assim, demonstramos que quanto maior a urbanização, pior a condição corpórea, mais severo é o quadro da fibropapilomatose e menos diversa é a dieta desses indivíduos (Figura 2.7).

A condição corporal de um animal refere-se ao seu *status* energético, assumindo que um indivíduo com condição corpórea normal tem mais reservas energéticas do que um indivíduo abaixo do peso (Walsh, 1999). Portanto, a condição corporal de um indivíduo pode ter um impacto profundo nas decisões comportamentais e processos fisiológicos que influenciam direta ou indiretamente sua aptidão física (Thomson et al., 2009).

A relação entre condição corporal e degradação ambiental vêm sendo relatada na literatura, especialmente quando se trata da saúde desses indivíduos (Santos et al., 2015b; Santos et al., 2010; Work et al., 2004). Santos e colaboradores (2015a) avaliaram a causa de morte de indivíduos de *Chelonia mydas*, e obtiveram o resultado que os animais que morrem devido à ingestão de lixo foram classificados com condição corporal abaixo do

peso ou emaciado. Dessa forma, apesar de não avaliarmos no modelo a ingestão de lixo devido a diferenças metodológicas, podemos prever essa relação que em áreas mais impactadas a condição corporal das tartarugas será pior, podendo ser consequência de uma alta frequência de ingestão de lixo, que provoca fecalomas, obstruindo o TGI e consequentemente comprometendo a absorção de nutrientes e taxa de crescimento, podendo causar até a morte desses indivíduos (Bjorndal et al., 1994; Gregory, 2009).

Outro fator diagnóstico que utilizamos do modelo é a dieta dos indivíduos de tartarugas verdes, pois nosso estudo mostra a relação entre riqueza de macroalgas na dieta com o grau de urbanização. Já se sabe que comunidades de macroalgas são sensíveis às mudanças causadas pela antropização (Ortega, 2000), de forma que qualquer impacto ambiental tem o potencial de alterar a estrutura dessas comunidades (Roldán, 1992). Devido a esses impactos, a disponibilidade dos recursos alimentares aos indivíduos de tartarugas verdes vai variar de acordo com o grau de impacto nas áreas de forrageamento. Por exemplo, em um ambiente exposto à poluição, as espécies mais vulneráveis tendem a desaparecer e dão espaço ao crescimento de espécies mais tolerantes (Eriksson et al., 2002; Karez et al., 2004), com o crescimento excessivo de algas verdes (Fletcher, 1996). Já em um ambiente com pouco distúrbio, as espécies coriáceas e calcárias articuladas são predominantes (Figueiredo et al., 2004).

De acordo com Murray et al. (1999), a associação entre a diminuição da riqueza de espécies e poluição antrópica como efluentes domésticos e industriais é bem estabelecida na literatura, como nos estudos de Portugal et al. (2016) e Carvalho (2013) demonstrando que em áreas urbanizadas, a riqueza de espécies é significativamente menor do que em áreas não urbanizadas. A diminuição da riqueza específica é um dos sinais evidenciados pela composição das macroalgas quando submetidas aos efeitos da poluição (Gollubic, 1970; Díez, 1999). Portanto, essa diferença na riqueza de espécies de macroalgas é refletida em nossos resultados de dieta, e reforçado por nosso modelo estatístico, pois mesmo que esses indivíduos apresentem preferência alimentar (Fuentes et al., 2006; Santos et al., 2011), a riqueza da dieta vai variar dependendo do nível de urbanização da área de forrageamento, comprometendo assim a saúde desses animais com limitações nutricionais, como discutimos anteriormente.

O escore de severidade da fibropapilomatose (FPS) também é um fator que demonstra *Chelonia mydas* como ótima espécie sentinela. Já é sugerido na literatura o uso da fibropapilomatose como ferramenta para indicar condições ambientais de uma área

específica (Aguirre & Lutz, 2004) devido a diferenças espaciais de manifestação da doença em localidades relativamente próximas (Herbst, 1994; Santos et al., 2010).

Neste estudo, nós sugerimos o uso da FPS para avaliar a condição de saúde das tartarugas em resposta à degradação costeira, pois em locais altamente antropizados, há maiores registros da doença, em que quanto mais tempo o indivíduo estiver exposto aos fatores que desencadeiam a doença, rapidamente seu quadro se tornará mais grave (Santos et al., 2010). Adicionalmente, o escore de fibropapilomatose é uma boa ferramenta para o uso da tartaruga verde como sentinela, pois indica o *status* de saúde do indivíduo através de quatro escores de severidade, além de ser extensamente utilizado na literatura e de fácil obtenção (Aguirre et al., 2002; Chaloupka & Balazs, 2005; Rossi et al., 2016; Work & Balazs, 1999). Dessa forma, a manifestação de FPS pode ser utilizada durante rápidas avaliações para fornecer informações sobre as condições ambientais de um área.

6. Considerações Finais

Diante das evidências apresentadas, percebemos o importante papel da espécie *Chelonia mydas* com indicadora da qualidade ambiental, de modo a monitorar a saúde dos ambientes costeiros para que possamos definir de forma mais precisa, como e onde os recursos devem ser utilizados para implementação de políticas públicas para preservação dessa e outras espécies.

Com base em sua história de vida, hábitos de forrageio e atributos fisiológicos, tartarugas verdes podem fornecer informações valiosas sobre mudanças ambientais em aspectos espaciais e temporais. A fidelidade dessa espécie nas áreas de alimentação faz com que populações em localidades com diferentes níveis de urbanização apresentem diferenças significativas em sua dieta, em sua condição corporal e na manifestação da FP.

Destacamos o uso de FPS para avaliar a saúde das tartarugas em relação à qualidade ambiental, visto que a manifestação da doença é altamente correlacionada com o grau de urbanização nas zonas costeiras, pois quanto maior é o grau de urbanização, mais severo será o quadro da doença. Além disso, essa métrica é amplamente utilizada e de fácil obtenção em campo.

Tartarugas verdes possuem um grande apelo popular por representarem uma fauna carismática, atraindo a atenção de diversos grupos sociais, sendo capazes de chamar atenção para a conscientização sobre os maus hábitos que prejudicam os ambientes marinhos. Dessa forma, essa espécie tem o potencial não só de ser utilizada como

sentinela da qualidade ambiental, mas também de ser uma espécie bandeira, atraindo a população para a importância da preservação dos ambientes marinhos.

