

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LAURIANE DE RAMOS MORAIS

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AS TARTARUGAS MARINHAS NO BRASIL: COMO O
AUMENTO DA TEMPERATURA GLOBAL ESTÁ AFETANDO A SEXUALIDADE E
REPRODUÇÃO

PONTA GROSSA
2024

LAURIANE DE RAMOS MORAIS

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E AS TARTARUGAS MARINHAS NO BRASIL: COMO O
AUMENTO DA TEMPERATURA GLOBAL ESTÁ AFETANDO A SEXUALIDADE E
REPRODUÇÃO

Trabalho de conclusão de Curso de
Licenciatura em Ciências Biológicas da
Universidade Estadual de Ponta Grossa
para obtenção de diploma.

Orientadora: Profa. Dra. Caroline
Regina Dias Machado

PONTA GROSSA

2024

“As tartarugas marinhas são um elo entre o passado
e o futuro, nadando pelas águas da história
carregando o equilíbrio dos oceanos em seus cascos.”

-Dr. Archie Carr

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois foi por meio dele e da minha fé que consegui alcançar esta etapa final da minha graduação.

Agradeço grandemente à minha professora orientadora, a Dra. Caroline Regina Dias Machado, por ter aceitado me orientar nesta jornada e por ter sido uma mentora excepcional. Sua paciência e dedicação ao me ensinar fizeram toda a diferença, eu não poderia ter escolhido alguém melhor para me orientar.

Agradeço profundamente aos meus pais, Marcos Roberto Moraes e Linei T. de Ramos Moraes, que, mesmo vindo de uma origem humilde e sem conhecerem plenamente o valor de uma graduação, sempre acreditaram em mim e me apoiaram. Foi graças ao amor e dedicação de ambos que consegui trilhar esse caminho. Em especial, agradeço ao meu pai, que, dia após dia, acordava antes do sol nascer para trabalhar e só retornava à noite. Com seu esforço e sacrifício, ele me proporcionou a oportunidade de estudar em outra cidade, garantindo meu sustento e a realização deste sonho. Tenho imenso orgulho de tudo que conquistei, e devo isso a vocês.

Agradeço também ao meu irmão, que, como irmão mais velho, me mostrou a importância de cursar uma faculdade e sempre me incentivou a seguir esse caminho. Ele esteve ao meu lado em todos os momentos, oferecendo ajuda e apoio sempre que precisei. Sua orientação e presença foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Agradeço ao meu noivo, que desde o início esteve ao meu lado, apoiando todas as minhas decisões importantes ao longo da graduação. Ele me ajudou a estudar para as provas, ouviu pacientemente minhas apresentações de trabalhos e aulas, e sempre me lembrou da importância de cada etapa, mesmo nas fases mais desafiadoras e expressou o quanto se orgulha de mim.

Agradeço às minhas tias, Loide e Leonir, pelo cuidado e pela ajuda que sempre me ofereceram ao longo dessa jornada.

Gostaria de agradecer à minha amiga de graduação, Manuelli Cristina de Lima, por estar sempre ao meu lado. Juntas, nos apoiamos em todos os momentos,

superando desafios que, sozinha, eu talvez não tenha conseguido enfrentar. Só ela entende o quanto sua companhia e apoio foram essenciais, especialmente porque compartilhamos a experiência de estarmos longe de nossas famílias.

Por fim, quero agradecer a algumas pessoas que talvez nem saibam o quanto me ajudaram nessa caminhada. Agradeço às minhas tias, Luciane Moraes e Maria Luiza Moraes, pelo incentivo e por me auxiliarem sempre que tive dúvidas. Ao Júlio Ristow, por me fornecer a oportunidade de trabalhar em seu restaurante nos finais de semana, o que foi essencial para que eu pudesse me sustentar longe da casa dos meus pais. E um obrigada especial aos motoristas do aplicativo de carona, que nos finais de semana, me levaram e trouxeram de volta para casa, tornando tudo mais fácil.

RESUMO

O aumento das temperaturas globais, impulsionado pelas mudanças climáticas, têm causado grandes impactos sobre a biodiversidade, incluindo as tartarugas marinhas. Essas espécies, que há milhões de anos sobreviveram a mudanças ambientais drásticas, estão agora ameaçadas pelo aquecimento global. O presente trabalho tem como objetivo analisar os efeitos das mudanças climáticas nas paisagens de tartarugas marinhas do litoral brasileiro, com foco na reprodução e na determinação sexual dos embriões. Através de uma revisão de literatura, foram avaliados estudos que demonstram como o aumento das temperaturas nas áreas de nidificação afeta o desenvolvimento embrionário, levando à feminização da população devido à temperatura de incubação, que determina o sexo dos filhotes. A feminização pode ser preocupante, uma vez que pode resultar em desequilíbrios na proporção de machos e fêmeas, comprometendo o futuro reprodutivo dessas espécies. Além disso, temperaturas extremas elevam as taxas de mortalidade embrionária, reduzindo o número de filhotes que emergem dos ninhos. Embora as tartarugas demonstrem certa plasticidade fenotípica, como a migração para locais de nidificação mais frios, a rápida taxa de aquecimento global pode superar a capacidade adaptativa dessa população. O trabalho também discute estratégias de conservação, como a realocação de ninhos e o monitoramento contínuo das áreas de desova, que são essenciais para mitigar os impactos das mudanças climáticas e garantir a preservação das tartarugas marinhas no litoral brasileiro.

Palavras-chave: Tartarugas marinhas; mudanças climáticas; reprodução; determinação sexual; conservação.

ABSTRACT

The rise in global temperatures, driven by climate change, has significantly impacted biodiversity, including sea turtles. These species, which have survived drastic environmental changes for millions of years, are now threatened by global warming. The present study aims to analyze the effects of climate change on sea turtles' habitats along the Brazilian coastline, focusing on reproduction and the determination of sex in embryos. Through a literature review, studies were evaluated that showed how rising temperatures in nesting areas impact embryo development, leading to population feminization due to incubation temperatures, which determine the sex of the offspring. Feminization may be concerning, as it can result in imbalances in the male-to-female ratio, compromising the reproductive future of these species. Therefore, extreme temperatures increase embryo mortality rates, reducing the number of offspring emerging from the nests. Although sea turtles exhibit some phenotypic plasticity, such as migration to cooler nesting sites, the rapid rate of global warming may surpass the adaptive capacity of this population. This study also discusses conservation strategies, such as nest relocation and continuous monitoring of nesting areas, which are essential to mitigate the impacts of climate change and ensure the preservation of sea turtles along the Brazilian coastline.

Key-words: Sea turtles; climate change; reproduction; sexual determination; conservation.

1. Introdução

O planeta Terra tem enfrentado um aumento significativo na temperatura global, resultado tanto de processos naturais quanto antrópicos, gerando um aquecimento global considerado irreversível (MARTINS, 2016). Esse fenômeno afeta o clima, a água, o solo e todos os níveis tróficos da biota terrestre (POUNDS et al., 2007). As tartarugas marinhas, animais que existem há cerca de 150 milhões de anos e sobreviveram a mudanças ambientais drásticas, estão agora em risco devido ao aumento das temperaturas globais (SANTOS et al., 2011).

