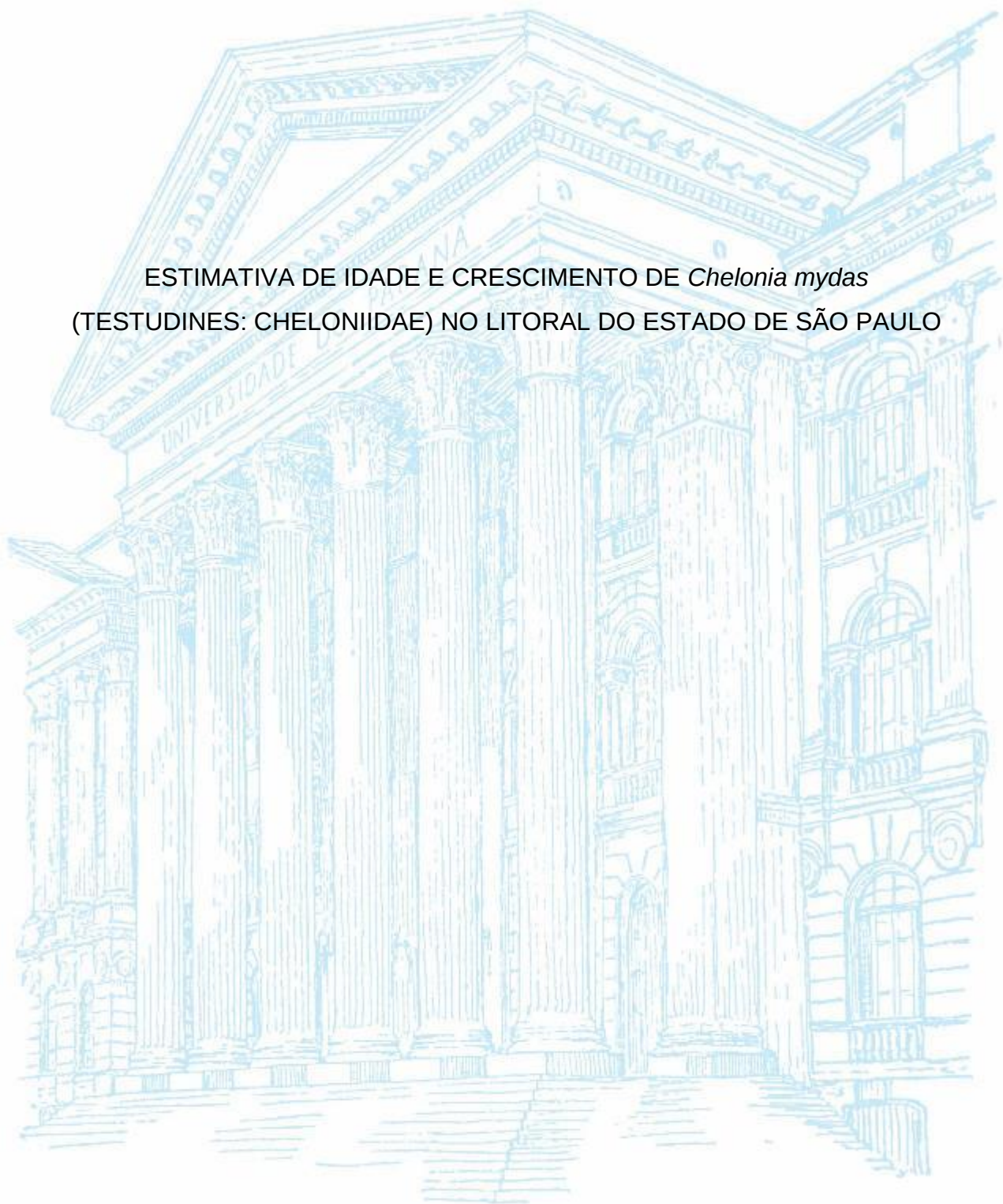


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARINA DE SIMAS ZACHOW

ESTIMATIVA DE IDADE E CRESCIMENTO DE *Chelonia mydas*
(TESTUDINES: CHELONIIDAE) NO LITORAL DO ESTADO DE SÃO PAULO



CURITIBA

2022

MARINA DE SIMAS ZACHOW

ESTIMATIVA DE IDADE E CRESCIMENTO DE *Chelonia mydas*
(TESTUDINES: CHELONIIDAE) NO LITORAL DO
ESTADO DE SÃO PAULO

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Zoologia, Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial a obtenção do título de Mestre em Zoologia.

Orientador: Profº Emygdio Leite de Araujo Monteiro Filho.

CURITIBA

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Zachow, Marina de Simas

Estimativa de idade e crescimento de *Chelonia mydas*
(Testudines: cheloniidae) no litoral do estado de São Paulo /
Marina de Simas Zachow. – Curitiba, 2022.
1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em
Zoologia.

Orientador: Prof. Dr. Emygdio Leite de Araujo Monteiro-Filho..

1. Tartaruga marinha. 2. Animais – Idade. 3. Tartarugas –
Crescimento. I. Monteiro Filho, Emygdio Leite de Araujo, 1957-. II.
Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Biológicas.
Programa de Pós-Graduação em Zoologia. III. Título.

Bibliotecária: Giana Mara Seniski Silva CRB-9/1406



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOLOGIA 40001016008P4

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ZOOLOGIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **MARINA DE SIMAS ZACHOW** intitulada: **ESTIMATIVA DE IDADE E CRESCIMENTO DE *Chelonia mydas* (TESTUDINES: CHELONIIDAE) NO LITORAL DO ESTADO DE SÃO PAULO**, sob orientação do Prof. Dr. EMYGDIO LEITE DE ARAUJO MONTEIRO FILHO, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 25 de Abril de 2022.

Assinatura Eletrônica

02/05/2022 11:22:39.0

EMYGDIO LEITE DE ARAUJO MONTEIRO FILHO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

07/06/2022 14:48:42.0

LUIS FERNANDO FÁVARO

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

01/05/2022 21:56:31.0

SIMONE ALMEIDA GAVILAN

Avaliador Externo (23001011)

Avenida Cel Francisco H Santos, s/n - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 81531-980 - Tel: (41) 3361-1641 - E-mail: pgzoo@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 179633

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 179633

Ao meu pai, Randolph Zachow (*in memoriam*),

AGRADECIMENTOS

O mestrado esteve em meus planos durante muitos anos, mas confesso que foi difícil me encontrar nos inúmeros temas proporcionados pela Biologia. Hoje posso ter a satisfação de dizer que as tartarugas marinhas me fascinaram e proporcionaram um conhecimento muito maior do que imaginava, espero ter contribuído um pouco para o conhecimento desses animais fantásticos que habitam nosso planeta na tentativa de sobreviver na constante ameaça que nossa ação causa em suas vidas. Primeiramente agradeço ao meu orientador, Prof. Emygdio, foi um privilégio ter tido a oportunidade de aprendizado dos inúmeros caminhos que Biologia pode nos mostrar. Foi um crescimento inexplicável! Obrigada pela oportunidade. Serei sempre grata por todo apoio!

Aos membros da banca, Professor Luís Fernando Fávaro que desde antes do mestrado, sempre foi solícito e generoso, suas sugestões foram valiosas para meu crescimento. Gratidão por todos os momentos em que precisei do seu apoio! A Professora Simone Almeida Gavilan, por aceitar a compor minha banca e avaliar meu trabalho, contribuindo significativamente para melhoria do estudo. Obrigada!

Agradeço a todas as instituições que enviaram as amostras, em especial ao IPeC e todos os funcionários do CRDAM/Cananéia que contribuíram para que cada amostra fosse coletada e chegasse ao laboratório da melhor forma possível! Em especial, ao meu coordenador, Henrique Chupil, pela compreensão e maleabilidade para conseguir cumprir esse objetivo.

Com muito carinho, agradeço as minhas amigas do Laboratório, Bárbara Zito, Alana e Maria Clara, vocês foram essenciais em todo o processo! Obrigada pelas conversas ("LabTerapia") e trabalhos extras, já que foi difícil conseguir dar conta de tudo! Vocês são maravilhosas!! Silvia Zambuzi, além de amiga do coração, sem você, não teria condições de fazer os mapas! Obrigada por pela dedicação e tempo que dispôs para ajudar! Agradeço imensamente a Rebeca Pires Wanderley, amiga de coração que a vida me proporcionou e me inseriu nessa empreitada maravilhosa que é a biologia marinha.

À Roberta Petitet, agradeço demais no auxílio das análises! Literalmente me salvou! Agradeço sua disponibilidade e generosidade que foram essenciais no meu estudo. Gratidão.

As amigas virtuais que fiz durante o mestrado, Carolina Mazepa Simião, Marina Souza e Malu Gandara. Muito obrigada pelas conversas e apoio durante esse trajeto que foi mais difícil devido a uma pandemia que se iniciou junto com nossa empreitada! Consequimos!

Não poderia deixar agradecer minha mãe que me acompanhou de longe minhas aflições durante esse período de crescimento! T. amo Mãe! Pai, dedico esta etapa da minha vida a você! Serei eternamente grata! Ao meu companheiro Douglas, agradeço a compreensão e paciência durante todo esse processo. Por final e não menos importante, meus bichinhos amados, Mumu, Raspinha e Willy. Amor incondicional que estavam comigo em todos os momentos!

Por fim, agradeço a todos que me ajudaram direta ou indiretamente para que conseguisse completar esse ciclo! Gratidão.

“A raça humana está desafiada, mais do que nunca antes, a demonstrar nosso domínio, não sobre a natureza, mas sobre nós mesmos. ”

Rachel Carson

RESUMO

A tartaruga marinha *Chelonia mydas*, tartaruga-verde, é considerada cosmopolita, com distribuição ao longo de toda a costa brasileira onde ocorre reprodução e desenvolvimento. No entanto, existe uma carência de informações sobre o perfil demográfico para a espécie. Nesse sentido, a estimativa de idade através da esqueletocronologia permite avançar nos conhecimentos sobre a idade estimada, bem como, a taxa de crescimento dos indivíduos provenientes de encalhes no litoral do estado de São Paulo, contribuindo para a elaboração de medidas de conservação da espécie. O objetivo deste estudo foi estimar a idade e a taxa de crescimento de exemplares de *Chelonia mydas* que ocorrem em área de alimentação ao longo do litoral do Estado de São Paulo. O estabelecimento de um fator de correção permitiu estimar as linhas perdidas pela reabsorção óssea. Nesse sentido, a equação que obteve melhor ajuste para estabelecer as linhas perdidas na área de reabsorção, foi a regressão alométrica com linha de tendência estipulada pela equação de potência. Para obter a taxa de crescimento, foi necessário o retrocálculo para estabelecer o CCC estimado para cada linha de crescimento. A curva de crescimento foi estabelecida pelo modelo *Von Bertalanffy*. Foram coletados no período de setembro de 2015 a julho de 2021, 404 indivíduos. Dentre esses, 74% fêmeas, 23% machos e 3% indeterminados. A estimativa de idade das tartarugas-verdes variou entre 3 a 26 anos, sendo a faixa etária que melhor representa a região de estudo está entre 5 e 12 anos, com o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) variando entre 25,5 e 77 cm. Do total analisado, 86 indivíduos retinham o *annulus*, com a idade estimada variando entre 3 a 8 anos e o tamanho entre 25,5 a 43 cm de CCC. Os resultados obtidos demonstraram alta correlação entre as medidas do úmero e o CCC, demonstrando que o tamanho (CCC) acompanha proporcionalmente o crescimento do úmero. O retrocálculo foi estabelecido pela escolha do modelo que obteve o menor critério de desvio (DIC), sendo aplicado para um total de 85 indivíduos totalizando 466 intervalos de crescimento. As taxas de crescimento obtidas foram categorizadas por classe de CCC de 10 cm e por idade. Foi observado um crescimento acelerado nos anos iniciais seguido de declínio ao longo dos anos, caracterizando um padrão biológico na relação taxa de crescimento por idade. A idade de recrutamento para o ambiente nerítico no litoral do estado de São Paulo ocorre a partir dos 3 anos e o tamanho de recrutamento mínimo a partir dos 25,5 cm de CCC. A curva de crescimento para a idade estimada e CCC através do modelo *von Bertalanffy* obteve um ajuste satisfatório para o conjunto de dados disponíveis (n=404). Estabelecida a curva de crescimento para fêmea e macho foi observado um crescimento similar até os 20 anos. Este estudo fornece um panorama geral da taxa de crescimento dos indivíduos da espécie *C. mydas* encalhadas no litoral do estado de São Paulo, estabelecendo uma conexão entre os dados obtidos com as regiões Sudeste e Sul da costa brasileira.

Palavras-chave: Tartaruga-verde. Estimativa de idade. Esqueletocronologia. Taxa de crescimento.

ABSTRACT

The sea turtle *Chelonia mydas*, green turtle, is considered cosmopolitan, with distribution along the entire Brazilian coast where reproduction and development takes place. However, there is a lack of information on the demographic profile for the species. In this sense, the estimation of age through skeletochronology makes it possible to advance in the knowledge about the estimated age, as well as the growth rate of individuals from strandings on the coast of the state of São Paulo, contributing to the development of conservation measures for the species. The aim of this study was to estimate the age and growth rate of *Chelonia mydas* that occur in a feeding area along the coast of the State of São Paulo. The establishment of a correction factor allowed estimating the lines lost by bone resorption. In this sense, the equation that obtained the best fit to establish the lost lines in the resorption area was the allometric regression with a trend line stipulated by the power equation. To obtain the growth rate, a retrocalculation was necessary to establish the estimated CCC for each growth line. The growth curve was established by the *Von Bertalanffy* model. From September 2015 to July 2021, 404 individuals were collected. Among these, 74% females, 23% males and 3% indeterminate. The estimated age of green turtles ranged from 3 to 26 years, and the age group that best represents the study region is between 5 and 12 years, with the curvilinear carapace length (CCC) ranging from 25.5 to 77 cm. Of the total analyzed, 86 individuals retained the *annulus*, with an estimated age ranging from 3 to 8 years and the size between 25.5 to 43 cm of CCC. The results obtained showed a high correlation between the measurements of the humerus and the CCC, demonstrating that the size (CCC) proportionally follows the growth of the humerus. The retrocalculation was established by choosing the model that obtained the smallest deviation criterion (DIC), being applied to 85 individuals, totaling 466 growth intervals. The growth rates obtained was categorized by 10 cm CCC class and by age. An accelerated growth was observed in the initial years followed by a decline over the years, characterizing a biological pattern in the growth rate per age relationship. The age of recruitment to the neritic environment on the coast of the state of São Paulo occurs from 3 years old and the minimum recruitment size from 25.5 cm of CCC. The growth curve for estimated age and CCC through the *von Bertalanffy* model obtained a satisfactory fit for the available data set (n=404). Once the growth curve for female and male was established, a similar growth was observed until the age of 20 years. This study provides an overview of the growth rate of *Chelonia mydas* stranded on the coast of the state of São Paulo, establishing a connection between the data obtained with the Southeast and South regions of the Brazilian coast.

Keywords: Green turtle. Age estimate. Skeletochronology. Growth rate.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	11
1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	11
1.2 PROJETO MONITORAMENTO DE PRAIAS/BACIA SANTOS (PMP/BS)	15
1.3 OBJETIVO GERAL	20
REFERÊNCIAS.....	21
CAPÍTULO 1. ESTIMATIVA DE IDADE DE <i>Chelonia mydas</i> NO LITORAL DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	24
RESUMO	25
ABSTRACT.....	26
1. INTRODUÇÃO.....	27
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E ÁREA DE ESTUDO.....	31
2.2 PROCEDIMENTOS.....	32
2.3 ESTIMATIVA DE IDADE.....	36
3. RESULTADOS.....	37
4. DISCUSSÃO.....	45
REFERÊNCIAS	48
CAPÍTULO 2. ESTIMATIVA DA TAXA DE CRESCIMENTO DE <i>Chelonia mydas</i> JUVENIS QUE OCORREM NO LITORAL DO ESTADO DE SÃO PAULO.....	51
RESUMO.....	52
ABSTRACT.....	54
1. INTRODUÇÃO.....	55
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	57
2.1 TAXA DE CRESCIMENTO E RETROCÁLCULO.....	57
2.2 IDADE DE RECRUTAMENTO.....	58
2.3 CURVA DE CRESCIMENTO.....	59
2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	59
3. RESULTADOS.....	61
3.1 TAXA DE CRESCIMENTO E RETROCÁLCULO.....	61

3.2 MODELO DE CRESCIMENTO.....	64
4. DISCUSSÃO	67
REFERÊNCIAS	72
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	76
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS DA DISSERTAÇÃO	78

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS

São encontradas na costa Brasileira cinco espécies de tartarugas marinhas, das sete que ocorrem globalmente. Em todo o litoral brasileiro ocorrem a tartaruga-verde (*Chelonia mydas*), tartaruga-cabeçuda (*Caretta caretta*), tartaruga-oliva (*Lepidochelys olivacea*), tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) que são da família Cheloniidae caracterizada pela carapaça recoberta por escudos córneos e, a tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*) que é a única representante da família Dermochelyidae e que possui a carapaça recoberta de epiderme coriácea (WYNEKEN, 2004; ALMEIDA *et al.*, 2018).

A espécie *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758), foco deste estudo, é identificada pela presença de quatro pares de placas cornificadas laterais justapostas na carapaça, um par de escamas pré-frontais na cabeça, quatro pares de escamas pós-orbitais e ainda, por apresentar a cabeça relativamente pequena e obtusa (WYNEKEN, 2004, Figura 1).

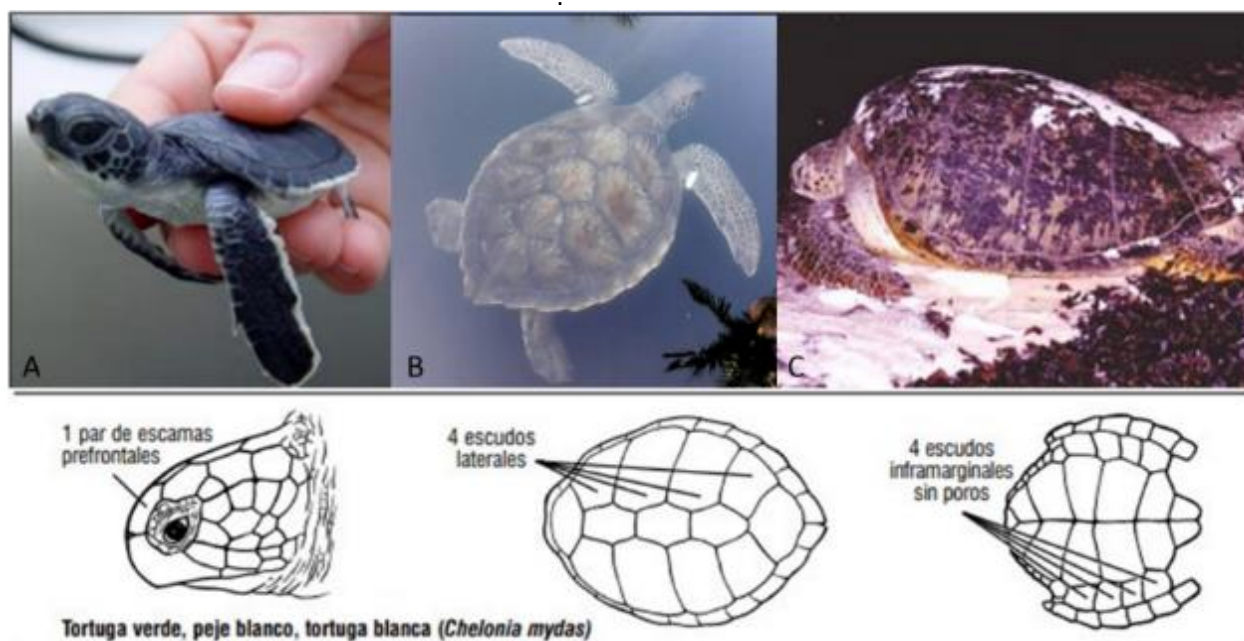


Figura 1 Tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) em diferentes estágios do ciclo de vida. A. Neonato, B. Juvenil e C. Adulto. FONTE: imagens A e C www.seaturtle.org, B. Lisa Oliveira. Esquema adaptado de Wyneken (2004) e Bondioli (2009)

Possuem distribuição tropical e subtropical nos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico. Consideradas cosmopolitas, habitam a zona nerítica próxima da costa, podendo ficar associadas a bancos de algas e fanerógamas submersas durante a fase imatura (pós-fase pelágica) e adulta sendo inclusive encontradas em estuários e lagos (HIRTH, 1997; BUGONI *et al.*, 2003). São consideradas tipicamente nectônicas e solitárias, podendo ocasionalmente formar agregações em áreas de alimentação (MARQUEZ, 1990).

Nos primeiros anos de vida, apresentam uma dieta onívora, com tendência carnívora (MARQUEZ, 1990). Após a fase pelágica, com carapaça entre 30 e 40 cm de comprimento (MUSICK, LIMPUS, 1997), tornam-se herbívoras, com uma dieta principalmente de macroalgas e fanerógamas (ALMEIDA *et al.*, 2018). Como é de ampla distribuição, a dieta pode variar de acordo com disponibilidade em cada área (BUGONI *et al.*, 2003).

O comprimento médio dos adultos é de 120 cm, podendo alcançar 150 cm de comprimento curvilíneo da carapaça, sendo a maior espécie entre as tartarugas de carapaça óssea. O peso dos adultos varia entre 130 e 150kg, podendo chegar a 230kg (WYNEKEN, 2004; AWABADI, 2019). Os neonatos pesam cerca de 20 gramas e medem 5 cm de comprimento com padrão de contra sombreamento, com a carapaça enegrecida e o plastrão bem mais claro, o que é altamente eficiente e recorrente em animais marinhos (RUXTON, *et al.* 2003).

O ciclo de vida da tartaruga-verde é considerado longo e a maturação sexual tardia, além de possuírem alta capacidade migratória, que oscila entre as regiões de alimentação e áreas reprodutivas. O crescimento, bem como a maturação sexual ocorrem lentamente, tendo o tempo de vida definido entre os 25 e 50 anos de idade (KUBIS *et al.*, 2009; SNOOVER, 2011; ALMEIDA *et al.*, 2018).

A reprodução e desova no litoral brasileiro ocorrem com maior predominância nas ilhas oceânicas do Atol das Rocas (RN), Arquipélago de Fernando de Noronha (PE) e Ilha de Trindade (ES), porém existem áreas de desova secundária que ocorrem de forma esporádica na Região Nordeste (estados do Rio Grande do Norte, Sergipe, Bahia) chegando ao litoral do estado do Espírito Santo no Sudeste (ALMEIDA *et al.*, 2018). As áreas de alimentação

se estendem por toda a costa, sendo os indivíduos em estágio juvenil, comumente encontrados no litoral Sudeste e Sul do Brasil (BUGONI *et al.*, 2003; NARO-MACIEL *et al.*, 2006; PROIETTI, *et al.*, 2009; BONDIOLI, 2009; Figura 2).