7. Referências Bibliográficas

- Adger, W. N., Hughes, T. P., Folke, C., Carpenter, S. R., & Rockström, J. (2005). Social-ecological resilience to coastal disasters. *Science*, 309(5737), 1036-1039.
- Aguirre, A. A., & Lutz, P. L. (2004). Marine turtles as sentinels of ecosystem health: is fibropapillomatosis an indicator?. *EcoHealth*, 1(3), 275-283.
- Aguirre, A. A., Balazs, G. H., Spraker, T. R., Murakawa, S. K., & Zimmerman, B. (2002). Pathology of oropharyngeal fibropapillomatosis in green turtles *Chelonia mydas*. *Journal of aquatic animal health*, 14(4), 298-304.
- Aguirre, A. A., Balazs, G. H., Zimmerman, B., & Galey, F. D. (1994). Organic contaminants and trace metals in the tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) afflicted with fibropapillomas in the Hawaiian islands. *Marine pollution bulletin*, 28(2), 109-114.
- Airoldi, L., Balata, D., & Beck, M. W. (2008). The gray zone: relationships between habitat loss and marine diversity and their applications in conservation. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 366(1-2), 8-15.
- Amaral, S., Câmara, G., Monteiro, A. M. V., Elvidge, C. D., & Quintanilha, J. A. (2001). Assessing Nighttime DMSP/OLS Data for Detection of Human Settlements in the Brazilian Amazonia.
- Amaral, S., Monteiro, A. M., Câmara, G., & Quintanilha, J. A. (2006). DMSP/OLS night-time light imagery for urban population estimates in the Brazilian Amazon. *International Journal of Remote Sensing*, 27(05), 855-870.
- Andrades, R., Martins, A. S., Fardim, L. M., Ferreira, J. S., & Santos, R. G. (2016). Origin of marine debris is related to disposable packs of ultra-processed food. *Marine pollution bulletin*, 109(1), 192-195.
- 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(1), 53-62.
- Arthur, K. E., & Balazs, G. H. (2008). A comparison of immature green turtle (*Chelonia mydas*) diets among seven sites in the main Hawaiian Islands. *Pacific Science*, 62(2), 205-217.
- Azevedo, M. C. X. (2013). Mapeamento da poluição luminosa do bioma cerrado.
- Balazs, G. H. (1979). Growth, food sources and migrations of immature Hawaiian *Chelonia*. *Marine Turtle Newsletter*, 10, 1-3.

- Balazs, G. H. (1991). Current status of fibropapillomas in the Hawaiian green turtle, *Chelonia mydas*. Research plan for marine turtle fibropapilloma, 47-57.
- Baptistotte, C. (2007). Caracterização espacial e temporal da fibropapilomatose em tartarugas marinhas da costa brasileira (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Barbier, P., Guise, S., Huitorel, P., Amade, P., Pesando, D., Briand, C., & Peyrot, V. (2001). Caulerpenyne from *Caulerpa taxifolia* has an antiproliferative activity on tumor cell line SK-N-SH and modifies the microtubule network. *Life Sciences*, 70(4), 415-429.
- Barnes, D. K. (2002). Biodiversity: invasions by marine life on plastic debris. *Nature*, 416(6883), 808.
- Barnes, D. K., 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(2), 147-154.
- Bjorndal, K. A. (1997). Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In: P. L. Lutz & J. A. Musick, (Eds.) *The biology of sea turtles*, Boca Raton: CRC Press, Boca Raton, Fla. (1), 199-231.
- 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.
- Brown, V. B., Davies, S. A., & Synnot, R. N. (1990). Long-term monitoring of the effects of treated sewage effluent on the intertidal macroalgal community near Cape Schanck, Victoria, Australia. *Botanica Marina*, 33(1), 85-98.
- Caldwell, D. K. (1962). Growth measurements of young captive Atlantic sea turtles in temperate waters. Los Angeles County Museum.
- Carvalho, V. F. D. (2013). Avaliação dos impactos da urbanização sobre as comunidades de macroalgas bentônicas no litoral do Espírito Santo, Brasil.
- Chaloupka, M., & Balazs, G. (2005). Modelling the effect of fibropapilloma disease on the somatic growth dynamics of Hawaiian green sea turtles. *Marine Biology*, 147(5), 1251-1260.
- Colman, L. P., Patrício, A. R. C., McGowan, A., Santos, A. J., Marcovaldi, M. Â., Bellini, C., & Godley, B. J. (2015). Long-term growth and survival dynamics of green turtles

- (*Chelonia mydas*) at an isolated tropical archipelago in Brazil. *Marine biology*, 162(1), 111-122.
- Derraik, J. G. (2002). The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. *Marine pollution bulletin*, 44(9), 842-852.
- Díez, I., Bustamante, M., Santolaria, A., Tajadura, J., Muguerza, N., Borja, A., ... & Gorostiaga, J. M. (2012). Development of a tool for assessing the ecological quality status of intertidal coastal rocky assemblages, within Atlantic Iberian coasts. *Ecological indicators*, 12(1), 58-71.
- Díez, I., Secilla, A., Santolaria, A., & Gorostiaga, J. M. (1999). Phytobenthic intertidal community structure along an environmental pollution gradient. *Marine Pollution Bulletin*, 38(6), 463-472.
- Ellis, E. C., Klein Goldewijk, K., Siebert, S., Lightman, D., & Ramankutty, N. (2010). Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global ecology and biogeography*, 19(5), 589-606.
- Elvidge, C. D., Baugh, K. E., Kihn, E. A., Kroehl, H. W., & Davis, E. R. (1997). Mapping city lights with nighttime data from the DMSP Operational Linescan System. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 63(6), 727-734.
- Elvidge, C. D., Cinzano, P., Pettit, D. R., Arvesen, J., Sutton, P., Small, C., ... & Weeks, J. (2007). The Nightsat mission concept. *International Journal of Remote Sensing*, 28(12), 2645-2670.
- Ene, A., Su, M., Lemaire, S., Rose, C., Schaff, S., Moretti, R., ... & Herbst, L. H. (2005). Distribution of chelonid fibropapillomatosis-associated herpesvirus variants in Florida: molecular genetic evidence for infection of turtles following recruitment to neritic developmental habitats. *Journal of Wildlife Diseases*, 41(3), 489-497.
- Eriksson, B. K., Johansson, G., & Snoeijs, P. (2002). Long-term changes in the macroalgal vegetation of the inner gullmar fjord, swedish skagerrak coast. *Journal of Phycology*, 38(2), 284-296.
- Figueiredo, M. A., Barreto, M. B. B., & Reis, R. P. (2004). Caracterização das macroalgas nas comunidades marinhas da Área de Proteção Ambiental de Cairuçu, Parati, RJ-subsídeos para futuros monitoramentos. *Revista Brasileira de Botânica*, 27(1), 11-17.
- Fletcher, R. L. (1996). The occurrence of “green tides”—a review. In: W. Schramm & P. H. Nienhuis, *Marine benthic vegetation*. Springer, Berlin, Heidelberg, 7-43.
- Fuentes, M. M., Lawler, I. R., & Gyuris, E. (2007). Dietary preferences of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) on a tropical reef flat. *Wildlife Research*, 33(8), 671-678.