Desde os tempos pré-históricos, as civilizações adaptaram o ambiente para atender às necessidades humanas (SANTOS et al., 2011). Com a evolução da sociedade, a busca por recursos naturais intensificou-se, especialmente durante a Revolução Industrial, quando a demanda por materiais aumentou significativamente (MOREIRA, 2022). Desde então, as concentrações de gases como dióxido de carbono, metano e óxido nitroso aumentaram consideravelmente, resultando em alterações climáticas com sérias consequências para o planeta e suas formas de vida, incluindo as tartarugas marinhas (BETTIOL, 2017). O aumento das temperaturas e mudanças nas correntes oceânicas impactam a migração, alimentação e desova das tartarugas, comprometendo sua sobrevivência (POLLOCK et al., 2017).

Além disso, a acidificação dos oceanos, resultante do aumento do CO₂ (gás carbônico), afeta as fontes de alimento das tartarugas, como corais e moluscos (FABRY et al., 2008). Temperaturas elevadas também afetam a fisiologia das tartarugas, aumentando as taxas metabólicas e comprometendo os ciclos reprodutivos, especialmente das fêmeas, que enfrentam riscos maiores durante a nidificação (HAYS et al., 2017; WIBBELS, 2003). Estudos indicam que o aumento da temperatura influencia a determinação sexual das tartarugas marinhas, resultando em um maior número de fêmeas (DELORENZO et al., 2017; LALOË et al., 2017). Um aumento previsto de 1°C a 4°C pode gerar ninhadas exclusivamente femininas, ameaçando a reprodução dessas espécies a longo prazo (DELORENZO et al., 2017; LALOË et al., 2017).

Esses répteis desempenham um importante papel nos ecossistemas marinhos, como na manutenção da saúde dos recifes de corais e no equilíbrio das

cadeias alimentares (MEYLAN; MEYLAN, 1999; BOUCHARD; BJORNDAL, 2000). O aumento das temperaturas influencia diretamente a determinação do sexo das tartarugas, que é condicionada pela temperatura de incubação dos ovos (JANZEN, 1994; HAWKES et al., 2007). Um aumento contínuo na temperatura pode resultar em um desequilíbrio na proporção de sexos, ameaçando a sobrevivência dessas populações a longo prazo (JANZEN, 1994; HAWKES et al., 2007). Além disso, o aquecimento global pode afetar negativamente os habitats de nidificação, reduzindo a qualidade das praias e a sobrevivência dos filhotes (FISH et al., 2005; FUENTES et al., 2010).

As tartarugas marinhas são espécies migratórias com um ciclo de vida complexo, utilizando grandes áreas geográficas e múltiplos habitats ao longo de suas vidas (MÁRQUEZ, 1990). O acasalamento ocorre principalmente em águas marinhas profundas ou costeiras, perto das áreas de desova (TAMAR, 2011). A filopatria natal é um comportamento, onde as fêmeas retornam para desovar nas praias onde nasceram, guiadas por características físico-químicas e o campo magnético da Terra (GODINHO et al., 2022). A sobrevivência dos filhotes até a fase adulta é baixa devido à ausência de cuidado parental e aos desafios que enfrentam no oceano (DUARTE et al., 2011). No Brasil, existem cinco espécies de tartarugas marinhas: *Lepidochelys olivacea* (tartaruga oliva), *Chelonia mydas* (tartaruga verde), *Caretta caretta* (tartaruga cabeçuda), *Eretmochelys imbricata* (tartaruga-de-pente) e *Dermochelys coriacea* (tartaruga de couro) (GOMES et al., 2006; MARTINS; MOLINA, 2008; TAMAR, 2011).

As tartarugas marinhas que ocorrem no Brasil possuem diferentes distribuições e hábitos reprodutivos e todas se encontram ameaçadas em diferentes níveis (IUCN, 2024). *Lepidochelys olivacea*, é encontrada principalmente entre Alagoas e Bahia, com maior densidade de desovas em Sergipe (Figura 1a) (KALB, 1999; CASTILHOS et al., 2020). *Chelonia mydas*, desova nas ilhas oceânicas como Fernando de Noronha e Ilha da Trindade, de dezembro a junho (Figura 1b) (ALMEIDA, 2011). *Caretta caretta*, apresenta áreas de desova no norte da Bahia, Espírito Santo e Sergipe, entre agosto e fevereiro, com pico entre outubro e dezembro (Figura 1c) (SANTOS, 2011). *Eretmochelys imbricata*, se reproduz principalmente no litoral norte da Bahia e Sergipe (Figura 1d) (MARCOVALDI, 2011). Por fim, *Dermochelys coriacea*, tem área de desova somente no estado do Espírito

Santo com algumas desovas acidentais em outros estados do país (Figura 1e) (ALMEIDA, 2011).

Tartarugas marinhas são ectotérmicas, utilizando fontes externas para regular a temperatura corporal (GODINHO, 2022). A temperatura é um fator importante na determinação sexual, com temperaturas de incubação acima de 29°C resultando predominantemente em fêmeas (TAMAR, 2015). Durante o segundo terço do período de incubação dos ovos (entre o vigésimo e quadragésimo dia), a temperatura age de forma irreversível na determinação do sexo dos embriões (WIBBELS, 2003). Esse período é conhecido como o período sensível ou período termo-sensível (PTS) onde a temperatura influencia a expressão de genes específicos, como o gene *Dmrt1* nos machos, que direciona o desenvolvimento das gônadas para testículos, ou a supressão desse gene nas fêmeas, levando à formação dos ovários (ZALUSKI, 2019). Uma vez que esses processos genéticos são ativados pela temperatura ambiente, a determinação do sexo se torna irreversível e os embriões desenvolvem-se exclusivamente como machos ou fêmeas (LANG; ANDREWS, 1994; WILSON, 1998).

Padrões de determinação sexual por temperatura variam, mas geralmente, temperaturas mais altas produzem mais fêmeas, um fenômeno que pode ser exacerbado pelas mudanças climáticas (FERREIRA JÚNIOR, 2009). A temperatura pivotal, onde machos e fêmeas são produzidos na mesma proporção, é específica para cada espécie, e o aumento das temperaturas globais ameaça criar desequilíbrios sexuais nas populações (BLANVILLAIN et al., 2007). Sendo assim, o estudo tem como objetivo, através de uma revisão de literatura, analisar os efeitos do aumento da temperatura nas populações de tartarugas marinhas do litoral brasileiro, com foco na reprodução e na determinação do sexo dos embriões, visando compreender as possíveis consequências das mudanças climáticas para as espécies.