Figura 2. Áreas reprodutivas das tartarugas marinhas na costa do Brasil destacadas em vermelho e de forrageio destacadas em verde. FONTE: Adaptado de IBGE.

Naro-Maciel e colaboradores (2006) revelaram através de análise do DNA mitocondrial das tartarugas-verdes, que as áreas de alimentação localizadas em Almofala (CE) e Ubatuba (SP) descrevem a existência de estoques mistos provenientes principalmente da Ilha de Ascensão (Reino Unido), com menor contribuição da Ilha das Aves (Suriname) e Ilha da Trindade (ES). Estes resultados demonstram uma conectividade entre os sítios de alimentação e de

desova em todo o Oceano Atlântico (NARO-MACIEL *et al.*, 2006). Além disso, as análises suportam que as correntes oceânicas influenciam na dispersão das tartarugas juvenis. Nesse contexto, com base em características genéticas das tartarugas-verdes do litoral do Estado de São Paulo, ficou demonstrado que são de estoques proveniente principalmente da Ilha da Trindade (BR), Atol das Rocas (BR), Ilha de Ascensão (Reino Unido), Ilha das Aves (Suriname), México, Costa Rica e costa da África (NARO-MACIEL *et al.*, 2006; BONDIOLI, 2009; PROIETTI *et al.*, 2012; JORDÃO *et al.* 2015). No entanto, Bondioli (2009) relata que apesar da região de Ubatuba e de Cananéia serem próximas (350km) e compartilharem haplótipos, são estoques mistos distintos.

Levando em consideração que todo o litoral do Estado de São Paulo é considerado região de forrageio para a *Chelonia mydas*, um importante sítio de alimentação de juvenis de tartarugas-verdes é o Complexo Estuarino Lagunar de Cananéia /Iguape localizado no litoral Sul do Estado de São Paulo, sudeste do Brasil. Este é um estuário com grande disponibilidade de algas e angiospermas marinhas ao longo de toda a sua extensão, alimentos comumente utilizados pelos indivíduos encontrados na região (NAGAOKA *et al.*, 2011). Com base em estudos de marcação e recaptura, foi detectado que alguns animais podem permanecer na região por períodos superiores a um ano, podendo indicar uma possível área de desenvolvimento para a espécie (BONDIOLI, 2009).

Todas as espécies de tartarugas marinhas que ocorrem no Brasil estão protegidas por leis federais e por acordos internacionais dos quais o Brasil é signatário. *Chelonia mydas* é considerada em perigo (EN) em nível mundial (IUCN, 2020) e vulnerável (VU) na maioria dos estados brasileiros, considerada ameaçada no estado de São Paulo (ALMEIDA *et al.*, 2018).

Devido ao crescimento lento, maturação sexual tardia e longas distâncias de migração (MARQUEZ, 1990), as tartarugas são constantemente suscetíveis a pressões de predação natural (MARCOVALDI, THOME, 1999) e aos impactos antrópicos (GUEBERT-BARTHOLO *et al.* 2011; LÓPEZ-BARRERA *et al.* 2012; FIEDLER *et al.* 2012).

O padrão de crescimento das tartarugas marinhas e sua relação com o tamanho e a idade são elementos importantes para compreender a demografia das espécies (BJORNAL, BOLTEN, 1988) e ainda permitem relacionar o uso dos

ambientes com a faixa etária. Esses dados podem ser adquiridos diretamente para muitos organismos, contudo, para a maioria das populações de tartarugas marinhas o acesso a estes dados não está disponível com facilidade, devido ao longo período de vida e à dificuldade para observações diretas (ZUG, GLOR, 1998). Neste contexto, a coleta sistemática de tartarugas marinhas mortas que acabam encalhando em nossas praias pode ser convertida em análise de estimativa de idade através de esqueletocronologia (ZUG *et al.*, 1986; LENZ, 2017). Concomitante a isso, é de fundamental importância a coleta de amostras para a análise de outros componentes importantes para compreensão da biologia da espécie, como por exemplo, proporção sexual e dieta (MONTEIRO, 2004). Todo este conjunto de informações são fundamentais para o conhecimento da história de vida das espécies, ecologia populacional, além de poderem ser utilizados para auxiliar nas políticas de conservação das espécies. (BJORNAL, BOLTEN, 1988; ALMEIDA *et al.*, 2018; AWABADI, 2018; LENZ, 2017).

1.2 PROJETO MONITORAMENTO DE PRAIAS DA BACIA DE SANTOS (PMP/BS)

O Projeto Monitoramento de praias da bacia de Santos (PMP/BS) está relacionado ao processo de licenciamento ambiental, conduzido pelo IBAMA e tem caráter regional (nº 1.13 da ACCTMB 1169/2019). A área de abrangência inclui os municípios litorâneos dos estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina, totalizando mais de 1.500 km de costa monitorados diariamente divididas em PMP-BS Área SC/PR, PMP-BS Área SP e PMP-BS Área RJ (Figura 3). Iniciado em agosto de 2015, o projeto tem como objetivo avaliar a interferência das atividades de produção e escoamento de petróleo sobre as aves, tartarugas e mamíferos marinhos por meio do monitoramento das praias e do atendimento veterinário dos animais vivos e mortos. O projeto é realizado desde Laguna/SC até Saquarema/RJ, sendo dividido em 15 trechos. São 14 instalações da Rede de Atendimento Veterinário distribuídas entre Araruama (RJ) e Laguna (SC). Durante o monitoramento, quando necessário após a avaliação da equipe de campo, os animais vivos são encaminhados para

a Rede de Atendimento Veterinário que é composta por sete Centros de Reabilitação e Despetrolização de Animais Marinhos (CRDAM) e sete unidades de estabilização de Animais Marinhos (UE). No caso dos animais encontrados mortos é realizada a necropsia para identificar a causa da morte e avaliar se houve interação antrópica (PETROBRÁS, 2020).

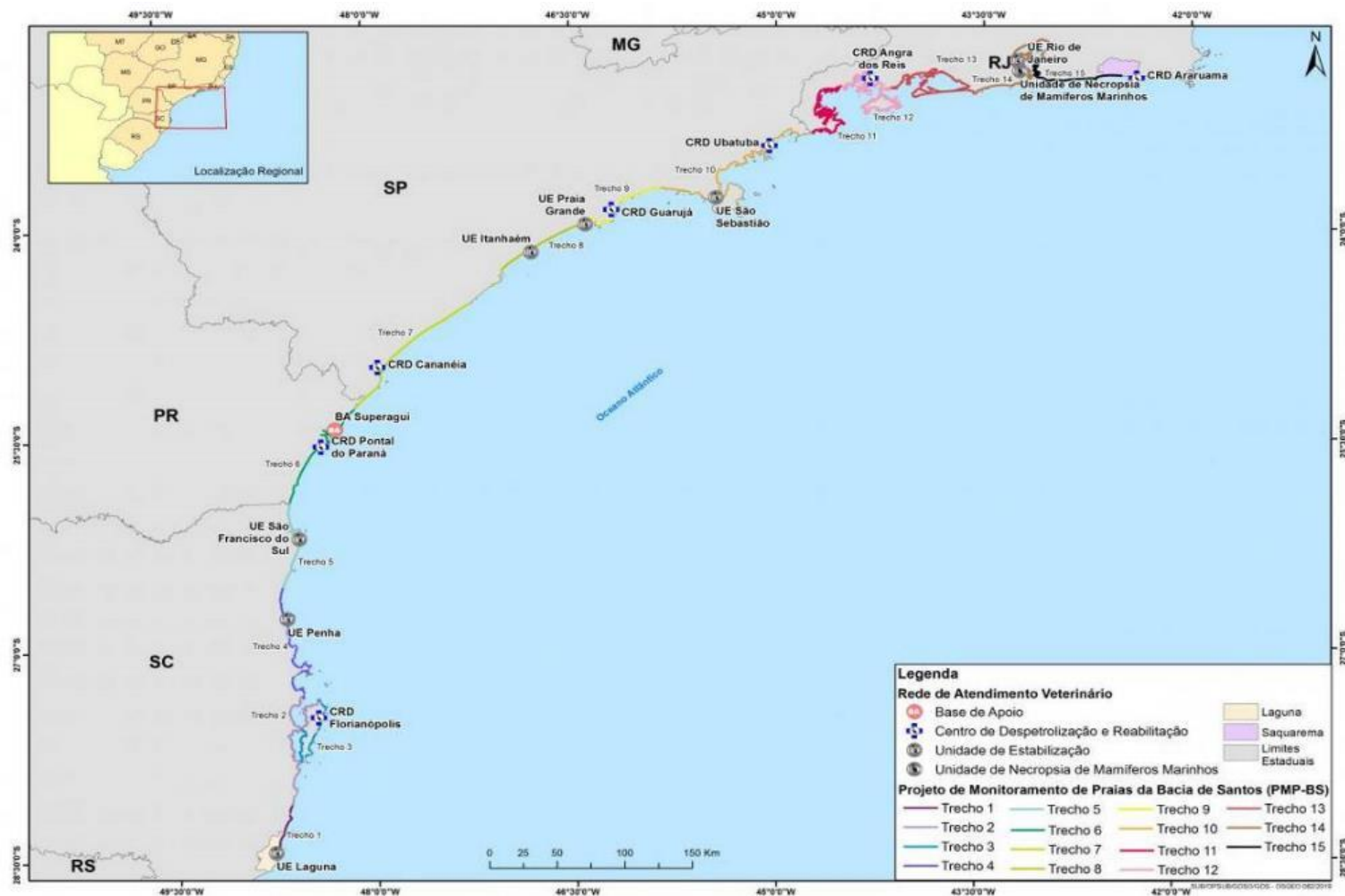


Figura 3. Área total de monitoramento e localização de todas as instalações do PMP/BS. FONTE: <https://comunicabaciadesantos.petrobras.com.br>.

Os trechos estipulados pelo PMP-BS em conjunto com as instituições que os executam estão definidos na Tabela 1 e representam os locais de coleta das amostras para este estudo. Nesse contexto, a Figura 4 situa as localizações dos institutos responsáveis pela coleta das amostras no litoral do Estado de São Paulo.

Tabela 1. Trechos estipulados pelo PMP-BS/SP em conjunto com as instituições que executam e suas respectivas localizações na costa do estado de São Paulo:

Trecho	Instituição executora	Setor	Localização
7	IPeC	Complexo Estuarino-Lagunar de Iguape- Cananéia	Iguape, Ilha Comprida, Cananéia (Ilha do Cardoso)
8	Biopesca	Baixada Santista	Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe (até Barra do Una)
9	Gremer	Baixada Santista	Bertioga, Guarujá, Santos, São Vicente
10	Argonauta	Litoral Norte	Ubatuba, Caraguatatuba, Ilha Bela, São Sebastião

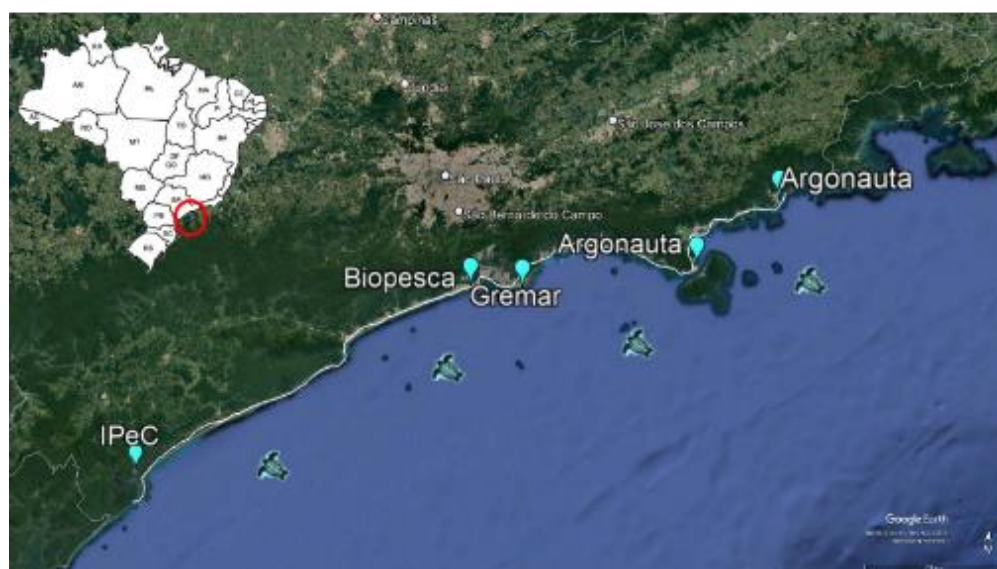


Figura 4. Mapa do Litoral do Estado de São Paulo. Áreas indicadas representam as instituições responsáveis pela coleta das amostras e representam a área total de estudo.

FONTE: Google Earth, 2021

O Instituto de Pesquisas Cananéia - IPeC, um dos executores do PMP-BS, conta com uma equipe composta por biólogos e veterinários e um Centro de Reabilitação e Despetrolização de Animais Marinhos. É composto por recintos especializados para a reabilitação dos animais, sala de necropsia onde são coletadas amostras dos animais que morrem ou são trazidos pelo monitoramento diário, laboratório de análises clínicas e laboratório de histologia. Este realiza as análises de estimativa de idade dos quelônios encalhados de todas as instituições executoras do PMP no litoral do Estado de São Paulo e do Estado do Rio de Janeiro. Nesse contexto, todas as amostras incluídas neste estudo, foram previamente analisadas pelo laboratório de histologia do IPeC para elaboração de laudo técnico de estimativa de idade, na qual são inseridas em uma plataforma online denominada Sistema de Informação de Monitoramento da Biota Aquática (SIMBA) que centraliza o registro de todas as ocorrências, solturas, resgates, necropsias e exames realizados pelo Projeto. Foram totalizados pelo laboratório de histologia do IPeC, 1.355 laudos de estimativa de idade para as *Chelonia mydas* de 2015 até 2021.

A totalidade de registros de tartarugas marinhas encalhadas no litoral do Estado de São Paulo de setembro de 2015 até julho 2021 foi de 16.214 indivíduos. Dentre esses, *Chelonia mydas* totalizam 13.430 encalhes registrados entre indivíduos vivos ($n = 2250$) e mortos ($n = 11180$) e configuram uma abundância maior dentre as espécies de tartarugas marinhas de ocorrência no litoral brasileiro (Figura 5).

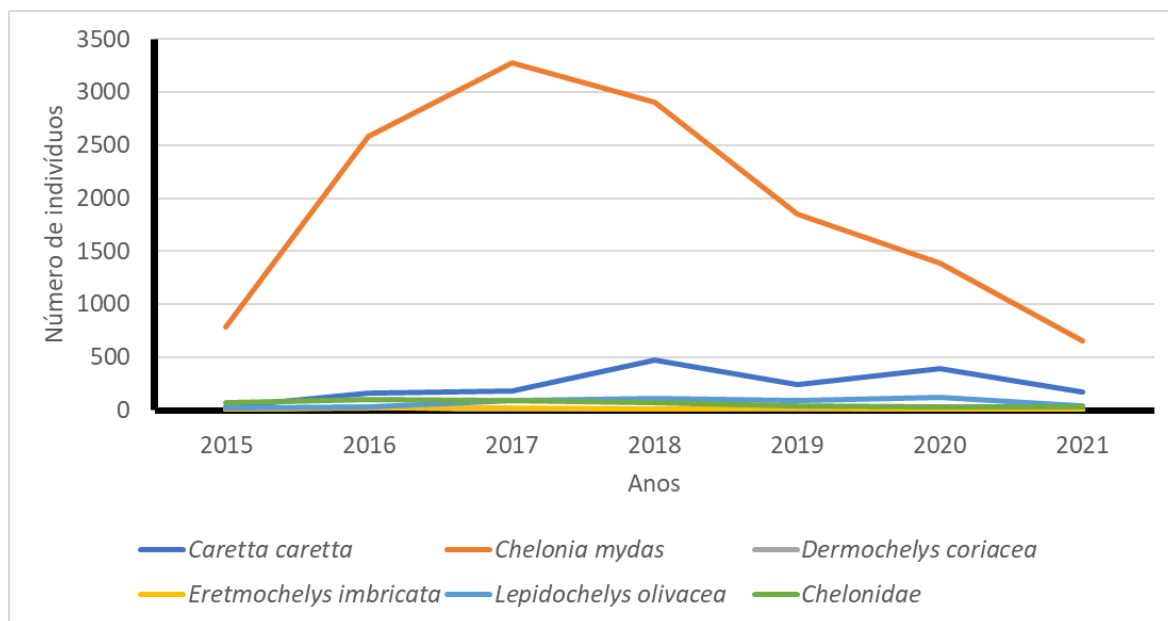


Figura 5. Registro de ocorrência de Tartarugas marinhas encalhadas no litoral do Estado de São Paulo entre os anos de 2015 e 2021.

O relatório anual do PMP-BS nos anos de 2015 a 2019 (BARRETO, 2019) relata que a maioria das interações antrópicas avaliadas estão relacionadas com o lixo e pesca. O impacto antrópico aliado com as escassas informações sobre a estrutura populacional, história natural das tartarugas-verdes e sua situação de vulnerabilidade no Brasil implicam na necessidade de maiores estudos para conservação da espécie.

1.3 OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem como objetivo geral determinar a idade estimada bem como a taxa de crescimento da espécie *Chelonia mydas* do litoral do estado de São Paulo. Assim, visando a atender a esse objetivo, o primeiro capítulo dessa dissertação aborda a estimativa de idade e o capítulo 2, a taxa de crescimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.P.; SANTOS, A.J.B.; THOME, J.C.; BELLINI, C.; BAPTISTOTTE, C.; MARCOVALDI, M.A.; SANTOS, A.S.; MENDILAHARSU, M.L. *Chelonia mydas*. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Répteis. Brasília: ICMBio. p. 26-30, 2018.

AWABDI, D.R. As tartarugas marinhas e a pesca no estado do rio de janeiro: uma abordagem etnográfica para conservação das espécies. Tese (doutorado Ecologia e Recursos Naturais). Setor de Biociências e Biotecnologia - Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes. Rio de Janeiro, 2019.

BARRETO, A. Gerenciamento e Execução do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos – **Relatório Técnico Anual**. 350p. 2019.

BJORNDAL, K.A., BOLTEN, A.B. Growth rates of immature green turtles, *Chelonia mydas*, on feeding grounds in the southern Bahamas. **Copeia**.v:3, p.555–564. 1988.

BONDIOLI, A.C.V. Análise da estruturação genética dos estoques populacionais de tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) da região de Cananéia, São Paulo, com base no DNA mitocondrial. Tese Doutorado – Instituto de biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Genética e Biologia Evolutiva. São Paulo, 2009.

BUGONI L., KRAUSE L. E PETRY M.V. Diet of sea turtles in southern Brazil. **Chelonian Conservation and Biology** v: 4, p.685–688. 2003

FIEDLER F.N.; SALES G., GIFFONI B., MONTEIRO-FILHO E.L.A., SECCHI.E.R., BUGONI L. Driftnet fishery threats sea turtles in the Atlantic Ocean. **Biodiversity Conservation**.v:20, 2012.

GUEBERT-BARTHOLO F.M., BARLETTA M., COSTA M.F., MONTEIRO-FILHO E.L.A.. Using gut contents to assess foraging patterns of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the Paranaguá Estuary, Brazil. **Endangered Species Research**. v:13, p.131–143, 2011.

HIRTH H.F. Synopsis of the biological data on the green turtle *Chelonia mydas* (Linneaus 1758). **U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report** v: 97, p. 120,1997.

IUCN (2020) IUCN Red List of Threatened Species. *Chelonia mydas*. Disponível em: www.iucnredlist.org. Acesso em: 22 maio 2020.

JORDÃO, J.C.;BONDIOLI A.C.V.;GUEBERT, F.M.;THOISY, B. Green turtle (*Chelonia mydas*) genetic diversity at Paranaguá Estuarine Complex feeding grounds in Brazil. **Genetics and Molecular Biology**,v:3, p.346-352. 2015.

KUBIS S., CHALOUPKA M., EHRHART L. E BRESSETTE M. Growth rates of juvenile green turtles *Chelonia mydas* from three ecologically distinct foraging habitats along the east central coast of Florida, USA. **Marine Ecology Progress** v: 389, p.257–269. 2009.

LENZ, A. J., AVENS, L., BORGES-MARTINS, M. Age and growth of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the western South Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**. 568: 191-201. 2017.

LÓPEZ-BARRERA E.A, LONGO G.O, MONTEIRO-FILHO E.L.A.. Incidental capture of green turtle (*Chelonia mydas*) in gillnets of small-scale fisheries in the Paranaguá Bay, Southern Brazil. **Ocean & Coastal Management**. v:60, p.11-18, 2012.

MARCOVALDI, M.A.; THOME, J.C.A. Reducing Threats to Turtles. **Marine Turtle Specialist Group Publication**.v:4, p.165-168. 1999.

MÁRQUEZ, R.M. **Sea turtles of the world: an annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date**. FAO Fisheries Synopsis.p.26-29, 1990.

MONTEIRO, D.S. Encalhes e interação de tartarugas marinhas com a pesca no litoral do Rio Grande do Sul.63f. Monografia de graduação (Biologia) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande,2004.

MUSICK, J.A. AND C.J. LIMPUS. Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. in P.L. Lutz and J.A. Musick, Editors, **The Biology of Sea Turtles**, CRC Press, Boca Raton, FL, USA. p.137-163. 1997

NAGAOKA, S,M;MARTINS,A.S.;SANTOS R.G.; TOGNELLA M.M.P.;FILHO, E.C.O.;SEMINOFF, J.A. Diet of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) associating with artisanal fishing traps in a subtropical estuary in Brazil. **Marine Biology** 159:573–581, 2012.

NARO-MACIEL, E.; BECKER, J.H.; LIMA, E.H.S.M.; MARCOVALDI, M.A.; DESALLE, R. Testing Dispersal Hypotheses in Foraging Green Sea Turtles (*Chelonia mydas*) of Brazil. **Journal of Heredity**. v: 98.p.29–39.2006.

PETROBRÁS. Comunicação Bacia de Santos. Projeto Monitoramento de praias. Disponível em [:https://www.comunicabaciadesantos.com.br/programa-ambiental/projeto-de-monitoramento-de-praias-pmp.html](https://www.comunicabaciadesantos.com.br/programa-ambiental/projeto-de-monitoramento-de-praias-pmp.html). Acesso em: 20 maio 2020.

PROIETTI M.C.;RUIZ P.L.;REISSER J.W.;PINTO L.S.;DELLAGOSTIN O.A.; MARINS L.F.; Green turtles (*Chelonia mydas*) foraging at Arvoredo Island in Southern Brazil: Genetic characterization and mixed stock analysis through mtDNA control region haplotypes. **Genetics and Molecular Biology** v.32, p.613-618.2009.

