

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

INGREDY DA SILVA

**O USO DE DRONES NA QUANTIFICAÇÃO DE TARTARUGAS MARINHAS NA
APA COSTA DOS CORAIS - AL**

Maceió

2023

INGREDY DA SILVA

**O USO DE DRONES NA QUANTIFICAÇÃO DE TARTARUGAS MARINHAS NA
APA COSTA DOS CORAIS - AL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do curso de graduação em Ciências
Biológicas da Universidade Federal de Alagoas,
como requisito para obtenção do grau de Bacharel
em Ciências Biológicas.

Orientação: Prof. Dr. Robson Guimarães dos Santos

Maceió

2023

**Catálogo na Fonte Universidade
Federal de Alagoas Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico**

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

S586u Silva, Ingredy da.
O uso de drones na quantificação de tartarugas marinhas na APA Costa dos Corais - AL / Ingredy da Silva. – Maceió, 2023.
42 f. : il.

Orientador: Robson Guimarães dos Santos.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Ciências Biológicas: bacharelado) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Maceió, 2023.

Bibliografia: f. 37-42.

1. Tartaruga marinha. 2. População biológica. 3. Áreas protegidas. 4. Tartaruga marinha - Mortalidade. I. Título.

CDU: 598.133

*Dedico este trabalho às três Marias
da minha vida, Maria Iêda, Maria
Hilda e Maria José (in memoriam)
minhas maiores incentivadoras*

AGRADECIMENTOS

À Deus, minha força e refúgio nos momentos difíceis e ansiosos.

À Universidade Federal de Alagoas e ao Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde pelas experiências e conhecimentos adquiridos ao longo desses quatro anos que me permitiram ser a profissional que sou.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Robson Guimarães dos Santos, pelo acolhimento no Laboratório de Biologia Marinha e Conservação e por todo o conhecimento e confiança que me foi dado ao longo desses quatro anos, pelo exemplo de profissional e maior inspiração na instituição, espero me tornar metade do profissional que é.

Aos meus colegas de laboratório que me acolheram e me ensinaram tanto, pelas experiências incríveis e pela amizade que levarei para o resto da vida. A minha colega de laboratório e de projeto Priscilla Oliveira, que me acompanhou, ensinou e foi a minha maior inspiração ao longo dessa pesquisa, pela amiga que se tornou e pela pesquisadora incrível que é. Que tornou os dias mais leves, mesmo em meio a uma pandemia, que tornou essa pesquisa possível e pela pessoa incrível que não me deixou desistir mesmo quando não tinha mais forças para continuar.

As minhas amigas de graduação e de vida, Thayná Félix Mota e Ana Beatriz Silva Melo, por tornar essa jornada tão incrível e acompanhar cada pequena conquista, me ajudando e me incentivando a cada dia. Amo vocês e todas as memórias que construímos, os choros pós matérias e as alegrias compartilhadas.

Agradeço as três mulheres mais importantes da minha vida, as minhas três Marias; Maria Iêda, Maria Hilda e Maria José (*in memoriam*). Pelo que há de mais valioso, a vida, o amor e a educação. Por acreditarem que eu posso chegar tão longe e que posso ganhar o mundo, por me guiarem ao longo da vida e serem minha base, por todo o incentivo, financiamento, paciência e o mais importante, por me transformarem no que sou hoje. Amo vocês.

As minhas irritantes irmãs Hanna Karen e Raíssa Darcy por todas contribuições, por escutarem e acreditarem em meus projetos. Ao meu avô José Luiz, homem incrível e forte que me criou como uma filha e me acolheu com amor e meu pai Rosivaldo Francisco, pela estrutura que me foi dada para que terminasse a graduação.

A Catherine Santos Passos e Kelly Kaline por compreender todas as minhas ausências e serem as melhores amigas que a vida poderia ter me dado.

E, por fim, a todos os outros colegas e parentes que contribuíram com a minha formação acadêmica e pessoal, pelo apoio, ensinamento e amor.