2. Metodologia

A metodologia deste trabalho consiste em realizar uma revisão de literatura aprofundada, com foco em estudos ecológicos e genéticos relacionados à reprodução e determinação do sexo das tartarugas marinhas em face das mudanças climáticas. Para isso, serão utilizadas ferramentas de pesquisa

acadêmica como *Scholar Google*, Periódicos Capes e outras bases de dados científicas reconhecidas. Palavras-chave específicas, tanto em português quanto em inglês, serão utilizadas para guiar a pesquisa, como: "ecologia das tartarugas marinhas", "determinação do sexo", "aumento da temperatura", "reprodução", "mudanças climáticas", "*sea turtles ecology*", "*sea turtles sex determination*", "*sea turtles temperature rise*", "*sea turtles reproduction*", "*climate change*".

A seleção dos artigos se concentrará em trabalhos que abordam diretamente a relação entre o aumento da temperatura global e os impactos na reprodução e determinação do sexo das tartarugas marinhas. Além disso, será dada especial atenção a estudos mais recentes, especialmente aqueles que envolvem pesquisadores renomados na área que são reconhecidos por suas contribuições significativas ao conhecimento da biologia e ecologia das tartarugas marinhas. A revisão incluirá uma análise dos dados apresentados nos artigos selecionados, buscando identificar padrões, tendências e possíveis lacunas na literatura atual. Esse processo metodológico vai garantir que o trabalho seja embasado nas pesquisas mais relevantes e atualizadas, proporcionando uma compreensão precisa dos efeitos das mudanças climáticas sobre as tartarugas marinhas.

3. Resultados

3.1 Impacto das Mudanças Climáticas nas Tartarugas Marinhas

As mudanças climáticas estão impondo desafios à sobrevivência das tartarugas marinhas (TOMILLO et al., 2015; TOMILLO; SPOTILA, 2020; LIMA, 2020). Um dos principais efeitos observados é a influência das temperaturas ambientais sobre o mecanismo de determinação do sexo dependente da temperatura (TSD) (TOMILLO et al., 2015; TOMILLO; SPOTILA, 2020; LIMA, 2020).

Nas tartarugas marinhas, a temperatura de incubação dos ovos durante o período sensível para a determinação do sexo é conhecida como "período termossensível de incubação" (TOMILLO et al., 2015). Este é o intervalo crítico durante o desenvolvimento dos ovos, em que a temperatura ambiente pode influenciar diretamente o desenvolvimento sexual dos embriões (TOMILLO et al., 2015). Esse período varia conforme a espécie, mas geralmente ocorre durante a incubação dos ovos, que dura aproximadamente 60 dias (TAMAR, 2011; TOMILLO et al., 2015). Durante esse período, as temperaturas externas afetam a temperatura

do ninho e, conseqüentemente, a dos ovos (CAMILLO et al., 2009; TOMILLO et al., 2015).

Em tartarugas marinhas, temperaturas mais altas tendem a produzir mais fêmeas, enquanto temperaturas mais baixas tendem a produzir mais machos (FERREIRA JÚNIOR, 2009; TOMILLO et al., 2015). O ponto em que a temperatura média do ninho faz essa transição entre a produção de machos e fêmeas é conhecido como "ponto de transição térmica" (PTT) ou "temperatura de transição sexual" (TST) (TOMILLO et al., 2015).

À medida que as temperaturas globais aumentam devido às mudanças climáticas, as populações de tartarugas marinhas estão experimentando um desequilíbrio significativo nas proporções sexuais, com uma feminização acentuada (OSPINA et al., 2008; TOMILLO et al., 2015; TOMILLO; SPOTILA, 2020;). Estudos mostram que temperaturas médias de incubação superiores a 30°C, cada vez mais comuns em locais de nidificação, estão resultando na produção quase exclusiva de fêmeas (TOMILLO et al., 2015). Em algumas praias onde a temperatura do ar já ultrapassa esse limiar, a proporção de fêmeas pode atingir até 100% (BINCKLEY et al., 1998; TOMILLO et al., 2015). Esse fenômeno de feminização tem implicações profundas para a viabilidade a longo prazo das populações de tartarugas marinhas (TOMILLO et al., 2015). Além disso, as mudanças na temperatura média de incubação podem afetar a distribuição geográfica das populações, forçando as tartarugas a buscar novas áreas de nidificação com temperaturas mais adequadas (DUTTON et al., 1999; TOMILLO et al., 2015).

A falta de machos suficientes pode levar a uma redução na variabilidade genética e, conseqüentemente, à diminuição da capacidade de adaptação das populações a futuras mudanças ambientais (TOMILLO et al., 2015; TOMILLO; SPOTILA, 2020). Essa tendência, se não for mitigada, pode culminar em um colapso populacional, onde a ausência de machos compromete seriamente o potencial reprodutivo das tartarugas (TOMILLO; SPOTILA, 2020). Além disso, o aumento das temperaturas também está associado a uma maior mortalidade dos ovos, pois temperaturas excessivamente altas durante a incubação não apenas produzem uma desproporção de fêmeas, mas também elevam as taxas de mortalidade embrionária, reduzindo o número total de filhotes que emergem dos ninhos (TOMILLO et al., 2015).

Esse efeito combinado de feminização e mortalidade embrionária exacerbada cria um cenário alarmante para as populações de tartarugas marinhas, que já enfrentam uma série de outras ameaças, como a perda de habitat, poluição e atividades pesqueiras (TOMILLO et al., 2015; TOMILLO; SPOTILA, 2020). Em síntese, as mudanças climáticas estão superando a adaptação das tartarugas marinhas, colocando em risco sua sobrevivência a longo prazo (TOMILLO et al., 2015; TOMILLO; SPOTILA, 2020). Embora as tartarugas marinhas sejam extremamente resilientes e estejam se adaptando às altas temperaturas por meio de mecanismos de coadaptação, como a mudança nos locais de nidificação e a alteração no comportamento reprodutivo, essas adaptações podem não ser suficientes para compensar os impactos negativos das mudanças climáticas (TOMILLO et al., 2015; TOMILLO; SPOTILA, 2020).

As implicações dessas mudanças são complexas e abrangem desde desequilíbrios nas proporções sexuais até impactos diretos na sobrevivência dos filhotes, todos contribuindo para um futuro incerto para essas espécies (TOMILLO et al., 2015; TOMILLO et al, 2014; TOMILLO et al, 2010; TOMILLO; SPOTILA, 2020). Esses estudos destacam a necessidade de estratégias de conservação focadas na proteção dos habitats de nidificação e na mitigação dos efeitos das mudanças climáticas para garantir a preservação das tartarugas marinhas (PATINO et al., 2012; JOURDAN & FONTES, 2015; TOMILLO et al., 2015; TOMILLO; SPOTILA, 2020).

