

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

**Estratégia de forrageamento de subsuperfície de *Chelonia mydas* e suas  
implicações para a conservação**

**Izabella Brunelli Andrade**

Vitória, ES  
Dezembro, 2020

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

**Estratégia de forrageamento de subsuperfície de *Chelonia mydas* e suas  
implicações para a conservação**

**Izabella Brunelli Andrade**

Orientador: Prof. Dr. Agnaldo Silva Martins

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Biologia Animal) da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Biologia Animal.

Vitória, ES  
Dezembro, 2020

**Izabella Brunelli Andrade**

**Estratégia de forrageamento de subsuperfície de *Chelonia mydas* e suas  
implicações para a conservação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Humanas e Naturais, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Biologia Animal.

Aprovada, em 04 de dezembro de 2020.

Comissão Examinadora:

---

**Dr. Agnaldo Silva Martins**

Universidade Federal do Espírito Santo

Orientador e Presidente da Comissão Examinadora

---

**Dra. Sarah Maria Vargas**

Universidade Federal do Espírito Santo

Examinador Interno

---

**Dra. Cecilia Baptistotte**

Centro TAMAR - ICMBio

Examinador Externo

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, maior apoiadora de todos os meus sonhos, que nunca duvidou da minha capacidade, sempre me incentivou a correr atrás dos meus objetivos e acreditou em mim mais do que ninguém, te amo além da vida! Ao meu pai, meu anjo da guarda pela proteção, amor, por me ensinar o poder e o valor da educação e da perseverança. Ao meu irmão pela amizade, conversas, apoio e por acreditar em mim.

Ao Agnaldo, por aceitar me orientar mesmo sem me conhecer e me confiar um projeto desafiador e lindo. O tenho como inspiração de profissional, pesquisador e professor que está sempre buscando evoluir levando seus alunos consigo. Obrigada pela oportunidade, paciência, disponibilidade e por me ajudar a crescer como pesquisadora.

À UFES pelo ensino público de qualidade e a todos do LABNECTON pela acolhida, por todo aprendizado e carinho. João, Amanda, Nelsinho, Danillo, Lorena e Bárbara. Em especial, Joe e Cajaíba pela imensa generosidade, por toda ajuda, boa vontade, amizade e parceria, eu não conseguiria sem a participação de vocês, minha eterna gratidão.

Aos membros da banca examinadora pela disponibilidade e por aceitarem avaliar essa pesquisa, com certeza contribuirão para o enriquecimento do trabalho.

Ao Clube Ítalo Brasileiro por permitirem que a pesquisa fosse feita com segurança em seu espaço.

Ao Chris, pela amizade maravilhosa que construímos com confiança, cumplicidade e amor ao vôlei. Criamos laços para uma vida e eu só tenho a agradecer de todo coração pela ajuda

em tantos aspectos, paciência com minhas mil dúvidas, conversas e carinho, sem você o caminho teria sido muito mais difícil, amigo.

À Nat, minha oceano, meu presente do mestrado para a vida e meu ponto de carinho e ternura. Obrigada pelo amor, pela confiança e amizade, por me mostrar o mundo através dos seus olhos e assim, enxergar tudo mais colorido. Te amo para sempre.

A todos os colegas de mestrado que tornaram essa caminhada mais leve e engraçada, em especial Mateus, Bruna, Milenna, Bruno, Tatu e Ganso. A todos os professores e colegas de sala pelo aprendizado e pela troca.

Aos meus amigos que sempre estiveram do meu lado, me apoiando e ajudando nessa caminhada, em especial Poço, Babi, Bella, Duda, Lana, Clarinha, Laura, Rex e Querubim, eu não tenho palavras para agradecer a amizade de vocês!

Ao Bê, pelo topar viver comigo esse e vários outros desafios com muito amor, cumplicidade, amizade, parceria, comilanças e muita risada. Obrigada por ser meu porto seguro, melhor amigo e namorado. E muito obrigada Táta, Olívia, Dudu e Pandora por me acolherem e me deixarem fazer parte da família, toda minha gratidão e carinho!

## RESUMO

*Chelonia mydas* (tartaruga verde) é um emblemático grupo de animais ameaçados de extinção. Dentre as diversas ameaças antropogênicas, a mais crescente e uma das mais perigosas atualmente é a ingestão de lixo. Existem diversos estudos relacionados ao lixo ingerido pelas tartarugas-verde, entretanto há uma dificuldade em entender como se dá esse consumo de detritos sólidos por esses animais. Dessa forma, neste trabalho foi possível demonstrar, por meio de imagens aéreas, um comportamento de forrageamento ainda não descrito chamado “nado de subsuperfície”, que pode aumentar a susceptibilidade de ingestão de lixo pelas tartarugas trazendo consequências para a conservação da espécie. Os dados foram obtidos com a utilização de drone em uma região reconhecida como área de alimentação de juvenis de *Chelonia mydas*. Através da análise das gravações, dois comportamentos de forrageamento foram identificados, nado de subsuperfície e de fundo e, também, dois eventos de interação de tartarugas-verde com lixo. Durante o nado de subsuperfície, o animal nadava perto da superfície d’água ventilando e periodicamente capturando material em suspensão para alimentação. No forrageio de fundo, o animal era avistado forrageando perto do fundo rochoso indo regularmente à superfície para ventilar e retornando ao fundo. Observou-se que, a frequência respiratória durante o forrageio de fundo foi o dobro quando comparada ao nado de subsuperfície. Ademais, no decorrer do nado de subsuperfície, as tartarugas-verde capturaram alimento pelo menos uma vez em 85% das observações totais. A utilização de drone foi fundamental nesse trabalho, possibilitando a descrição de um comportamento ainda não constatado. O nado de subsuperfície demanda menos energia já que o alimento se encontra disponível em suspensão e o animal realiza menos eventos de respiração. Além disso, esse tipo de forrageamento pode facilitar o acesso das tartarugas-verde à ingestão de lixo plástico, visto que há uma enorme disponibilidade desse material flutuante em áreas costeiras do mundo todo, e também, pode aumentar a probabilidade desses animais serem atingidos por barcos e redes de pesca. Com isso, fica evidente a necessidade de proteção e monitoramento de áreas de forrageio de *Chelonia mydas* de embarcações ou pesca, assim como o controle de resíduos sólidos que chegam na costa.

## ABSTRACT

*Chelonia mydas* (green turtle) is an emblematic group of animals threatened with extinction. Among the various anthropogenic threats, the most growing and one of the most dangerous currently is the debris ingestion. There are several studies related to the debris ingested by the green turtles, however there is a difficulty in understanding how this solid waste is consumed by these animals. Thus, in this work it was possible to demonstrate, through aerial images, a foraging behavior not yet described, called “subsurface swimming”, which can increase the susceptibility of debris ingestion by the turtles bringing consequences for the conservation of the species. The data were obtained with the use of a drone in a region recognized as a feeding area for juveniles of *Chelonia mydas*. Through the analysis of the recordings, two foraging behaviors were identified, subsurface and bottom swimming, and also two events of interaction between green turtles and garbage. During subsurface swimming, the animal swam close to the water surface, ventilating and periodically capturing suspended material for feeding. In the background foraging, the animal was seen foraging near the rocky bottom, regularly going to the surface to ventilate and returning to the bottom. It was observed that the respiratory rate during bottom foraging was double when compared to subsurface swimming. In addition, during the subsurface swim, the green turtles captured food at least once in 85% of the total observations. The use of a drone was fundamental in this work, allowing the description of a behavior that has not been verified yet. Subsurface swimming requires less energy since the food is available in suspension and the animal has fewer breathing events. In addition, subsurface swimming can facilitate the access of green turtles to ingest plastic debris, as there is an enormous availability of this floating material in coastal areas around the world, and it can also increase the likelihood of these animals being hit by boats and fishing nets. With this, it is evident the need for protection and monitoring of *Chelonia mydas* foraging areas by boats or fishing, as well as the control of solid waste that arrive at the coast.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área de estudo onde ocorreram os sobrevoos com o drone entre as Ilha do Boi e Galheta de Dentro (círculo vermelho), em Vitória, no Espírito Santo (em branco), sudeste do Brasil ..... 15
- Figura 2.** Área de ocorrência dos sobrevoos com drone entre as Ilha do Boi e Galheta de Dentro (em amarelo), em Vitória, Espírito Santo, região sudeste do Brasil ..... 16
- Figura 3.** Área de ocorrência dos sobrevoos com drone entre as Ilha do Boi e Galheta de Dentro (em amarelo), em Vitória, Espírito Santo, região sudeste do Brasil ..... 17
- Figura 4.** Material em suspensão concentrado entre as ilhas do Boi e Galheta de Dentro ..... 18
- Figura 5.** Quadróptero da DJI Mavic Pro usado no projeto ..... 19
- Figura 6.** Registro do comportamento de forrageamento de subsuperfície. A - Indivíduo de tartaruga verde avistada na subsuperfície. B - indivíduo se alimenta de fragmento flutuante de alga. C - o animal usa a nadadeira anterior para fracionar um fragmento de alimento em partes menores. D - a tartaruga eleva sua cabeça para fora da água para respirar ..... 22
- Figura 7.** Registro do comportamento de forrageamento de fundo. A - indivíduo de tartaruga verde avistado nadando do fundo em direção a superfície. B - indivíduo avistado na subsuperfície. C - tartaruga na subsuperfície com as narinas para fora d`água para respirar. D - animal retorna ao fundo para forragear após eventos de respiração. E - tartaruga avistada perto do fundo rochoso. F - animal forrageando no fundo rochoso nadando contra correnteza ..... 24
- Figura 8.** Registro de interação de tartaruga verde com lixo. A - indivíduo é visto na subsuperfície. B - animal nada em direção a superfície e ao material flutuante. C - tartaruga