- Gall, S. C., & Thompson, R. C. (2015). The impact of debris on marine life. *Marine pollution bulletin*, 92(1-2), 170-179.
- Goatley, C. H., Hoey, A. S., & Bellwood, D. R. (2012). The role of turtles as coral reef macroherbivores. *PLoS One*, 7(6), e39979.
- Godley, B. J., Lima, E. H. S. M., Åkesson, S., Broderick, A. C., Glen, F., Godfrey, M. H., ... & Hays, G. C. (2003). Movement patterns of green turtles in Brazilian coastal waters described by satellite tracking and flipper tagging. *Marine Ecology Progress Series*, 253, 279-288.
- Golubic, S. (1970). Effect of organic pollution on benthic communities. *Marine Pollution Bulletin*, 1(4), 56-57.
- Gorostiaga, J. M., & Diez, I. (1996). Changes in the sublittoral benthic marine macroalgae in the polluted area of Abra de Bilbao and proximal coast (Northern Spain). *Marine Ecology Progress Series*, 157-167.
- Gregory, M. R. (1991). The hazards of persistent marine pollution: drift plastics and conservation islands. *Journal of the Royal Society of New Zealand*, 21(2), 83-100.
- 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.
- Grilo, C. F., Neto, R. R., Vicente, M. A., de Castro, E. V. R., Figueira, R. C. L., & Carreira, R. S. (2013). Evaluation of the influence of urbanization processes using mangrove and fecal markers in recent organic matter in a tropical tidal flat estuary. *Applied geochemistry*, 38, 82-91.
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'agrosa, C., ... & Fujita, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319(5865), 948-952.
- Herbst, L. H. (1994). Fibropapillomatosis of marine turtles. *Annual Review of Fish Diseases*, 4, 389-425.
- Herbst, L. H., & Klein, P. A. (1995). Monoclonal antibodies for the measurement of class-specific antibody responses in the green turtle, *Chelonia mydas*. *Veterinary immunology and immunopathology*, 46(3-4), 317-335.
- Horta, P. A., Salles, J. P., Bouzon, J. L., Scherner, F., Cabral, D. Q., & Bouzon, Z. L. (2008). Composição e estrutura do fitobentos do infralitoral da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, Santa Catarina, Brasil-implicações para a conservação. *Oecologia Brasiliensis*, 12(2), 6.

- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Censo demográfico, (2010). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 22 de agosto de 2017.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jackson, J. B. (1997). Reefs since columbus. *Coral reefs*, 16(1), S23-S32.
- Jackson, J. B. (2001). What was natural in the coastal oceans?. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(10), 5411-5418.
- Jones, K., Ariel, E., Burgess, G., & Read, M. (2016). A review of fibropapillomatosis in green turtles (*Chelonia mydas*). *The Veterinary Journal*, 212, 48-57.
- Kampel, S. A. (2004). Geoinformação para estudos demográficos: representação espacial de dados de população na Amazônia Brasileira (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Karez, R., Engelbert, S., Kraufvelin, P., Pedersen, M. F., & Sommer, U. (2004). Biomass response and changes in composition of ephemeral macroalgal assemblages along an experimental gradient of nutrient enrichment. *Aquatic Botany*, 78(2), 103-117.
- Landsberg, J. H., Balazs, G. H., Steidinger, K. A., Baden, D. G., Work, T. M., & Russell, D. J. (1999). The potential role of natural tumor promoters in marine turtle fibropapillomatosis. *Journal of Aquatic Animal Health*, 11(3), 199-210.
- Li, W. C., Tse, H. F., & Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment*, 566, 333-349.
- Lotze, H. K., Lenihan, H. S., Bourque, B. J., Bradbury, R. H., Cooke, R. G., Kay, M. C., ... & Jackson, J. B. (2006). Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, 312(5781), 1806-1809.
- Ma, T., Zhou, C., Pei, T., Haynie, S., & Fan, J. (2012). Quantitative estimation of urbanization dynamics using time series of DMSP/OLS nighttime light data: A comparative case study from China's cities. *Remote Sensing of Environment*, 124, 99-107.
- Makowski, C., Seminoff, J. A., & Salmon, M. (2006). Home range and habitat use of juvenile Atlantic green turtles (*Chelonia mydas* L.) on shallow reef habitats in Palm Beach, Florida, USA. *Marine Biology*, 148(5), 1167-1179.
- Matiddi, M., Hochscheid, S., Camedda, A., Baini, M., Cocumelli, C., Serena, F., ... & Scholl, F. (2017). Loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*): A target species for

- monitoring litter ingested by marine organisms in the Mediterranean Sea. *Environmental pollution*, 230, 199-209.
- McDermid, K. J., & McMullen, T. L. (2004). Quantitative analysis of small-plastic debris on beaches in the Hawaiian archipelago. *Marine pollution bulletin*, 48(7-8), 790-794.
- Murray, N. S., & Littler, M. (1977) Seasonal analyses of standing stock and community structure of macroorganisms. In: Littler M. M., & Murray, N. S. (Eds) *Influence of domestic wastes on the structure and energetics of intertidal communities near Wilson Cove. San Clemente Island. Tech Compl Rep 164*, California Water Resources Center, Davis, 7-32.
- Murray, S. N., & Littler, M. M. (1978). Patterns of algal succession in a perturbed marine intertidal community. *Journal of Phycology*, 14(4), 506-512.
- Murray, S. N., Denis, T. G., Kido, J. S., & Smith, J. R. (1999). Human visitation and the frequency and potential effects of collecting on rocky intertidal populations in southern California marine reserves. *Reports of California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations*, 40(Oct.), 100-106.
- Nagaoka, S. M., Martins, A. S., Santos, R. G., Tognella, M. M. P., de 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.
- Oliveira, A. L. L., de Felício, R., Costa-Lotufo, L. V., de Moraes, M. O., do Ó Pessoa, C., Young, M. C. M., ... & Debonisi, H. M. (2008). Antitumor and antifungal activities from red algae *Bostrychia radicans* and *B. tenella* (Rhodophyta). *Planta Medica*, 74(09), PA153.
- Orfanidis, S., P. Panayotidis, and N. Stamatis. 2003. An insight to ecological evaluation index (EEI). *Ecological Indicators* 3: 27-33.
- Ortega, J. L. G. (2000). Algas. In: Espino, G. L., Pulido, H. S., Pérez, J. L. C. (Eds.). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. México, Playa y Valdés. 109-193.
- Portugal, A. B., Carvalho, F. L., de Macedo Carneiro, P. B., Rossi, S., & de Oliveira Soares, M. (2016). Increased anthropogenic pressure decreases species richness in tropical intertidal reefs. *Marine environmental research*, 120, 44-54.
- Pruter, A. T. (1987). Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6), 305-310.