3.2 Projeções de Temperatura e Consequências para as Proporções Sexuais

Projeções de temperatura indicam que as médias de incubação dos ninhos de tartarugas marinhas podem aumentar de 1 a 4°C até o final do século, dependendo dos cenários de aquecimento global (TOMILLO et al., 2015). Esses aumentos nas temperaturas de incubação têm o potencial de causar uma produção quase exclusiva de fêmeas, especialmente em áreas de nidificação mais vulneráveis, onde as temperaturas já estão próximas ao limiar crítico para a determinação do sexo (HARLOW, 2004; TOMILLO et al., 2015). Além disso, os impactos das mudanças climáticas sobre as proporções sexuais das tartarugas marinhas não se limitam apenas ao aumento de fêmeas, mas também incluem efeitos a longo prazo sobre a viabilidade reprodutiva das populações (TOMILLO; SPOTILA, 2020). Em cenários de aquecimento elevado, a contínua produção de

fêmeas sem uma quantidade suficiente de machos pode levar a problemas de endogamia e à redução da diversidade genética, o que, por sua vez, diminui a capacidade adaptativa das tartarugas marinhas à outras mudanças ambientais (CHARNOV, 1977; TOMILLO; SPOTILA, 2020).

Além da feminização, o aumento das temperaturas pode exacerbar a mortalidade embrionária, especialmente quando as temperaturas dos ninhos ultrapassam os 34°C, considerado o limite superior para a sobrevivência embrionária (HARLOW, 2004; TOMILLO et al., 2015). Esse aumento na mortalidade pode resultar em um número significativamente menor de filhotes emergindo dos ninhos, comprometendo ainda mais a recuperação das populações em áreas críticas (WALLACE et al., 2007; TOMILLO et al., 2015;). Os modelos estocásticos utilizados em projeções também sugerem que a variabilidade térmica entre diferentes áreas de nidificação pode resultar em diferentes níveis de vulnerabilidade, com algumas praias sendo mais afetadas do que outras (CROWDER et al., 1994; TOMILLO et al., 2015; TOMILLO; SPOTILA, 2020). Isso pode levar à extinção local de algumas populações de tartarugas marinhas, especialmente em locais onde as condições ambientais se tornem insustentáveis para a incubação de ovos (DUTTON et al., 1999; TOMILLO et al., 2014; TOMILLO et al., 2015; TOMILLO; SPOTILA, 2020).

Essa situação poderia criar um cenário em que apenas algumas subpopulações, adaptadas a condições específicas, conseguiriam sobreviver, o que não garante a sustentabilidade a longo prazo de toda a espécie (TOMILLO; SPOTILA, 2020). Além disso, as projeções indicam que, em cenários extremos, as mudanças nas proporções sexuais podem gerar uma pressão adicional para a migração de tartarugas marinhas para áreas mais adequadas, o que pode resultar em um deslocamento significativo das populações atuais (TOMILLO et al., 2015; TOMILLO; SPOTILA, 2020). Essas projeções destacam a importância de estratégias de conservação proativas, como a proteção de áreas de nidificação que ofereçam condições térmicas mais favoráveis e a implementação de ações de manejo para mitigar os efeitos do aquecimento global, a fim de evitar um colapso populacional (PATINO et al., 2012; JOURDAN; FONTES, 2015; TOMILLO et al., 2015; TOMILLO; SPOTILA, 2020;).

3.3 Limitações na Adaptação e Ameaças Futuras

Embora as tartarugas marinhas tenham desenvolvido mecanismos adaptativos ao longo de milhões de anos, como a determinação do sexo dependente da temperatura (TSD), as mudanças climáticas atuais estão superando essa capacidade de adaptação (TOMILLO et al., 2015). A rapidez e a intensidade dessas mudanças climáticas representam desafios sem precedentes para a resiliência dessas espécies, tornando os mecanismos adaptativos evoluídos ao longo do tempo menos eficazes (TOMILLO et al., 2015).

Além disso, o aumento das temperaturas está gerando novas pressões seletivas que podem comprometer a viabilidade reprodutiva e a sobrevivência a longo prazo das tartarugas marinhas (TOMILLO; SPOTILA, 2020). A eficácia do TSD (determinação sexual por temperatura), que antes conferia uma vantagem evolutiva ao permitir a flexibilidade nas proporções sexuais das populações em resposta às condições ambientais, agora pode ser uma vulnerabilidade, uma vez que as temperaturas estão ultrapassando os limites naturais para a incubação segura dos ovos (TOMILLO; SPOTILA, 2020). As temperaturas extremas não apenas alteram as proporções sexuais, mas também podem reduzir a aptidão geral dos filhotes que emergem, diminuindo sua sobrevivência e capacidade de reprodução futuras (VALVERDE et al, 2012; TOMILLO et al., 2015; BOOTH, 2017; STAINES, 2019; TOMILLO et al., 2021).

Outro aspecto é que as mudanças climáticas estão ocorrendo a uma taxa muito mais rápida do que as tartarugas marinhas podem se adaptar naturalmente (BLOIS, 2013; TOMILLO; SPOTILA, 2020;). A velocidade dessas mudanças coloca as populações em risco de não conseguirem se ajustar a tempo, o que pode levar a uma redução significativa na sua capacidade de recuperação diante de eventos ambientais adversos (BLOIS, 2013; TOMILLO; SPOTILA, 2020). Além disso, as ameaças provenientes do aumento da temperatura se somam a outros fatores de estresse, como a perda de habitat, a poluição e a predação, exacerbando ainda mais a vulnerabilidade dessas espécies (TOMILLO et al., 2015).

Essas condições destacam a necessidade de intervenções de conservação, como o gerenciamento ativo de habitats de nidificação e a implementação de medidas para minimizar os impactos das mudanças climáticas (TOMILLO; SPOTILA, 2020; PATINO et al., 2012; JOURDAN; FONTES, 2015). Sem tais esforços, a capacidade das tartarugas marinhas de sobreviver a essas pressões

poderá ser severamente comprometida, levando a declínios populacionais que podem ser irreversíveis em algumas regiões (TOMILLO; SPOTILA, 2020).

3.4 Resiliência das Tartarugas Marinhas Frente às Mudanças Climáticas

O aquecimento climático representa um grande desafio para a biodiversidade, especialmente para as tartarugas marinhas, que são vulneráveis às mudanças de temperatura em vários estágios da vida (HAMANN et al., 2013; TOMILLO et al., 2020; FUENTES et al., 2023). Como ectotérmicos, as tartarugas marinhas dependem da temperatura ambiente para processos críticos, como a determinação sexual e o sucesso de eclosão dos ovos (HAMANN et al., 2013; TOMILLO et al., 2020).

A variabilidade na tolerância térmica entre indivíduos e populações sugere que algumas populações podem se adaptar ao aumento das temperaturas, seja por colonização de novas áreas de nidificação ou por ajustes no período de nidificação para épocas mais frias (CARRERAS et al., 2018; TOMILLO et al., 2023). Além disso, as tartarugas marinhas também podem reagir às mudanças climáticas, deslocando-se para regiões de latitudes mais altas, onde as temperaturas são menos extremas em comparação com as praias tropicais, aumentando as chances de sobrevivência das populações que nidificam em áreas marginais de sua distribuição (Figura 2). (ABELLA et al., 2016; FUENTES et al., 2020).