PROIETTI M.C., REISSER J.W., KINAS P.G., KERR R., MONTEIRO D.S., MARINS L.F. E SECCHI E. R. Green turtle *Chelonia mydas* mixed stocks in the western South Atlantic, as revealed by mtDNA haplotypes and drifter trajectories. **Marine Ecology Progress** v: 447, p.195–209. 2012.

RUXTON, G. D., SPEED, M. P. & KELLY, D. J. What, if anything, is the adaptive function of countershading? **Animal Behavior**: 68, p.445–451. 2004.

SNOVER M.L., HOHN A.A., GOSHE L.R. E BALAZS G.H. Validation of annual skeletal marks in green sea turtles *Chelonia mydas* using tetracycline labeling. **Aquatic Biology** v.12, p.197–204. 2011.

WYNEKEN J, PH D. **La Anatomía de Las Tortugas Marinas. National Oceanic and Atmospheric Administration**; p.172. 2004.

ZUG, G.R.; WYNN, A.H.; RUCKDESCHE, C.A. Age determination of loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, by incremental growth marks in the skeleton. **Smithson Contribution Zool.**v:427, p. 1–34. 1986.

ZUG, G.R.; GLOR, E. R. Estimates of age and growth in a population of green sea turtles (*Chelonia mydas*) from the Indian River lagoon system, Florida: a skeletochronological analysis. **Can. J. Zool./Rev. Can. Zool.** v: 76 p.1497-1506 , 1998.

**CAPITULO 1 – ESTIMATIVA DE IDADE DE *Chelonia mydas* NO LITORAL
DO ESTADO DE SÃO PAULO**

RESUMO

As tartarugas-verdes *Chelonia mydas* são consideradas cosmopolitas e possuem a distribuição tropical e subtropical nos oceanos Atlânticos, Pacífico e Índico. Possuem ciclo de vida longo e maturação sexual tardia, contudo, pouco se sabe sobre a estimativa de idade e sua variação ao longo da vida. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi estimar a idade dos espécimes que ocorrem na área de alimentação ao longo do litoral do Estado de São Paulo. A estimativa de idade dos indivíduos encalhados foi feita através da esqueletocronologia. Foram coletados no período de setembro de 2015 a julho de 2021, 404 indivíduos. Dentre esses, 74% fêmeas, 23% machos e 3% indeterminados. A estimativa de idade variou entre 3 a 26 anos, sendo a faixa etária entre 5 a 12 anos, a de maior frequência na região de estudo, com o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) variando de 25,5 a 77 cm. Dentre esses, 86 indivíduos retinham o *annulus*, com a idade estimada variando entre 3 a 8 anos e o tamanho entre 25,5 a 43 cm de CCC. O fluxo de indivíduos que permanecem nas áreas de alimentação parece ter uma dinâmica relacionada com a estrutura geográfica da região em conjunto com estratégias alimentares diferentes. Os resultados obtidos fornecem informações importantes para compreensão de uma variável da história de vida das tartarugas-verdes juvenis que encalham na região amostrada. As informações provindas da estimativa de idade através da esqueletocronologia permitem ampliar o conhecimento da espécie em uma de suas áreas de alimentação.

Palavras chave: Esqueletocronologia. Estimativa de idade. Tartaruga marinha.

ABSTRACT

Green turtles *Chelonia mydas*, are considered cosmopolitan and have a tropical and subtropical distribution in the Atlantic, Pacific and Indian oceans. They have a long life cycle and late sexual maturation, however, little is known about age estimation and its variation throughout life. In this sense, the objective of this study was to estimate the age of the specimens that occur in the feeding area along the coast of the State of São Paulo. The age estimation of stranded individuals was made through skeletochronology. From September 2015 to July 2021, 404 individuals were collected. Among these, 74% females, 23% males and 3% indeterminate. The age estimate ranged from 3 to 26 years, with the age group from 5 to 12 years being the most frequent in the study region, with the curvilinear carapace length (CCC) ranging from 25.5 to 77 cm. Among these, 86 individuals retained the annulus, with an estimated age ranging from 3 to 8 years and the size between 25.5 to 43 cm of CCC. The flow of individuals who remain in the feeding areas seems to have a dynamic related to the geographic structure of the region, together with different feeding strategies. The results obtained provide important information for understanding a variable in the life history of juvenile green turtles that beach in the sampled region. The information derived from the age estimation through the skeletochronology allows expanding the knowledge of the species in one of its feeding areas.

Key words: Skeletochronology. Age estimate. Sea turtle.

1. INTRODUÇÃO

A estimativa de idade e a taxa de crescimento, bem como sua variação ao longo da vida de um animal são elementos importantes para compreensão da demografia e história de vida de uma população. Essas informações também permitem avaliar a qualidade do habitat auxiliando na elaboração de medidas conservacionistas e eventuais planos de manejo, adequados para as espécies ameaçadas em extinção (BJORNAL; BOLTEN, 1988). Para as tartarugas marinhas, devido ao longo período de vida e dificuldade para observações diretas, os eventos de encalhes de tartarugas mortas podem ser convertidos em informações importantes através da esqueletocronologia (ZUG; GLOR, 1998).

A técnica da esqueletocronologia é um método que se baseia no conceito de que o crescimento ósseo acontece de maneira cíclica, na qual este crescimento é marcado nos ossos e pode ser identificado pelo processamento histológico (SNOOVER, 2011). Esta técnica assume que existe uma relação constante e proporcional entre o crescimento dos ossos e o crescimento somático e, que as marcas de crescimento periódicos são depositados em intervalo de tempo regular e constante (CHALOUPKA, MUSICK, 1997).

As camadas de crescimento são observadas, de forma mais consistente, nos ossos longos das tartarugas. Esse método sofreu adaptações no decorrer dos anos e foi aplicada pela primeira vez em tartarugas marinhas, por Zug *et al.* (1986), que utilizaram estruturas do crânio, carapaça, vertebras, falanges, ulna e úmero das tartarugas-cabeçudas. Constatou-se que as marcas de crescimento eram claramente evidentes, particularmente na porção mediana do úmero conforme demonstrado na Figura 1.

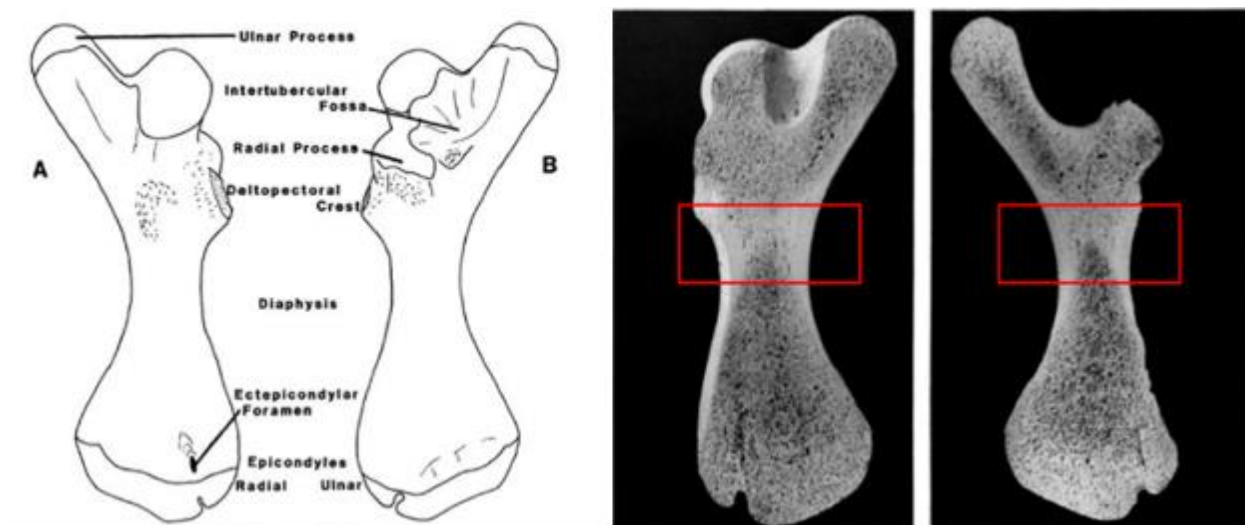


Figura 1. Imagem A e B demonstram a vista dorsal e ventral do úmero da tartaruga marinha. Ao lado, está representado o corte longitudinal do úmero, com destaque em vermelho para região de análise das camadas de crescimento. FONTE: Adaptado de Zug *et al.* (1986); e Wyneken (2004).

O padrão de deposição anual de marcas de crescimento em tartarugas marinhas tem sido validado em vários estudos, através de marcação de indivíduos com tetraciclina (KLINGER, MUSICK, 1992; COLES *et al.*, 2001; SNOVER *et al.*, 2011; GOSHE *et al.*, 2016), marcação e recaptura (BJORNAL; BOLTEN, 1988; GOSHE *et al.*, 2010; AVENS *et al.*, 2012) e em indivíduos com idade conhecida (SNOVER, HOHN, 2004; GOSHE *et al.*, 2010). A relação proporcional entre crescimento somático e crescimento ósseo também tem sido validada (SNOVER *et al.*, 2007; GOSHE *et al.*, 2010; AVENS *et al.*, 2012). Assim, com base nesse conhecimento, foram realizadas análises das linhas de crescimento nos úmeros para quatro espécies de tartarugas marinhas de diferentes regiões geográficas, como no caso da *Caretta caretta* (SNOVER, HOHN, 2004; AVENS, GOSHE, 2007; PETITET, 2012; LENZ, 2017), *Chelonia mydas* (ZUG *et al.*, 2002; GOSHE *et al.*, 2010; ZUG, GLOR, 1998; AVENS *et al.*, 2012; ANDRADE *et al.*, 2016; LENZ, 2017; BARRETO, 2017), *Lepidochelys olivacea* (ZUG *et al.*, 1997; SNOVER, HOHN, 2004; ZUG *et al.*, 2006; PETITET *et al.*, 2015) e *Eretmochelys imbricata* (SNOVER *et al.*, 2012).

Após o processamento histológico do úmero, é possível observar que cada marca de crescimento é formada por uma área de coloração clara e uma

área de coloração escura, a área clara representa um período de rápido crescimento e a escura, crescimento lento ou nulo (ZUG, GLOR, 1998; GOSHE *et al.*, 2010). Juntas, uma área clara e uma área escura adjacente, representam um ciclo completo de crescimento, ou seja, um ano na vida das tartarugas marinhas (ZUG, GLOR, 1998; ZUG *et al.*, 2002; GOSHE *et al.*, 2010; SNOVER *et al.*, 2011). Contudo, o crescimento do indivíduo sofre influência do remodelamento ósseo podendo reabsorver as marcas mais antigas (ZUG; GLOR, 2012). Devido a essa questão, alguns métodos têm sido propostos para estimar o número de marcas de crescimento perdidas pelo remodelamento ou reabsorção do osso, através da medida do diâmetro das camadas de crescimento em indivíduos que retiveram o primeiro ano de vida, correlacionando com o número de linhas estabelecido para cada indivíduo (KLINGER, MUSICK, 1992; PARHAM, ZUG, 1997; ZUG *et al.*, 2002; SNOOVER *et al.*, 2007).

De acordo com Zug e colaboradores (1986) as primeiras marcas de crescimento são depositadas no centro do osso em direção à região medular e, as linhas mais recentes ficam mais próximas à periferia. Após o processamento histológico, essas marcas de crescimento ósseo se tornam conspícuas diferenciadas entre zonas claras e escuras, denominadas de linhas de crescimento (LAG - *lines of arrested growth*). Outra região próxima à medula que apresenta uma linha ou faixa escura e que pode ser visível em alguns indivíduos, é denominada de *annulus*, que representa o primeiro ano de vida (ZUG, 1986; ZUG; GLOR, 1998). Para tartarugas em que o *annulus* está visível, o total de marcas de crescimento equivale à idade estimada do indivíduo (ZUG *et al.*, 2002; SNOVER, HOHN, 2004; GOSHE *et al.*, 2010). Para os indivíduos que sofreram reabsorção das camadas de crescimento, é necessário usar um fator de correção para estimar as linhas perdidas (PARHAM, ZUG 1997; ZUG, GLOR, 1998; GOSHE *et al.*, 2010).

As camadas de crescimento podem se apresentar com características morfológicas diferenciadas em linhas duplas (*double line*) e múltiplas (*split line*) conforme descrito por Snover e Hohn (2004) e Goshe *et al.* (2010). As linhas duplas são caracterizadas por duas linhas bem demarcadas que seguem de forma contínua ao longo de toda a circunferência do úmero, sendo as duas contabilizadas como uma LAG, correspondendo a 1 ano. A característica que

define linhas múltiplas, consiste na identificação de uma linha que se divide em duas ou mais linhas bem demarcadas em partes do córtex ao longo de toda a circunferência do úmero. Nesses casos, cada linha múltipla é contabilizada como uma LAG.

Tendo em vista todo o desenvolvimento dos métodos para a estimativa de idade de tartarugas marinhas, o objetivo deste estudo foi estimar a idade das *Chelonia mydas* (Linnaeus,1758) que ocorrem em áreas de alimentação ao longo do litoral do estado de São Paulo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E ÁREA DE ESTUDO

As amostras analisadas foram obtidas da base de dados do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos (PMP-BS), ao longo do litoral do estado de São Paulo. A extensão do litoral é de 622Km sendo setorizado em três regiões destacadas na Figura 2: Litoral Norte; Baixada Santista (litoral central) e Litoral Sul (Complexo estuarino-Lagunar de Iguape- Cananéia e Vale do Ribeira).

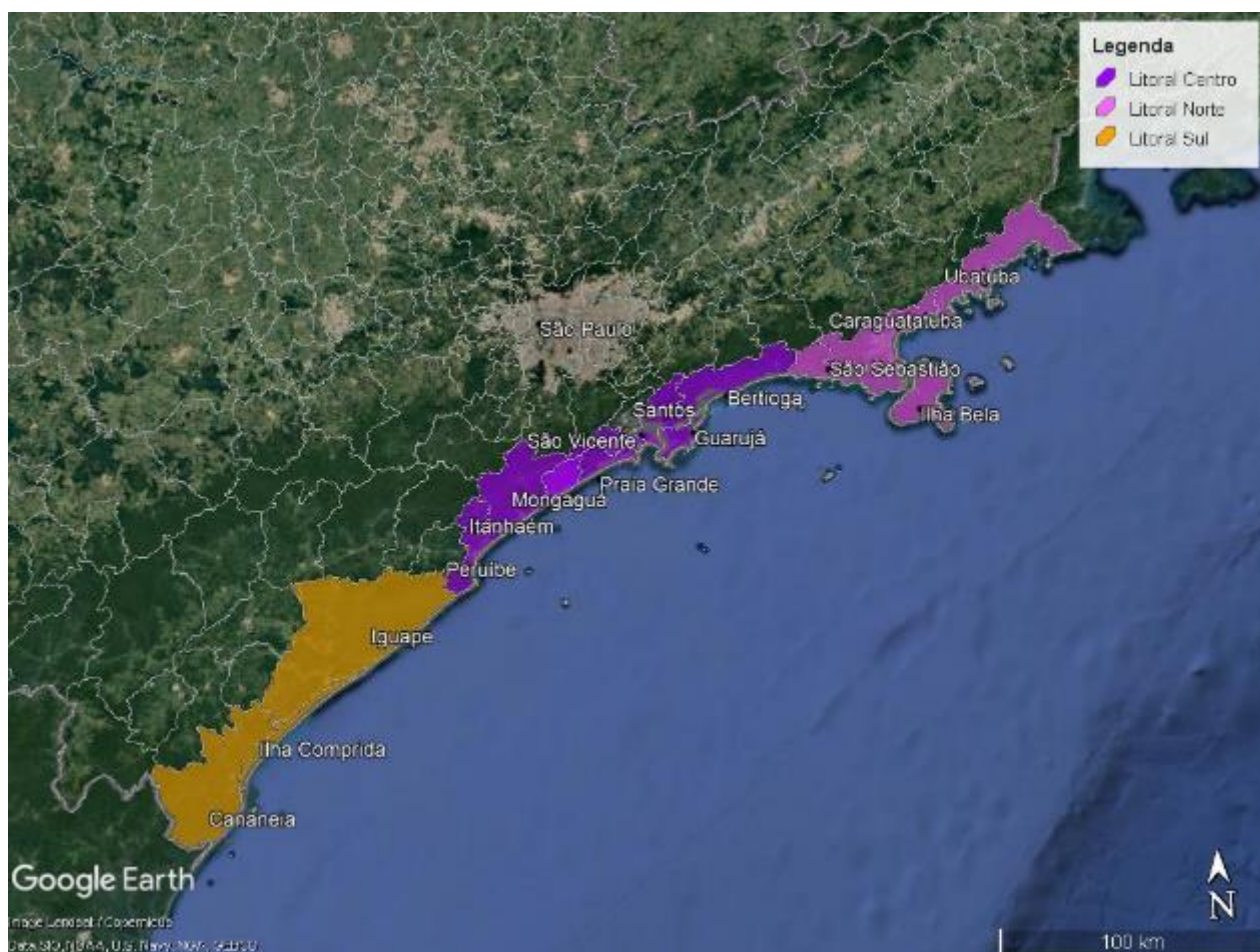


Figura 2 . Regiões que compõem o litoral do estado de São Paulo. FONTE: Google Earth, 2022.

O monitoramento diário abrange 1) o litoral Norte, localizado entre as latitudes 23°37'13" S e 23°46'38" S e caracteriza-se por apresentar a linha da costa recortada com a presença de praias, costões e ilhas; 2) a baixada santista

localizada entre as latitudes 23°75'64" S e 24°44'29" S, situada na região central do litoral paulista, constituído de um ambiente costeiro tropical típico, com extensos manguezais, vegetação de restinga e Floresta Atlântica e intensa atividades industriais, portuárias e urbanas, alterando intensamente a paisagem e comprometendo a qualidade ambiental; e 3) o litoral Sul, situado entre as latitudes 24°67'17" S e 25°30'56" S e que é composto por três ilhas principais (Ilha Comprida, Ilha de Cananéia e Ilha do Cardoso), separadas por sistemas de canais lagunares e rios. A conexão dos canais lagunares com o Oceano Atlântico se dá através de três desembocaduras (Barra de Icapara, Barra de Cananéia e Barra do Ararapira) (IBGE, 2022). A riqueza da paisagem da região é composta por manguezais, restingas, Floresta Atlântica, praias, estuários, rios e alagados que juntos predispõem alta diversidade biológica (CUNHA -LIGNON *et al.*, 2009). A região é ocupada por comunidade tradicionais caiçaras, indígenas, quilombolas, com predominância de pesca artesanal (CUNHA-LIGNON *et al.*, 2009)

2.2 PROCEDIMENTOS

Para a análise de estimativa de idade foram utilizados os úmeros provenientes da nadadeira esquerda dos animais mortos encontrados encalhados no litoral paulista, bem como a medida de comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) aferidas durante a coleta em campo. Os úmeros foram coletados e identificados pela equipe de campo do PMP – BS e encaminhados para a maceração, onde ficaram até a retirada completa do excesso de tecido mole por aproximadamente 25 a 30 dias, dependendo do tamanho da amostra. Na sequência, os úmeros foram expostos ao sol por um período de 1 semana ou inseridos na estufa a 60°C por 8 horas para secagem completa. As amostras de úmeros selecionadas para este estudo foram do período de setembro 2015 a julho 2021.

Com um paquímetro digital com precisão de 0,02 mm, as medidas de Comprimento total (CT), Comprimento longitudinal (CL), Largura Proximal (LP), Largura medial, (LM), Largura Distal (LD), Largura proximal do processo deltopectoral (LPDP), ver Figura 3, foram aferidas antes do processamento do

úmero (adaptado ZUG *et al.*1986) Então escreva isso antes do processamento do úmero. Estas medidas foram tomadas para o estabelecimento do local de corte de cada úmero, visando a análise da correlação entre tamanho do corpo representado pelo CCC e as diferentes medidas do úmero.

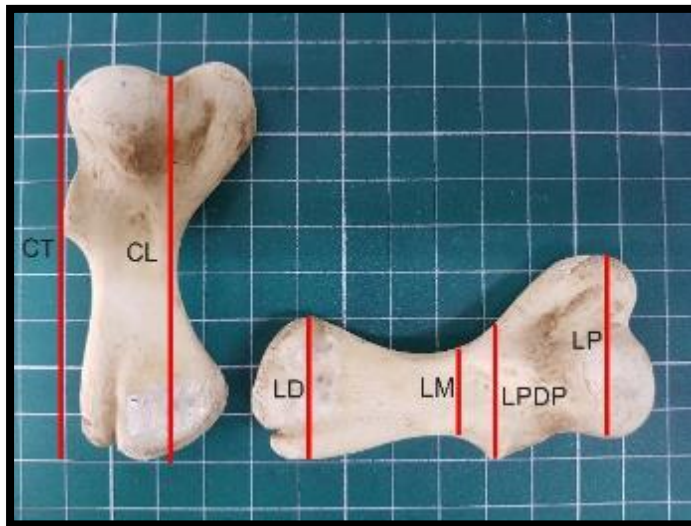


Figura 3. Medidas de comprimentos e larguras obtidas de diferentes partes do úmero de exemplares de *Chelonia mydas* oriundas de quatro instituições que realizam monitoramento diário do litoral paulista. CT = Comprimento total; CL = Comprimento longitudinal; LP = Largura Proximal; LM = Largura medial; LD = Largura Distal; LPDP = Largura proximal do processo deltopectoral. FONTE: Acervo/IPeC.

Para o processamento histológico foram necessários dois desbastes antes de serem descalcificados. Primeiro foi utilizada uma serra mármore para o desbaste da maior parte da região distal do úmero e um segundo desbaste foi realizado com uma Cortadora Metalográfica de precisão (Isomet Low Speed Saw Buehler), de baixa velocidade, com auxílio de uma serra diamantada. Após o desbaste, o úmero foi cortado entre a cicatriz de inserção do músculo deltopeitoral e a diáfise com um tamanho de 2 a 3 mm (Figura 4), permitindo que fosse possível descalcificá-lo posteriormente.

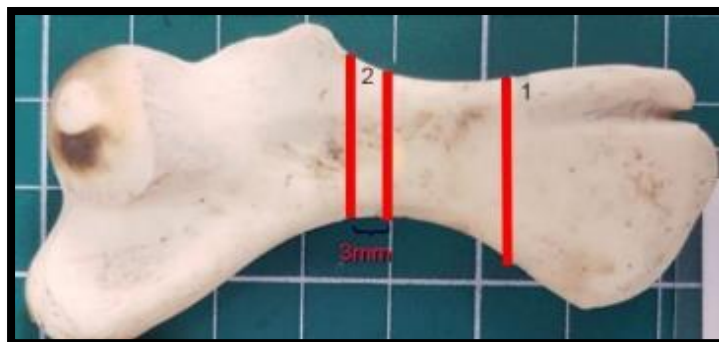


Figura 4. Localização dos cortes a serem realizados nos úmeros de *Chelonia mydas*. 1. Região de desbaste; 2. Região para análise. FONTE: Acervo/IPeC.