- Rossi, S., Sánchez-Sarmiento, A. M., Vanstreels, R. E. T., dos Santos, R. G., Prioste, F. E. S., Gattamorta, M. A., ... & Matushima, E. R. (2016). Challenges in Evaluating the Severity of Fibropapillomatosis: A Proposal for Objective Index and Score System for Green Sea Turtles (*Chelonia mydas*) in Brazil. *PloS one*, 11(12), e0167632.
- Santos, M. G. M., Lagrota, M. H. C., Miranda, M. M. F. S., Yoneshigue-Valentin, Y., & Wigg, M. D. (1999). A screening for the antiviral effect of extracts from Brazilian marine algae against acyclovir resistant herpes simplex virus type 1. *Botanica marina*, 42(3), 227-230.
- Santos, R. G., Andrades, R., Boldrini, M. A., & Martins, A. S. (2015a). Debris ingestion by juvenile marine turtles: an underestimated problem. *Marine pollution bulletin*, 93(1-2), 37-43.
- Santos, R. G., Martins, A. S., Batista, M. B., & Horta, P. A. (2015b). Regional and local factors determining green turtle *Chelonia mydas* foraging relationships with the environment. *Marine Ecology Progress Series*, 529, 265-277.
- Santos, R. G., Martins, A. S., da Nobrega Farias, J., Horta, P. A., Pinheiro, H. T., Torezani, E., ... & Work, T. M. (2011). Coastal habitat degradation and green sea turtle diets in Southeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 62(6), 1297-1302.
- Santos, R. G., Martins, A. S., Torezani, E., Baptistotte, C., da Nóbrega Farias, J., Horta, P. A., ... & Balazs, G. H. (2010). Relationship between fibropapillomatosis and environmental quality: a case study with *Chelonia mydas* off Brazil. *Diseases of Aquatic Organisms*, 89(1), 87-95.
- 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.
- Seminoff, J. A. (2004). *Chelonia mydas*. In: IUCN 2008. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>.
- Seminoff, J. A., & Shanker, K. (2008). Marine turtles and IUCN Red Listing: a review of the process, the pitfalls, and novel assessment approaches. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 356(1-2), 52-68.
- Seminoff, J. A., Resendiz, A., & Nichols, W. J. (2002). Diet of East Pacific green turtles (*Chelonia mydas*) in the central Gulf of California, Mexico. *Journal of Herpetology*, 36(3), 447-453.
- Simboura, N., Zenetos, A., Panayotidis, P., & Makra, A. (1995). Changes in benthic community structure along an environmental pollution gradient. *Marine Pollution Bulletin*, 30(7), 470-474.

- Small, C., & Nicholls, R. J. (2003). A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of coastal research*, 584-599.
- Soares, A. R., Robaina, M., Mendes, G. S., Silva, T. S., Gestinari, L., Pamplona, O. S., ... & Romanos, M. T. V. (2012). Antiviral activity of extracts from Brazilian seaweeds against herpes simplex virus. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 22(4), 714-723.
- Sposato, P. L. (2014). Ecosystem health and environmental influences on innate immune function in the loggerhead (*Caretta caretta*) and green (*Chelonia mydas*) sea turtle. Florida Atlantic University.
- Thomson, J. A., Burkholder, D., Heithaus, M. R., & Dill, L. M. (2009). Validation of a rapid visual-assessment technique for categorizing the body condition of green turtles (*Chelonia mydas*) in the field. *Copeia*, 2009(2), 251-255.
- Vairappan, C. S. (2003). Potent antibacterial activity of halogenated metabolites from Malaysian red algae, *Laurencia majuscula* (Rhodomelaceae, Ceramiales). *Biomolecular engineering*, 20(4-6), 255-259.
- Van Houtan, K. S., Hargrove, S. K., & Balazs, G. H. (2010). Land use, macroalgae, and a tumor-forming disease in marine turtles. *PLoS One*, 5(9), e12900.
- Wallace, B. P., DiMatteo, A. D., Bolten, A. B., Chaloupka, M. Y., Hutchinson, B. J., Abreu-Grobois, F. A., ... & Bourjea, J. (2011). Global conservation priorities for marine turtles. *PloS one*, 6(9), e24510.
- Walsh, M. (1999). Rehabilitation of sea turtles. In: Eckert, K. L., Bjorndal, K. A., Abreu-Grobois, F. A., & Donnelly, M. (Eds.), *Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles*, 202–207. IUCN/SSC Marine Turtles Specialist Group.
- Wilcox, C., Van Sebille, E., & Hardesty, B. D. (2015). Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(38), 11899-11904.
- Work, T. M., & Balazs, G. H. (1999). Relating tumor score to hematology in green turtles with fibropapillomatosis in Hawaii. *Journal of Wildlife Diseases*, 35(4), 804-807.
- Work, T. M., Balazs, G. H., Rameyer, R. A., & Morris, R. A. (2004). Retrospective pathology survey of green turtles *Chelonia mydas* with fibropapillomatosis in the Hawaiian Islands, 1993–2003. *Diseases of Aquatic Organisms*, 62(1-2), 163-176.
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., ... & Sala, E. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *science*, 314(5800), 787-790.

Wyneken, J., & Witherington, D. (2001). The anatomy of sea turtles. US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Southeast Fisheries Science Center.

III. ANEXO

Anexo I – Metodologia dos índices de fibropapilomatose

Escores de Severidade da Fibropapilomatose (FPS) por Work & Balazs (1999)

Todas as tartarugas foram examinadas quanto à presença de tumores externos e na cavidade oral. Cada tartaruga afetada foi registrada quanto à quantidade, localização e tamanho dos tumores. Os tumores foram divididos em quatro categorias de tamanho (maior comprimento): A ≤ 1 cm, B 1-4 cm, C $>4-10$ cm e D > 10 cm. Usando o número de tumores e a categoria de tamanho, foi gerado um índice de severidade da doença, que compreende quatro escores de severidade da fibropapilomatose (FPS), indo de FPS-0 = sem tumores até FPS-3 = severamente afetada, de acordo com a tabela abaixo:

Determinação do escore de severidade da FP em *Chelonia mydas* a partir do número de tumores em cada classe de tamanho, adaptado de Work & Balazs (1999).