Com o aquecimento global, a feminização excessiva pode ameaçar as futuras populações das tartarugas marinhas, devido ao desequilíbrio na proporção sexual, comprometendo o potencial reprodutivo das espécies (MONSINJON et al., 2019; FUENTES et al., 2023). Essa preocupação é agravada pela previsão de aumento de temperatura entre 0,58 e 4,17 °C até 2100 em alguns locais de nidificação (FUENTES et al., 2020; HAYS; LALOE, 2023). Além da feminização, as temperaturas elevadas, como já mencionado, pode reduzir o sucesso da eclosão dos ovos, como mostram alguns estudos, que a incubação em temperaturas superiores ao limite tolerável (aproximadamente 34°C) leva a uma maior mortalidade embrionária e ao nascimento de filhotes com anormalidades morfológicas (MILLER, 1985; HOWARD et al., 2014).

Nas tartarugas-de-couro (*Dermochelys coriacea*), por exemplo, ninhos incubados a temperaturas acima de 32°C apresentam uma queda substancial no sucesso de eclosão, demonstrando sua alta sensibilidade ao calor (TOMILLO et al.,

2020; KYNOCH et al., 2024). Durante o evento extremo de El Niño em 2015, o sucesso de eclosão das ninhadas caiu para uma média de 4%, destacando que as tartarugas-de-couro estão entre as espécies mais afetadas por altas temperaturas (TOMILLO et al., 2020). Caso os filhotes nasçam nessas temperaturas elevadas sobrevivam e transmitam seus genes às próximas gerações, estas poderão se adaptar aos novos limites térmicos e persistam em um cenário de aquecimento climático (BODENSTEINER et al., 2021; FUENTES et al., 2020).

Estudos recentes realizados para a tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) mostram que as temperaturas de incubação que ultrapassam 32°C causam redução significativa do sucesso de eclosão, revelando sua sensibilidade ao calor (FUENTES et al., 2023). Durante períodos de aquecimento, como eventos de El Niño, essas tartarugas também demonstraram taxas de eclosão reduzidas, em especial nas regiões tropicais onde os aumentos de temperatura são mais acentuados (FUENTES et al., 2023). Essas tartarugas podem responder ao aquecimento climático ajustando seu comportamento reprodutivo, mudando os locais de nidificação ou escolhendo áreas mais frescas para depositar seus ovos (FUENTES et al., 2023). Porém, essas mudanças comportamentais, podem não ser suficientes para mitigar os impactos do aumento da temperatura (MONSINJON et al., 2019; FUENTES et al., 2020). Além disso, um estudo feito recentemente estabelece uma faixa ideal de temperaturas para maximizar o sucesso de eclosão, entre ~30,5°C e 32,5°C, com a temperatura média atual (31,3°C) estabelecida no meio dessa faixa ideal (TOMILLO, CORDERO-UMAÑA, VALVERDE-CANTILLO, 2024). Isso sugere que a população de tartarugas verdes pode ter uma resiliência maior a novos aumentos de temperatura (TOMILLO, CORDERO-UMAÑA, VALVERDE-CANTILLO, 2024). No entanto, o sucesso da eclosão ainda pode ser afetado em temperaturas extremas, tanto altas quanto baixas (TOMILLO, CORDERO-UMAÑA, VALVERDE-CANTILLO, 2024). Outro ponto importante é a variabilidade na tolerância térmica entre ninhadas de diferentes mães, o que indica uma capacidade possível de adaptação evolutiva ao aquecimento climático (TOMILLO, CORDERO-UMAÑA, VALVERDE-CANTILLO, 2024).

Ainda assim, a plasticidade fenotípica da espécie, que envolve a capacidade de ajustar o comportamento e a fisiologia diante das mudanças ambientais, pode fornecer algum nível de resiliência às mudanças climáticas (FUENTES et al., 2023). No entanto, essa plasticidade pode não compensar completamente os impactos

pretendidos, especialmente em cenários de aumento drástico de temperatura (FUENTES et al., 2020).

Embora as tartarugas marinhas tenham demonstrado certa plasticidade fenotípica, ajustando o período e a localização de sua nidificação como resposta ao aquecimento climático, não é claro que essas mudanças fenológicas serão suficientes para mitigar os impactos das mudanças climáticas a longo prazo (PIKE et al., 2006; ALMPANDIOU et al., 2018). Pesquisas sugerem que algumas tartarugas já estão antecipando suas épocas de nidificação, mas a eficácia dessa adaptação ainda é incerta (PIKE et al., 2006; ALMPANDIOU et al., 2018). Embora mudanças no comportamento de nidificação, como a escolha de locais mais frios ou a alteração do calendário reprodutivo, possam fornecer algum problema, essas respostas podem ser limitadas por fatores como a elevação do nível do mar e o desenvolvimento costeiro, que comprometem as áreas disponíveis para nidificação (ABELLA et al., 2016; FUENTES et al., 2020).

Além disso, se as características de tolerância térmica forem hereditárias, há um potencial de adaptação por meio da seleção natural, embora as informações sobre a herdabilidade dessas características ainda sejam limitadas (BODENSTEINER et al., 2021). Essa capacidade adaptativa, no entanto, precisa ser investigada em profundidade, uma vez que as taxas de mudanças climáticas podem superar as respostas evolutivas das populações (FUENTES et al., 2020). Portanto, a crescente vulnerabilidade das tartarugas marinhas ao aquecimento global exige esforços para o monitoramento e a conservação, considerando tanto a necessidade de estratégias adaptativas quanto o controle dos fatores ambientais que limitam suas respostas (HAMANN et al., 2013; FUENTES et al., 2020).

Dessa forma, embora as espécies de tartarugas marinhas que habitam o litoral brasileiro sejam resilientes, às mudanças climáticas implicam em diversos aspectos da sobrevivência desses animais e apesar da busca pela coadaptação, cada vez mais os estudos vêm mostrando que em um futuro próximo isso pode não ser o suficiente. No entanto, existem diferentes estratégias de conservação dessas espécies que vêm sendo aplicadas e buscam a manutenção e reprodução delas no litoral do país, como deslocamento dos ninhos e monitoramento contínuo das áreas de reprodução.

4. Referências:

ABELLA PEREZ, E. et al. **É isto como é uma população de tartarugas marinhas resiliente às mudanças climáticas como?** *Conservação Biológica*, v. 193, p. 124-132, 2016. DOI: 10.1016/j.biocon.2015.11.023.

ALMEIDA, An. P.; THOMÉ, J. C. A.; BAPTISTOTTE, C.; et al. **Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha Dermochelys coriacea** (Vandelli, 1761) no Brasil. 2011.

ALMEIDA, A. P.; SANTOS, A. J. B.; THOMÉ, J. C. A.; et al. **Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha Chelonia mydas** (Linnaeus, 1758) no Brasil. 2011.

ALMPANDIOU, A. et al. **Sea turtles' responses to climate change: a review of their nesting ecology and implications for conservation.** *Ecology and Evolution*, v. 8, n. 8, p. 4212-4223, 2018.

BLANVILLAIN, G.; et al. **Diamondback terrapins, Malaclemys terrapin, as a sentinel species for monitoring mercury pollution of estuarine systems in South Carolina and Georgia, USA.** *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 26, n. 7, p. 1441-1450, 2007.