tenta abocanhar o pedaço de plástico flutuante sem sucesso. D - após a tentativa de abocanhar o plástico, o animal se alimenta de um fragmento de alga ..... 26

**Figura 9.** Registro de interação de tartaruga verde com sacola plástica. A - tartaruga é avistada na subsuperfície indo em direção a sacola plástica. B - animal abocanha a sacola. C - indivíduo nadando e mergulhando em direção ao fundo com a sacola. D - sacola plástica é solta e o indivíduo retorna à superfície e se alimenta de fragmento de alga ..... 27

**Figura 10.** Taxas médias de respiração por minuto e desvios padrão de *Chelonia mydas* na subsuperfície e fundo (asteriscos indicam valores significativos de acordo com teste de Mann-Whitney) ..... 28

**Figura 11.** Distribuição dos eventos de captura de alimento encontrados durante o nado de forrageamento de subsuperfície, em que o eixo x indica a quantidade de vezes que foi ingerido alga em uma mesma observação e o eixo y a quantidade de observações de forrageamento de subsuperfície (asteriscos indicam valores significativos de acordo com o teste de qualidade de ajuste de qui-quadrado) ..... 29

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>14</b>
2.1. Área de estudo.....	14
2.2. Coleta de dados.....	18
2.3. Análise de dados.....	20
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>20</b>
<b>4. DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>5. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A tartaruga verde, *Chelonia mydas* (LINNAEUS, 1758), é o quelônio marinho mais abundante no Brasil. A espécie apresenta distribuição cosmopolita, comportamento migratório e hábitos mais costeiros para forrageamento, podendo migrar sazonalmente entre o verão e inverno (BAUDOUIN, *et al.*, 2015). Segundo Hamman *et al.* (2010), esta espécie é vital para a saúde dos ecossistemas e também são indicadores de qualidade ambiental. Contudo, esses animais estão sob constante ameaça, principalmente devido às atividades humanas, sendo classificada como em perigo pela IUCN (HAZEL *et al.*, 2009; BAUDOUIN *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2015).

As práticas de maior impacto e influência na ameaça às tartarugas-verde estão diretamente ligadas às ações antropogênicas como o aumento da atividade pesqueira, a urbanização, o desenvolvimento costeiro desordenado, tráfego de veículos e poluição das águas (ALMEIDA *et al.*, 2011) as quais têm degradado ambientes costeiros fundamentais para a alimentação das tartarugas (SANTOS *et al.*, 2011). Além de todas essas ameaças, a pesca acidental foi considerada um dos maiores problemas para a conservação da *C. mydas* (DOMICIANO *et al.*, 2017), pois causa a morte dos animais e danifica os habitats marinhos, resultando no declínio acentuado na abundância da espécie (BAUDOUIN *et al.*, 2015; DOMICIANO *et al.*, 2017).

Uma grande e crescente ameaça à fauna marinha e às tartarugas é o lixo. A ingestão destes resíduos é um problema de ampla distribuição e os impactos foram registrados em mais de 350 espécies marinhas (SANTOS, 2014). Essa problemática é considerada na atualidade, um dos impactos antropogênicos mais perduráveis e largamente disseminados nos ambientes marinhos (SANTOS *et al.*, 2015). As tartarugas são um grupo emblemático de animais ameaçados pelo lixo por sua complexa história de vida, alta mobilidade e, também, devido à constatação de ingestão desses detritos em seis das sete espécies viventes (NELMS *et al.*, 2015; SCHUYLER *et al.*, 2014). Por terem vida longa e os indivíduos juvenis apresentarem fidelidade à um determinado habitat costeiro, as tartarugas-verde são consideradas sentinelas ambientais devido a sua vulnerabilidade à degradação antropogênica e por indicarem perturbações ambientais (AGUIRRE & LUTZ, 2004).

Portanto, essa espécie é relevante no estudo do aumento do monitoramento e na criação de novas áreas protegidas (DOMICIANO *et al.*, 2017).

Existem diversos estudos relacionados à ingestão de lixo por tartarugas marinhas com base em métodos como lavagem estomacal ou análises fecais. Entretanto, além de subestimar a quantidade de detritos ingerida pois só uma parte do trato gastrointestinal é amostrada (SCHUYLER *et al.*, 2014), o modo como esses animais se alimentam ainda é desconhecido. Além dos padrões imprevisíveis de movimento, habitats de difícil acesso e fácil perturbação pela presença humana, a dificuldade de entender como se dá o consumo de detritos pelas tartarugas também está relacionada aos métodos de observação direta (SCHOFIELD *et al.*, 2019).

A observação direta através de binóculos, barcos, mergulhos com snorkel ou sem o uso de nenhum equipamento tem sido uma das principais ferramentas de vários estudos sobre a biologia desses animais (SCHOFIELD *et al.*, 2006), porém há limitações que dificultam a observação de um possível comportamento de forrageio. Os pesquisadores conseguem visualizar os animais emergindo à superfície especialmente para respirar por um breve momento, o que dificulta a investigação de como se dá a ingestão de resíduos sólidos pelas tartarugas através desse método (SCHOFIELD *et al.*, 2019).

Santos *et al.* (2015) constataram que a ingestão de itens flutuantes pelas tartarugas-verde foi maior em regiões sem fontes de alimento no fundo, o que indica uma possível alimentação na superfície. Esse comportamento de forrageamento de subsuperfície, se confirmado, leva a implicações sobre o impacto do lixo plástico nas tartarugas marinhas.

Avanços recentes com veículos aéreos não tripulados (VANT's), mais conhecidos como drones (CHAPMAN, 2014) vem sendo utilizados de forma crescente por pesquisadores pois permitem o acesso às informações que antes não eram possíveis (CHRISTIE *et al.*, 2016). Os drones apresentam grande potencial de visualização, identificação de espécies e como estas utilizam os habitats (CHABOT & BIRD, 2015).

Os drones apresentam diversas vantagens em relação às técnicas convencionais de

marcação e recaptura, mergulho autônomo e observação direta, por exemplo. Algumas vantagens são: provém informações em alta resolução e maior precisão em escalas espaciais e temporais a baixos custos de operação, segurança para o operador, proporcionam imagens e vídeos permanentes que podem ser acessados por demais pesquisadores, além de não causarem distúrbio aos animais (BEVAN *et al.*, 2015; LINCHANT *et al.*, 2015; BEVAN *et al.*, 2018). No entanto, essa tecnologia apresenta algumas desvantagens como limitação a estreitas condições climáticas para uso e baixa duração da bateria (RAOULT *et al.*, 2020).

Neste trabalho, será possível demonstrar com imagens aéreas que um comportamento de forrageio ainda não descrito chamado "nado de subsuperfície" pode facilitar o acesso da espécie à ingestão de plástico. Dessa forma, esse trabalho visa utilizar os drones como ferramenta para investigar possíveis novas formas de uso do habitat pela tartaruga verde e suas consequências para a conservação da espécie e suas áreas de alimentação.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

O estudo foi realizado na Baía do Espírito Santo, uma região semi-abrigada por ilhas e promontórios rochosos na cidade de Vitória, Espírito Santo, que fica numa zona metropolitana de cerca de 1,5 milhão de habitantes, na costa oeste do Atlântico, Brasil (Figura 1). É uma região de litoral recortado, com algumas áreas protegidas da ação direta das ondas e outras áreas expostas (GONÇALVES, R. K., 2019) e o clima é tropical quente com estação seca no inverno (IEMA, 2017).