Classe de Tamanho do Tumor (cm)	Escore de Severidade da FP (FPS)			
	Não Afetada (FPS-0)	Pouco Afetada (FPS-1)	Moderadamente Afetada (FPS-2)	Severamente Afetada (FPS-3)
(A) < 1	0	1-5	>5	>5
(B) 1-4	0	1-5	>5	>5
(C) $> 4-10$	0	0	1-3	≥ 4
(D) > 10	0	0	0	≥ 1

Índice de Fibropapilomatose (FPI) e Escore da Fibropapilomatose no Atlântico Sudoeste (FPSswa) por Rossi et al. (2016)

Conforme já descrito na metodologia do FPS, cada tartaruga afetada foi registrada quanto à quantidade dos tumores, os quais foram divididos em quatro categorias de tamanho (maior comprimento): A ≤ 1 cm, B 1-4 cm, C $>4-10$ cm e D > 10 cm. Este índice de fibropapilomatose (FPI) leva em consideração o número de tumores (N_A , N_B , N_C , N_D) para cada classe de tamanho, e será obtido através da seguinte fórmula:

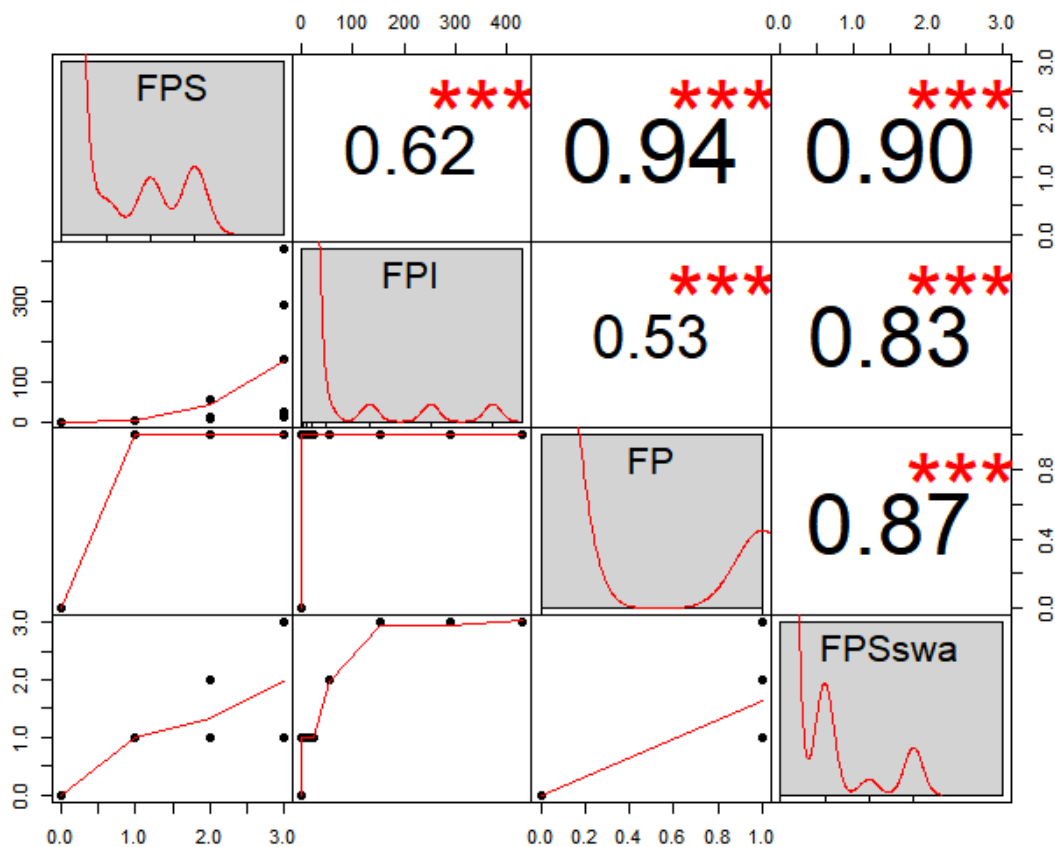
$$FPI = 0.1 \times N_A + 1 \times N_B + 20 \times N_C + 40 \times N_D$$

Com base no FPI, Rossi et al. (2016) propuseram um escore da fibropapilomatose para as tartarugas do Atlântico Sudoeste (FPSswa) utilizado para classificar indivíduos

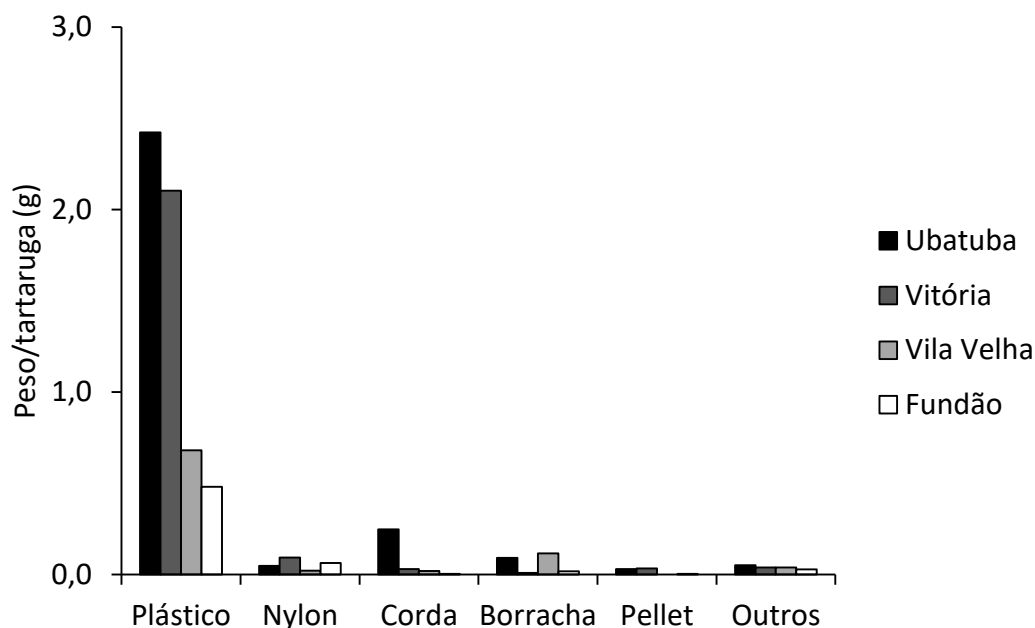
em três categorias ordinais de severidade de FP: “leve” ($FPI < 40$), “moderado” ($40 \leq FPI < 120$) e “grave” ($FPI \geq 120$).

Anexo II – Figuras

II.1. Resultados da correlação de Pearson para as métricas de avaliação da fibropapilomatose. FP: presença ou ausência; FPS: escore de severidade da fibropapilomatose; FPI: índice de fibropapilomatose; FPSswa; escore para as tartarugas do Atlântico Sudoeste.



II.II. Relação peso do material ingerido por tartaruga (g) em todas as áreas de estudo. A categoria Outros representa os materiais que corresponderam a menos de 1,0g do lixo total ingerido pelas tartarugas verdes. Ubatuba (n = 15); Vitória (n = 61); Vila Velha (n = 6); Fundão (n = 33).