BETTIOL, Wagner; et al. **Aquecimento global e problemas fitossanitários.** 2017.

BINCKLEY, C.A.; SPOTILA, J.R.; WILSON, K.S.; PALADINO, F.V. **Determinação sexual e sexo proporções de tartarugas-de-couro do Pacífico, Dermochelys coriacea.** *Copeia*, v. 1998, p. 291–300, 1998.

BLOIS, J.L.; ZARNETSKE, P.L.; FITZPATRICK, M.C.; FINNEGAN, S. **Climate change and mammal range shifts.** *Science*, v. 341, p. 499, 2013.

BODENSTEINER, B. L. et al. **Adaptação térmica revisitada: quão conservadas são as características térmicas de répteis e anfíbios?** *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, v. 335, n. 1, p. 173-194, 2021.

BOOTH, D.T. **Maternal influences on offspring phenotypes in reptiles.** *Integr. Zoológico*, v. 12, p. 352, 2017.

BOUCHARD, S.S.; BJORNDAL, K.A. **Sea turtles as biological transporters of nutrients and energy from marine to terrestrial ecosystems.** *Ecology*, v. 81, n. 8, p. 2305-2313, 2000.

CAMILLO, C. S.; ROMERO, R. M.; LEONE, L. G.; et al. **Características da reprodução de tartarugas marinhas (Testudines, Cheloniidae) no litoral sul da Bahia, Brasil.** *Biota Neotropica*, v. 9, n. 2, p. 131–137, 2009.

CARRERAS, C. et al. **Nidificação esporádica revela colonização de longa distância na tartaruga marinha cabeçuda filopátrica (*Caretta caretta*).** *Relatórios Científicos*, v. 8, n. 1, p. 1435, 2018.

CASTILHOS, J. C. de; COELHO, C. A.; ARGOLO, J. F.; et al. **Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829) no Brasil.** *Biodiversidade Brasileira - BioBrasil*, n. 1, p. 1-11, 2020.

CHARNOV, E.L. **Evolution of life history variation among female mammals.** *Nature*, v. 266, p. 828, 1977.

CROWDER, L.B.; CROUSE, D.T.; HEPPELL, S.S.; MARTINE, T.H. **Prevendo o impacto dos dispositivos de exclusão de tartarugas nas populações de tartarugas marinhas cabeçudas.** *Aplicações Ecológicas*, v. 4, p. 437–445, 1994.

DELORENZO, L.; JACKSON, S.; RING, K.; SUTTON, A. **Saving the sea turtles: how climate change affects loggerhead populations.** Cornell University Library, 2017.

DUARTE, D.L.V.; MONTEIRO, D.S.; JARDIM, R.D.; SOARES, J.C.M.; JUNIOR, A.S.V. **Determinação sexual e maturação gonadal de fêmeas da tartaruga Verde (*Chelonia mydas*) e tartaruga cabeçuda (*Caretta caretta*) no extremo sul do Brasil.** Acta Biológica Paranaense, v. 40, n. 3-4, p. 87-103, 2011.

DUTTON, P.H.; BOWEN, B.W.; OWENS, D.W.; BARRAGAN, A.; DAVIS, S.K. **Filogeografia global da tartaruga de couro (*Dermochelys coriacea*).** Jornal de Zoologia, Londres, 1999.

FABRY, V.J.; SEIBEL, B.A.; FEELY, R.A.; ORR, J.C. **Impacts of ocean acidification on marine fauna and ecosystem processes.** ICES Journal of Marine Science, v. 65, n. 3, p. 414-432, 2008.

FERREIRA JÚNIOR, P.D. **Aspectos ecológicos da determinação sexual em tartarugas.** Acta Amazonica, v. 39, n. 1, p. 139-154, 2009.

FISH, M.R.; CÔTÉ, I.M.; GILL, J.A.; JONES, A.P.; RENSHOFF, S.; WATKINSON, A.R. **Predicting the impact of sea-level rise on Caribbean sea turtle nesting habitat.** Conservation Biology, v. 19, n. 2, p. 482-491, 2005.

FUENTES, M.M.P.B.; LIMPUIS, C.J.; HAMANN, M.; DAWSON, J. **Potential impacts of projected sea-level rise on sea turtle rookeries.** Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 20, n. 2, p. 132-139, 2010.

FUENTES, M. M. P. B. et al. **Key issues in assessing threats to sea turtles: knowledge gaps and future directions.** *Endangered Species Research*, v. 52, p. 303-341, 2023.

FUENTES, M. M. P. B. et al. **Sea turtles' potential adaptability to climate change could be undermined by coastal development in the US.** *Regional Environmental Change*, v. 20, n. 3, p. 104, 2020. DOI: 10.1007/s10113-020-01689-4.

GODINHO, M. B. C.. X Semana da Biologia UFABC. Santo André, SP: **Fundação Universidade Federal do ABC**, 2022.

GOMES, G.T.; HENRY, M.; SANTOS, M.R. de DEUS. **Tartarugas marinhas de ocorrências no Brasil: hábitos e aspectos da biologia da reprodução.** *Revista Brasileira de Reprodução Animal*, v. 30, p. 19-27, 2006.

HAMANN, M.; LIMPUIS, C.J.; OWENS, D.W. **Reproductive cycles of males and females.** In: LUTZ, P.L.; MUSICK, J.A.; WYNEKEN, J. (Eds.). *The Biology of Sea Turtles II*. Boca Raton, FL: CRC Press, p. 135-161, 2003.

HAMANN, M.; FUENTES, M. M. P. B.; BAN, N.; MOCELLIN, V. **Mudanças climáticas e tartarugas marinhas.** *A biologia das tartarugas marinhas*. Imprensa CRC, v. 3, p. 353-378, 2013.

HARLOW, P.S. **Determinação do sexo dependente da temperatura em lagartos.** In: VALENZUELA, N.; LANCE, V.A. (Eds.). **Determinação do sexo dependente da temperatura em vertebrados.** Washington, DC: Smithsonian Books, 2004. p. 42–52.

HAWKES, L.A.; BRODERICK, A.C.; GODFREY, M.H.; GODLEY, B.J. **Investigating the potential impacts of climate change on a marine turtle population.** *Global Change Biology*, v. 13, n. 5, p. 923-932, 2007.

HAYS, G.C.; BAILEY, H.; BOGRAD, S.J.; BOWEN, W.D.; CAMPAGNA, C.; CARMICHAEL, R.H.; et al. **Translating marine animal tracking data into conservation policy and management.** *Trends in Ecology & Evolution*, v. 34, n. 5, p. 397-408, 2017.

HAYS, G. C. et al. **Evidência da escassez de machos adultos associada à prole com proporções de sexo feminino distorcidas em tartarugas marinhas.** *Current Biology*, v. 33, p. R14-R15, 2023.