Na Baía do Espírito Santo localiza-se a Área de Proteção Ambiental Baía das Tartarugas, que vem enfrentando intensa degradação ambiental nas últimas décadas devido ao acentuado processo de urbanização e ocupação desequilibrada, recebendo escoamento de residências domésticas, grandes indústrias e intensa atividade portuária (JÚNIOR, *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2010). Além disso, é reconhecida como área de alimentação de tartarugas-verde juvenis que sofrem com o intenso tráfego de barcos e uso de redes, anzóis, linhas e são afetadas por doenças como a fibropapilomatose (SANTOS *et al.*, 2011).

A região estudada é semi-abrigada, possuindo uma abertura para o mar aberto voltado para o lado sul, de onde incidem ondas de maior energia associado a entradas de frentes frias (Figuras 2 e 3). Em geral, as ondas têm uma altura de 1 metro e período de onda de 7 segundos. Essa configuração do local favorece a concentração de material em suspensão entre as ilhas do Boi e Galheta de Dentro (Figura 4).



**Figura 1.** Área de estudo onde ocorreram os sobrevoos com o drone entre as Ilha do Boi e Galheta de Dentro (círculo vermelho), em Vitória, no Espírito Santo (em branco), sudeste do Brasil.

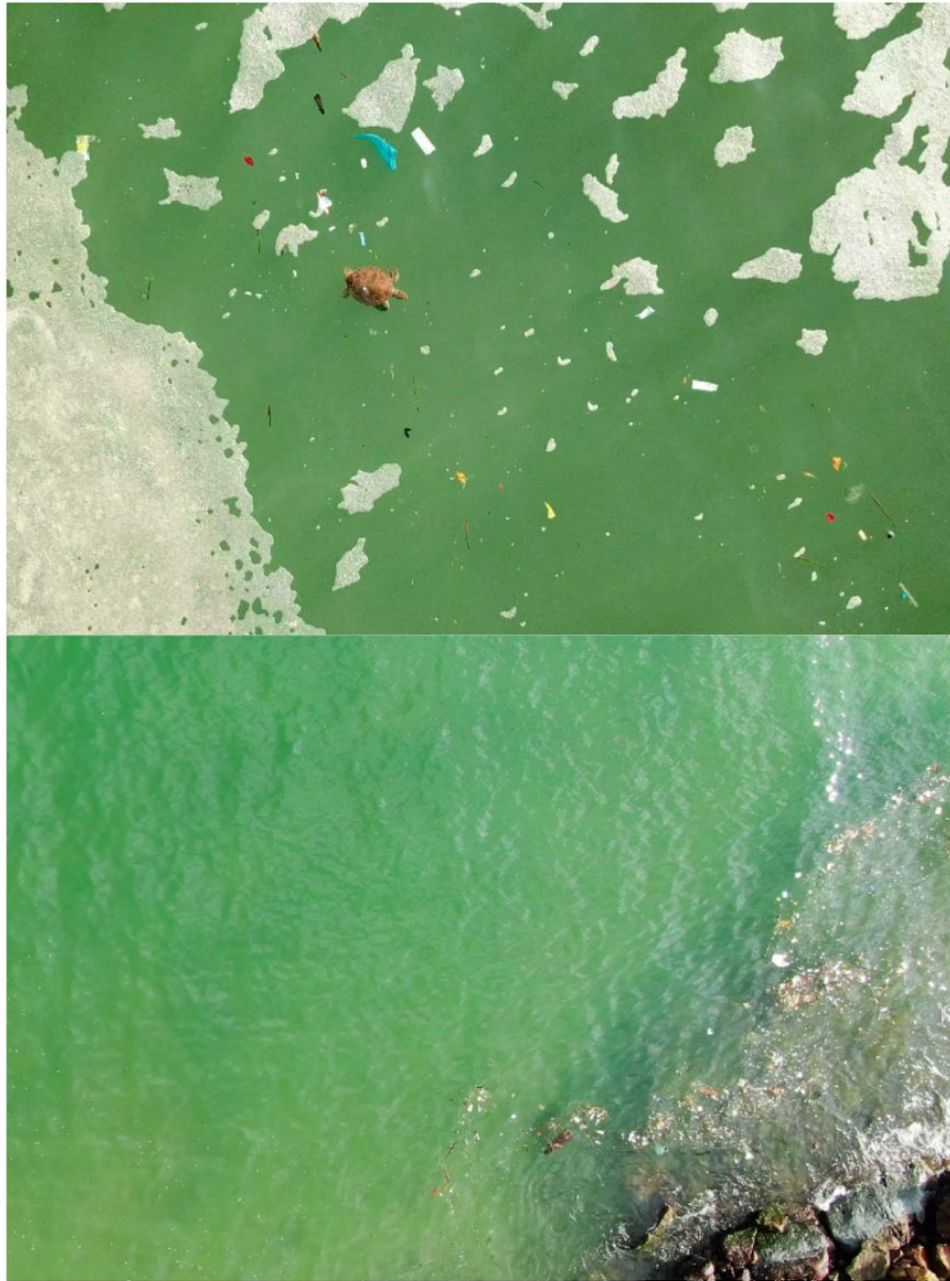


**Figura 2.** Área de ocorrência dos sobrevoos com drone entre as Ilha do Boi e Galheta de Dentro (em amarelo), em Vitória, Espírito Santo, região sudeste do Brasil.





**Figura 3.** Área de ocorrência dos sobrevoos com drone entre as ilhas do Boi e Galheta de Dentro (em amarelo), em Vitória, Espírito Santo, região sudeste do Brasil.



**Figura 4.** Material em suspensão concentrado entre as ilhas do Boi e Galheta de Dentro.

## 2.2. Coleta de dados

As coletas foram realizadas através de sobrevoos com filmagens utilizando como plataforma de observação o drone modelo Mavic Pro da fabricante DJI (Figura 4), um quadricóptero que captura vídeos em resolução 4K (4096 x 2160 pixels por frame) e autonomia de voo de aproximadamente 20 minutos. As filmagens foram realizadas entre os meses de março e junho de 2019 no período da manhã, totalizando 12 dias de amostragem (3 horas por dia) e aproximadamente 4 horas de vídeos registrados.



**Figura 5.** Quadricóptero da DJI Mavic Pro usado no projeto.

Para cada operação foi obtida uma autorização do Departamento de Controle do Espaço Aéreo de acordo com as instruções contidas na Circular de Informações Aeronáuticas (AIC-N21/10) de 23 de setembro de 2010.

Para a captura das imagens foi utilizado o método animal focal adaptado (BOSHOLN e ANCIÃES, 2018). No qual eram feitas buscas ativas com o drone sobrevoando a área de estudo a uma altura de 20 metros até localizar um indivíduo de *Chelonia mydas*. Uma vez localizado, alterava-se a altura para 5 metros e era feito um acompanhamento deste animal por um tempo aproximado de seis minutos (tempo máximo de 9 minutos e tempo mínimo de 1 minuto e 12 segundos), o qual era determinado pela disponibilidade do animal no campo visual da câmera do drone.

### **2.3. Análises de dados**

O material gravado em campo foi decupado com uso de software de edição de vídeo de forma a produzir arquivos com trechos nos quais era possível observar o comportamento da tartaruga verde. Uma vez que a área de estudo é um local de forrageio da espécie, sendo esse o principal comportamento verificado, os diferentes padrões de forrageio foram categorizados, descritos e os períodos de ocorrência de cada um foram estimados. Foram identificados e descritos também eventos de interesse para entender o uso do habitat (por exemplo, evento de ventilação e de captura de alimento).

O teste Mann-Whitney para amostras independentes foi realizado através do software Past 3.20 (HAMMER *et al.*, 2001) para comparar as frequências respiratórias de diferentes registros de forrageamentos de subsuperfície e fundo.