RESUMO

Ocupando um dos nichos mais importantes de seus ambientes, o de mega herbívoro marinho, tartarugas-verdes contribuem com a estruturação dos recifes de coral no controle de algas e pradarias, que competem diretamente com corais. Esse importante papel tem sido ameaçado ao longo dos séculos, com suas populações sendo dizimadas em decorrência de pressões antrópicas. Apesar dos esforços de conservação serem bastante eficazes, estudos populacionais ainda precisam lidar com a significativa falta de informações. Dados populacionais são altamente relevantes para o estabelecimento e gestão de áreas protegidas, por isso o presente estudo teve como objetivo mapear as áreas de alimentação de tartarugas marinhas na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais utilizando drones. Além de avaliar se as categorias de zoneamento presentes nessa área de proteção contemplam a distribuição desses animais e a relação entre encalhes e avistamentos nessas áreas. O estudo foi desenvolvido na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais - APACC. Os sobrevoos foram divididos em 136 transectos, cobrindo um total de 20% da área de estudo. O número de tartarugas marinhas em cada fotografia foi determinado a partir de contagens manuais. O número de avistamentos e a área total dos transectos (km²) foram utilizadas para o cálculo de estimativa de densidade de tartarugas marinhas na área de estudo. A mortalidade foi determinada pela razão entre o tamanho populacional estimado e o número de indivíduos encalhados dentro de cada unidade amostral. Um total de 13.538 imagens foram obtidas nos 136 transectos realizados, com 182 tartarugas marinhas avistadas, distribuídas ao longo da área de estudo, e uma densidade de avistamento de 6,65 tartarugas/km². Foram observadas quatro áreas centrais de maior densidade, em Japaratinga, São Miguel dos Milagres, Barra de Santo Antônio e Maceió. As contagens manuais foram realizadas em cada uma das categorias de zoneamento de maneira exclusiva, com 15 tartarugas-verdes sendo avistadas na ZPRE, 87 na ZPRO e 80 na ZUMO, sendo esta última a que apresentou a maior densidade de tartarugas marinhas de 1,19 tartarugas/km². A relação entre áreas centrais de maior densidade e as áreas com maior número de encalhes demonstrou a sobreposição de ambas. Com Japaratinga e São Miguel dos Milagres expressando as maiores mortalidades e densidades consideráveis. Os resultados apresentados, mostram que as categorias de zoneamento da APACC não são eficazes na proteção de *Chelonia mydas*, sendo necessárias mudanças nos padrões espaciais dessas categorias, a fim de reduzir a mortalidade desses animais, que também se demonstrou alta.

Palavras-chave: tartarugas marinhas; densidade; áreas protegidas; mortalidade

ABSTRACT

Occupying one of the most important niches in their environments - marine mega herbivores - green turtles contribute to the structuring of coral reefs in the control of algae and grasslands, which compete directly with corals. This important ecological role has been threatened over the centuries, with their populations being decimated as a result of anthropic pressures. Despite effective conservation efforts, population studies for the species still need to deal with a significant lack of information. Considering that population data are highly relevant both for the establishment and management of protected areas and for the protection of species, the present study aimed to (1) map the feeding areas of sea turtles in the Costa dos Corais Environmental Protection Area (APACC) using drones; (2) evaluate the ability of the protection area's zoning categories to contemplate the distribution of the species; (3) as well as to evaluate the relationship between strandings and sightings of the species in these areas. The study was developed at APACC, in the state of Alagoas. The flyovers were divided into 136 transects, covering a total of 20% of the study area. The number of sea turtles in each photograph was determined from manual counts. The number of sightings and the total area of the transects (km²) was used to estimate the density of sea turtles. Mortality was determined by the ratio between the estimated population size and the number of stranded individuals within each sampling unit. A total of 13,538 images were obtained in the 136 transects carried out, with 182 sea turtles sighted, distributed throughout the study area, and a sighting density of 6.65 turtles/km². Four central areas of greater density were observed, in the cities of Japaratinga, São Miguel dos Milagres, Barra de Santo Antônio, and Maceió. Manual counts were carried out in each of the zoning categories with 15 green turtles being sighted in the ZPRE, 87 in the ZPRO, and 80 in the ZUMO, the latter being the one with the highest density of sea turtles of 1.19 turtles/km². The relationship between central areas of greater density and areas with a greater number of strandings demonstrated the overlapping of both. The cities of Japaratinga and São Miguel dos Milagres show the highest mortalities and considerable densities. The results presented show that the APACC zoning categories are not effective in protecting *Chelonia mydas*, requiring changes in the spatial patterns of the categories in order to reduce the mortality of these animals, which also proved to be high.