Após a etapa de cortes, os fragmentos foram inseridos em uma solução comercial descalcificadora (Cal-Ex®II, RDO, Apex Engineering Products Corporation). O tempo para descalcificação pode variar de acordo com o agente descalcificador e com o tamanho do úmero. A fixação em formol a 10% foi necessária apenas para as amostras que foram descalcificadas pelo RDO, pois o Cal-Ex®II já possui este fixador na sua composição. As amostras foram consideradas descalcificadas quando estavam com aspecto transparente e flexíveis em toda sua extensão. Após a descalcificação foi necessário inserir as amostras em água corrente por 12 horas para retirada total da solução ácida. Esses fragmentos seguiram para o processo de corte no micrótomo modelo Leica SM2010R, adaptado com estrutura de congelamento Physytemp modelo BFS-5MP. Os cortes foram corados com Hematoxilina de Ehrlich e contrastados com água destilada (SNOVER; HOHN, 2004). Na sequência as secções foram imersas em glicerina de forma gradual a 50% e a 100%, para evitar a desidratação dos cortes. As lâminas foram montadas com os cortes embebidos em glicerina a 100% e coladas com Cytoseal*280. Para garantir a preservação do corte histológico, bem como aferir as medidas necessárias, todos os cortes histológicos foram digitalizados pelo software Microvisioneer – Manual Whole Slide Imaging em alta resolução para visualização de toda a extensão da amostra. A análise, contagem e medidas das camadas de crescimento foram realizadas nestas imagens (cf. GOSHE *et al.*, 2010). As etapas de

processamento histológico seguiram os protocolos propostos por Zug *et al.* (1986), Snover e Hohn (2004) e Goshe *et al.* (2010).

Foram selecionadas as amostras que estavam íntegras, isto é, que não apresentavam fragmentos ou cortes na seção histológica, bem como sem artefatos que prejudicasse a leitura e marcação das camadas de crescimento. Essas amostras foram todas provenientes de indivíduos com informações do CCC. Para o estudo, foram considerados somente os úmeros esquerdos com o intuito de padronização das amostras.

Cada amostra foi analisada independentemente por dois leitores diferentes¹ sem as informações biométricas para não haver influência na contagem das camadas. Quando necessário, uma terceira leitura foi efetuada em conjunto com os dois leitores com o intuito de comparar e acordar sobre a posição e número de linhas.

O estabelecimento de um fator de correção se tornou necessário quando não foi detectada a presença do primeiro ano de vida (*annulus*) no indivíduo. Nesse sentido, a utilização do fator teve possibilitou estimar o número de linhas reabsorvidas, a partir da medida do diâmetro da primeira LAG detectada. Os indivíduos selecionados para estabelecimento deste fator de correção foram aqueles nos quais foi detectada a presença do *annulus*.

A detecção do *annulus* com base nos cortes histológicos foi caracterizada por uma mancha de crescimento irregular, que muitas vezes não circunda todo o úmero (*cf.* SNOVER, HOHN, 2004; GOSHE *et al.*, 2010). Após as marcações das camadas de crescimento (caracterizada por uma mancha clara, seguida por uma linha ou mancha escura), o diâmetro maior de cada linha foi medido através do software ImageJ 1.52a (Wayne Rasband, National Institutes of Health, USA).

Para o estabelecer o fator de correção, foi necessário verificar, através da análise de regressão, a melhor equação que se ajusta na relação entre o diâmetro das camadas de crescimento (y) correspondentes ao número de linhas de crescimento (x) de cada indivíduo que reteve o *annulus*. Os diâmetros de cada LAG (y) foram apropriadamente enumerados a partir da região mais interna para a borda exterior do osso, resultando em pares (x, y). Para definir qual

¹ Bárbara Zito, Marina Zachow, pesquisadoras do laboratório de estimativa de idade IPeC.

equação estabelece a melhor relação, foi estipulada a escolha através do maior coeficiente de determinação (r^2). Nesse contexto, é importante salientar que o valor r^2 nessa situação demonstra a correlação entre as variações do diâmetro das linhas de crescimento (Y) com o número de linhas de crescimento (X) de cada indivíduo que continha do *annulus* nos indivíduos encalhados no litoral do Estado de São Paulo.

2.3 ESTIMATIVA DE IDADE

Após a análise dos indivíduos que retiveram o *annulus* e ajustada a equação que melhor representa a relação entre diâmetro das linhas de crescimento e o número dessas linhas correspondentes foi estabelecido o fator de correção para ser aplicado às tartarugas que apresentaram reabsorção das linhas de crescimento.

Cada seção histológica foi revisada pelo mesmo leitor² no momento de escolha das amostras. Todas as seções dos úmeros analisados foram demarcadas ao final de cada LAG. Assim foi possível medir o diâmetro de cada LAG correspondente. Quando estipulada a reabsorção, o diâmetro da primeira LAG foi inserida na equação do Fator de correção e o valor das linhas reabsorvidas ($X_{n^\circ \text{ de LAG reabs}}$) foi somado às linhas visíveis ($X_{obs.}$), resultando na idade estimada para aquele indivíduo ($X = X_{obs} + X_{n^\circ \text{ de LAG reabs}}$).

²Marina S. Zachow, pesquisadora do laboratório de estimativa de idade do IPeC.

3. RESULTADOS

Foram selecionados para o estudo 404 indivíduos, sendo 301 fêmeas, 91 machos e 12 com sexo indeterminado. Os números amostrais especificados por localidade estão discriminados na Figura 5.

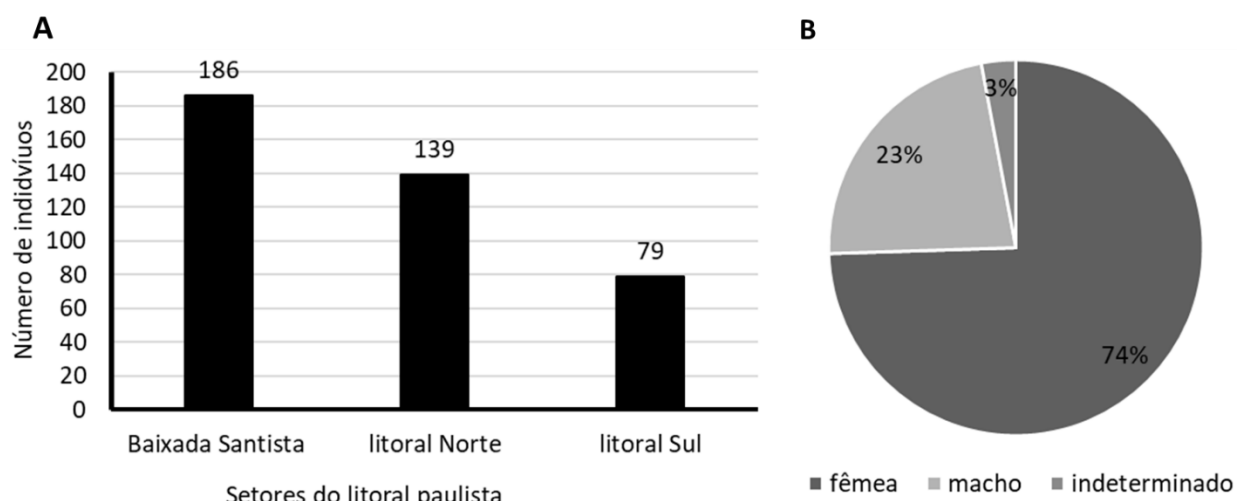


Figura 5. Em **A**, Total de amostras de tartaruga-verde encalhadas entre dez de 2015 a julho de 2021 ($n = 404$) selecionadas em cada um dos três setores do litoral do Estado de São Paulo.

Em **B**, proporções sexuais de *C. mydas* selecionadas para o estudo.

As tartarugas-verdes encalhadas no litoral do estado de São Paulo entre 2015 e 2021 possuíam o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) variando entre 25,5 e 77 cm, sendo que a média ($\pm$ desvio padrão) do CCC encontrado para toda a costa paulista foi de 39 ($\pm$ 7,8) cm. A idade estimada para todos os indivíduos variou entre 3 e 26 anos ($\bar{x} = 9,83 \pm 3,73$ anos; Figura 6).

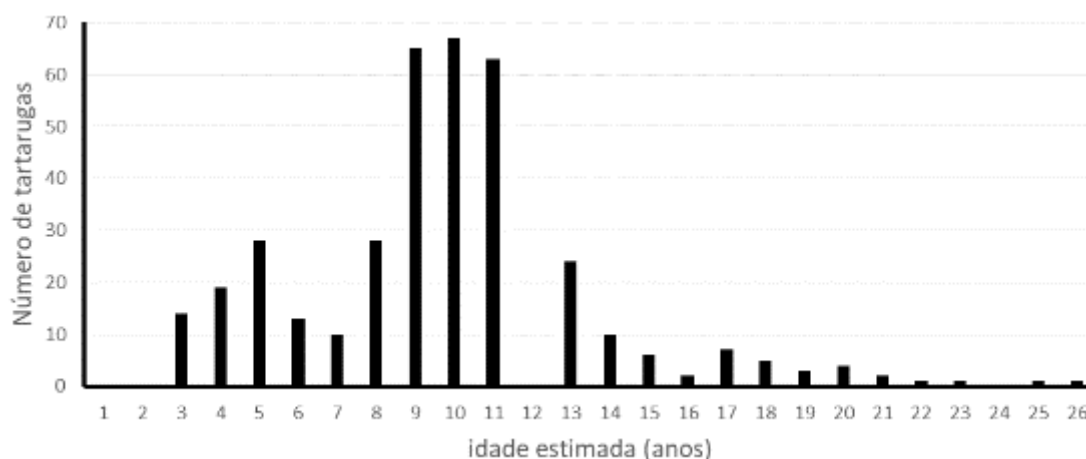


Figura 6 .Distribuição de idade estimadas das *C. mydas* analisadas pela técnica da esqueletocronologia encalhadas no litoral do estado de São Paulo.

As medidas aferidas do úmero antes do processamento histológico foram altamente correlacionadas ($r > 0,9$, $p > 0,001$) com o CCC, evidenciando que o crescimento corporal acompanha o crescimento somático (Tabela 2)

Tabela 2. Valores obtidos da Correlação do tamanho da carapaça (CCC) e as medidas do úmero de *Chelonia mydas* proveniente do litoral do estado de São Paulo.

Correlação CCC e Medidas do úmero (cm)		
Comprimento total (CT)	R = 0,96	P > 0,001
Comprimento longitudinal (CT)	R = 0,95	P > 0,001
Largura proximal (LP)	R = 0,95	P > 0,001
Largura distal (LD)	R = 0,93	P > 0,001
Largura processo delta pectoral (LPDP)	R = 0,93	P > 0,001
Largura medial (LM)	R = 0,92	P > 0,001

Do total de animais amostrados, foi identificada a presença de *annulus* em 86 indivíduos, caracterizado como uma mancha irregular que geralmente não contorna todo o úmero (Figura 7). Destes, 69 eram fêmeas, 14 machos e 3 indivíduos com o sexo indeterminado. Do total, o CCC variou entre 25,5 e 43 cm ($\bar{x} = 33,77 \text{ cm} \pm 4,01$) e a idade estimada através do número de camadas de crescimento variou de 3 a 8 anos ($\bar{x} = 4,94 \text{ anos} \pm 1,37 \text{ anos}$).

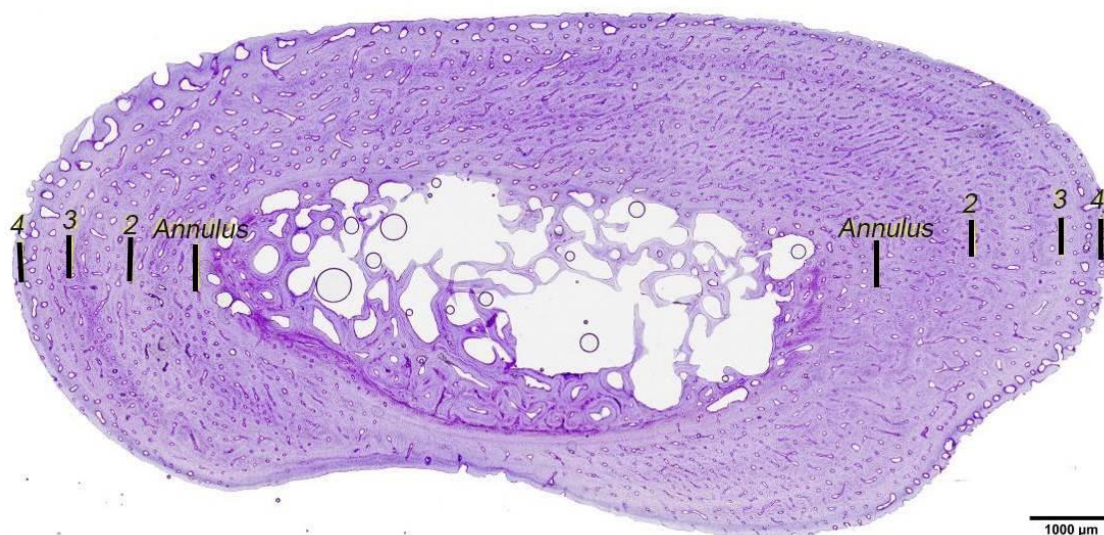


Figura 7 . Corte histológico de úmero esquerdo de *C. mydas* (II203106) com destaque para a presença de annulus. As marcações representam as camadas de crescimento contabilizadas no córtex.

Após a leitura e marcação das camadas de crescimento, foi realizada a medição do maior diâmetro de cada camada (LAG), cujos dados foram posteriormente correlacionados com o número de camada de crescimento correspondente através de modelos de regressão, totalizando 425 linhas de crescimento (Figura 8). A escolha do modelo que melhor descreve os dados (maior r^2) foi a regressão alométrica com linha de tendência estipulada pela equação de potência (equação 1).

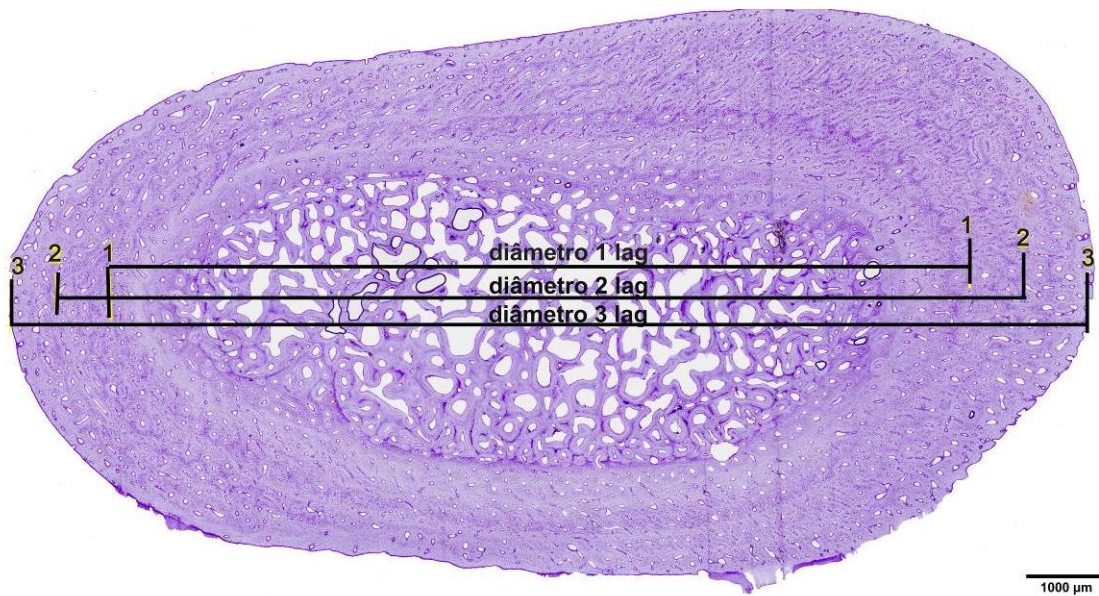


Figura 8 . Corte histológico do úmero de *C. mydas* (I1839107) com presença de *annulus*. Marcações representam as medidas realizadas para determinação do fator de correção.

A equação obtida para o fator de correção foi:

$$(1) Y (\text{diâmetro LAG}) = 8,7988 \cdot x (\text{n}^\circ \text{LAG reabsorvidas})^{0,2325}$$

Onde, $Y_{(\text{diam.LAG})}$ é a medida do diâmetro da primeira LAG; $X_{(\text{n}^\circ \text{ de LAG reabs})}$ é o número correspondente de linhas perdidas. Nesse caso, a idade estimada será o número de linhas visíveis na seção transversal ($X_{\text{obs.}}$) somando com as linhas estipuladas pelo fator de correção que estima o número de LAGs reabsorvidas na medula ($\text{idade estimada} = X_{\text{obs.}} + X_{\text{n}^\circ \text{ de LAG reabs}}$; Figura 9).

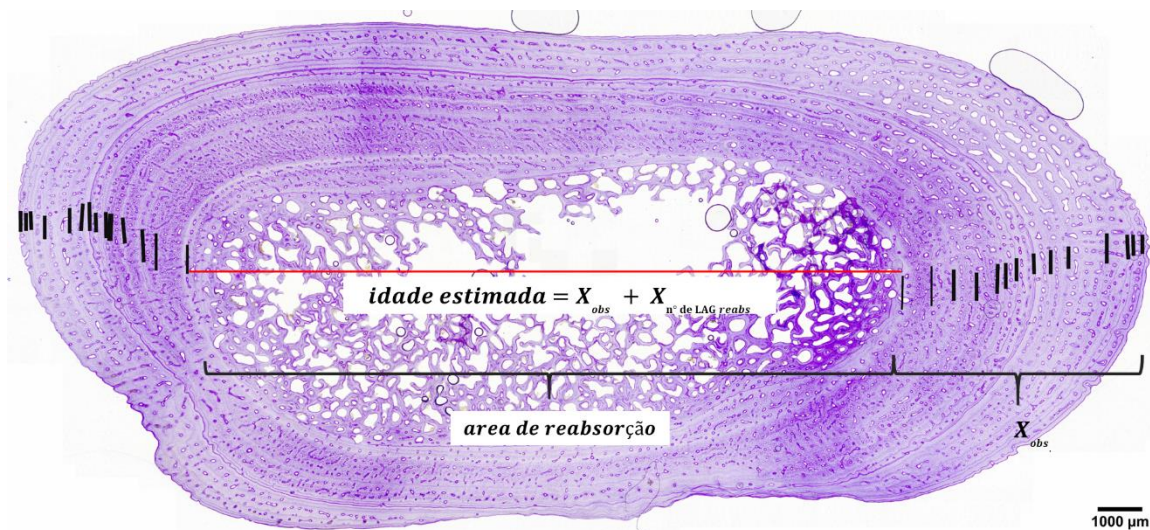


Figura 9. Úmero de *C. mydas* (II184126) com LAG demarcadas ($X_{obs.}$). Medida da 1ª LAG, linha vermelha em destaque, é inserida no Fator de correção. Área destacada no centro demonstra área de reabsorção. A idade total estimada = número de linhas observadas ($X_{obs.}$) + o número de linhas estipuladas pelo fator de correção ($X_{n^{\circ}LAG\ reabs}$).

A regressão que melhor se ajustou apresentou o coeficiente de correlação (r^2) de 0,51, demonstrando que existe uma variação considerável entre os diâmetros das camadas de crescimento para cada linha (Figura 10), caracterizando a população de *C. mydas* oriundas do litoral paulista como heterogeneia.

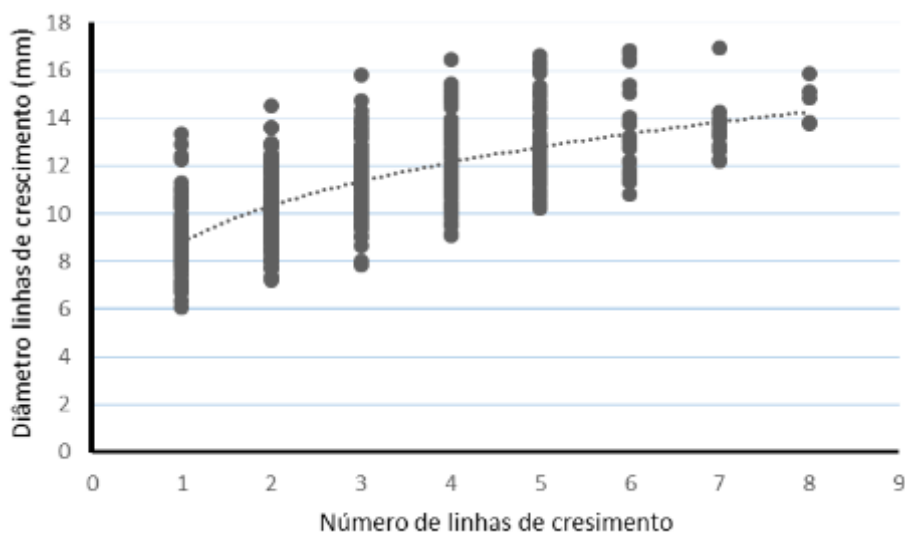


Figura 10 Relação entre o diâmetro e número de linhas de crescimento (LAG) dos indivíduos amostrados no litoral paulista e que retiveram o *annulus* (n= 426 linhas de crescimento).

Separando por setores do litoral do estado de São Paulo, foi obtido 18 indivíduos com *annulus* no litoral Norte, com um total de 82 camadas de crescimento; 31 indivíduos provenientes da Baixada Santista, com 160 camadas de crescimento; e 37 indivíduos do litoral Sul com 183 camadas de crescimento visíveis.

Foram estimadas linhas de tendência para todas as regiões do estudo. O coeficiente de correlação obtido com os dados dos indivíduos oriundos do Litoral Norte e Baixada Santista ($r^2 = 0,6$) resultaram em melhor ajuste quando comparado ao valor obtido para o Litoral Sul ($r^2 = 0,5$) conforme observado no Figura 11. Essa fragmentação das áreas de estudo foi realizada para verificar a possibilidade de potenciais variações geográficas influenciarem na deposição das camadas de crescimento. Os valores demonstrados pelo r^2 obtidos demonstram uma aparente heterogeneidade nos padrões das LAGs nas amostras provenientes de diferentes sítios amostrais do litoral paulista, havendo uma maior homogeneidade no diâmetro das LAGs dos indivíduos provenientes do litoral Norte e Baixada Santista.