Durante o comportamento de forrageamento de subsuperfície foram observados eventos de captura de alimento. Para as diferentes proporções desses eventos de captura em relação a simples eventos de ventilação, sem comportamento alimentar, foi realizado o teste de qualidade de ajuste de qui-quadrado no software Past 3.20 (HAMMER *et al.*, 2001). Para esta análise, considerou-se como hipótese nula que a realização do nado de subsuperfície serviria apenas para ventilação, enquanto que para hipótese alternativa considerou-se que as tartarugas apresentaram nado de subsuperfície para forrageamento oportunista.

## **3. RESULTADOS**

### **3.1. Comportamentos de forrageamento**

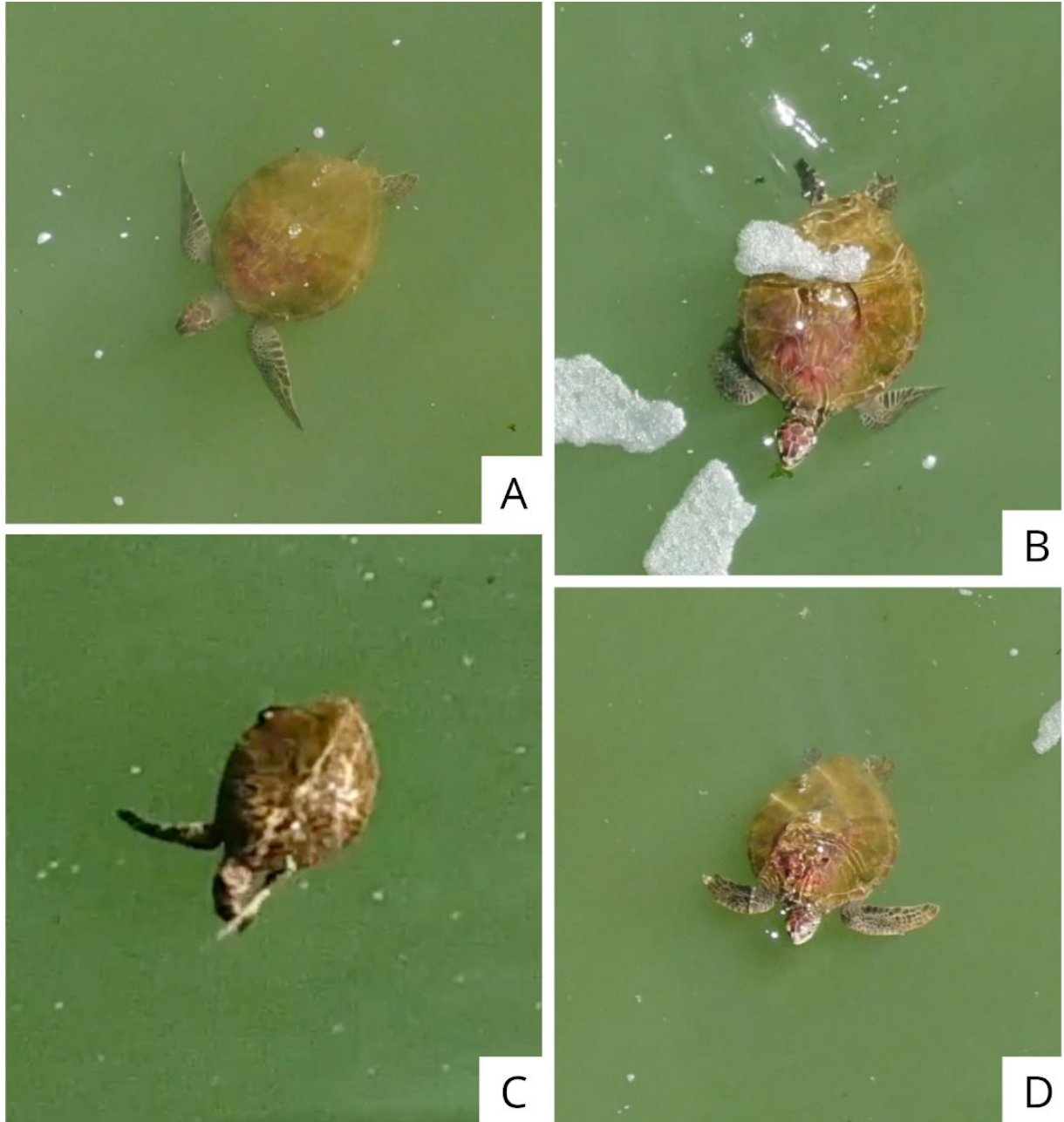
Os dados foram obtidos a partir da análise de 237 minutos de gravação, constatando 77 avistagens de indivíduos de *Chelonia mydas*. Foram observados dois diferentes tipos de forrageamento: de subsuperfície (39 avistagens) e de fundo (38 avistagens). Ademais, dois eventos de interação de indivíduos de tartarugas-verde com lixo foram identificados nos vídeos.

### 3.1.1. Forrageamento de subsuperfície ("nado de subsuperfície")

Após análise dos registros aéreos, percebeu-se um comportamento diferenciado de forrageamento dos indivíduos de tartaruga verde, o qual era realizado na subsuperfície d'água. Esse comportamento tinha as seguintes características (Vídeo com detalhes neste link: <https://youtu.be/2JqsC2Po9i8>):

- 1) a tartaruga verde encontrava-se logo abaixo da superfície, nadando horizontalmente (Figura 5A);
- 2) utilizaram as nadadeiras anteriores com maior frequência do que as inferiores para natação;
- 3) ocorreram constantes eventos de captura de alimento, os quais constituíam-se em grande parte de pequenos fragmentos de algas flutuantes (Figura 5B);
- 4) eventualmente quando encontravam fragmentos maiores de algas, utilizavam as nadadeiras anteriores para fracioná-las em pedaços menores para poder ingerí-los mais facilmente (Figura 5C);
- 5) o animal periodicamente elevava obliquamente a cabeça para fora d'água para ventilar, mantendo o corpo submerso e com forrageio contínuo (Figura 5D);
- 6) quando localizava algum alimento em suspensão, as nadadeiras eram usadas para se virar abruptamente em direção a esse alimento. O que levava o indivíduo a nadar mais ativamente para capturá-lo.