Keywords: sea turtles; density; protected areas; mortality

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1. As tartarugas Marinhas	14
3.2. Tartaruga-verde, <i>Chelonia mydas</i>	15
3.3. Papel ecológico das tartarugas-verdes	16
3.4. Dinâmica populacional	17
3.5. A importância e as dificuldades na obtenção de dados populacionais	17
3.6. A importância de áreas marinhas protegidas para populações	18
4. MATERIAL E MÉTODO	20
4.1. Área de Estudo	20
4.1.1. Zoneamento da APACC	20
4.2. Coleta de dados	21
4.3. Análise de dados	22
4.3.1. Contagem de tartarugas marinhas e densidade	22
4.3.2. Indicativos de Mortalidade	24
5. RESULTADOS	25
6. DISCUSSÃO	30
7. CONCLUSÃO	35
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

Cinco das setes espécies de tartarugas marinhas existentes ocorrem no oceano Atlântico, incluindo a costa brasileira, utilizada principalmente como área de alimentação em estágios juvenis de desenvolvimento (MARCOVALDI et al, 1999). *Caretta caretta*, *Lepidochelys olivacea*, *Eretmochelys imbricata*, *Chelonia mydas* e *Dermochelys coriacea* são as espécies que utilizam águas brasileiras e, com exceção da última, todas as outras utilizam o litoral alagoano, sendo a tartaruga-verde, *C. mydas* a mais abundante delas (REIS & GOLDBERG, 2017).

Tartarugas-verdes são animais altamente migratórios e com grande distribuição, indo dos trópicos às zonas mais temperadas (HIRTH, 1997; BOWEN & KARL, 2007). Em sua história de vida, esses animais eclodem e movem-se para o mar nadando ativamente até as zonas pelágicas, onde passam os chamados “*anos perdidos*”, migrando passivamente com os giros oceânicos (MUSICK e LIMPUS, 1997; BOWEN e KARL, 2007). Quando juvenis, retornam para as zonas neríticas, para as áreas de alimentação, mudando sua dieta de onívora para herbívora (HIRTH, 1997). Ocupando um dos nichos mais importantes de seus ambientes, o de mega herbívoro marinho, contribuindo com a estruturação dos recifes de coral no controle de algas e pradarias, que competem diretamente com corais por espaço (ARTHUR & BALAZS, 2008; HEITHAUS, 2013; CARDONA et al, 2020). Além dos inúmeros impactos diretos e indiretos a essas comunidades (HEITHAUS, 2013; CARDONA et al, 2020).

Esse importante papel tem sido ameaçado ao longo dos séculos, com suas populações sendo dizimadas em decorrência de pressões antrópicas como a pesca, alteração de seu habitat e ingestão de detritos encontrados no mar (WALLACE et al, 2011; SEMINOFF et al, 2015). No entanto, populações de tartarugas-verdes ao redor do mundo tem passado por grandes recuperações, em especial as do Atlântico Sul Ocidental, graças a inúmeros esforços em ações de conservação implementadas nas últimas décadas (CHALOUPKA & BJORN DAL, 2008; KITTINGER et al, 2013; BRODERICK & PATRÍCIO, 2019).

Apesar dos esforços de conservação serem bastante eficazes, ainda temos poucas informações sobre a demografia de tartarugas marinhas em suas áreas de alimentação (MAZARIS et al, 2006). As informações demográficas sobre tartarugas marinhas atualmente são majoritariamente restritas à quantificação de fêmeas nas praias de nidificação. Apesar de ser um método eficaz para avaliar a recuperação das populações de tartarugas marinhas, existe um grande descompasso de tempo de avaliação entre a implementação da medida de conservação e os resultados sobre as populações, já que as tartarugas marinhas levam vários

anos (até 25 anos) para atingir a maturidade sexual e retornar às áreas de desova (LUTZ & MUSICK, 2002; SYKORA - BODIE et al, 2017). O desenvolvimento de veículos aéreos não tripulados (drones) tem se tornado uma técnica alternativa de baixo custo para avaliação das populações de tartarugas marinhas (indivíduos juvenis e adultos) em suas áreas de alimentação, coletando informações para o monitoramento das populações de forma segura e econômica, reduzindo os impactos comportamentais e aumentando a precisão de levantamentos populacionais (EGUCHI et al, 2007; SYKORA - BODIE et al, 2017; RAOULT & GASTON, 2018).