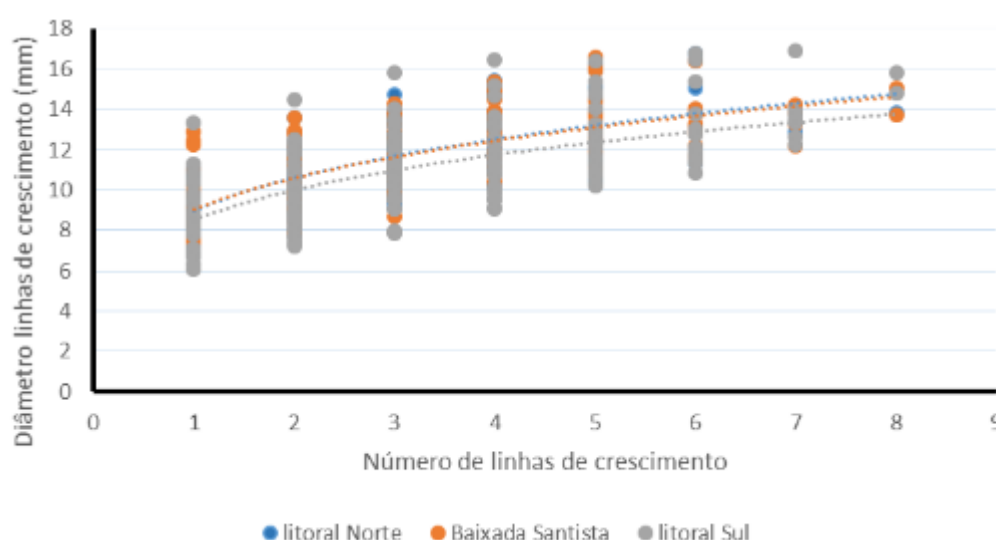


Figura 11. Relação entre o diâmetro e número de linhas de crescimento (LAG) das *C. mydas* que retiveram o *annulus*, separados por Litoral Norte, Baixada Santista e Litoral Sul.

Foi possível estimar com base no fator de correção, a idade de 321 tartarugas-verdes que apresentaram reabsorção das linhas de crescimento. Dentre estas, 232 foram identificadas como fêmeas, 77 machos e 6 indeterminadas. A maioria das tartarugas desse lote amostral são oriundas

da Baixada Santista (n=155), seguida dos espécimes do litoral Norte (n=121), e litoral Sul (n=39). O CCC dos indivíduos que sofreram reabsorção do *annulus* variou de 28 a 77cm ($\bar{x} = 39,68 \pm 7,36$) e a idade estimada variou de 7 a 26 anos ($\bar{x} = 11 \pm 2,85$).

Foi verificado uma relação linear entre o comprimento curvilíneo das carapaças e idade estimada ($r^2 < 0,7$, $p > 0,005$; Figura 12) tanto para as fêmeas quanto para os machos.

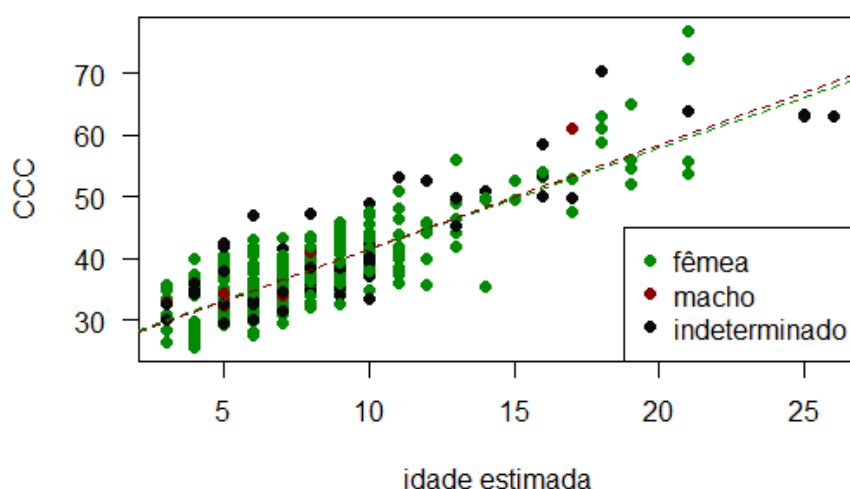


Figura 12. Relação entre comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) e idade estimada para as tartarugas-verdes (*C. mydas*) encontradas mortas no litoral do estado de São Paulo ($r^2 > 0,7$; $p > 0,001$) entre os anos 2015 e 2021.

Foram estimadas as idades para 139 indivíduos no litoral Norte, que variaram entre 3 e 26 anos e o comprimento curvilíneo da carapaça variou entre 26 a 70,4 cm. No litoral central (Baixada santista) foram 186 tartarugas-verdes com a idade estimada variando entre 3 e 22 anos e CCC entre 25,5 e 77 cm. Para o litoral sul, a idade estimada variou entre 3 e 25 anos e o CCC entre 25,5 e 72,3 cm, totalizando 79 indivíduos. Os valores de média e desvio padrão estão descritos na Tabela 3 e Figura 13.

Tabela 3. Média e desvio padrão das idades estimadas e comprimentos curvilíneos da carapaça (CCC) das *Chelonia mydas* encontrados no litoral do estado de São Paulo.

Localidade	Idade estimada (anos)	CCC (cm)
	Média ± Desvio padrão	Média ± Desvio padrão
Litoral Norte	11 ± 3,88	39,81 ± 8,16
Litoral Central	10 ± 3,21	38,99 ± 7,10
Litoral Sul	8 ± 4,22	37,65 ± 8,40

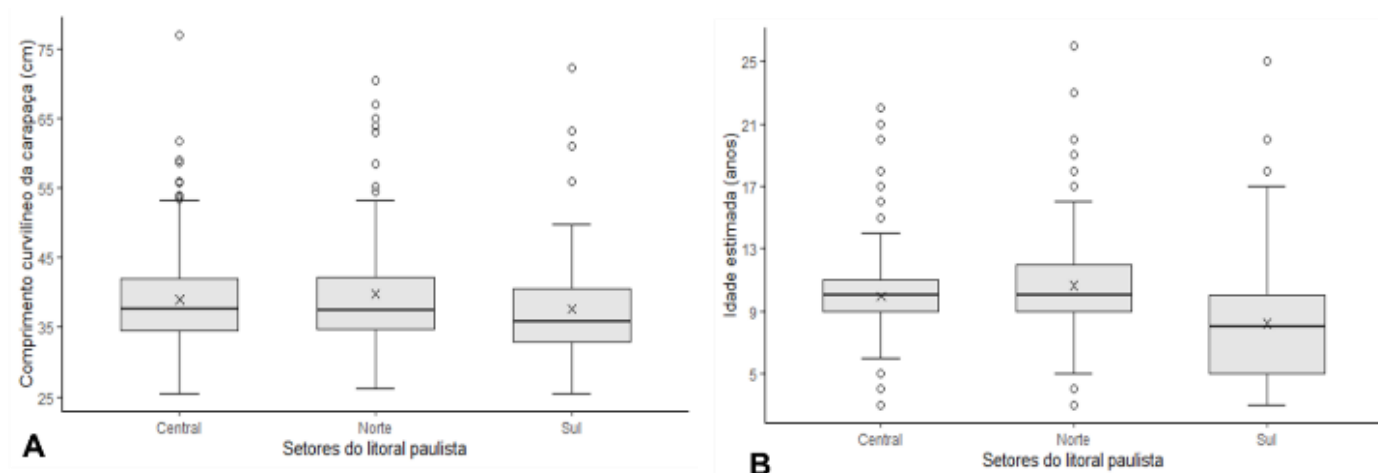


Figura 13. Em A, medidas de tendência central do Comprimento curvilíneo da carapaça (cm) de acordo com os setores do litoral paulista. Destaque para o x que representa a média dos valores encontrados para cada setor. Na imagem B, representa as medidas de tendência central para a idade estimada nos setores do litoral Paulista, o x representa a média de idade encontrada em cada setor do litoral paulista.

4. DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesse capítulo fornecem informações importantes para compreensão de uma variável da história de vida das tartarugas-verdes que encalham na região amostrada. As informações providas da estimativa de idade através da esqueletocronologia permitem ampliar o conhecimento da espécie em uma de suas áreas de alimentação.

A equação de potência foi a que melhor descreveu a relação entre o diâmetro e número das linhas de crescimento, resultado semelhante encontrado por Lenz (2017) para *Chelonia mydas* do estado do Rio Grande do Sul e na costa leste dos Estados Unidos (GOSHE *et al.*, 2010). No entanto, a correlação obtida demonstrou que outros fatores podem estar influenciando na variação entre o diâmetro e as linhas de crescimento correspondentes ($r^2 < 0,7$). Essa variação pode estar relacionada com as diferentes condições de temperatura, disponibilidade de alimentos e origem genética dos indivíduos viventes na região (SANTOS *et al.* 2015; KUBIS *et al.* 2009)

Os resultados obtidos por este estudo representam, através de uma base de dados robusta, a estimativa de idade das tartarugas-verdes (*C. mydas*) que encalharam na região do litoral do estado de São Paulo no período de 2015 a 2021. As tartarugas-verdes analisadas apresentaram o CCC variando entre 25,5 e 77 cm ($\bar{X} = 39 \pm 7,21$ cm) e idade estimada entre 3 e 26 anos ($\bar{X} = 8,21 \pm 3,57$). Portanto, a faixa etária que melhor representa a população encontrada no litoral estado de São Paulo está entre 5 e 12 anos.

Os dados agora obtidos para o litoral Norte paulista são semelhantes àqueles apresentados por Gallo *et al.* (2006) para a região de Ubatuba (CCC médio de 40,6 cm $\pm$ 8,3 cm), também litoral Norte, contudo, a amplitude encontrada em Ubatuba foi de 27 e 96 cm, com maior amplitude de tamanhos amostrados. Mesmo com amplitudes diferentes a semelhança entre os dados dos dois estudos deve estar associada à maiores amostragens de animais pequenos no estudo de Gallo *et al.* (2006), o que pode ter tendenciado a média para baixo. Ainda na região Sudeste, no Estado do Espírito Santo, foi encontrado

uma maior amplitude de CCC (26 a 114 cm) e a idade estimada variou entre 6 e 40 anos (BARRETO, 2017), entretanto, animais de maior porte no estado do Espírito Santo são esperados tendo em vista a costa capixaba possuir praia de reprodução da espécie, além da proximidade com o sítio reprodutivo da Ilha de Trindade.

Seguindo para Região Sul, no litoral do estado do Rio Grande do Sul, o intervalo de CCC variou de 29 a 50 cm com idade estimada entre 3 e 7 (amplitude de 2 a 13 anos; LENZ *et al.*, 2017). Já o estudo mais próximo a algum setor amostrado em meu estudo é o litoral do estado do Paraná, contudo, demonstram que as idades estimadas variaram entre 3 e 8 anos, já o CCC variou entre 30 e 58 cm (ANDRADE *et al.* 2016). Para o litoral sul do estado de São Paulo, foi obtido uma maior amplitude tanto para a idade estimada, quanto para o CCC, que pode estar relacionado ao número maior de amostras obtidas pelo estudo. No entanto, os valores médios obtidos (Idade: $8 \pm 4,22$; CCC: $37,65 \pm 8,40$ cm) corroboram com o encontrado para o estado do Paraná. Seguindo para a baixada santista e o litoral Norte é possível observar que a média de idade aumenta conforme diminui a latitude (Litoral central: $10 \pm 3,21$; Litoral Norte: $11 \pm 3,88$).

Estes resultados diferem (PR) na amplitude encontrada para o litoral de SP, no entanto, também possui o indicativo que esta área pode ser um habitat de desenvolvimento temporário, contudo, é possível sugerir que essa temporalidade pode variar conforme a região onde encalham esses indivíduos. De uma forma geral, podemos observar o aumento gradual do comprimento curvilíneo da carapaça bem como das idades estimadas da região Sul para Sudeste do litoral brasileiro.

Este estudo, completa uma lacuna sobre a distribuição desses animais através de uma ampla região monitorada de forma representativa e com uma base de dados robusta. Sendo possível identificar o perfil etário das tartarugas-verdes da região Sul e Sudeste da costa litorânea brasileira.

As idades estimadas dos indivíduos que retiveram o *annulus* (primeiro ano de vida) no litoral dos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Espírito Santo variaram de 2 a 9 anos (LENZ, 2017; ANDRADE, 2016; BARRETO, 2017). Resultado semelhante encontrado nas tartarugas-verdes

encalhadas no litoral do estado de São Paulo ocorreu nos indivíduos com o CCC variando entre 25,5 e 43 cm, sendo a idade estimada entre 3 a 8 anos.

Estudos sobre a composição genética das regiões alimentares do litoral Sul e Sudeste brasileiro relatam que as *C. mydas* são compostas de estoque genético misto, sendo possível que indivíduos com o mesmo tamanho ou idade possam crescer em taxas diferentes. Além do mais, o fluxo de indivíduos que permanecem nas áreas e alimentação parece ter uma dinâmica relacionada com a estrutura geográfica da região em conjunto com estratégias alimentares diferentes. (BONDIOLI, 2009; NARO-MACIEL *et al.*, 2006; PROIETTI *et al.*, 2012, BJORNAL *et al.*, 2000; SANTOS *et al.*, 2015).

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. F., DOMIT, C., BROADHURST, M. K., TOLHURST, D. J., SILVA-SOUZA, A. T. Appropriate morphometrics for the first assessment of juvenile green turtle (*Chelonia mydas*) age and growth in the south-western Atlantic. **Marine Biology**. 163:254. 2016.
- AVENS L. E GOSHE L.R. Comparative skeletochronological analysis of Kemp's ridley (*Lepidochelys kempii*) and loggerhead (*Caretta caretta*) humeri and scleral ossicles. **Marine Biology** v.6, p.1309–1317. 2007.
- AVENS L., GOSHE L.R., HARMS C.A., ANDERSON E.T., HALL A.G., CLUSE W.M., GODFREY M.H., BRAUN-MCNEILL J., STACY B., BAILEY R., LAMONT M.M. Population characteristics, age structure, and growth dynamics of neritic juvenile green turtles in the northeastern Gulf of Mexico. **Marine Ecology Progress** v: 458, p.213–229. 2012.
- BARRETO, J. S., Idade e crescimento da tartaruga verde, *Chelonia mydas*, no Atlântico Sul Ocidental, p. 42, 2017, acesso: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/9124>.
- BJORNDAL, K.A., BOLTEN, A.B. Growth rates of immature green in Bahamas. **Copeia**.v:3, p.555–564. 1988.
- BJORNDAL, K. A., BOLTEN A. B., MARTINS H. R. Somatic growth model of juvenile loggerhead sea turtles *Caretta caretta*: duration of pelagic stage. **Marine Ecology Progress Series**. 202: 265-272. 2000.
- BONDIOLI, A.C.V. Análise da estruturação genética dos estoques populacionais de tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) da região de Cananéia, São Paulo, com base no DNA mitocondrial. Tese Doutorado – Instituto de biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Genética e Biologia Evolutiva. São Paulo, 2009.
- CHALOUPKA M.Y. E MUSICK J.A. Age, growth, and population dynamics. In Lutz P.L. e Musick J.A. (eds.) The biology of sea turtles. Boca Raton: CRC Press, 1997, p. 233–276.
- COLES W.C., MUSICK J.A. E WILLIAMSON L.A. (2001) Skeletochronology validation from an adult loggerhead (*Caretta caretta*). **Copeia**, v:1, 240–242. 2001.

CUNHA-LIGNON, M., MENGHINI, R. P., SANTOS, L. C. M., NIEMEYER-DINÓLA, C. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Estudos de Caso nos Manguezais do Estado de São Paulo (Brasil): Aplicação de Ferramentas com Diferentes Escalas Espaço-Temporais. **Revista Gestão Costeira Integrada**. 9, p.79–91.2009.

GOSHE, L. R.; AVENS, L.; SCHARF S.F.; SOUTHWOOD A.L. Estimation of age maturation and growth of Atlantic green turtles (*Chelonia mydas*) using skeletochronology. **Marine Biology**, v:157, p.1725-1740, 2010.

GOSHE L. R., SNOVER M. L., HOHN A. A., BALAZS G. H.. Validation of back-calculated body lengths and timing of growth mark deposition in Hawaiian green sea turtles. **Ecol Evol**. 6: 3208–3215. 2016.

HEPPELL S.S., SNOVER M.L. E CROWDER L.D. Sea turtle population ecology. In Lutz P.L., Musick J.A. e Wyneken J. (eds.) The biology of sea turtles. Boca Raton: CRC Press, 1996, p. 275–306.

KLINGER, R. C., MUSICK J. A. Annular growth layers in juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*). **Bulletin of Marine Science**. 51(2): 224-230. 1992.

KUBIS S., CHALOUPKA M., EHRHART L. E BRESSETTE M. Growth rates of juvenile green turtles *Chelonia mydas* from three ecologically distinct foraging habitats along the east central coast of Florida, USA. **Marine Ecology Progress** v: 389, p.257–269. 2009.

LENZ, A. J., AVENS, L., BORGES-MARTINS, M. Age and growth of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the western South Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**. 568: 191-201. 2017.

NARO-MACIEL, E.; BECKER, J.H.; LIMA, E.H.S.M.; MARCOVALDI, M.A.; DESALLE, R. Testing Dispersal Hypotheses in Foraging Green Sea Turtles (*Chelonia mydas*) of Brazil. **Journal of Heredity**. v: 98.p.29–39.2006.

PARHAM, J.F. AND G.R. ZUG. Age and growth of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) of coastal Georgia: An assessment of skeletochronological age-estimates. **Bulletin of Marine Science** v.61, p.287-304. 1997.

PETITET R., SECCHI E.R., AVENS L. E KINAS P.G. Age and growth of loggerhead sea turtles in southern Brazil. **Marine Ecology Progress Series** 456, 255–268. 2012.

PROIETTI M.C., REISSER J.W., KINAS P.G., KERR R., MONTEIRO D.S., MARINS L.F. E SECCHI E. R. Green turtle *Chelonia mydas* mixed stocks in the western South Atlantic, as revealed by mtDNA haplotypes and drifter trajectories. **Marine Ecology Progress** v: 447, p.195–209. 2012.

SANTOS, R. G., MARTINS, A. S., BATISTA, M. B., HORTA, P. A. Regional and local factors determining green turtle *Chelonia mydas* foraging relationships with the environment. **Marine Ecology Progress Series** v.529 p.265–277. 2015.

SNOVER M.L., AVENS L. E HOHN A.A. Back-calculating length from skeletal growth marks in loggerhead sea turtles *Caretta caretta*. *Endangered Species Research* v.3, p.95–104. 2007.

SNOVER M.L., HOHN A.A., GOSHE L.R. E BALAZS G.H. Validation of annual skeletal marks in green sea turtles *Chelonia mydas* using tetracycline labeling. **Aquatic Biology** v.12, p.197–204. 2011.

SNOVER, M.L.; HOHN, A.A. Validation and interpretation of annual skeletal marks in loggerhead (*Caretta caretta*) and Kemp's ridley (*Lepidochelys kempii*) sea turtles. *Fish Res.*v:102 p. 682–692. 2004.

ZUG, G.R., BALAZS, G.H., WETHERALL, J.A., PARKER, D.M. E MURAKAWA, S.K.K. Age and growth of Hawaiian green sea turtles (*Chelonia mydas*): an analysis based on skeletochronology. **Fishery Bulletin** v.100, p.117–127. 2002.

ZUG, G.R.; GLOR, E. R. Estimates of age and growth in a population of green sea turtles (*Chelonia mydas*) from the Indian River lagoon system, Florida: a skeletochronological analysis. *Can. J. Zool./Revista Canadense Zoologia*. v: 76 p.1497-1506, 1998.

ZUG, G.R.; WYNN, A.H.; RUCKDESCHE, C.A. Age determination of loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, by incremental growth marks in the skeleton. **Smithson Contributon. Zoology**.v:427, p. 1–34. 1986.

ZUG, G.R.; KALB H.J.; LUZAR. Age and growth in wild kemp's ridley sea turtles *Lepidochelys kempii* from skeletochronological data. **Biological Conservation** v.80, p.261-268.1997.

ZUG, G.R.; CHALOUPKA; BALAZS G.H. Age and growth in olive ridley sea turtles (*Lepidochelys olivacea*) from the North-central Pacific: a skeletochronological analysis. **Marine Ecology** v. 27, p. 263–270. 2006.

CAPITULO 2. ESTIMATIVA DA TAXA DE CRESCIMENTO DE *Chelonia mydas* JUVENIS QUE OCORREM NO LITORAL DO ESTADO DE SÃO PAULO.

RESUMO

A tartaruga marinha *Chelonia mydas* (tartaruga-verde) possui ampla distribuição geográfica circuntropical e está presente em toda a costa litorânea brasileira, distribuídas entre áreas de alimentação e reprodução onde ocorre a maior parte de seu desenvolvimento. Apesar de estarem presentes em todo o litoral brasileiro, o conhecimento sobre o perfil demográfico das tartarugas-verdes ainda é escasso. Nesse contexto, a estimativa de idade através da esqueletocronologia permitiu avançar nos conhecimentos sobre taxa de crescimento, contribuindo para a elaboração de medidas de conservação da espécie. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi estimar as taxas de crescimento individuais das *Chelonia mydas* encontradas no litoral do estado de São Paulo. Foram aferidas medidas do úmero antes do processamento histológico (comprimento total; comprimento longitudinal; largura proximal; largura média; largura distal e largura proximal do processo deltapectoral) para verificar a correlação com o tamanho da carapaça (CCC). Posteriormente foi conduzido o processamento histológico e análise das camadas de crescimento através da esqueletocronologia. Para obter a taxa de crescimento, foi necessário o retrocálculo para estabelecer o CCC estimado para cada linha de crescimento. Na sequência, após a escolha do modelo de retrocálculo com melhor ajuste, foi testada a “Hipótese de Proporcionalidade Corporal”. Para calcular a taxa de crescimento anual para cada tartaruga, foi calculado a diferença entre os pares de CCC estimado da última linha de crescimento (LAG) depositada no úmero, para penúltima e assim sucessivamente. Desta forma, os valores representam a taxa de crescimento para cada ano de vida de cada indivíduo. A curva de crescimento foi estabelecida pelo modelo Von Bertalanffy. Os resultados obtidos demonstraram alta correlação entre as medidas do úmero e o CCC, demonstrando que o tamanho (CCC) acompanha proporcionalmente o crescimento do úmero. O retrocálculo foi estabelecido pela escolha do modelo que obteve o menor critério de desvio (DIC), sendo aplicado para um total de 85 indivíduos totalizando 466 intervalos de crescimento. As taxas de crescimento obtidas foram categorizadas por classe de CCC de 10 cm e por idade. Foi observado um crescimento acelerado nos anos iniciais seguido de declínio ao longo dos anos, caracterizando um padrão biológico na relação taxa de crescimento por idade. A idade de recrutamento para o ambiente nerítico no litoral do estado de São Paulo ocorre a partir dos 3 anos e o tamanho de recrutamento mínimo a partir dos 25,5 cm de CCC. A curva de crescimento para a idade estimada e CCC através do modelo von Bertalanffy obteve um ajuste satisfatório para o conjunto de dados disponíveis (n=404). Estabelecida a curva de crescimento para fêmea e macho foi observado um crescimento similar até os 20 anos. Este estudo fornece um panorama geral da taxa de crescimento das *Chelonia mydas* enalhadas no litoral do Estado de São Paulo, estabelecendo uma conexão entre os dados obtidos com as regiões Sudeste e Sul da costa brasileira. Além disso, podemos sugerir que as taxas de crescimento das tartarugas-verdes podem sofrer interferências ao longo de toda sua trajetória.