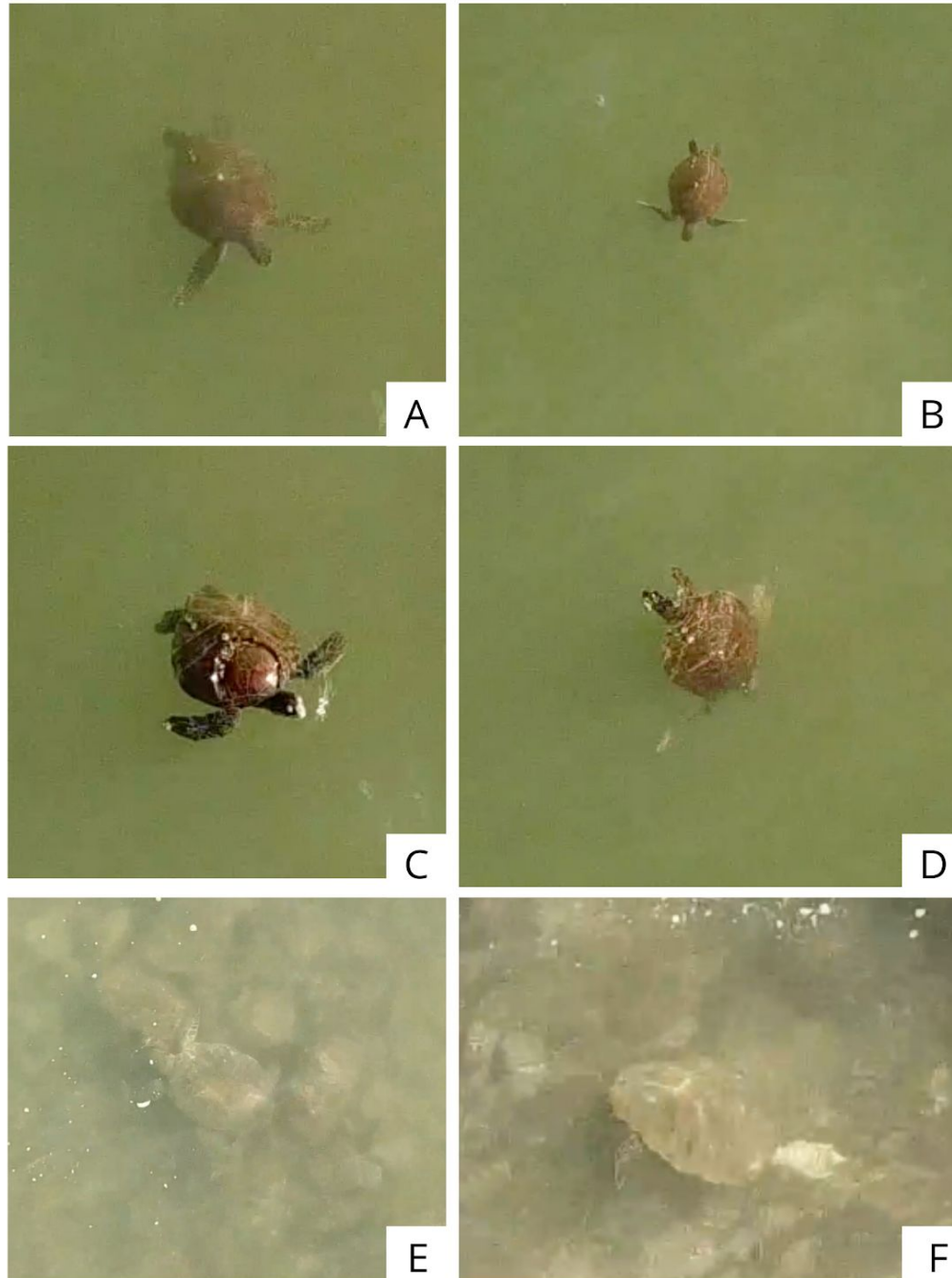


**Figura 6.** Registro do nado de forrageio de subsuperfície. A - Indivíduo de tartaruga verde avistada na subsuperfície. B - indivíduo se alimenta de fragmento flutuante de alga. C - o animal usa a nadadeira anterior para fracionar um fragmento de alimento em partes menores. D - a tartaruga eleva sua cabeça para fora da água para respirar.

### 3.1.2. Forrageamento de fundo

Além do comportamento de forrageamento de subsuperfície, foi observado também o comportamento de forrageamento de fundo, mais conhecido a partir de observações subaquáticas, o qual apresentou as seguintes características (Vídeo com detalhes neste link: <https://youtu.be/pbrUNFfB2j0>):

- 1) o animal era avistado nadando verticalmente do fundo em direção à superfície (Figura 6A) ou já encontrava-se na subsuperfície (Figura 6B), onde permanecia brevemente para ventilar (Figura 6C), sendo que posteriormente havia o retorno ao fundo com a continuação do forrageamento (Figura 6D). Nesse momento foi comum que o indivíduo deixasse de ser visível devido a turbidez da água;
- 2) durante a maré baixa e boas condições de turbidez da água, conseguia-se avistar o animal perto do fundo rochoso (Figura 6E) e acompanhá-lo por mais tempo. Assim, observou-se que: a) a tartaruga encontrava-se submersa forrageando perto das rochas (Figura 6F); b) foi observada uma natação ativa e vigorosa contra a correnteza e ondulação para conseguir alcançar o alimento aderido às rochas; c) ocorria a subida até a superfície, a qual era usada apenas para ventilar rapidamente. Finalmente, o ciclo se completava com novo retorno ao fundo com a continuação do forrageamento.



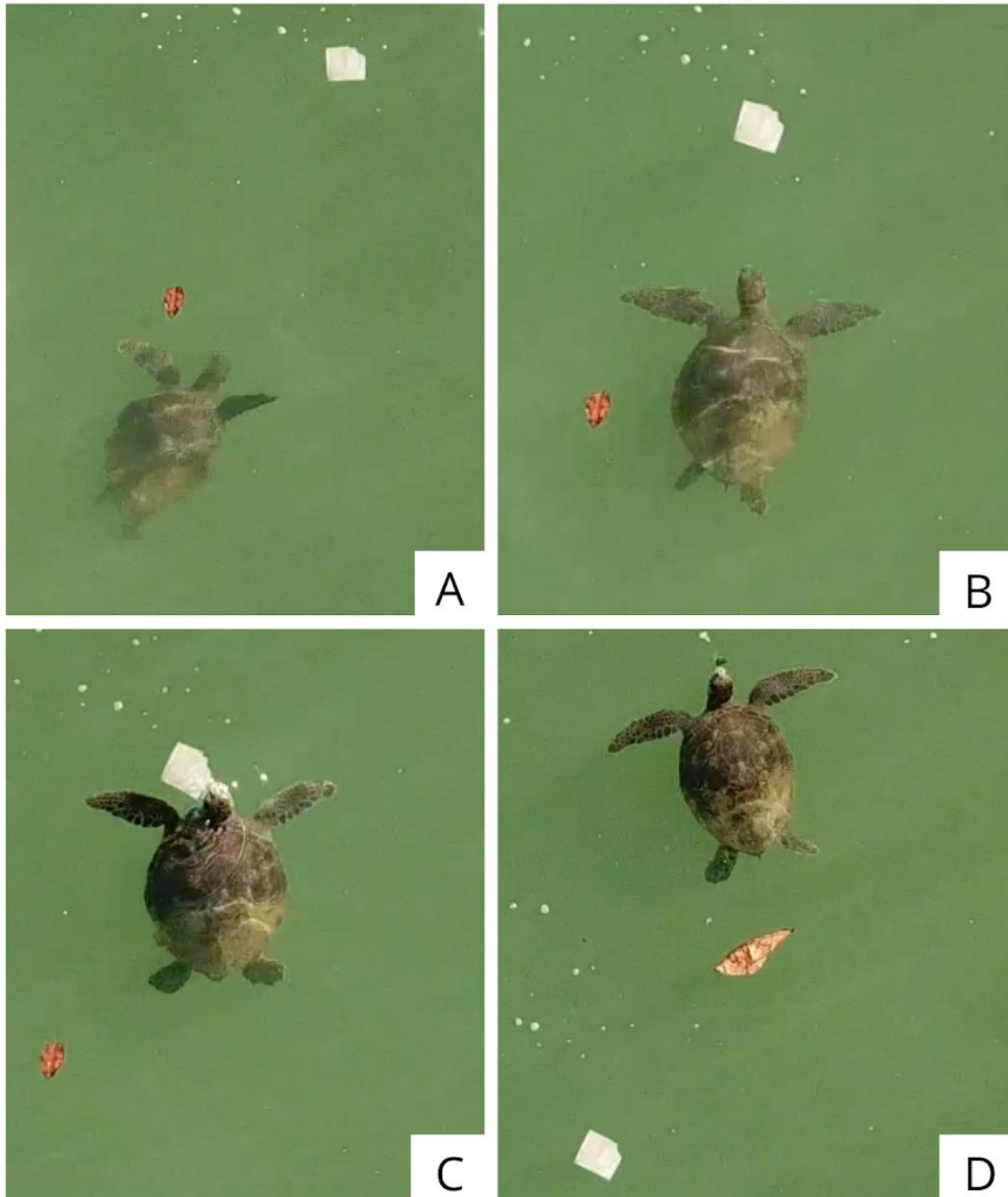
**Figura 7.** Registro do comportamento de forrageamento de fundo. A - indivíduo de tartaruga verde avistado nadando do fundo em direção a superfície. B - indivíduo avistado na subsuperfície. C - tartaruga na subsuperfície com as narinas para fora d'água para respirar. D - animal retorna ao fundo para forragear após eventos de respiração. E - tartaruga avistada perto do fundo rochoso. F - animal forrageando no fundo rochoso nadando contra correnteza.