A necessidade de métodos mais rápidos e econômicos, tem tornado o uso de drones uma ferramenta cada vez mais comum na obtenção de dados populacionais (SYKORA - BODIE et al, 2017). Ademais, estes equipamentos são capazes de fornecer grandes quantidades de informações, reduzindo o tempo de levantamento e aumentando a precisão devido sua grande área de cobertura (SYKORA - BODIE et al, 2017; RAOULT & GASTON, 2018). Informações populacionais são altamente relevantes para o estabelecimento e gestão de áreas protegidas, por isso o presente estudo teve como objetivo mapear as áreas de alimentação de tartarugas marinhas na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais utilizando drones. Além de avaliar se as categorias de zoneamento presentes nessa área de proteção contemplam a distribuição desses animais e qual a relação entre os encalhes e os avistamentos nesta unidade de conservação.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Mapear as áreas de alimentação de tartarugas marinhas na APA Costa dos Corais – AL.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar a densidade de tartarugas marinhas encontradas na APACC – AL.
- Mapear as áreas com maior concentração de tartarugas marinhas na APACC – AL.
- Avaliar a relação entre a distribuição das tartarugas marinhas e o zoneamento da APACC – AL.
- Avaliar a relação entre encalhes e avistamentos como possível indicador de mortalidade de tartarugas marinhas na APACC – AL.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. As tartarugas marinhas

Tartarugas marinhas pertencem a linhagem mais antiga de répteis vivos, com registros fósseis datando pelo menos 200 milhões de anos; tendo como ancestral o gênero *Proganochelys* (Gaffney, 1990) que apresentava características morfológicas associadas às tartarugas marinhas atuais, incluindo carapaça e plastrão (MUSICK & LIMPUS, 1997; MÁRQUEZ, 1990; REIS & GOLDBERG, 2017). Os gêneros vivos atualmente surgiram no Cenozóico, no período inicial do Eoceno ao Pleistoceno, há cerca de 60 milhões de anos (MÁRQUEZ, 1990; REIS & GOLDBERG, 2017).

Esses animais pertencem a classe Reptilia, ordem Testudine, caracterizada pelo corpo revestido por uma carapaça óssea, vértebras e costelas fusionadas. Fazendo parte subordem Cryptodira, dentro da superfamília Chelonoidea; são divididos em duas principais famílias, os Cheloniidae com seis espécies viventes *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758), *Eretmochelys imbricata* (Linnaeus, 1766), *Lepidochelys olivacea* (Eschscholtz, 1829), *Lepidochelys Kempii* (Garman, 1880), *Natator depressus* (Garman, 1880) e *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758); e os Dermochelyidae com apenas uma espécie vivente a *Dermochelys coriacea* (Vandelli, 1761) (MEYLAN & MEYLAN, 1999; RAPHAEL, 2003; EVERS et al, 2019; WYNEKEN et al, 2013).

A maioria das espécies de tartarugas marinhas tem distribuição circunglobal (exceto as espécies *Natator depressus* e *Lepidochelys kempii* com distribuição restrita ao continente australiano e ao Golfo do México, respectivamente) indo de águas tropicais, subtropicais e temperadas, com centenas de praias de nidificação e áreas de forrageamento, formando uma complexa rede de rotas migratórias (MÁRQUEZ, 1990; WYNEKEN et al, 2013). No entanto, apesar da ampla distribuição, esses animais diferem em seus ciclos de vida, distribuição geográfica e comportamento; havendo também diferenças consideráveis entre populações da mesma espécie (MÁRQUEZ, 1990).

A costa brasileira é amplamente utilizada para reprodução, desova e alimentação das cinco espécies que ocorrem no Atlântico Sul, que são: *C. mydas*, *L. olivacea*, *C. caretta*, *E. imbricata* e *D. coriacea*. Com exceção da tartaruga de couro, *D. coriacea*, todas as outras espécies utilizam o litoral de alagoano regularmente como área de alimentação e desova, sendo, a tartaruga-verde, *C. mydas*, a mais abundante nas áreas de alimentação (MARCOVALDI et al, 1999; BOWEN & KARL, 2007; REIS & GOLDBERG, 2017).

3.2. Tartaruga-verde, *Chelonia mydas*

Tartarugas-verdes, *Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758), são animais com distribuição cosmopolita, comumente concentrados entre as latitudes 40° N e 40° S, altamente migratórios e que podem habitar desde águas tropicais a temperadas, com uma distribuição que inclui o mar Mediterrâneo, e os Oceanos Atlântico, Pacífico e Índico (HIRTH, 1997; PRITCHARD, 1997). É a espécie de tartaruga marinha com hábitos mais costeiros (HIRTH, 1997).