Palavras-chave: Tartaruga-verde. Estimativa de idade. Taxa de crescimento. Esqueletocronologia.

ABSTRACT

The sea turtle *Chelonia mydas* (green turtle) has a wide circumtropical geographic distribution and is present throughout the Brazilian coast, distributed among feeding and breeding areas where most of its development takes place. Despite being present throughout the Brazilian coast, knowledge about the demographic profile of green turtles is still scarce. In this context, the estimation of age through skeletochronology made it possible to advance in knowledge about growth rate, contributing to the elaboration of conservation measures for the species. In this sense, the objective of this study was to estimate the individual growth rates of *Chelonia mydas* found on the coast of the state of São Paulo. Humeral measurements were taken before histological processing (total length; longitudinal length; proximal width; mean width; distal width and proximal width of the deltapectoral process) to verify the correlation with the carapace size (CCC). Subsequently, the histological processing and analysis of the growth layers were carried out through skeletochronology. To obtain the growth rate, a retrocalculation was necessary to establish the estimated CCC for each growth line. Subsequently, after choosing the best-fitting retrocalculation model, the “Body Proportionality Hypothesis” was tested. To calculate the annual growth rate for each turtle, the difference between the pairs of estimated CCC from the last line of growth (LAG) deposited in the humerus was calculated, to penultimate and so on. In this way, the values represent the growth rate for each year of life of each individual. The Von Bertalanffy model established the growth curve. The results obtained showed a high correlation between the measurements of the humerus and the CCC, demonstrating that the size (CCC) proportionally follows the growth of the humerus. The retrocalculation was established by choosing the model that obtained the smallest deviation criterion (DIC), being applied to a total of 85 individuals, totaling 466 growth intervals. The growth rates obtained were categorized by 10 cm CCC class and by age. An accelerated growth was observed in the early years followed by a decline over the years, characterizing a biological pattern in the growth rate per age relationship. The age of recruitment to the neritic environment on the coast of the state of São Paulo occurs from 3 years old and the minimum recruitment size from 25.5 cm of CCC. The growth curve for estimated age and CCC through the von Bertalanffy model obtained a satisfactory fit for the available data set (n=404). Once the growth curve for female and male was established, a similar growth was observed up to 20 years of age. This study provides an overview of the growth rate of *Chelonia mydas* stranded on the coast of the State of São Paulo, establishing a connection between the data obtained with the Southeast and South regions of the Brazilian coast. Furthermore, we can suggest that the growth rates of green turtles may suffer interference throughout their trajectory.

Keywords: Green turtle. Age estimate. Growth rate. Skeletochronology.

1. INTRODUÇÃO

A estimativa de idade de uma espécie permite avançar nos conhecimentos sobre taxas de crescimento e duração dos estágios do ciclo de vida (GOSHE *et al.*, 2010; SNOVER, 2002). Isso é bem verdade para as tartarugas-verdes, sendo de grande relevância para compreensão do perfil demográfico da espécie, trazendo subsídios para elaboração de medidas de conservação da espécie (ZUG *et al.*, 1986; LENZ *et al.*, 2017).

Os parâmetros demográficos podem ser obtidos através de dados de marcação-recaptura (BJORNAL, BOLTEN, 1988; KUBIS *et al.*, 2009), contudo exige uma alta demanda em atividades de campo e produzem resultados em longo prazo. Nesse contexto, a técnica de esqueletocronologia tem sido validada e amplamente utilizada para compreensão de alguns parâmetros etários para as tartarugas marinhas (SNOVER, HOHN, 2004; GOSHE *et al.*, 2010). Isso permite obter a taxa de crescimento a partir do retrocálculo de anos anteriores através da marcação das linhas de crescimento depositadas no tecido ósseo ao longo da vida, possibilitando estimar as taxas de crescimento de vários anos e detecção de mudanças ontogenéticas (SNOVER, 2002; GOSHE *et al.*, 2010; AVENS *et al.*, 2012). A validação da técnica permitiu considerar que cada camada de crescimento corresponde a um ano de vida (ZUG, GLOR, 1998; ZUG *et al.*, 2002; GOSHE *et al.*, 2010; SNOVER *et al.*, 2011) e permitiu modelar com maior rigor a relação entre o crescimento do osso e o somático (KLINGER; MUSICK, 1992; COLES *et al.*, 2001; SNOVER; HOHN, 2004).

Outro fator importante se remete a ecologia de forrageio, que pode afetar a história de vida e os parâmetros demográficos como as taxas de crescimento e a duração de estágio de vida (SNOVER *et al.*, 2012; TURNER TOMASZEWICZ *et al.*, 2018).

A estimativa de idade obtida para o recrutamento nerítico de *Chelonia mydas* foi diferenciada de acordo com o oceano que habitam. Para o Oceano Atlântico Norte a maioria dos estudos estimam que essa idade varia entre 3 a 6 anos (ZUG, GLOR, 1998; REICH *et al.*, 2007), entretanto, Goshe e seus colaboradores (2010) registraram a duração do estágio oceânico estimado entre 1 a 7 anos. No Oceano Pacífico, esse recrutamento ocorre a partir dos 6 anos

(ZUG *et al.*,2002) e no Oceano Atlântico Sul, a idade de recrutamento possui maior amplitude, quando comparada aos outros oceanos, com duração de 2 a 6 anos. (ANDRADE *et al.* ,2016; LENZ *et al.*, 2017; BARRETO, 2017).

O ajuste de um modelo de crescimento para os dados de idade é importante pois tem o potencial de gerar um padrão para uma determinada população e dá condições de estimar a idade de um indivíduo com base em seu tamanho. Para as tartarugas marinhas, os modelos de crescimento mais utilizados são os de von Bertalanffy, Gompertz e logístico, para o ajuste desses modelos é necessário estimar as idades na fase pós-neonatal, para pequenos juvenis e também para o comprimento assintótico, para gerar uma curva de crescimento provável (BJORNAL *et al.*,2000; ZUG *et al.*,2002; GOSHE *et al.*,2010; SNOVER,2012).

Assim, este estudo tem como objetivos estimar a faixa de idade, estabelecer a taxa de crescimento e gerar uma curva de crescimento para as tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) encalhadas mortas no litoral do Estado de São Paulo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 TAXA DE CRESCIMENTO E RETROCÁLCULO

A partir dos trabalhos de marcação e recaptura com *Caretta caretta* (SNOVER *et al.*, 2007) e *Chelonia mydas* (GOSHE *et al.*, 2010) foi estabelecido que o diâmetro das linhas de crescimento (ver Capítulo 1 para LAG) pode ser convertido em medidas de comprimento de carapaça, que representa o tamanho da tartaruga no período de deposição de determinada linha de crescimento (SNOVER *et al.*, 2007; GOSHE *et al.*, 2010; AVENS *et al.*, 2012).

A medida aferida da largura medial do úmero, local onde é realizado a análise das camadas de crescimento, será correlacionado com o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) com o intuito de verificar se crescimento do CCC acompanha proporcionalmente o crescimento do úmero, o que permitirá estabelecer o retrocálculo do CCC a partir do diâmetro das linhas de crescimento.

A taxa de crescimento dos indivíduos foi calculada a partir da aplicação da técnica de retrocálculo, onde as larguras das linhas de crescimento depositadas nos úmeros das tartarugas marinhas foram utilizadas para estimar o CCC no momento de cada camada de crescimento (LAG) depositada (GOSHE *et al.*, 2010). Esta técnica é utilizada com base na existência de uma taxa constante de deposição de cálcio, formando marcas de crescimento e que há uma proporcionalidade previsível entre o diâmetro do úmero (D) e o tamanho corporal (L) (SNOVER *et al.*, 2007; GOSHE *et al.*, 2010). Para avaliar a predição da idade a partir do comprimento curvilíneo da carapaça (CCC), a relação entre o tamanho corporal e o diâmetro da seção do úmero foi ajustada a dois modelos propostos por Snover *et al.* (2007):

$$(1) L = l_{op} + b (D - d_{op})^c$$

$$(2) L = l_{op} + b (D - d_{op})$$

Onde: L = comprimento curvilíneo da carapaça (ccc), D = diâmetro do úmero, l_{op} = CCC dos filhotes recém-nascidos; d_{op} = diâmetro do úmero dos filhotes recém-nascidos; b = coeficiente angular; c = coeficiente de proporcionalidade.

A escolha do modelo de retrocálculo foi feita com base no melhor ajuste do valor de critério de desvio (DIC). Quanto menor o valor do DIC, melhor o ajuste dos interceptos biológicos. Após a escolha do modelo foi testada a “Hipótese de Proporcionalidade Corporal” (BPH = “Body Proportional Hypothesis”), que foi desenvolvido por Francis (1990) e adaptado para a aplicação em tartarugas marinhas por Snover *et al.* (2007).

$$(3) L_b = [f(D_b)][L_{final}][f(D_{final})]^{-1}$$

Onde, L_b é o CCC estimado; $f(D_b)$ se refere a equação (f) que obteve melhor ajuste (1) ou (2) empregada para o diâmetro da linha de crescimento em questão; L_{final} é o CCC da tartaruga no momento da morte; D_{final} é o retrocálculo do CCC com base no diâmetro do úmero no momento da morte.

Para calcular a taxa de crescimento anual para cada tartaruga, foi calculado a diferença entre os pares de CCC estimado da última LAG depositada para penúltima e assim sucessivamente. Desta forma, os valores representam a taxa de crescimento para cada ano de vida de cada indivíduo.

2.2 IDADE DE RECRUTAMENTO

A idade de recrutamento para o ambiente nerítico pode ser compreendida como o período em que as tartarugas-verdes juvenis ocupam o ambiente aberto antes de fazer a transição para o nerítico. A idade de recrutamento mínima das tartarugas verdes para o ambiente nerítico foi definida como a menor idade estimada, utilizando como base a faixa de comprimento curvilíneo de carapaça (CCC) das menores tartarugas-verdes encontradas ao longo do litoral do estado de São Paulo. Foi calculado a idade mínima, máxima e média das tartarugas dentro desse intervalo. As *Chelonia mydas* dentro desta faixa de tamanho foram assumidas como novos recrutas da zona oceânica.

2.3 CURVA DE CRESCIMENTO

A utilização do modelo Von Bertalanffy, foi definido devido ser amplamente utilizado para estabelecer a curva de crescimento das tartarugas marinhas (GOSHE *et al.*, 2010; AVENS *et al.*, 2012; PETITET *et al.*, 2015). Este modelo tem sido aplicado em trabalhos de esqueletocronologia e marcação e recaptura para *C. caretta* e *C. mydas* (KLINGER, MUSICK, 1992; ZUG *et al.* 1995, BJORNAL *et al.* 2000; SNOOVER, 2002; GOSHE, 2010). Contudo, é pressuposto amostras de todas as classes de tamanho, variando de natimortos até indivíduos adultos para que se tenha um melhor ajuste da curva de crescimento. Apesar da amostragem consistir na maioria de indivíduos juvenis, foi estabelecida a idade de todos os espécimes e inseridas no modelo de crescimento von Bertalanffy (4) parametrizado com o L_0 , com o objetivo de verificar o ajuste dos dados como segue:

$$(4) Y_{\tau} = Y_{\infty} - (Y_{\infty} - L_0)e^{-kt}$$

Onde: Y_{τ} é o tamanho do espécime (CCC) de acordo com a idade τ , Y_{∞} se refere comprimento assintótico, L_0 é o comprimento na idade zero, k é a taxa de crescimento intrínseco.

Dentro dos dados totais, foram estipuladas curvas de crescimento para o sexo feminino e masculino afim de verificar graficamente as possíveis diferenças entre os sexos.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As inferências foram realizadas com enfoque Bayesiano para as análises dos modelos de retrocálculo e taxa de crescimento. O quadro estatístico bayesiano estima parâmetros desconhecidos como distribuições de probabilidade, determinadas posteriores. Simulações de Monte Carlo por cadeias de Markov (MCMC) (GELMAN *et al.*, 2003) foram realizadas para obter as distribuições posteriores dos parâmetros e foi utilizado *prioris* não informativas. A seleção dos modelos foi com base no Deviance Information Criterion (DIC, SPIEGELHALTER *et al.*, 2002).

As análises foram realizadas com software R (R Core Team 2014) e OpenBugs (THOMAS *et al.*, 2006) através de bibliotecas do R Rjags (PLUMMER, 2019), R2jags (SU; YAJIMA, 2021) e BRugs (THOMAS *et al.*, 2006).

3. RESULTADOS

3.1 TAXA DE CRESCIMENTO E RETROCÁLCULO

A largura medial (LM) configura o diâmetro do úmero e representa o local onde foi realizado o processamento histológico e análise das camadas de crescimento. Essa relação entre o CCC e o diâmetro do úmero foi altamente correlacionada, demonstrando que o crescimento curvilíneo da carapaça acompanha proporcionalmente o aumento no diâmetro do úmero (Figura 1).

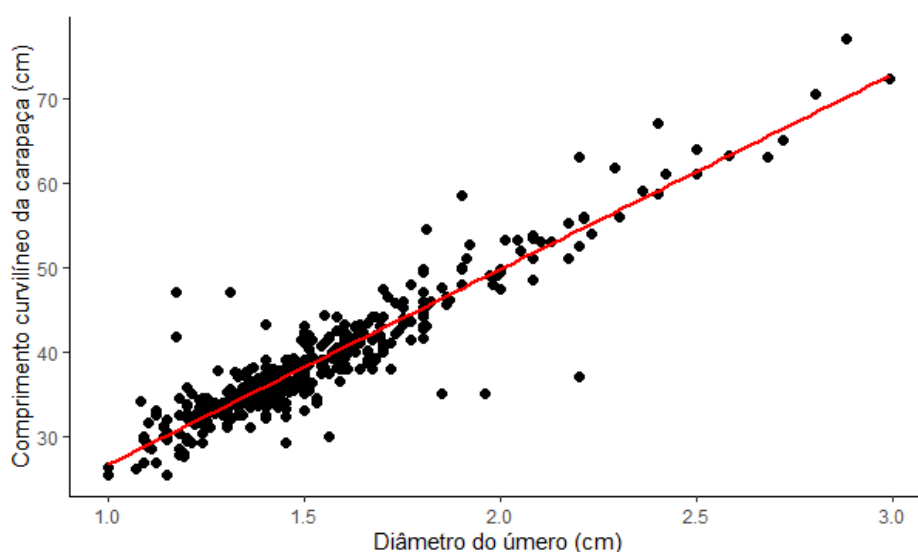


Figura 14. Relação entre CCC e diâmetro do úmero para tartarugas-verdes (*C. mydas*) do litoral do Estado de SP ($r^2=0,92$, $p>0,001$, $n=405$).

Através do software R (R Core Team 2014), dois modelos para estabelecer o retrocálculo foram testados. O modelo de melhor ajuste com base valor do critério de desvio, foi DIC = - 196.1 (Tabela 1). Na sequência da escolha do modelo, foi utilizada a “Hipótese de Proporcionalidade Corporal – BPH” e então calculado o retrocálculo do CCC estimado para cada camada de crescimento (LAG), isto é, para cada ano de vida. Como o número de espécimes amostrados nas classes de tamanho de CCC entre 30 a 39,9 cm e 40 a 49,9 cm foi grande, foram selecionados aleatoriamente 15 indivíduos por classe para estabelecer o retrocálculo. Devido ao baixo número amostral, foram

selecionadas todas as amostras com CCC < 29,9 e todas as amostras > 50 cm. Os valores de l_{op} e d_{op} foram obtidos através de um indivíduo natimorto proveniente do laboratório de ecologia e conservação da megafauna marinha na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Dados não publicados, ECOMEGA – FURG).

Tabela 1. Através da inferência Bayesiana foram testados dois modelos que relacionam o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) e o diâmetro do úmero (D). Em cada modelo, L corresponde ao CCC; l_{op} e d_{op} indicam respectivamente o CCC e o D de natimortos. Os parâmetros estimados são as médias posteriores; os valores entre parêntesis representam 95% de intervalo de confiança; DIC é o critério de desvio utilizado para seleção dos modelos. Menor valor de DIC indica melhor ajuste. b = coeficiente angular; c = coeficiente de proporcionalidade; σ = erro padrão dos resíduos.

Modelos	Parâmetros estimados			DIC
	b	c	σ	
$L = l_{op} + b (D - d_{op})^c$	2,96461 (2,809 – 3,119)	0,95667 (0,937 - 0,976)	0,07601 (0,070 – 0,081)	- 196.1
$L = l_{op} + b (D - d_{op})$	2.673 (2,462 – 2,694)	-	3.073 (2,835 – 3,094)	435.8

Para os indivíduos que retiveram o *annulus* (região central que marca o primeiro ano de vida) o diâmetro da primeira linha de crescimento variou entre 6,06 e 13,36 mm ($\bar{x} = 8,97 \pm 1,40$). A média obtida através do retrocálculo do CCC para o diâmetro da *annulus*, ou seja, para o tamanho estimado no primeiro ano de vida foi de 25,21 cm ($\pm 3,14$ cm).

O retrocálculo foi aplicado para um total de 85 indivíduos, totalizando 466 intervalos de crescimento. A taxa média ($\pm$ desvio) padrão de crescimento anual para todos os indivíduos foi 1,76 ($\pm 1,32$) cm ano⁻¹. Foram estabelecidas a taxa de crescimento anual por classes de 10 cm de tamanho (CCC) e a taxa de crescimento anual por idade estimada (Tabela 2 e Tabela 3)

Tabela As taxas de crescimento anuais apresentaram grande variação quando correlacionadas com o CCC ($r=0,01$, $p = 0,82$), contudo, o valor de p indica que esse valor não reflete um padrão biológico. Resultado diferente foi encontrado ao correlacionar a idade com a taxa de crescimento, na qual foi obtido uma correlação negativa ($r= -0,18$, $p<0,005$, Figura 2). Assim, as

tartarugas-verdes encalhadas no litoral do Estado de São Paulo possuem um crescimento acelerado nas idades iniciais com a tendência de declínio da taxa de crescimento ao longo dos anos.

Tabela 2. Taxa de crescimento média anual e amplitude por classe de tamanho através do retrocálculo do CCC a partir do diâmetro do úmero de 85 tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) encalhadas no litoral sul de SP. O n corresponde aos 466 intervalos de crescimento.

Classe de tamanho (CCC)	N	Taxa de crescimento média (cm ano ⁻¹)	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
20 - 29,9	65	1,56	0,86	0,57	3,81
30 - 39,9	58	1,90	1,16	0,09	8,94
40 - 49,9	76	2,04	1,70	0,03	8,94
50 - 59,9	156	1,61	1,27	0,11	6,91
60 - 69,9	88	1,65	1,29	0,03	7,93
70 - 79,9	23	2,44	1,52	0,45	6,93

CCC (cm) – comprimento curvilíneo da carapaça; n. amostral.

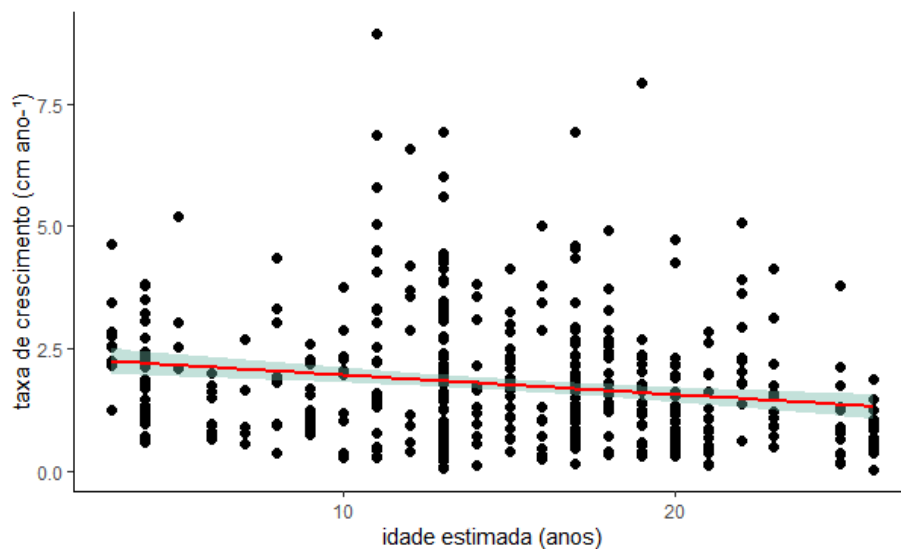


Figura 2. Correlação entre taxa de crescimento (cm ano⁻¹) e idade estimada obtida pelo retrocálculo dos CCC estimados a partir dos diâmetros das linhas de crescimento para *C. mydas* do litoral do Estado de São Paulo ($r = -0,18$, $p < 0,005$, $n = 466$).

Tabela 3. Taxas de crescimento e amplitude por idade provenientes do retrocálculo do CCC estimado a partir do diâmetro do úmero de 85 tartarugas-verdes encalhadas no litoral do estado de São Paulo. O n corresponde ao somatório dos intervalos de crescimento dos indivíduos que foram amostrados. O n total corresponde aos 466 intervalos de crescimento.

Idade estimada	n	Taxa de crescimento média (cm ano⁻¹)	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
3	10	2,7	0,9	1,3	4,6
4	33	1,8	0,9	0,6	3,8
*5	4	3,2	1,4	2,1	5,2
6	10	1,2	0,5	0,6	2,0
*7	6	1,1	0,9	0,6	2,7
8	11	2,0	1,2	0,4	4,4
9	19	1,3	0,5	0,7	2,6
10	10	1,8	1,1	0,3	3,7
11	25	2,8	2,2	0,3	8,9
12	9	2,7	2,1	0,4	6,6
13	55	2,8	1,6	0,1	6,9
14	13	1,7	1,2	0,1	3,8
15	27	1,8	0,9	0,4	4,1
16	12	1,7	1,6	0,3	5,0
17	54	1,8	1,3	0,2	6,9
18	25	2,0	1,1	0,3	4,9
19	25	1,6	1,5	0,3	7,9
20	39	1,2	1,0	0,3	4,7
21	23	1,1	0,7	0,1	2,8
*22	12	2,5	1,2	0,6	5,1
*23	14	1,5	1,0	0,5	4,1
*25	15	1,1	0,9	0,1	3,8
*26	16	0,8	0,5	0,0	1,9

* dados referentes a um indivíduo, o n se refere ao número de intervalo de crescimento deste indivíduo.