### **3.1.3. Interações com lixo**

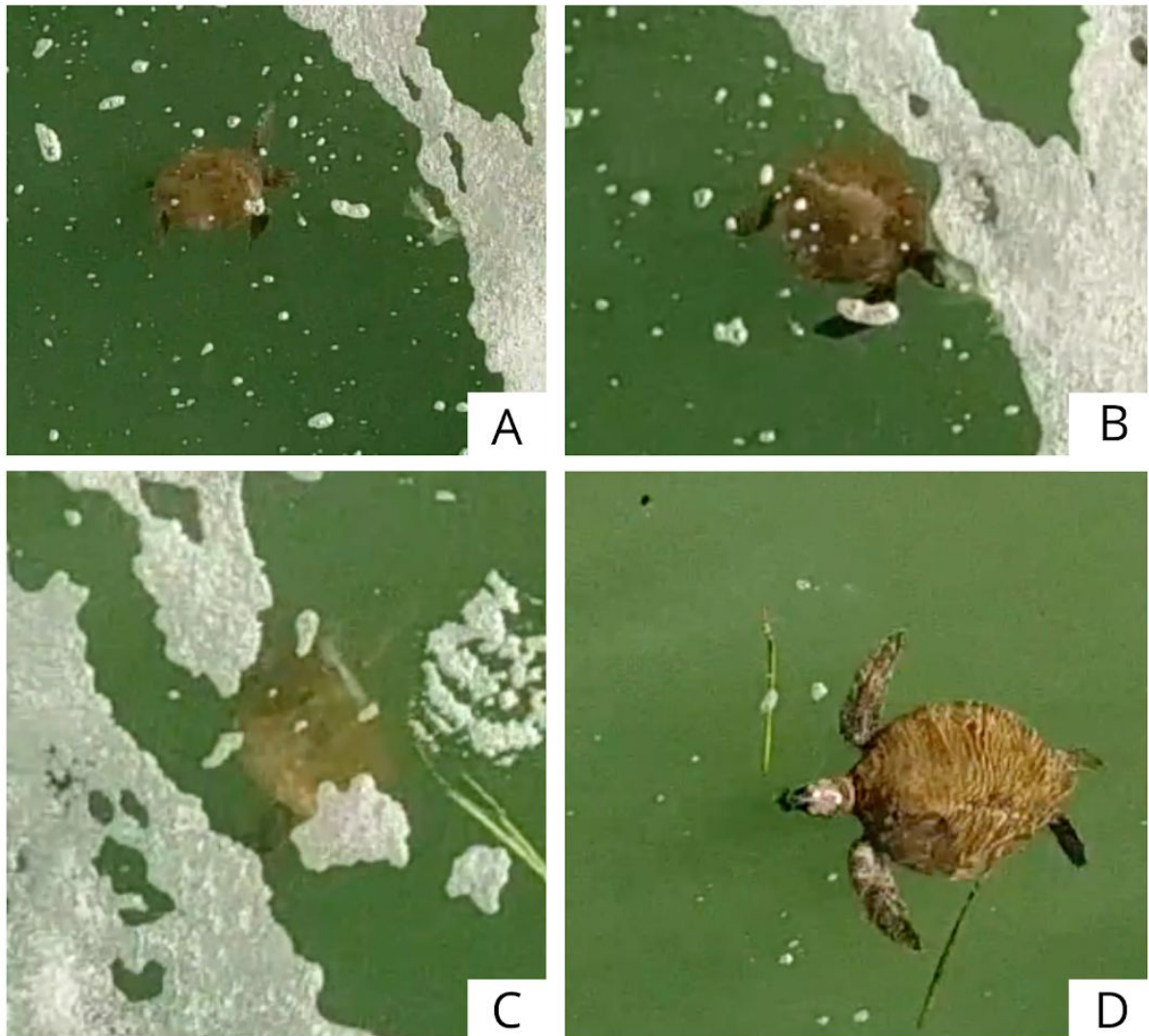
Foram registrados também, dois eventos de interação entre indivíduos de tartarugas-verde e lixo. (Vídeo com detalhes neste link: <https://youtu.be/pnnA28oTHQs>)

No primeiro evento, um indivíduo foi avistado na subsuperfície e tenta abocanhar, sem sucesso, um pedaço de plástico rígido branco. Logo após a tentativa, o animal abocanha um fragmento de alga (Figura 8).



**Figura 8.** Registro de interação de tartaruga verde com lixo. A - indivíduo é visto na subsuperfície. B - animal nada em direção a superfície e ao material flutuante. C - tartaruga tenta abocanhar o pedaço de plástico flutuante sem sucesso. D - após a tentativa de abocanhar o plástico, o animal se alimenta de um fragmento de alga.

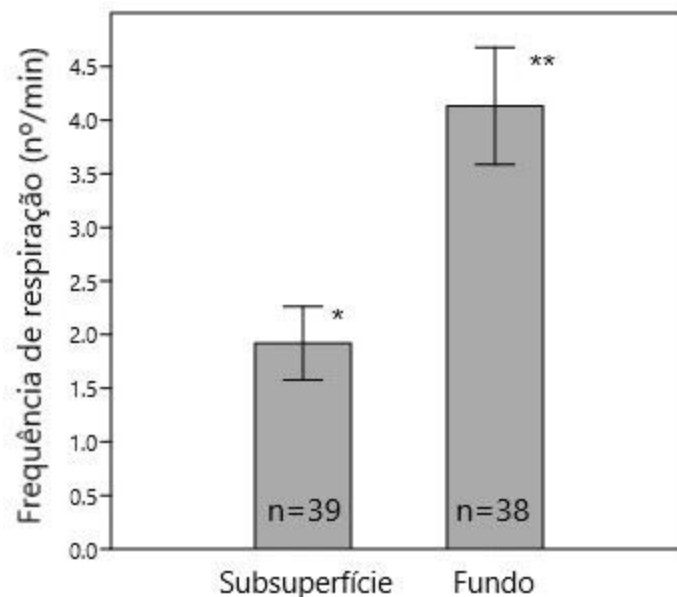
Já no segundo evento, o animal é avistado na subsuperfície e abocanha uma sacola plástica flutuante, em seguida mergulha para em direção ao fundo. A sacola é solta e o animal retorna à superfície continuando seu forrageamento e abocanhando uma porção de alga (Figura 9).



**Figura 9.** Registro de interação de tartaruga verde com sacola plástica. A - tartaruga é avistada na subsuperfície indo em direção a sacola plástica. B - animal abocanha a sacola. C - indivíduo nadando e mergulhando em direção ao fundo com a sacola. D - sacola plástica é solta e o indivíduo retorna à superfície e se alimenta de fragmento de alga.

### 3.2. Frequência respiratória

A frequência respiratória foi definida pela quantidade de eventos de ventilação contabilizados por minuto em cada tipo de forrageamento. Verificou-se que quando apresentaram comportamento de forrageamento de fundo, as tartarugas-verde respiraram o dobro de vezes em comparação ao comportamento de forrageamento de subsuperfície (Figura 9).

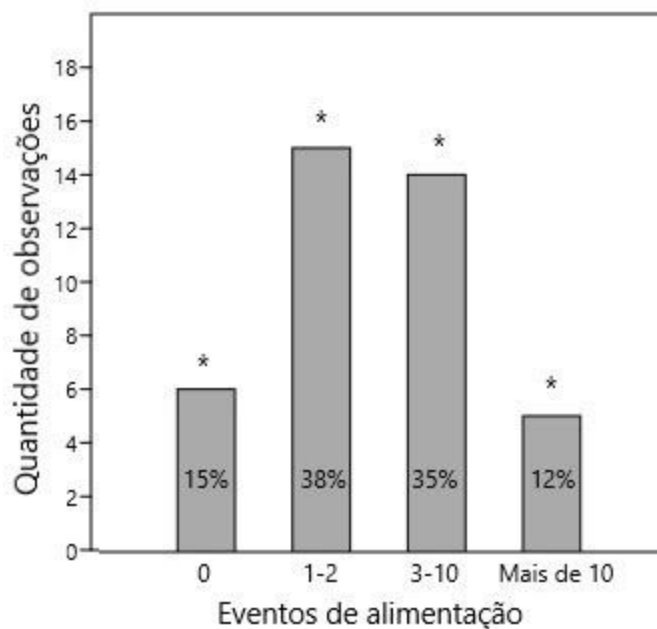


**Figura 10.** Taxas médias de respiração por minuto e desvios padrão de *Chelonia mydas* na subsuperfície e fundo (asteriscos indicam valores significativos de acordo com teste de Mann-Whitney).

### 3.3. Eventos de captura de alimento durante nado de subsuperfície

Durante o nado de subsuperfície, foram observados constantes eventos de captura de alimento pelas tartarugas-verde. Para esses eventos, a partir do teste de qualidade de ajuste de qui-quadrado ( $p < 0,05$ ), foi descartada a hipótese nula de que as tartarugas encontrariam-se na subsuperfície somente para captar o ar para ventilação.

Através da análise das imagens registradas, confirmou-se que as tartarugas captaram alimento pelo menos uma vez em 85% das observações totais. Em 12% delas, ocorreram mais de 10 eventos de captura de alimento por observação (Figura 10).



**Figura 11.** Distribuição dos eventos de captura de alimento encontrados durante o nado de subsuperfície, em que o eixo x indica a quantidade de vezes que foi ingerido algo em uma mesma observação e o eixo y a quantidade de observações de forrageamento de subsuperfície (asteriscos indicam valores significativos de acordo com o teste de qualidade de ajuste de qui-quadrado).