HOWARD, R.; BELL, I.; PIKE, D. A. **Tolerâncias térmicas de embriões de tartarugas marinhas: compreensão atual e direções futuras.** *Endangered Species Research*, v. 26, n. 1, p. 75-86, 2014. Disponível em: <https://www.int-res.com/abstracts/esr/v26/n1/p75-86/>.

JANZEN, F.J. **Climate change and temperature-dependent sex determination in reptiles.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 91, n. 16, p. 7487-7490, 1994.

JOURDAN, J.; FUENTES, M.M.P.B. **Eficácia de estratégias de redução da temperatura da areia para mitigar impactos potenciais de mudanças na temperatura ambiental em produção reprodutiva das tartarugas marinhas.** *Estratégias de mitigação e adaptação para o mundo em mudança*, v. 20, p. 121–133, 2015.

KALB, H.J. **Behavior and physiology of solitary and arribada nesting olive ridley sea turtles (*Lepidochelys olivacea*) during the internesting period.** Doctoral Thesis, Texas A&M University, College Station, TX, 123 p., 1999.

KYNOCH, C.; PALADINO, F. V.; SPOTILA, J. R.; SANTIDRIÁN TOMILLO, P. **Variabilidade na tolerância térmica de ninhadas de diferentes mães indica potencial de adaptação ao aquecimento climático em tartarugas marinhas.** *Global Change Biology*, Wiley, 10p., 2024.

LANG, J.W.; ANDREWS, H.V. **Temperature-dependent sex determination in reptiles: summary of effects and potential evolutionary consequences.** *American Zoologist*, v. 34, n. 3, p. 325-341, 1994.

LIMA, Sabryna Stéffany Cordeiro. **Aquecimento global e mudanças climáticas: uma revisão dos impactos sobre as populações de tartarugas marinhas e dulcícolas do Brasil.** v. 15, n. 3, 2020.

MARCOVALDI, M. Â.; LOPEZ, G. G.; SOARES, L. S.; et al. **Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha Eretmochelys imbricata** (Linnaeus, 1766) no Brasil. 2011.

MARCOVALDI, M.A.; CHALOUPKA, M. **Conservation status of the loggerhead sea turtle in Brazil: an encouraging outlook.** Endangered Species Research, v. 3, p. 133-143, 2007.

MARCOVALDI, M.A.; GODFREY, M.H.; MROSOVSKY, N. **Estimating sex ratios of loggerhead turtles in Brazil from pivotal incubation durations.** Canadian Journal of Zoology, v. 75, p. 755-770, 1997.

MARCOVALDI, M.A.; LAURENT, A. **A six season study of marine turtle nesting at Praia do Forte, Bahia, Brazil, with implications for conservation and management.** Chelonian Conservation and Biology, v. 2, n. 1, p. 55-59, 1996.

MARCOVALDI, M.A.; MARCOVALDI, G.G.D. **Projeto Tartaruga Marinha: áreas de desova, época de reprodução, técnica de preservação.** Boletim. FBCN, n. 22, p. 95-104, 1987.

MARTINS, M.; MOLINA, F. de B. **Panorama geral dos répteis ameaçados do Brasil.** In: MACHADO, A.B.M.; DRUMMOND, G.M.; PAGLIA, A.P. (Org.). **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.** MMA, Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, p. 327-334, 2008.

MARQUEZ, M.R. **FAO Species Catalogue. Vol. 11: Sea turtles of the world. An annotated and illustrated catalogue of sea turtle species known to date.** FAO Fisheries Synopsis n. 125, v. 11, Rome: FAO, 81 p., 1990.

MEYLAN, A.; MEYLAN, P. **Introduction to the evolution, life history, and biology of sea turtles.** In: **Research and Management Techniques for the Conservation of Sea Turtles**, p. 3-5, 1999.

MILLER, J.D. Reproduction in sea turtles. In: LUTZ, P.L.; MUSICK, J.A. (Eds.). **The Biology of Sea Turtles.** Boca Raton, FL: CRC Press, p. 51-81, 1997.

MONSINJON, A.; FERRANDO, J.; JIMÉNEZ, L.; MONTALTO, F. **Climate change and sea turtle reproductive success: the role of temperature in the feminização de populações.** *Marine Biology*, v. 166, n. 3, p. 45-58, 2019. DOI: 10.1007/s00227-019-3505-1.

MOREIRA, A. T.R.; et al. **O impacto da ação antrópica no meio ambiente: aquecimento global.** *Revista Educação em Foco*, v. 14, p. 22-27, 2022.

OSPINA-ÁLVAREZ, N.; PIFERRER, F. **Temperature-dependent sex determination in fishes.** *PLoS One*, v. 3, p. e2837, 2008.

PATINO-MARTINEZ, J.; MARCO, A.; QUINONES, L.; HAWKES, L. **Uma ferramenta potencial para mitigar os impactos das mudanças climáticas na tartaruga marinha do Caribe.** *Mudança Global Biologia*, v. 18, p. 401–411, 2012.

PATINO-MARTINEZ, J.; MARCO, A.; QUINONES, L.; HAWKES, L. **Uma ferramenta potencial para mitigar os impactos das mudanças climáticas na tartaruga marinha do Caribe.** *Mudança Global Biologia*, v. 18, p. 401–411, 2012.

PIKE, D. A. et al. **Nesting behavior of sea turtles: plasticity and potential implications of climate change.** *Marine Biology*, v. 153, n. 1, p. 23-32, 2006.

VALVERDE, R.A.; WINGARD, S.; GÓMEZ, F.; TORDOIR, M.T.; ORREGO, C.M. **Leatherback turtle population dynamics and climate change.** *Espécies Ameaçadas Res.*, v. 12, p. 77, 2010.

SANTIDRIÁN TOMILLO, P.; SPOTILA, J.R. **Temperature-dependent sex determination in sea turtles in the context of climate change: uncovering the adaptive significance.** *BioEssays*, v. 42, n. 11, p. 2000146, 2020.

SANTIDRIÁN TOMILLO, P.; GENOVART, M.; PALADINO, F.V.; et al. **Climate change overruns resilience conferred by temperature-dependent sex determination in sea turtles and threatens their survival.** *Global Change Biology*, v. 21, n. 8, p. 2980–2988, 2015.

SANTIDRIÁN TOMILLO, P.; ORO, D.; PALADINO, F.V.; PIEDRA, R.; SIEG, A.E.; SPOTILA, J.R. **High beach temperatures increase primary sex ratios biased toward females, but reduce female hatchling production in leatherback turtles.** *Conservação Biológica*, v. 176, p. 71–79, 2014.

SANTIDRIÁN TOMILLO, P.; PALADINO, F.V.; SUSS, J.S.; SPOTILA, J.R. **Predation of leatherback hatchlings during the crawl to water.** *Conservation Biology of Chelonians*, v. 9, p. 18–25, 2010.

SANTOS, A. S.; SOARES, L.; MARCOVALDI, M. Â.; MONTEIRO, D. S.; GIFFONI, B.; ALMEIDA, A. P.. **Avaliação do estado de conservação da tartaruga marinha *Caretta caretta* Linnaeus, 1758 no Brasil.** *Biodiversidade Brasileira*, ano I, n. 1, p. 3-11, 2011.