Anexo III – Tabelas

III.I. Resultados da ingestão de resíduos antropogênicos das populações de tartarugas verdes, *Chelonia mydas*, nas áreas de estudo. N: número de indivíduos totais avaliados quanto à presença de lixo; Ingestão: Valor relativo da ingestão de lixo pelas tartarugas nas áreas de estudo; Itens: número médio de itens ingeridos por indivíduo; Peso: peso médio em gramas dos itens ingeridos por indivíduo. Todas as médias estão acompanhadas do Desvio Padrão (\pm DP).

	Localidade	N	Ingestão (%)	Itens \pm DP	Peso \pm DP
3	Fundão	49	59,2	17,4 \pm 103,7	0,6 \pm 7,6
4	Vitória	122	58,2	39,3 \pm 91,5	2,3 \pm 7,2
5	Vila Velha	9	77,8	19,7 \pm 34,7	0,9 \pm 1,8
6	Ubatuba	13	100,0	38,7 \pm 81,4	2,9 \pm 7,1
	Total	193	62,2	32,1 \pm 75,9	1,8 \pm 5,9

III.II. Peso relativo dos componentes alimentares, classificados em gênero, presentes no conteúdo esofágico das tartarugas verdes (*Chelonia mydas*) encontradas na costa do Brasil. “T” representa a presença de traços não quantificáveis do componente alimentar; “-” representa a ausência do componente alimentar.

	Fernando de Noronha	Abrolhos	Fundão	Vitória	Vila Velha	Ubatuba	Total
Chlorophyta	0,03	24,09	75,02	84,22	67,46	3,52	61,55
<i>Acicularia</i>	-	-	0,03	-	-	-	0,02
<i>Anadyomene</i>	-	-	T	-	-	-	T
<i>Boodleopsis</i>	-	0,18	-	-	-	-	T
<i>Bryopsis</i>	-	-	0,03	-	-	-	0,02
<i>Caulerpa</i>	T	23,91	10,00	1,83	0,07	0,37	6,04

<i>Chaetomorpha</i>	0,03	-	T	0,06	T	-	T
<i>Cladophora</i>	-	-	0,05	0,15	T	2,95	0,22
<i>Codium</i>	-	-	0,12	-	-	-	0,07
<i>Ernodesmis</i>	-	-	T	-	-	-	T
<i>Halimeda</i>	T	-	7,33	-	T	-	4,13
<i>Ulva</i>	T	-	57,29	82,18	67,39	0,20	50,95
Rhodophyta	72,39	17,40	22,97	15,75	32,25	93,44	33,48
<i>Acanthophora</i>	-	-	-	-	-	43,12	2,55
<i>Acrochaetium</i>	-	-	T	-	-	T	T
<i>Amphiroa</i>	-	-	0,42	-	0,01	-	0,24
<i>Arthrocardia</i>	-	-	-	-	T	-	T
<i>Asparagopsis</i>	-	-	-	-	-	T	T
<i>Bostrychia</i>	-	-	-	-	T	-	T
<i>Bryothamnion</i>	-	T	0,09	-	0,11	2,97	0,25
<i>Calliarthron</i>	-	-	-	-	T	-	T
<i>Centrocera</i>	T	-	-	-	-	-	T
<i>Ceramium</i>	T	-	-	-	-	-	T
<i>Champia</i>	T	-	T	-	-	-	T
<i>Chondracanthus</i>	-	-	5,03	3,47	-	0,12	3,18
<i>Chondria</i>	-	T	-	-	-	-	T
<i>Cryptonemia</i>	-	-	-	-	8,57	-	1,35
<i>Cryptopleura</i>	-	T	-	-	-	-	T
<i>Digenea</i>	0,03	-	-	-	-	-	T
<i>Galaxaura</i>	-	-	0,13	-	-	-	0,07
<i>Gelidiacea</i>	0,03	-	-	-	-	-	T
<i>Gelidiella</i>	3,01	5,43	-	-	-	T	0,39
<i>Gelidiopsis</i>	-	-	0,07	-	-	0,15	0,05
<i>Gelidium</i>	2,86	0,36	7,89	10,85	0,62	0,60	5,97
<i>Gracilaria</i>	-	0,54	6,78	0,87	9,39	-	5,39
<i>Gracilariopsis</i>	-	-	-	-	11,67	-	1,84
<i>Grateloupia</i>	-	-	-	-	-	1,79	0,11
<i>Gymnogongrus</i>	-	-	0,26	-	-	-	0,15
<i>Haliptilon</i>	-	0,18	-	-	-	-	T
<i>Halymenia</i>	-	-	0,05	0,56	-	-	0,08
<i>Hypnea</i>	0,61	1,99	1,74	-	0,25	15,64	2,03
<i>Jania</i>	T	-	-	-	-	-	T
<i>Laurencia</i>	59,71	T	0,08	-	-	-	6,84
<i>Osmundaria</i>	-	4,35	0,10	-	-	-	0,09
<i>Polysiphonia</i>	1,32	-	-	-	-	0,05	0,15
<i>Porphyra</i>	-	-	0,10	-	-	-	0,06
<i>Predaea</i>	-	-	-	-	T	-	T
<i>Pterocладиella</i>	-	-	-	-	-	28,62	1,70
<i>Rhodymenia</i>	-	4,53	0,01	-	-	-	0,04
<i>Spyridia</i>	-	-	-	-	0,08	-	0,01
<i>Vidalia</i>	-	-	-	-	0,04	-	T
<i>Wrangelia</i>	-	-	-	-	1,48	-	0,23
<i>Wurdemannia</i>	-	-	-	-	-	0,37	0,02
Phaeophyceae	20,41	5,09	1,99	-	0,29	3,04	3,71
<i>Canistrocarpus</i>	0,04	0,18	-	-	-	-	T

<i>Dictyopteris</i>	14,09	1,45	0,53	-	0,17	0,36	1,96
<i>Dictyota</i>	-	0,19	-	-	-	T	T
<i>Lobophora</i>	5,96	0,36	0,97	-	-	-	1,23
<i>Padina</i>	T	T	T	-	0,11	T	0,02
<i>Sargassum</i>	0,32	1,27	0,48	-	-	2,68	0,48
<i>Sphacelaria</i>	T	1,63	-	-	-	-	0,01
<i>Zonaria</i>	-	-	-	-	T	-	T
Angiosperma	7,17	53,43	0,03	0,03	-	-	1,27
Marinha							
<i>Halodule</i>	7,17	53,43	0,03	0,03	-	-	1,27

Anexo IV - Script das análises do modelo de regressão linear múltipla no Rstudio

```
#Carregar pacotes
```

```
library(lme4)
library(ggplot2)
library(readr)
library(PerformanceAnalytics)
```

```
#Importar planilha
```

```
tartarugas<-
read_csv("C:/Users/SAMSUNG/Desktop/Analise_modelo_R/tartarugas.csv",
         col_types = cols( Dieta = col_double(),
                          FP = col_double(), FPS = col_double()))
```