#### 4. DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho permitiram descrever um comportamento de forrageamento de subsuperfície (nado de subsuperfície) realizado pelas tartarugas-verde, o qual ainda não havia sido constatado. A utilização de drones foi fundamental para essa descoberta, possibilitando o armazenamento de imagens para posterior análise, o que não era viável através dos métodos tradicionais, como a observação direta. Além disso, esse tipo de forrageamento pode ter implicações para entender a grande prevalência de lixo em trato digestivo de tartarugas marinhas no mundo todo (SANTOS *et al.*, 2015).

O nado de subsuperfície descrito demanda menos energia visto que o alimento já se

encontra disponível em suspensão e sua coleta ocorre de maneira aleatória, sem necessidade da tartaruga fixar-se em um único ponto, ao contrário do forrageamento de fundo, o qual ocorre geralmente sobre plantas sésseis, necessitando um grande gasto energético para nadar contra correnteza ou ondulação para capturar o alimento. Dessa forma, a existência do nado de subsuperfície e sua grande frequência em relação ao forrageamento de fundo é coerente com a "teoria do forrageamento ótimo", que prevê que o custo energético envolvido na procura e captura não deve ser maior que os ganhos energéticos embutidos no alimento (NORBERG, 1977; CHAVES & ALVES, 2010). Foi observado que, durante esse tipo de forrageamento as tartarugas realizam menos eventos de ventilação quando comparado com o forrageamento de fundo, visto que há um baixo gasto energético num deslocamento aleatório pela superfície para capturar alimento. Assim, essa estratégia de forrageamento apresenta vantagens para o animal ainda que, aparentemente, a biomassa de alimento na superfície seja menor que no fundo.

Apesar do escasso conhecimento sobre o comportamento dos juvenis recém-eclodidos de tartarugas marinhas durante os "anos perdidos" (BOLTEN, 2013), sabe-se que os neonatos ocupam de fato a interface ar-mar (MANSFIELD *et al.*, 2014). Após a chegada dos neonatos na região oceânica, esses indivíduos podem passar de um a vários anos vivendo na subsuperfície de forma semipleustônica e de maneira mais inativa para reserva de energia em um ambiente oligotrófico (WITHERINGTON, 2002). Portanto, o nado de subsuperfície observado no presente estudo pode ser remanescente dos neonatos em sua fase oceânica, visto que em ambos os comportamentos, dos neonatos e juvenis, o animal obtém vantagens de um menor gasto de energia.

A presença ou até prevalência de estratégias de forrageamento como de subsuperfície sobre a de fundo pode ser consequência de ambientes que apresentem acumulação de materiais em suspensão. Há evidências de que as tartarugas marinhas podem modificar seu comportamento alimentar de acordo com a variação das condições ambientais (DODGE *et al.*, 2018). Segundo Santos *et al.* (2015), em ambiente de estuário onde possivelmente não havia alimento no fundo para forragear, inferiram, através de estudos do conteúdo intestinal, que as tartarugas passaram a se alimentar predominantemente de material encontrado na superfície.

Observações feitas na área de estudo durante as filmagens confirmaram que havia

na superfície uma alta concentração de algas e materiais em suspensão, principalmente lixo urbano, o que explicaria a grande frequência do nado de subsuperfície, mesmo havendo a presença de fundos rochosos com alta abundância de algas. Estima-se que essa alta disponibilidade de lixo flutuante seja comum em áreas costeiras tropicais e subtropicais no mundo todo, levando à exposição desses animais a uma de suas principais e subestimadas ameaças, a ingestão de lixo (SANTOS *et al.*, 2015).

Estima-se que há pelo menos 5,25 trilhões de partículas de plástico flutuantes no oceano, ameaçando a megafauna marinha (ERIKSEN *et al.*, 2014) e uma pequena quantidade de detritos já é suficiente para bloquear o trato digestivo e causar a morte de indivíduos juvenis de *Chelonia mydas* (SANTOS *et al.*, 2015). O comportamento de forrageamento de subsuperfície deixa as tartarugas mais vulneráveis a se alimentarem de detritos plásticos, uma vez que esse é o material mais abundante encontrado nos oceanos e possuem flutuabilidade positiva (SANTOS *et al.*, 2015), podendo ser ingeridos durante esse tipo de forrageamento.

Além da ameaça do consumo de plástico, outra consequência da descoberta do comportamento de subsuperfície para as tartarugas-verde é a maior vulnerabilidade a serem atingidas por barcos e redes de pesca. A captura acidental por redes de pesca em regiões costeiras e oceânicas é apontada como a maior ameaça antropogênica às tartarugas marinhas (TOMÁS *et al.*, 2008) e é uma preocupação mundial visto que seis de sete espécies estão classificadas como ameaçadas ou criticamente ameaçadas pela IUCN (SALES *et al.*, 2007, IUCN, 2020). A colisão com embarcações também é um risco para esses animais podendo causar sua morte ou sérias lesões (SHIMADA *et al.*, 2017).

Os resultados desse trabalho sobre o comportamento de forrageio das tartarugas-verde mostram que essa espécie e possivelmente outras tartarugas marinhas são muito mais vulneráveis às ameaças antropogênicas. Além disso, os altos índices de mortalidade em áreas urbanas de forrageio, seja pela pesca ou ingestão acidental de lixo, evidenciam as altas taxas de encalhes desses animais em áreas próximas dessas regiões. Com isso, fica incontestável a maior urgência de proteção das áreas de forrageio do trânsito de embarcações ou pesca, bem como o controle de resíduos sólidos que chegam na costa.

Futuras ações também devem focar na ampliação de programas de monitoramento, para os quais o uso de drones pode representar uma ferramenta de grande valor.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIRRE, A. A.; LUTZ, P. L. Marine Turtles as Sentinels of Ecosystem Health: Is Fibropapillomatosis an Indicator? **EcoHealth**, v. 1, p. 275-283, 2004.
- ALMEIDA, P. A.; SANTOS, A. J. B.; THOMÉ, J. C. A.; BELINI, C.; BAPTISTOTTE, C.; MARCOVALDI, M. A.; SANTOS, A. S.; LOPEZ, M. 2011. Avaliação do Estado de Conservação da Tartaruga Marinha *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758) no Brasil. Biodiversidade Brasileira. Número Temático: Avaliação do Estado de Conservação das Tartarugas Marinhas, Ano I, Nº 1, 12-19.
- BAUDOIN, M.; THOISY, B.; CHAMBAULT, P.; BERZINS, R.; ENTRAYGUES, M.; KELLE, L.; TURNY, A.; MAHO, Y. L.; CHEVALLIER, D. Identification of key marine areas for conservation based on satellite tracking of post nesting migrating green turtles (*Chelonia mydas*). **Biological Conservation**, v. 184, p. 36-41, 2015.
- BEVAN, E.; WIBBLES, T.; NAJERA, M. Z.; MARTINEZ, M. A. C.; MARTINEZ, L. A. S.; MARTINEZ, F. I.; CUERVAS, J. M.; ANDERSON, T.; BONKA, A.; HERNANDEZ, M. H.; PENA, L. J.; BURCHFIELD, P. M. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) for Monitoring Sea Turtles in Near-Shore Waters. **Marine Turtle Newsletter**, v.145. p. 9-22, 2015.
- BEVAN, E.; WHITING, S.; TUCKER, T.; GUINEA, M.; RAITH, A.; DOUGLAS, R. Measuring behavioral responses of sea turtle, saltwater crocodiles, and crested terns to drone disturbance to define ethical operating thresholds. **PLoS ONE**, v. 13, p. 1-17, 2018.
- BOLTEN, A. Variation in sea turtle life history patterns. **The Biology of Sea**



**Turtles**, volume II, 243-257. 2002

BOSHOLN, M., ANCIÃES, M. Focal Animal Sampling. **Encyclopedia of Animal Cognition and Behavior**, 2018.

CHABOT, D., BIRD, D. M. Wildlife research and management methods in the 21<sup>st</sup> century: Where do unmanned aircraft fit in? **NRC Research Press**, v. 3. p.137-155, 2015.

CHAPMAN, A. It's okay to call them drones. Editorial. **NRC Research Press**. vol. 2, 2014.