3.2 MODELO DE CRESCIMENTO

Foi aplicado o modelo de crescimento von Bertalanffy (VON BERTALANFFY, 1957) para a idade estimada e o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) para todo o conjunto de amostras (n = 404), a amplitude variou entre natimorto até indivíduos juvenis (CCC entre 4,93 a 77 cm; idade estimada entre 0 e 26 anos).

Na sequência, foram estabelecidas curvas de crescimento para fêmeas ($n=304$) e machos ($n=94$) de indivíduos juvenis da tartaruga-verde. Os valores dos parâmetros estimados, médias posteriores e intervalo de confiança estão descritos na Tabela 4. Este modelo de crescimento requer indivíduos de todas as classes de tamanho, incluindo indivíduos natimortos, juvenis e adultos. Contudo, no presente estudo as amostras estão restritas a indivíduos natimorto e juvenis, porém o modelo gerou ajuste satisfatório para o conjunto de dados disponíveis (Figura 3).

A curva de crescimento estabelecida para as fêmeas e machos demonstrou um crescimento similar entre os sexos até os 20 anos, conforme o observado na Figura 4.

Tabela 4. Modelo de crescimento *Von Bertalanffy* para o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) em cm e idade estimada da *C. mydas* do litoral sul de SP. Parâmetros estimados e médias posteriores. Dados totais ($n=404$), Fêmeas ($n=304$), Macho ($n=94$). Valores entre parentesis 95% de intervalo de confiança. L_0 = tamanho (CCC) do natimorto; k = taxa de crescimento intrínseco; Y_∞ = comprimento assintótico; σ = erro padrão dos resíduos. **DIC** = valor do critério de desvio.

Parâmetros	Dados Totais	Fêmea	Macho
L_0	11,931 (11,294 – 12,176)	11,788 (10,830 – 12,172)	6,644 (4,514 – 9,479)
k	0,105 (0,094 – 0,112)	0,106 (0,005 – 0,114)	0,110 (0,079 – 0,129)
Y_∞	55,544 (54,622 – 58,093)	55,531 (54,623 – 58,170)	57,693 (54,673 – 66,893)
σ	0,153 (0,143 – 0,165)	0,156 (0,144 – 0,169)	0,163 (0,141 – 0,189)
DIC	2584,5	1935,2	601,6

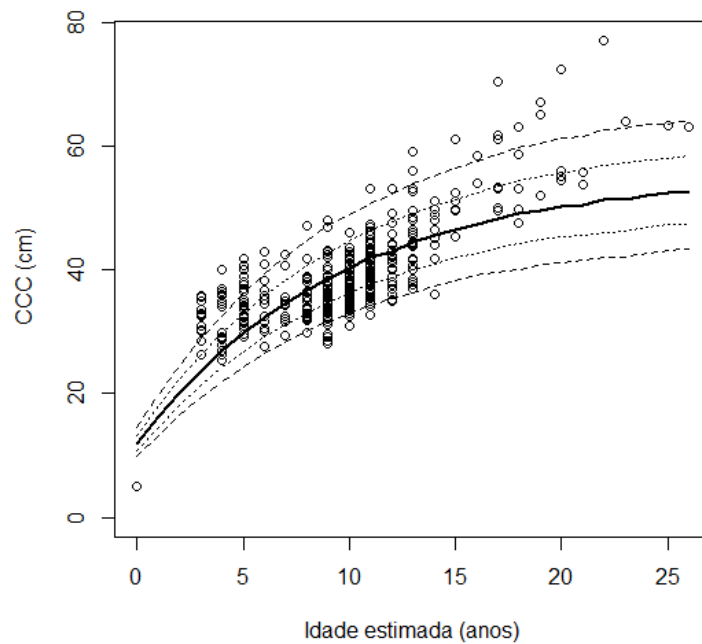


Figura 3. Através da inferência Bayesiana foi ajustado o modelo de crescimento von Bertalanffy para a idade estimada e comprimento curvilíneo de carapaças (CCC) de *C. mydas* provenientes do litoral do Estado de São Paulo. A linha preta sólida representa a curva gerada através do modelo Von Bertalanffy; as linhas tracejadas e pontilhadas representam o intervalo de probabilidade de 95% e 80% respectivamente.

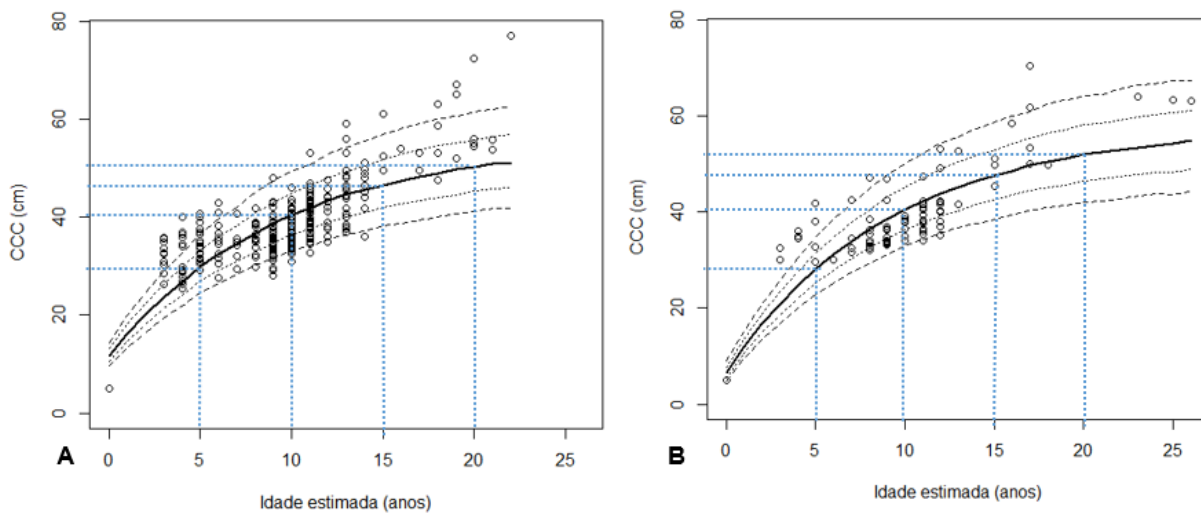


Figura 4. Através da inferência Bayesiana foi ajustado o modelo de crescimento von Bertalanffy para a idade estimada e comprimento curvilíneo de carapaças (CCC) de *C. mydas* provenientes do litoral do Estado de São Paulo. **A.** Fêmeas ($n = 304$) **B.** Machos ($n = 94$). A linha preta sólida representa a curva gerada através do modelo Von Bertalanffy; as linhas tracejadas e pontilhadas representam o intervalo de probabilidade de 95% e 80% respectivamente. As linhas azuis tracejadas indicam o crescimento nos intervalos de 5, 10, 15 e 20 anos.

4. DISCUSSÃO

A correlação entre o comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) e as medidas do úmero ($r > 0,9$; $p < 0,001$, material suplementar) confirmam a relação positiva entre o crescimento somático e o crescimento do úmero, o que gera confiabilidade para o retrocálculo do comprimento da carapaça a partir dos diâmetros das linhas de crescimento correspondentes. Nesse contexto é possível avaliar a idade das tartarugas-verde encontradas no litoral paulista com base no CCC.

Por meio do retrocálculo do CCC dos indivíduos que retinham o *annulus* (primeiro ano de vida) foi possível estimar que as tartarugas que encalham na região do litoral de São Paulo possuíam o CCC entre 22,07 e 28,35 cm ($\bar{X} = 25,21 \pm 3,14$ cm), demonstrando um crescimento acentuado neste período. Este resultado é semelhante aos valores estimados no litoral do estado do Espírito Santo ($19 \pm 3,0$ cm; BARRETO, 2017) e em particular, aos resultados estimados no estado do Rio Grande do Sul (estimado em $22,2 \pm 2,7$ cm; LENZ, 2017) sugerindo um potencial padrão para a costa sudeste e sul do Brasil.

Umas das lacunas existentes no que diz respeito ao ciclo de vida das tartarugas-verdes, denominado “anos perdidos”, se refere ao estágio de vida após o nascimento, na qual uma das hipóteses sugere que os indivíduos recém-nascidos se encaminham para o ambiente pelágico por tempo ainda pouco conhecido (BOLTEN, 2003). Podemos inferir neste estudo que a idade de recrutamento mínima das tartarugas-verdes para o ambiente nerítico no litoral do Estado de São Paulo pode ocorrer a partir dos 3 anos e o tamanho de recrutamento mínimo a partir dos 25,5 cm de CCC. Valor semelhante foi encontrado para o estado do Espírito Santo (26,1 cm; BARRETO, 2017) e um pouco maiores para as regiões dos estados do Paraná e Rio Grande do Sul (30 cm; ANDRADE, 2016; LENZ, 2017). De uma forma geral a idade de recrutamento encontrado para a costa do Oceano Atlântico Sul variou entre 2 e 9 anos (ANDRADE, 2016; LENZ, 2017; BARRETO, 2017; presente estudo) e para o Oceano Atlântico Norte (de 3 a 6 anos na Florida, ZUG, GLOR, 1998; de 1 a 7 anos na costa da Virgínia á Florida, GOSHE *et al.*, 2010;

e de 2 a 5 anos no Golfo do México, AVENS *et al.*, 2012). Entretanto, para o Arquipélago do Havaí no Oceano Pacífico, as idades obtidas sugerem que o recrutamento para o ambiente nerítico acontece entre os 6 e 9 anos, com um tamanho de carapaça (CCC) entre 35 e 37 cm (ZUG *et al.*, 2002). Esta diferença pode estar relacionada ao fato das tartarugas-verde encontradas no arquipélago do Havaí constituírem uma subpopulação geográfica geneticamente isolada (TERESA, 2021). Além disso, o Oceano Pacífico Norte, na região do Arquipélago do Havaí, possui menor amplitude de temperatura que são sempre mais elevadas (20°C a 28°C; GARRINSON, 2010) que as encontradas para o Oceano Atlântico Norte e Sul (0°C a 28°C; GARRINSON, 2010). Essa maior amplitude de temperatura ao longo de toda costa do Atlântico Norte e sul, bem como a disponibilidade de recursos, podem afetar diretamente no ciclo de vida das *C. mydas* e consequentemente o padrão de deposição de cálcio, responsável pela formação das linhas de crescimento.

A amplitude da taxa de crescimento anual obtida na costa do estado de São Paulo variou entre 0,44 e 3,08 cm ano⁻¹ ($\bar{x} = 1,76 \pm 1,32$, cm ano⁻¹, n = 466 LAGs) após a avaliação de 85 indivíduos. Resultado diferente foi encontrado no litoral do estado do Rio Grande do Sul ($\bar{x} = 3,7$ cm CRC ano⁻¹; LENZ, 2017), no entanto, é interessante observar que a faixa de tamanho (CCC) registrada por Lenz (2017) foi mais estreita (30 – 50 cm) que o presente estudo, além disso é observado uma grande variação individual nas taxas de crescimentos obtidas para os indivíduos do Rio Grande do Sul. Ainda na região Sul, no Litoral do estado do Paraná, a taxa de crescimento anual variou entre 1,4 – 3,4 cm ano⁻¹, resultado intermediário entre os obtidos no RS e em SP (presente estudo). De acordo com Avens (2013) a taxa de crescimento pode ser influenciada por características fisiológicas e biológicas do ambiente. Nesse caso, podemos sugerir que as taxas de crescimento registradas para as tartarugas-verdes ao sul do estado de São Paulo e estado do Paraná possuem similaridades e permitem inferir que estes animais podem estar sofrendo as mesmas influências alimentares e condições do ambiente ao longo de seus deslocamentos até serem amostradas, resultando em taxas de crescimento semelhantes.

Entre as taxas de crescimento classificadas por categorias de CCC (Tabela 2), a amplitude obtida entre a classe de 20 – 29,9 cm variou de 0,70 a 2,42 cm ano⁻¹. Apesar de também ter sido registradas para o Oceano Atlântico Sul, essa taxa média de crescimento foi inferior às amostras dos estados do Rio Grande do Sul e Espírito Santo (4,43 cm ano⁻¹, LENZ, 2017; 3,09 cm ano⁻¹; BARRETO, 2017 respectivamente). Seguindo para a classe de 30 a 39,9 cm, a taxa de crescimento teve a amplitude entre 0,74 e 3,06 cm ano⁻¹ resultado semelhante ao encontrado para o litoral do estado do Paraná, contudo, as análises foram fragmentadas em duas categorias (de 30 a 34,9 e de 35 a 40). As classes subsequentes apresentaram taxas de crescimento média semelhantes às demais regiões. Todavia, é observado não haver uma correspondência direta quanto aos dados em relação aos valores absolutos relacionados à taxa média de crescimento em conjunto com desvios elevados, o que demonstra maior variabilidade comparado ao que foi obtido para região do litoral do estado de São Paulo. Nesse sentido, os resultados alcançados por este estudo foram mais homogêneos, isto é, a taxa de crescimento média e o desvio padrão obtidos no litoral paulista para as categorias amostradas não demonstraram grandes variações como foi obtido para as demais regiões. Porém se direcionarmos para a amplitude obtida, as taxas de crescimento das *Chelonia mydas* do litoral de São Paulo se encaixam entre os valores encontrados para as demais regiões (Tabela 1., material suplementar).

Sabe-se que os indivíduos da região de estudo são provenientes de estoques genéticos de diferentes locais (PROIETTI *et al.* 2012; BONDIOLI, 2009), apesar disso, as taxas de crescimento não apresentaram grande variação e isto pode indicar que os indivíduos encaixados na região podem ter utilizado rotas em comum ao longo dos primeiros anos da vida até chegarem aos locais onde foram amostrados. Assim, aparentemente esses indivíduos saem de locais diferentes, porém convergem para os mesmos pontos nas mesmas épocas, refletindo em taxas de crescimento mais homogêneas para tartarugas-verdes que encaixaram na região.

Ao agrupar as taxas de crescimento de acordo com as idades estimadas é notório que existe uma baixa queda na taxa de crescimento, demonstrando

que existe um padrão biológico para a espécie, sendo possível observar um padrão de crescimento (Tabela 3; Figura 2) mais evidente que o observado nas diferenças entre classes de CCC. A análise de correlação demonstrou uma redução da taxa de crescimento com o aumento de idade ($r = -0,18$). É notável uma tendência de declínio das taxas de crescimento entre 3 e 10 anos, com um leve aumento entre 11 e 12 anos, seguindo para posterior declínio. Esses dados são semelhantes aos de Lenz e colaboradores (2017) no litoral do estado do Rio Grande do Sul que demonstraram um declínio da taxa de crescimento entre 2 e 9 anos, com um pequeno aumento entre 10 e 12 anos e posterior declínio da taxa. A esse conjunto de dados também podem ser incorporados os dados de Barreto, (2017) mesmo considerando que sua amostragem esteve restrita a indivíduos adultos. Esse é o mesmo padrão que já havia sido demonstrado para *C. mydas* no Oceano Atlântico Norte, com aumento da taxa do 3º ao 6º ano, relativa constância entre 7 e 11 anos e declínio a partir dessa idade (ZUG; GLOR, 1998; AVENS *et al.*, 2012). Entretanto, esse aparente padrão para o Oceano Atlântico ocidental parece não ser novidade visto ser compatível com o que é esperado durante o crescimento de répteis (HEPPEL, *et al.* 2003; SNOVER, 2002).

A curva de crescimento ajustada através do modelo von Bertalanffy foi obtida através dos dados totais ($n = 404$) de comprimento curvilíneo da carapaça (CCC) e idade estimada. Apesar de não possuímos indivíduos representantes de todas as classes, o resultado obtido sugere um ajuste satisfatório de acordo com o modelo proposto. Nesse sentido, para um melhor ajuste seria interessante a presença de indivíduos maiores que representassem a classe adulta, bem como, uma maior representatividade de natimortos, amostras inexistentes na região de estudo. A taxa de crescimento em cada sexo deve variar com a idade visto que as fêmeas tendem a crescer mais que os machos (LIMPUS, CHALOUPEK, 1997), contudo, os dados sugerem que o crescimento foi semelhante até os 20 anos de idade e assim como encontrado por Avens *et al.* (2012) não houve diferenças de crescimento entre os sexos. No entanto, devido à amplitude de tamanho dos animais amostrados em nosso estudo (até 79,9 cm), o possível dimorfismo só será detectado em animais adultos como obtido por Limpus e

Chaloupka (1997) na Austrália, o que sugere que a diferenciação deve ocorrer ou próximo ou a partir da fase adulta.

Portanto, os resultados encontrados neste capítulo trazem novas informações sobre a história de vida das *Chelonia mydas* encalhadas no litoral do estado de São Paulo, complementando as informações obtidas para a espécie na costa ocidental do Oceano Atlântico. Entretanto, se torna evidente a necessidade de maiores estudos das populações existentes em todo o litoral brasileiro, particularmente com vistas a amostragens de neonatos e adultos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. F., DOMIT, C., BROADHURST, M. K., TOLHURST, D. J., SILVA-SOUZA, A. T. Appropriate morphometrics for the first assessment of juvenile green turtle (*Chelonia mydas*) age and growth in the south-western Atlantic. **Marine Biology**. 163:254. 2016.

AVENS L.; GOSHE, L.R.; PAJUELO, M.; BJORNAL, K. A.; MACDONALD B.D.; LEMONS G.E.; BOLTEN A.B.; SEMINOFF J.A. Complementary skeletochronology and stable isotope analyses offer new insight into juvenile loggerhead sea turtle oceanic stage duration and growth dynamics. **Marine Ecology Progress Series**. V.491, p.235–251.2013.

AVENS L., GOSHE L.R., HARMS C.A., ANDERSON E.T., HALL A.G., CLUSE W.M., GODFREY M.H., BRAUN-MCNEILL J., STACY B., BAILEY R., LAMONT M.M. Population characteristics, age structure, and growth dynamics of neritic juvenile green turtles in the northeastern Gulf of Mexico. **Marine Ecology Progress** v: 458, p.213–229. 2012.

BARRETO, J. S., **Idade e crescimento da tartaruga verde, *Chelonia mydas*, no Atlântico Sul Ocidental**, 42f, Dissertação (Mestrado oceanografia ambiental) – Centro de Ciências humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Aracruz (ES), 2017, Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/9124>.

BJORNDAL, K.A., BOLTEN, A.B. Growth rates of immature green in Bahamas. **American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH)**. Copeia, v:3, n.3, p.555–564. 1988.

BJORNDAL, K. A., BOLTEN A. B., MARTINS H. R. Somatic growth model of juvenile loggerhead sea turtles *Caretta caretta*: duration of pelagic stage. **Marine Ecology Progress Series**. 202: 265-272. 2000.

BOLTEN A.B. **Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. oceanic developmental stages**. In Lutz P.L., Musick J.A. e Wyneken J. (eds.) The biology of sea turtles, v II. Boca Raton: CRC Press, pp. 243–258. 2003.

BONDIOLI, A.C.V. Análise da estruturação genética dos estoques populacionais de tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) da região de Cananéia, São Paulo, com base no DNA mitocondrial. Tese Doutorado – Instituto de biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Genética e Biologia Evolutiva. São Paulo, 2009.

COLES W.C., MUSICK J.A. E WILLIAMSON L.A. Skeletochronology validation from an adult loggerhead (*Caretta caretta*). American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH). **Copeia**, v:1, 240–242. 2001.

FRANCIS R. I. C. C. Back-calculation of fish length: a critical review. **J Fish Biol.** V.36. p. 883–902. 1990.

GARRINSON, T. **Fundamentos de oceanografia**. Cengage Learning. 2010.

GELMAN A, CARLIN JB, STERN HS, RUBIN DB. Bayesian data analysis, 2nd edn. Chapman & Hall, London. 2003.

GOSHE, L. R.; AVENS, L.; SCHARF S.F.; SOUTHWOOD A.L. Estimation of age maturation and growth of Atlantic green turtles (*Chelonia mydas*) using skeletochronology. **Marine Biology**, v:157, p.1725-1740, 2010.

HEPPELL S.S., SNOVER M.L. E CROWDER L.D. Sea turtle population ecology. In Lutz P.L., Musick J.A. e Wyneken J. (eds.) The biology of sea turtles. Boca Raton: CRC Press, p. 275–306, 2003.

KLINGER, R. C., MUSICK J. A. Annular growth layers in juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*). **Bulletin of Marine Science**. 51(2): 224-230. 1992.

KUBIS S., CHALOUPKA M., EHRHART L. E BRESETTE M. Growth rates of juvenile green turtles *Chelonia mydas* from three ecologically distinct foraging habitats along the east central coast of Florida, USA. **Marine Ecology Progress** v: 389, p.257–269. 2009.

LENZ, A. J., AVENS, L., BORGES-MARTINS, M. Age and growth of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the western South Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**. v.568. p.191-201. 2017.

LIMPUS, C.; CHALOUPKA, M. Nonparametric regression modelling of green sea turtle growth rates (southern Great Barrier Reef). **Marine ecology progress series**. v.149, p.23 – 34. 1997.

MARTYN PLUMMER. rjags: Bayesian Graphical Models using MCMC. R package. version 4-10. <https://CRAN.R-project.org/package=rjags>. 2019.

PETITET R., AVENS L., CASTILHOS, J.C., KINAS P.G., BUGONI L. Age and growth of olive ridley sea turtles *Lepidochelys olivacea* in the main Brazilian nesting ground. **Marine Ecology Progress Series** v:541, p.255–268. 2015.

PROIETTI M.C., REISSER J.W., KINAS P.G., KERR R., MONTEIRO D.S., MARINS L.F. E SECCHI E. R. Green turtle *Chelonia mydas* mixed stocks in the western South Atlantic, as revealed by mtDNA haplotypes and drifter trajectories. **Marine Ecology Progress** v: 447, p.195–209. 2012.

REICH K. J., BJORNDAL K. A., BOLTEN A. B. The ‘lost years’ of green turtles: using stable isotopes to study cryptic life – stages. **Biology Letter**. 3: 712–714. 2007.

SNOVER M.L. Growth and ontogeny of sea turtle using skeletochronology: methods, validation and application to conservation. PhD. Duke University. 2002.

SNOVER M.L., AVENS L. E HOHN A.A. Back-calculating length from skeletal growth marks in loggerhead sea turtles *Caretta caretta*. **Endangered Species Research** v.3, p.95–104. 2007.

SNOVER M.L., HOHN A.A., GOSHE L.R. E BALAZS G.H. Validation of annual skeletal marks in green sea turtles *Chelonia mydas* using tetracycline labeling. **Aquatic Biology** v.12, p.197–204. 2011.