#ANALISAR CORRELAÇÃO ENTRE FPS

```
#Selecionar colunas da tabela onde a correlação será efetuada
```

```
Variables<- tartarugas[,c("FPS","FPI","FP","FPSswa")]
```

```
#efetua a correlação de Pearson e gera o gráfico
```

```
chart.Correlation(Variables, histogram=TRUE, pch=19)
```

#GERAR O MODELO

```
#definir como o modelo lida com NAs
```

```
options(na.action="na.fail")
```

```
#Seleciona variáveis a serem usadas no modelo
```

```
myvars <- names(tartarugas) %in% c("FPS","CC", "NL", "Dieta")
```

```
tartarugas<-tartarugas[myvars]
```

```
#Apagar as linhas sem informação
```

```

tartarugas<-na.omit(tartarugas)

#Padronizar as variáveis preditoras

tartarugas$FPS<-(tartarugas$FPS - mean(tartarugas$FPS)) / sd(tartarugas$FPS)
tartarugas$CC<-(tartarugas$CC - mean(tartarugas$CC)) / sd(tartarugas$CC)
tartarugas$Dieta<-(tartarugas$Dieta - mean(tartarugas$Dieta)) / sd(tartarugas$Dieta)

#Rodar o modelo - Regressão múltipla

Lm_local<-lm(NL~FPS+CC+Dieta, tartarugas)

#Resultados do modelo

summary(Lm_local)

#Fazer gráfico de magnitude de efeito das variáveis

Confit_Tar<-confint(Lm_local)
beta_Tar <- coefficients(Lm_local)
table_Tar<-merge(Confit_Tar,beta_Tar, by="row.names")
colnames(table_Tar) <- c("fact","inf", "sup", "beta")
table_Tar<-table_Tar[-1,]
table_Tar$Colour<-ifelse(table_Tar$inf<0, ifelse(table_Tar$sup<0,"red","grey50"),

ifelse(table_Tar$sup>0,ifelse(table_Tar$inf>0,"blue","grey50"),"grey50"))
col <- as.character(table_Tar$Colour)
names(col) <- as.character(table_Tar$Colour)
table_Tar$fact <- factor(table_Tar$fact, levels = table_Tar$fact[order(table_Tar$beta)])
table_Tar$fact<-as.factor(table_Tar$fact)
graf_Tar <- ggplot(table_Tar, aes(x=fact, y=beta, ymin=inf,ymax= sup, color=Colour))+
  geom_pointrange(alpha = .5, cex=.8)+ coord_flip() + geom_hline(aes(yintercept=0),
lty=2)+ xlab('Predictors\n')+
  ylab('Regression coefficient (95% CI)')+
  scale_color_manual(values=col)+
  theme(legend.position="none",
        axis.title.y = element_text(colour="grey20",size=12,face="bold"),
        axis.text.x = element_text(colour="grey20",size=8,face="bold"),
        axis.text.y = element_text(colour="grey20",size=8,face="bold"),
        axis.title.x = element_text(colour="grey20",size=12,face="bold"),
        plot.background = element_blank(),
        panel.grid.major = element_blank(),
        panel.grid.minor = element_blank(),
        panel.background = element_rect(fill = "white", colour = "grey50"),
        legend.background= element_blank())
graf_Tar

#Testar premissas do modelo

plot(Lm_local)

```

IV. REFERÈNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, A. A., & Lutz, P. L. (2004). Marine turtles as sentinels of ecosystem health: is fibropapillomatosis an indicator?. *EcoHealth*, 1(3), 275-283.
- Aguirre, A. A., Balazs, G. H., Spraker, T. R., Murakawa, S. K., & Zimmerman, B. (2002). Pathology of oropharyngeal fibropapillomatosis in green turtles *Chelonia mydas*. *Journal of aquatic animal health*, 14(4), 298-304.
- Aguirre, A. A., Balazs, G. H., Zimmerman, B., & Galey, F. D. (1994). Organic contaminants and trace metals in the tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) afflicted with fibropapillomas in the Hawaiian islands. *Marine pollution bulletin*, 28(2), 109-114.
- Balazs, G. H., & Chaloupka, M. (2004). Spatial and temporal variability in somatic growth of green sea turtles (*Chelonia mydas*) resident in the Hawaiian Archipelago. *Marine Biology*, 145(5), 1043-1059.
- Bjorndal, K. A. (1997). Foraging ecology and nutrition of sea turtles. In: P. L. Lutz & J. A. Musick, (Eds.) *The biology of sea turtles*, Boca Raton: CRC Press, Boca Raton, Fla. (1), 199-231.
- Bjorndal, K. A. (Ed.). (1995). *Biology and conservation of sea turtles*. Washington: Smithsonian Institution Press, 599-600.
- Bjorndal, K. A., Bolten, A. B., & Chaloupka, M. Y. (2000). Green turtle somatic growth model: evidence for density dependence. *Ecological Applications*, 10(1), 269-282.
- Butchart, S. H., Walpole, M., Collen, B., Van Strien, A., Scharlemann, J. P., Almond, R. E., ... & Carpenter, K. E. (2010). Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science*, 1187512.
- Caro, T. M., & O'doherty, G. (1999). On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation biology*, 13(4), 805-814.
- Colman, L. P., Patrício, A. R. C., McGowan, A., Santos, A. J., Marcovaldi, M. Â., Bellini, C., & Godley, B. J. (2015). Long-term growth and survival dynamics of green turtles (*Chelonia mydas*) at an isolated tropical archipelago in Brazil. *Marine biology*, 162(1), 111-122.
- Deus Santos, M. R., Martins, A. S., Baptistotte, C., & Work, T. M. (2015). Health condition of juvenile *Chelonia mydas* related to fibropapillomatosis in southeast Brazil. *Diseases of aquatic organisms*, 115(3), 193-201.
- Domiciano, I. G., Domit, C., & Bracarense, A. P. F. R. L. (2017). The green turtles *Chelonia mydas* as marine and coastal environment sentinels: anthropogenic activities and diseases. *Semina: Ciências Agrárias*, 38(5), 3417-3434.