CHAVES, F. G. & ALVEZ, M. A. S. Teoria do forrageamento ótimo: premissas e críticas em estudos com aves. **Oecologia australis**, v.14, n. 2, p. 369-380, 2010.

CHRISTIE, K.; GILBERT, S. L.; BROWN, C. L.; HATFIELD, M.; HANSON, L. Unmanned aircraft systems in wildlife research: current and future applications of a transformative technology. **Frontiers in Ecology**, v.14. p. 241-25, 2016.

DODGE, K. L., KUKULYA, A. L., BAUMGARTNER, M. F. Turtlecam: a "smart" autonomous underwater vehicle for investigating behaviors and habitats of sea turtles. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, p. 1-10, 2018.

DOMICIANO, I. G.; DOMIT, C.; BRACAENSE, A. P. F. R. L. The green turtle *Chelonia mydas* as a marine and coastal environmental sentinels: anthropogenic activities and diseases, **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n. 5, p. 3417-3434, 2017.

ERIKSEN, M., LEBRETON, L.C.M., CARSON, H.S., THIEL, M., MOORE, C.J., BORERRO, J.C., GALGANI, F., RYAN, P.G., REISSER, J. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. **PLoS One**, p. 1–15, 2014.

- GONÇALVES, R. K. *Enfoque metodológico para a implementação de unidades de conservação*. 2019. 226 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) - Instituto de Oceanografia - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 2019.
- HAMANN, M.; GODFREY, M. H.; SEMINOFF, J. A.; ARTHUR, K.; BARATA, P. C. R.; BJORNDAL, K. A.; BOLTEN, A. B.; BRODERICK, A. C.; CAMPBELL, L. M.; CARRERAS, C.; CASALE, P.; CHALOUPKA, M.; CHAN, S. K. F.; COYNE, M. S.; CROWDER, L. B.; DIEZ, C. E.; DUTTON, P. H.; EPPERLY, S. P.; FITZSIMMONS, N. N.; FORMIA, A.; GIRONDOT, M.; HAYS, G. C.; CHENG, I. J.; KASKA, Y.; LEWISON, R.; MORTIMER, J. A.; NICHOLS, W. J.; REINA, R. D.; SHANKER, K.; SPOTILA, J. R.; TOMÁS, J.; WALLACE, B. P.; WORK, T. M.; ZBIDEN, J.; GODLEY, B. J. Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21<sup>st</sup> century. **Endangered Species Research**, v. 11, p. 245-260, 2010.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. **PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis**. *Paleontologia Electronica*, v. 4, n. 1, 2001.
- HAZEL, J., LAWLER, I. R., HAMANN, M. Diving at the shallow end: Green turtle behavior in near-shore foraging habitat. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 371, p. 84-92, 2009.
- IUCN 2020. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-2. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org>. Acesso em: 27 de Outubro 2020
- JÚNIOR, P. V., BASTOS, A. C., QUARESMA, V. S. Morfologia e distribuição sedimentar em um sistema estuarino tropical: Baía de Vitória, ES. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 27, n. 4, p. 609-624, 2009.
- LINCHANT, J., LISEIN, J., SEMEKI, J., LEJEUNE, P., VERMEULEN, C. Are

- unmanned aircraft systems (UASs) the future of wildlife monitoring? A review of accomplishments and challenges. **Mammal Review**, v. 45. p. 239- 252, 2015.
- MANSFIELD, K. L., WYNEKEN, J., PORTER, W. P., & LUO, J. First satellite tracks of neonate sea turtles redefine the “lost years” oceanic niche. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 281, n. 1781, p. 1-9, 2014.
- NELMS, S. E., DUNCAN, E. M., BRODERICK, A. C., GALLOWAY, T. S., GODFREY, M. H., HAMANN, M., LINDEQUE, P. K., GODLEY, B. J. Plastic and Marine turtles: a review and call for research. **ICES Journal of Marine Science**, p. 1-17, 2015.
- NORBERG, R. A. An Ecological Theory on Foraging Time and Energetics and Choice of Optimal Food-Searching Method. **The Journal of Animal Ecology**, v. 46. n. 2, p. 511, 1977.
- RAOULT, V., COLEFAX, A. P., ALLAN, B. M., CAGNAZZI, D., CASTELBLANCO-MARTÍNEZ, N., IERODIACONOU, D., JOHNSTON, D. W., LANDEO-YAURI, S., LYONS, M., PIROTTA, V., SCHOFIELD, G., BUTCHER, P. A. Operational Protocols for the use of Drones in Marine Animal Research, v. 4, n. 4, p. 64, 2020.
- SALES, G. GIFFONI, B. B., BARATA, P. C. R. Incidental catch of sea turtles by the Brazilian pelagic longline fishery. **Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 88, n. 8, p. 853-864, 2007.
- SANTOS, M. R. D., MARTINS, A. S., BAPTISTOTTE, C., WORK, T. M. **Health condition of juvenile *Chelonia mydas* related to fibropapillomatosis in southeast Brazil**. *Diseases of Aquatic Organisms*, v. 115, p. 193-201, 2015.
- SANTOS, R. G. *Variação na dieta da tartaruga verde, Chelonia mydas, e o impacto da ingestão de lixo ao longo da costa brasileira*. 2014. 92 f. Tese

- (Doutorado em Biologia Animal) - Centro de Ciências Humanas e Naturais, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2014.
- SANTOS, R.G., ANDRADES, R., BOLDRINI, M.A., MARTINS, A.S. Debris ingestion by juvenile marine turtles: An underestimated problem. **Marine Pollution Bulletin**, v.93, n.1-2, p.37-43, 2015.
- SANTOS, R. G., MARTINS, A.G., FARIAS, J. N., HORTA, P. A., PINHEIRO, H. T., TOREZANI, E., BAPTISTOTTE, C., SEMINOFF, J. A., BALAZS, G. H., WORK, T. M. Coastal habitat degradation and green sea turtles diets in Southeastern Brazil. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 6, p. 1297, 2011.
- SANTOS, R. G., MARTINS, A. G., 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.
- SANTOS, R. G., MARTINS, A. S., TOREZANI, E., BAPTISTOTTE, C., FARIAS, J. N., HORTA, P. A., WORK, T. M., BALAZS, G. H. Relationship between fibropapillomatosis and environmental quality: A case with *Chelonia mydas* off Brazil. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 89, p. 87-95, 2010.
- SHIMADA, T., LIMPUS, C., JONES, R., HAMANN, M. Aligning habitat use with management zoning to reduce vessel strike of sea turtles. **Ocean & Coastal Management**, v. 142. p.163-172, 2017.
- SCHOFIELD, G., ESTEBAN, N., KATSELIDIS, K. A., HAYS, G.C. Drones for research on sea turtles and other marine vertebrates - A review. **Biological Conservation**, v. 238, p. 1-10, 2019.
- SCHOFIELD, G., KATSELIDIS, K. A., DIMOPOULOS, P., PANTIS, J. D., HAYS, G. C. Behaviour analysis of the loggerhead sea turtle *Caretta caretta* from direct in-water observation. **Endangered Species Research**, v. 2, p. 71-79, 2006.

- SCHUYLER, Q., HARDESTY, B. D., WILCOX, C., TOWNSEND, K. Global analysis of anthropogenic debris ingestion by sea turtles. **Conservations Biology**, v. 28, n. 1, p. 129-139, 2013.
- TOMÁS, J., GOZALBES, P., RAGA, J. A., GODLEY, B. J. Bycatch of loggerhead sea turtles: insights from 14 years of stranding data. **Endangered species research**, v. 5. p. 161-169, 2008.
- VIEIRA, A. B. (coordenador). **Relatório da qualidade do ar Grande Vitória 2017**. Cariacica: IEMA, 2019. Disponível em: [https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/Relatorios\\_anuais/Relat%C3%B3rio\\_Anuar\\_de\\_Qualidade\\_do\\_Ar\\_2017.pdf](https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/Relatorios_anuais/Relat%C3%B3rio_Anuar_de_Qualidade_do_Ar_2017.pdf). Acesso em: 10 de outubro 2020.
- WHITHERINGTON, B. Ecology of neonate loggerhead turtles inhabiting lines of downwelling near a Gulf Stream front. **Marine Biology**, v. 140. p. 843-853, 2002.
- WITHERINGTON, B., HIRAMAN, S., HARDY, R. Young sea turtle of the pelagic *Sargassum*-dominated community: habitat use, population density and threats. **Marine Ecology Progress Series**, v. 463, p. 1-22, 2012.