STAINES, M.N.; BOOTH, D.T.; LIMPUS, C.J. **The impact of sand temperature on sea turtle hatchling sex ratios.** *Acta Oecologica*, v. 97, p. 49, 2019.

TAMAR. **A Reprodução.** Disponível em: <<https://www.tamar.org.br/interna.php?cod=91#:~:text=O%20acasalamento%20ocorre%20no%20ambiente,c%C3%B3pula%20pode%20durar%20v%C3%A1rias%20horas>>. Acesso em: 4 jul. 2024.

TAMAR. Tartaruga Marinha: espécies. Brasil. Disponível em: <<http://www.tamar.org.br/especies.php>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

TAMAR. **Tartarugas Marinhas são consideradas sentinelas do clima no planeta.**

Disponível

em:

<<https://www.tamar.org.br/noticia1.php?cod=594#:~:text=Por%20volta%20de%2029%20%C2%B0>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

TOMILLO, PS; CORDERO-UMAÑA, K.; VALVERDE-CANTILLO, V. Alta tolerância térmica de ninhadas de ovos e potencial capacidade adaptativa em tartarugas verdes. *Science of the Total Environment* , v. 175961, 2024.

WALLACE, B.P.; SOTHERLAND, P.R.; SANTIDRIÁN TOMILLO, P.; REINA, R.D.; SPOTILA, J.R.; PALADINO, F.V. **Maternal investment in reproduction and its consequences in leatherback turtles.** *Ecologica*, v. 152, p. 37–47, 2007.

WIBBELS, T. **Critical approaches to sex determination in sea turtles.** In: LUTZ, P.L.; MUSICK, J.A.; WYNEKEN, J. (Eds.). **Biology of Sea Turtles.** Boca Raton, FL: CRC Press, v. 2, p. 103-134, 2003.

WILSON, E.E. **The role of temperature in reptilian sex determination.** *Journal of Experimental Biology*, v. 201, n. 3, p. 27-36, 1998.

ZALUSKI, A.B. **Biodiversidade e evolução ecológica.** *Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução da Biodiversidade, Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, 2019.

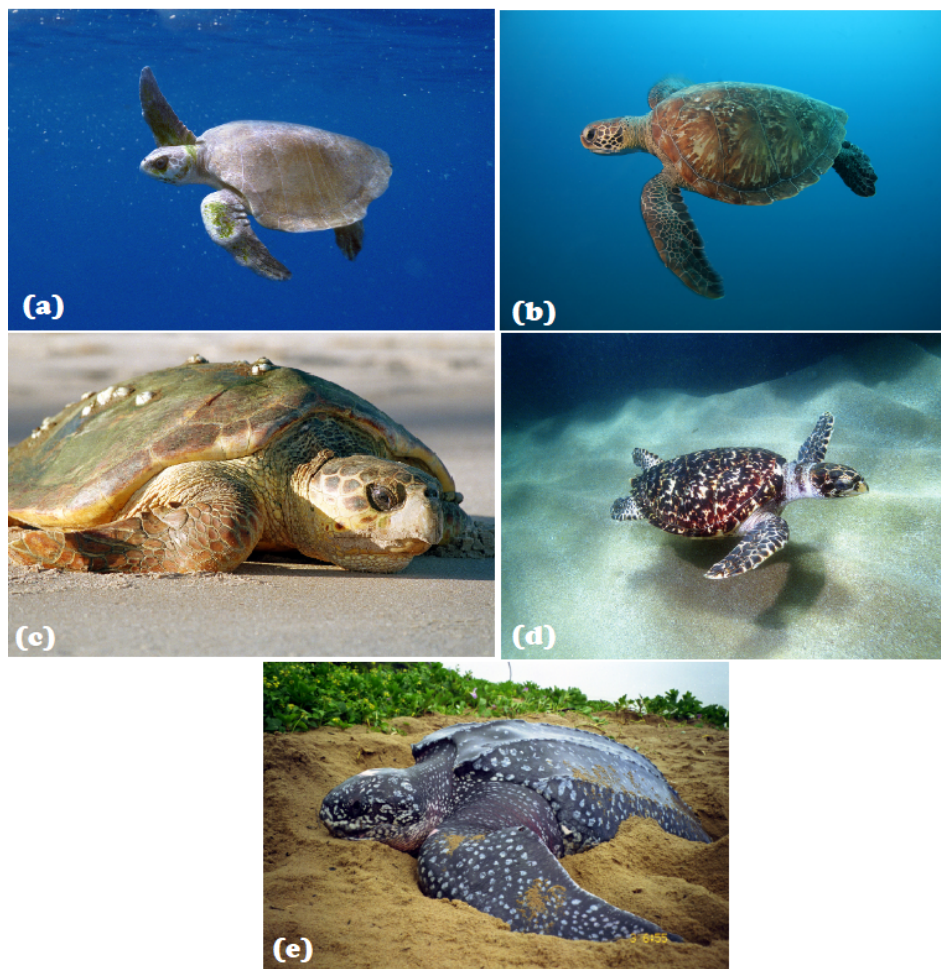
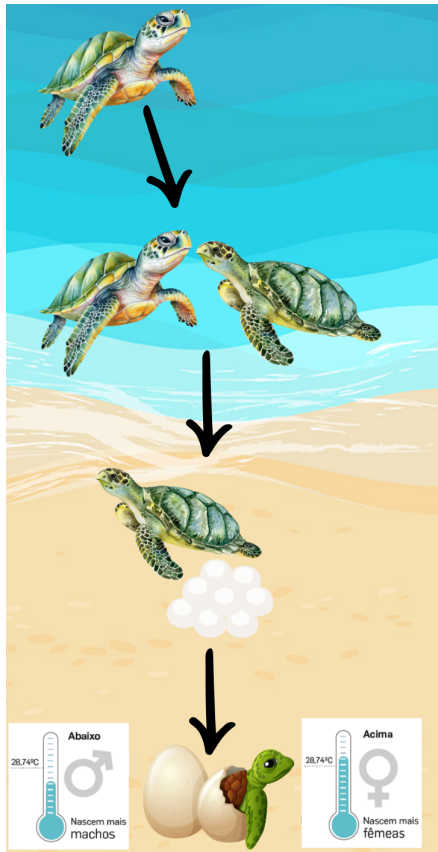


Figura 1 – Espécies de tartarugas marinhas que ocorrem no litoral brasileiro: (a) *Lepidochelys olivacea*, (b) *Chelonia mydas*, (c) *Caretta caretta*, (d) *Eretmochelys imbricata*, (e) *Dermochelys coriacea*. Fonte: Fundação Pró-Tamar.



Coadaptações

MUDANÇA NO LOCAL DE NIDIFICAÇÃO

AJUSTE NO PERÍODO DE REPRODUÇÃO

PLASTICIDADE FENOTÍPICA

SELEÇÃO NATURAL

RESILIÊNCIA

Figura 2 - Infográfico das coadaptações das tartarugas marinhas.