- Epperly, P. S. (2003). Fisheries-related mortality and turtle excluder devices (TEDs). In: P. L. Lutz, J. A. Musick, & J. Wyneken (Eds.), *The biology of sea turtles*, Boca Raton: CRC Press, Boca Raton, Fla. (2), 339-353.
- Frazier, J. (2005). The role of flagship species in interactions between people and the sea. *Marit. Stud.*, 3(2) e 4(1): 5–38.
- Furness, R. W., & Camphuysen, K. (1997). Seabirds as monitors of the marine environment. *ICES Journal of marine Science*, 54(4), 726-737.
- Goatley, C. H., Hoey, A. S., & Bellwood, D. R. (2012). The role of turtles as coral reef macroherbivores. *PLoS One*, 7(6), e39979.
- Godley, B. J., Blumenthal, J. M., Broderick, A. C., Coyne, M. S., Godfrey, M. H., Hawkes, L. A., & Witt, M. J. (2008). Satellite tracking of sea turtles: where have we been and where do we go next?. *Endangered Species Research*, 4(1-2), 3-22.
- Godley, B. J., Lima, E. H. S. M., Åkesson, S., Broderick, A. C., Glen, F., Godfrey, M. H., ... & Hays, G. C. (2003). Movement patterns of green turtles in Brazilian coastal waters described by satellite tracking and flipper tagging. *Marine Ecology Progress Series*, 253, 279-288.
- Halpern, B. S., Frazier, M., Potapenko, J., Casey, K. S., Koenig, K., Longo, C., ... & Walbridge, S. (2015). Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature communications*, 6, 7615.
- Halpern, B. S., Walbridge, S., Selkoe, K. A., Kappel, C. V., Micheli, F., D'agrosa, C., ... & Fujita, R. (2008). A global map of human impact on marine ecosystems. *Science*, 319(5865), 948-952.
- Herbst, L. H. (1994). Fibropapillomatosis of marine turtles. *Annual Review of Fish Diseases*, 4, 389-425.
- Herbst, L. H., & Klein, P. A. (1995). Monoclonal antibodies for the measurement of class-specific antibody responses in the green turtle, *Chelonia mydas*. *Veterinary immunology and immunopathology*, 46(3-4), 317-335.
- Jessup, D. A., Miller, M., Ames, J., Harris, M., Kreuder, C., Conrad, P. A., & Mazet, J. A. (2004). Southern sea otter as a sentinel of marine ecosystem health. *EcoHealth*, 1(3), 239-245.
- Jones, K., Ariel, E., Burgess, G., & Read, M. (2016). A review of fibropapillomatosis in green turtles (*Chelonia mydas*). *The Veterinary Journal*, 212, 48-57.
- Keith, J. O. (1996). *Residue Analyses: How They Were Used to Assess the Environmental contaminants in wildlife: Interpreting tissue concentrations*, 1.

- Landsberg, J. H., Balazs, G. H., Steidinger, K. A., Baden, D. G., Work, T. M., & Russell, D. J. (1999). The potential role of natural tumor promoters in marine turtle fibropapillomatosis. *Journal of Aquatic Animal Health*, 11(3), 199-210.
- Lotze, H. K., Lenihan, H. S., Bourque, B. J., Bradbury, R. H., Cooke, R. G., Kay, M. C., ... & Jackson, J. B. (2006). Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, 312(5781), 1806-1809.
- Makowski, C., Seminoff, J. A., & Salmon, M. (2006). Home range and habitat use of juvenile Atlantic green turtles (*Chelonia mydas* L.) on shallow reef habitats in Palm Beach, Florida, USA. *Marine Biology*, 148(5), 1167-1179.
- Matiddi, M., Hochscheid, S., Camedda, A., Bains, M., Cocumelli, C., Serena, F., ... & Scholl, F. (2017). Loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*): A target species for monitoring litter ingested by marine organisms in the Mediterranean Sea. *Environmental pollution*, 230, 199-209.
- 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*, CRC Press, Boca Raton, Fla. (1), 137-164.
- Reddy, L. M., Dierauf, L. A., & Gulland, F. M. (2001). Marine mammals as sentinels of ocean health. In: L. A. Dierauf & F. M. Gulland (Eds.), *CRC Handbook of Marine Mammal Medicine: Health, Disease, and Rehabilitation*, 3-13.
- Sakai, H., Saeki, K., Ichihashi, H., Suganuma, H., Tanabe, S., & Tatsukawa, R. (2000). Species-specific distribution of heavy metals in tissues and organs of loggerhead turtle (*Caretta caretta*) and green turtle (*Chelonia mydas*) from Japanese coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 40(8), 701-709.
- Santos, M. G. M., Lagrota, M. H. C., Miranda, M. M. F. S., Yoneshigue-Valentin, Y., & Wigg, M. D. (1999). A screening for the antiviral effect of extracts from Brazilian marine algae against acyclovir resistant herpes simplex virus type 1. *Botanica marina*, 42(3), 227-230.
- Santos, R. G., Andrades, R., Boldrini, M. A., & Martins, A. S. (2015a). Debris ingestion by juvenile marine turtles: an underestimated problem. *Marine pollution bulletin*, 93(1-2), 37-43.
- Santos, R. G., Martins, A. S., Batista, M. B., & Horta, P. A. (2015b). Regional and local factors determining green turtle *Chelonia mydas* foraging relationships with the environment. *Marine Ecology Progress Series*, 529, 265-277.

- Santos, R. G., Martins, A. S., da Nobrega Farias, J., Horta, P. A., Pinheiro, H. T., Torezani, E., ... & Work, T. M. (2011). Coastal habitat degradation and green sea turtle diets in Southeastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 62(6), 1297-1302.
- Santos, R. G., Martins, A. S., Torezani, E., Baptistotte, C., da Nóbrega Farias, J., Horta, P. A., ... & Balazs, G. H. (2010). Relationship between fibropapillomatosis and environmental quality: a case study with *Chelonia mydas* off Brazil. *Diseases of Aquatic Organisms*, 89(1), 87-95.
- Seminoff, J. A. (2004). *Chelonia mydas*. In: IUCN 2008. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. <www.iucnredlist.org>.
- Small, C., & Nicholls, R. J. (2003). A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of coastal research*, 584-599.
- Soares, A. R., Robaina, M., Mendes, G. S., Silva, T. S., Gestinari, L., Pamplona, O. S., ... & Romanos, M. T. V. (2012). Antiviral activity of extracts from Brazilian seaweeds against herpes simplex virus. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 22(4), 714-723.
- Sposato, P. L. (2014). Ecosystem health and environmental influences on innate immune function in the loggerhead (*Caretta caretta*) and green (*Chelonia mydas*) sea turtle. Florida Atlantic University.
- Turner, R. K., Subak, S., & Adger, W. N. (1996). Pressures, trends, and impacts in coastal zones: interactions between socioeconomic and natural systems. *Environmental management*, 20(2), 159-173.
- Van Houtan, K. S., Hargrove, S. K., & Balazs, G. H. (2010). Land use, macroalgae, and a tumor-forming disease in marine turtles. *PLoS One*, 5(9), e12900.
- Wells, R. S., Rhinehart, H. L., Hansen, L. J., Sweeney, J. C., Townsend, F. I., Stone, R., ... & Rowles, T. K. (2004). Bottlenose dolphins as marine ecosystem sentinels: developing a health monitoring system. *EcoHealth*, 1(3), 246-254.