SNOVER, M.L.; HOHN, A.A. Validation and interpretation of annual skeletal marks in loggerhead (*Caretta caretta*) and Kemp’s ridley (*Lepidochelys kempi*) sea turtles. **Fish Res.**v:102 p. 682–692. 2004.

SNOVER, M.L.; BALAZS, G.H.; MURAKAWA S.K.K.; HARGROVE, S.K.; RICE, M.R.; SEITZ, W.A. Age and growth rates of Hawaiian hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) using skeletochronology. **Marine biology**. DOI 10.1007/s00227-012-2058-7. 2012.

SPIEGELHALTER DJ, BEST NJ, CARLIN BP, VAN DER LINDE A. Bayesian measure of model complexity and fit. *J R Stat Soc B* 64: 583–639. 2002

TERESA, A. R. M. **Assessing temporal and spatial patterns in habitat use of green sea turtles (*Chelonia mydas*) in Pearl Harbor, Hawaii**. Dissertação de mestrado em Biologia da Conservação, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 2021.

THOMAS, A., O'HARA, B., LIGGES, U., AND STURTZ, S. Making BUGS Open. *R News* 6 (1), 12-17. 2006.

TOMASZEWICZ TURNER, C. N., SEMINOFF, J.A., AVENS, L.; GOSHE, L R., RGUEZ-BARON J. M.; PECKHAM S. H, KURLE C. M. Expanding the coastal forager paradigm: long-term pelagic habitat use by green turtles *Chelonia mydas* in the eastern Pacific Ocean. **Marine Ecology Progress Series**. Vol. 587,p. 217–234, 2018.

YU-SUNG SU AND MASANAO YAJIMA, R2jags: Using R to Run 'JAGS'. R package version 0.7-1. <https://CRAN.R-project.org/package=R2jags>.2021.

ZANDEN V.B.H.; BJORNAL A.K.; BOLTEN A.B. Temporal consistency and individual specialization in resource use by green turtles in successive life stages. **Behavioral ecology**. V.173:767–777.2013.

ZUG, G.R., BALAZS, G.H., WETHERALL, J.A., PARKER, D.M. E MURAKAWA, S.K.K. Age and growth of Hawaiian green sea turtles (*Chelonia mydas*): an analysis based on skeletochronology. **Fishery Bulletin** v.100, p.117–127. 2002.

ZUG, G.R., BALAZS, G.H., WETHERALL, J.A., Growth in Juvenile Loggerhead Seaturtles (*Caretta caretta*) in the North Pacific Pelagic Habitat. **American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH)**. Copeia, v.2, p.484-487.1995.

ZUG, G.R.; GLOR, E. R. Estimates of age and growth in a population of green sea turtles (*Chelonia mydas*) from the Indian River lagoon system, Florida: a skeletochronological analysis. Can. J. Zool./**Journal Canadians Zoologies** v: 76 p.1497-1506 , 1998.

ZUG, G.R.; WYNN, A.H.; RUCKDESCHE, C.A. Age determination of loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, by incremental growth marks in the skeleton. **Smithson Contributon Zoology**.v:427, p. 1–34. 1986.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela 1. Tabela comparativa das taxas de crescimento por classe de CCC/CRC. Tamanho de recrutamento do ambiente Pelágico para o Nerítico (cm) e idade estimada (anos). Todos os dados obtidos foram através da técnica de esqueletocronologia em *Chelonia mydas* e, populações do Oceano Atlântico e Arquipélago do Havaí no Oceano Pacífico.

	População	Referência	Tamanho mínimo de recrutamento (cm)		Idade de Recrutamento (anos)	Média da taxa de crescimento (cm ano ⁻¹) ± Desvio padrão por classe de tamanho (n = total taxa de crescimento)					
			CCC	CRC		20 -29,9	30 -39,9	40 -49,9	50 -59,9	60-69,9	70-79,9
Atlântico Sul	Brasil - ES	Barreto, 2016	26,1	-	2 a 6	3,8±1,99 (85)	3,53±2,21 (108)	2,62±1,43 (29)	2,15±0,8 3 (14)	1,65±0,5 (05)	-
	Brasil - SP	Presente estudo	25,5	24,4	3 a 9	1,56±0,86 (65)	1,9±1,16 (58)	2,04±1,7 (76)	1,61±1,27 (156)	1,65±1,2 8 (88)	2,44±1,5 2 (23)
	Brasil – PR	Andrade et al. 2016	30	-	2 a 4	-	*1,4 ±0,5	*2,2±0,4 3,5±1,0	*3,8±1,4	-	-
	Brasil – RS	Lenz et al.,2017	30	29	2 a 7	4,43 ± 2,22 (37)	3,93 ± 2,6 (84)	2,82 ± 1,7 (34)	3,03±1,8 (3)	-	-
Atlântico Norte	Golfo do México	Avens et al. 2012	-	18,1	2 a 5	CRC 3,1±1,4 (145)	CRC 3,5±1,3 (207)	CRC 4,0±1,0 (158)	CRC 3,7±1,3 (89)	CRC 3,2±1,3 (30)	CRC 2,6±1,6 (8)
	Flórida Inshore	Zug; Glor 1998	-	28	3 a 6	CRC 3,1 ± 1,4 (23)	CRC 4,4±2,5 (70)	CRC 4,8±2,1 (68)	CRC 5,3±1,9 (40)	CRC 4,0±2,3 (11)	CRC 13,4 (1)
	Costa leste EUA (Virgínia – Florida)	Goshe et al. 2010	-	19	1 a 7	CRC 3,3 ± 2,22 (118)	CRC 2,1±2,05 (93)	CRC 2,5±2,27 (54)	CRC 2,7±2,19 (34)	CRC 3,3±2,63 (16)	CRC 2,4±2,19 (21)
	Arquipélago Havaí	Zug et al.2002	-	35	6 a 9 / 4 a 10*	CRC 4,4 ±2,2 (9)	CRC 3,5 ±2,7 (37)	CRC 2,1 ±1,2 (67)	CRC 2,3 ±1 (21)	CRC 2,2 ±0,9 (62)	CRC 2,1 ±1 (21)

*avaliado em duas classes de tamanho (30 – 35/ 40 – 44,9/ 45 – 49,9/ 50 – 54,9)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo, através de um banco de dados robusto, fornece um panorama geral da estimativa de idade e taxa de crescimento das *Chelonia mydas* encalhadas no litoral do Estado de São Paulo. Nesse contexto, ofereceu uma conexão entre os dados obtidos no Sudeste e Sul da costa brasileira, contribuindo para preencher uma parte da lacuna de conhecimento sobre os parâmetros etários das tartarugas-verdes que encalham no Atlântico Sul. Soma-se a essa avaliação os dados do Oceano Atlântico Norte que nos permite propor um padrão muito uniforme para toda a costa do Oceano Atlântico ocidental.

As informações obtidas neste conjunto de dados sugerem que as taxas de crescimento de *Chelonia mydas* podem sofrer influências de acordo com o percurso ao longo da vida.

REFERÊNCIAS DA DISSERTAÇÃO

ALMEIDA, A.P.; SANTOS, A.J.B.; THOME, J.C.; BELLINI, C.; BAPTISTOTTE, C.; MARCOVALDI, M.A.; SANTOS, A.S.; MENDILAHARSU, M.L.. *Chelonia mydas*. In: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (Org.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Répteis. Brasília: ICMBio. p. 26-30, 2018.

ANDRADE, M. F., DOMIT, C., BROADHURST, M. K., TOLHURST, D. J., SILVA-SOUZA, A. T. Appropriate morphometrics for the first assessment of juvenile green turtle (*Chelonia mydas*) age and growth in the south-western Atlantic. **Marine Biology**. 163:254. 2016.

AWABDI, D.R. As tartarugas marinhas e a pesca no estado do rio de janeiro: uma abordagem etnográfica para conservação das espécies. Tese (doutorado Ecologia e Recursos Naturais). Setor de Biociências e Biotecnologia - Universidade Estadual do Norte Fluminense. Campos dos Goytacazes. Rio de Janeiro, 2019.

AVENS L. E GOSHE L.R. Comparative skeletochronological analysis of Kemp's ridley (*Lepidochelys kempii*) and loggerhead (*Caretta caretta*) humeri and scleral ossicles. **Marine Biology** v.6, p.1309–1317. 2007.

AVENS L., GOSHE L.R., HARMS C.A., ANDERSON E.T., HALL A.G., CLUSE W.M., GODFREY M.H., BRAUN-MCNEILL J., STACY B., BAILEY R., LAMONT M.M. Population characteristics, age structure, and growth dynamics of neritic juvenile green turtles in the northeastern Gulf of Mexico. **Marine Ecology Progress** v: 458, p.213–229. 2012.

AVENS L.; GOSHE, L.R.; PAJUELO, M.; BJORNAL, K. A.; MACDONALD B.D.; LEMONS G.E.; BOLTEN A.B.; SEMINOFF J.A. Complementary skeletochronology and stable isotope analyses offer new insight into juvenile loggerhead sea turtle oceanic stage duration and growth dynamics. **Marine Ecology Progress Series**. V.491, p.235–251.2013.

BARRETO, A. Gerenciamento e Execução do Projeto de Monitoramento de Praias da Bacia de Santos – **Relatório Técnico Anual**. 350p. 2019.

BARRETO, J. S., **Idade e crescimento da tartaruga verde, *Chelonia mydas*, no Atlântico Sul Ocidental**, 42f, Dissertação (Mestrado oceanografia ambiental) – Centro de Ciências humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Aracruz (ES), 2017, Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/handle/10/9124>.

BJORNDAL, K.A., BOLTEN, A.B. Growth rates of immature green in Bahamas. **American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH)**. *Copeia*, v:3, n.3, p.555–564. 1988.

BJORNDAL, K. A., BOLTEN A. B., MARTINS H. R. Somatic growth model of juvenile loggerhead sea turtles *Caretta caretta*: duration of pelagic stage. **Marine Ecology Progress Series**. 202: 265-272. 2000.

BOLTEN A.B. **Variation in sea turtle life history patterns: neritic vs. oceanic developmental stages**. In Lutz P.L., Musick J.A. e Wyneken J. (eds.) *The biology of sea turtles*, v II. Boca Raton: CRC Press, pp. 243–258. 2003.

BONDIOLI, A.C.V. Análise da estruturação genética dos estoques populacionais de tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) da região de Cananéia, São Paulo, com base no DNA mitocondrial. Tese Doutorado – Instituto de biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Genética e Biologia Evolutiva. São Paulo, 2009.

BUGONI L., KRAUSE L. E PETRY M.V. Diet of sea turtles in southern Brazil. **Chelonian Conservation and Biology** v: 4, p.685–688. 2003.

CHALOUPKA M.Y. E MUSICK J.A. Age, growth, and population dynamics. In Lutz P.L. e Musick J.A. (eds.) *The biology of sea turtles*. Boca Raton: CRC Press, 1997, p. 233–276.

COLES W.C., MUSICK J.A. E WILLIAMSON L.A. (2001) Skeletochronology validation from an adult loggerhead (*Caretta caretta*). **Copeia**, v:1, 240–242. 2001.

CUNHA-LIGNON, M., MENGHINI, R. P., SANTOS, L. C. M., NIEMEYER-DINÓLA, C. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Estudos de Caso nos Manguezais do Estado de São Paulo (Brasil): Aplicação de Ferramentas com Diferentes Escalas Espaço-Temporais. **Revista Gestão Costeira Integrada**. 9, p.79–91. 2009.

FIEDLER F.N.; SALES G., GIFFONI B., MONTEIRO-FILHO E.L.A., SECCHI.E.R., BUGONI L. Driftnet fishery threats sea turtles in the Atlantic Ocean. **Biodiversity Conservation**.v:20, 2012.

FRANCIS R. I. C. C. Back-calculation of fish length: a critical review. **J Fish Biol.** V.36. p. 883–902. 1990.

GUEBERT-BARTHOLO F.M., BARLETTA M., COSTA M.F., MONTEIRO-FILHO E.L.A.. Using gut contents to assess foraging patterns of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the Paranaguá Estuary, Brazil. **Endangered Species Research.** v:13, p.131–143, 2011.

GARRINSON, T. **Fundamentos de oceanografia.** Cengage Learning. 2010.

GELMAN A, CARLIN JB, STERN HS, RUBIN DB. Bayesian data analysis, 2nd edn. Chapman & Hall, London. 2003.

GOSHE, L. R.; AVENS, L.; SCHARF S.F.; SOUTHWOOD A.L. Estimation of age maturation and growth of Atlantic green turtles (*Chelonia mydas*) using skeletochronology. **Marine Biology**, v:157, p.1725-1740, 2010.

GOSHE L. R., SNOVER M. L., HOHN A. A., BALAZS G. H.. Validation of back-calculated body lengths and timing of growth mark deposition in Hawaiian green sea turtles. **Ecol Evol.** 6: 3208–3215. 2016.

HEPPELL S.S., SNOVER M.L. E CROWDER L.D. Sea turtle population ecology. In Lutz P.L., Musick J.A. e Wyneken J. (eds.) The biology of sea turtles. Boca Raton: CRC Press, p. 275–306, 2003.

HIRTH H.F. Synopsis of the biological data on the green turtle *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758). **U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report** v: 97, p. 120, 1997.

IUCN (2020) IUCN Red List of Threatened Species. *Chelonia mydas*. Disponível em: www.iucnredlist.org. Acesso em: 22 maio 2020.

JORDÃO, J.C.; BONDOLI A.C.V.; GUEBERT, F.M.; THOISY, B. Green turtle (*Chelonia mydas*) genetic diversity at Paranaguá Estuarine Complex feeding grounds in Brazil. **Genetics and Molecular Biology**, v:3, p.346-352. 2015.

KLINGER, R. C., MUSICK J. A. Annular growth layers in juvenile loggerhead turtles (*Caretta caretta*). **Bulletin of Marine Science.** 51(2): 224-230. 1992.

KUBIS S., CHALOUPKA M., EHRHART L. E BRESETTE M. Growth rates of juvenile green turtles *Chelonia mydas* from three ecologically distinct foraging habitats along the east central coast of Florida, USA. **Marine Ecology Progress** v: 389, p.257–269. 2009.

LENZ, A. J., AVENS, L., BORGES-MARTINS, M. Age and growth of juvenile green turtles *Chelonia mydas* in the western South Atlantic Ocean. **Marine Ecology Progress Series**. 568: 191-201. 2017.

LIMPUS, C.; CHALOUPKA, M. Nonparametric regression modelling of green sea turtle growth rates (southern Great Barrier Reef). **Marine ecology progress series**. v.149, p.23 – 34. 1997.

LÓPEZ-BARRERA E.A, LONGO G.O, MONTEIRO-FILHO E.L.A.. Incidental capture of green turtle (*Chelonia mydas*) in gillnets of small-scale fisheries in the Paranaguá Bay, Southern Brazil. **Ocean & Coastal Management**. v:60, p.11-18, 2012.

MARTYN PLUMMER. rjags: Bayesian Graphical Models using MCMC. R package. version 4-10. <https://CRAN.R-project.org/package=rjags>. 2019.

MARCOVALDI, M.A.; THOME, J.C.A. Reducing Threats to Turtles. **Marine Turtle Specialist Group Publication**.v:4, p.165-168. 1999.

MÁRQUEZ, R.M. **Sea turtles of the world: an annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date**. FAO Fisheries Synopsis.p.26-29, 1990.

MONTEIRO, D.S. Encalhes e interação de tartarugas marinhas com a pesca no litoral do Rio Grande do Sul.63f. Monografia de graduação (Biologia) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande,2004.

MUSICK, J.A. AND C.J. LIMPUS. Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. *in* P.L. Lutz and J.A. Musick, Editors, **The Biology of Sea Turtles**, CRC Press, Boca Raton, Fl, USA. p.137-163. 1997

NAGAOKA, S,M;MARTINS,A.S.;SANTOS R.G.; TOGNELLA M.M.P.;FILHO, E.C.O.;SEMINOFF, J.A. Diet of juvenile green turtles (*Chelonia mydas*) associating with artisanal fishing traps in a subtropical estuary in Brazil. **Marine Biology** 159:573–581, 2012.

NARO-MACIEL, E.; BECKER, J.H.; LIMA, E.H.S.M.; MARCOVALDI, M.A.; DESALLE, R. Testing Dispersal Hypotheses in Foraging Green Sea Turtles (*Chelonia mydas*) of Brazil. **Journal of Heredity**. v: 98.p.29–39.2006.

PARHAM, J.F. AND G.R. ZUG. Age and growth of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) of coastal Georgia: An assessment of skeletochronological age-estimates. **Bulletin of Marine Science** v.61, p.287-304. 1997.

PETITET R., AVENS L., CASTILHOS, J.C.,KINAS P.G.,BUGONI L. Age and growth of olive ridley sea turtles *Lepidochelys olivacea* in the main Brazilian nesting ground. **Marine Ecology Progress Series** v:541, p.255–268. 2015.

PETITET R., SECCHI E.R., AVENS L. E KINAS P.G. Age and growth of loggerhead sea turtles in southern Brazil. **Marine Ecology Progress Series** 456, 255–268. 2012.

PROIETTI M.C.;RUIZ P.L.;REISSER J.W.;PINTO L.S.;DELLAGOSTIN O.A.; MARINS L.F.; Green turtles (*Chelonia mydas*) foraging at Arvoredo Island in Southern Brazil: Genetic characterization and mixed stock analysis through mtDNA control region haplotypes. **Genetics and Molecular Biology** v.32, p.613-618.2009.

PROIETTI M.C., REISSER J.W., KINAS P.G., KERR R., MONTEIRO D.S., MARINS L.F. E SECCHI E. R. Green turtle *Chelonia mydas* mixed stocks in the western South Atlantic, as revealed by mtDNA haplotypes and drifter trajectories. **Marine Ecology Progress** v: 447, p.195–209. 2012.

REICH K. J., BJORNDAL K. A., BOLTEN A. B. The ‘lost years’ of green turtles: using stable isotopes to study cryptic life – stages. **Biology Letter**. 3: 712–714. 2007.

RUXTON, G. D., SPEED, M. P. & KELLY, D. J. What, if anything, is the adaptive function of countershading? **Animal Behavior**: 68, p.445–451. 2004.

SANTOS, R. G., MARTINS, A. S., BATISTA, M. B., HORTA, P. A. Regional and local factors determining green turtle *Chelonia mydas* foraging relationships with the environment. **Marine Ecology Progress Series** v.529 p.265–277. 2015.

SNOVER M.L. Growth and ontogeny of sea turtle using skeletochronology: methods, validation and application to conservation. PhD. Duke University.2002.

SNOVER, M.L.; HOHN, A.A. Validation and interpretation of annual skeletal marks in loggerhead (*Caretta caretta*) and Kemp's ridley (*Lepidochelys kempii*) sea turtles. *Fish Res.* v.102 p. 682–692. 2004.

SNOVER M.L., AVENS L. E HOHN A.A. Back-calculating length from skeletal growth marks in loggerhead sea turtles *Caretta caretta*. *Endangered Species Research* v.3, p.95–104. 2007.

SNOVER M.L., HOHN A.A., GOSHE L.R. E BALAZS G.H. Validation of annual skeletal marks in green sea turtles *Chelonia mydas* using tetracycline labeling. ***Aquatic Biology*** v.12, p.197–204. 2011.

SNOVER, M.L.; BALAZS, G.H.; MURAKAWA S.K.K.; HARGROVE, S.K.; RICE, M.R.; SEITZ, W.A. Age and growth rates of Hawaiian hawksbill turtles (*Eretmochelys imbricata*) using skeletochronology. ***Marine biology***. DOI 10.1007/s00227-012-2058-7. 2012.

SPIEGELHALTER DJ, BEST NJ, CARLIN BP, VAN DER LINDE A. Bayesian measure of model complexity and fit. *J R Stat Soc B* 64: 583–639. 2002

TERESA, A. R. M. **Assessing temporal and spatial patterns in habitat use of green sea turtles (*Chelonia mydas*) in Pearl Harbor, Hawaii**. Dissertação de mestrado em Biologia da Conservação, Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências, 2021.

THOMAS, A., O'HARA, B., LIGGES, U., AND STURTZ, S. Making BUGS Open. *R News* 6 (1), 12-17. 2006.

TOMASZEWICZ TURNER, C. N., SEMINOFF, J.A., AVENS, L.; GOSHE, L R., RGUEZ-BARON J. M.; PECKHAM S. H, KURLE C. M. Expanding the coastal forager paradigm: long-term pelagic habitat use by green turtles *Chelonia mydas* in the eastern Pacific Ocean. ***Marine Ecology Progress Series***. Vol. 587,p. 217–234, 2018.

WYNEKEN J, PH D. **La Anatomía de Las Tortugas Marinas. National Oceanic and Atmospheric Administration**; p.172. 2004.

YU-SUNG SU AND MASANAO YAJIMA, R2jags: Using R to Run 'JAGS'. R package version 0.7-1. <https://CRAN.R-project.org/package=R2jags>.2021.

ZANDEN V.B.H.; BJORNAL A.K.; BOLTEN A.B. Temporal consistency and individual specialization in resource use by green turtles in successive life stages. **Behavioral ecology**. V.173:767–777.2013.

ZUG, G.R., BALAZS, G.H., WETHERALL, J.A., Growth in Juvenile Loggerhead Seaturtles (*Caretta caretta*) in the North Pacific Pelagic Habitat. **American Society of Ichthyologists and Herpetologists (ASIH)**. Copeia, v.2, p.484-487.1995.

ZUG, G.R., BALAZS, G.H., WETHERALL, J.A., PARKER, D.M. E MURAKAWA, S.K.K. Age and growth of Hawaiian green sea turtles (*Chelonia mydas*): an analysis based on skeletochronology. **Fishery Bulletin** v.100, p.117–127. 2002.

ZUG, G.R.; CHALOUPKA; BALAZS G.H. Age and growth in olive ridley seaturtles (*Lepidochelys olivacea*) from the North-central Pacific: a skeletochronological analysis. **Marine Ecology** v. 27, p. 263–270. 2006.

ZUG, G.R.; GLOR, E. R. Estimates of age and growth in a population of green sea turtles (*Chelonia mydas*) from the Indian River lagoon system, Florida: a skeletochronological analysis. Can. J. Zool./**Journal Canadians Zoologies** v: 76 p.1497-1506 , 1998.

ZUG,G.R.;KALB H.J.;LUZAR. Age and growth in wild kemp's ridley seaturtles *Lepidochelys kempii* from skeletochronological data. **Biological Conservation** v.80, p.261-268.1997.

ZUG, G.R.; WYNN, A.H.; RUCKDESCHE, C.A. Age determination of loggerhead sea turtle, *Caretta caretta*, by incremental growth marks in the skeleton. **Smithson Contribuiton Zoology**.v:427, p. 1–34. 1986.