O nome popular, tartaruga-verde, se dá pela cor verde de sua gordura, são animais facilmente identificados pela presença de quatro escudos laterais em sua carapaça, além do único par de escamas pré-frontais que possuem (figura 1) (MÁRQUEZ, 1990; BARBOSA & PATRÍCIO, 2018). São animais grandes que podem atingir cerca de 120 cm de comprimento curvilíneo da carapaça (CCC), chegando ao peso de 230 kg (PRITCHARD & MORTIMER, 1999). Os indivíduos adultos que utilizam a costa brasileira apresentam um comprimento curvilíneo de carapaça médio de 115,6 cm (GROSSMAN, 2001). Espécimes encontrados no oceano Índico e Caribe apresentam peso e tamanho menores que espécimes do Atlântico e Pacífico (PRITCHARD & MORTIMER, 1999; GROSSMAN, 2001).

Figura 1 - Tartaruga-verde, *Chelonia mydas*.



Fonte: Tamar / ICMBio.

Esses animais têm hábitos nectônicos e solitários, agregando-se, geralmente, em áreas de forrageamento (MÁRQUEZ, 1990). Com história de vida semelhante à das outras espécies de tartaruga marinha, ao eclodirem nas praias de nidificação esses animais movem-se imediatamente para as zonas oceânicas, onde passam os chamados “*anos perdidos*”, migrando passivamente com os giros oceânicos (MUSICK & LIMPUS, 1997). São animais com crescimento lento e maturação sexual tardia, sendo a espécie de tartaruga marinha que mais demora a alcançar a maturidade, com esse crescimento estando diretamente ligado à sua dieta (HIRTH, 1997).

No estágio inicial de vida apresentam uma dieta onívora, alimentando-se principalmente de organismos planctônicos, como crustáceos, cnidários e ctenóforos (MUSICK & LIMPUS, 1997). Quando juvenis, com tamanhos de carapaça entre 20 e 35 cm, retornam para a zona nerítica, para áreas de alimentação, mudando sua dieta de onívora para herbívora alimentando-se basicamente de macroalgas e fanerógamas, ocupando um nicho de alimentação único entre as tartarugas marinhas e nos ambientes onde habitam (BJORNDAL & BOLTEN, 1988; BJORNDAL, 1997; MUSICK & LIMPUS, 1997; BOWEN & KARL, 2007; GOSHE et al, 2010).

3.3. Papel ecológico das tartarugas-verdes

Desempenhando o importante papel de mega herbívoro marinho, as tartarugas-verdes contribuem para estruturação de recifes tropicais, controlando o crescimento de pradarias e algas, competidores diretos dos corais (ARTHUR & BALAZS, 2008; HEITHAUS, 2013; CARDONA et al, 2020). Altas densidades populacionais podem torná-las os principais predadores e herbívoros em seus ecossistemas (MUSICK & LIMPUS, 1997). Esses animais são de suma importância no aumento da resiliência de recifes de coral, ajudando a manter uma baixa cobertura de algas, proporcionando o aumento de espécies sucessoras, alterando a densidade da fauna, assim como as relações predador – presa, além de forragear espécies introduzidas aumentando ainda mais a resiliência desses ecossistemas (MUSICK & LIMPUS, 1997; HEITHAUS, 2013).

Tartarugas-verdes podem, ainda, ser grandes facilitadoras no forrageamento e segurança de peixes. Uma enorme variedade de peixes segue esses indivíduos alimentando-se de invertebrados que são deslocados junto à água em sua locomoção (SAZMINA et al, 2004). Apresentando efeitos substanciais na vida marinha, esses indivíduos dominam esses ambientes como consumidores, presas e competidores; servindo de substrato para epibiontes, no transporte e dinâmica de nutrientes, principalmente nitrogênio, e na estrutura da comunidade onde

forageiam (MUSICK & LIMPUS, 1997; LUTZ & MUSICK, 2002). Além disso, ser a espécie de tartaruga com hábitos mais costeiros e com alta fidelidade a áreas de alimentação, faz da tartaruga-verde uma excelente bioindicadora da qualidade ambiental (HEITHAUS, 2013; CARDONA et al, 2020).

3.4. Dinâmica populacional

O importante papel ecológico desses animais tem sido ameaçado ao longo dos séculos. Historicamente, algumas populações foram dizimadas devido a uma série de pressões antrópicas e exploração humana como captura intencional e acidental, perda ou alteração do habitat terrestre de nidificação e aquático de forrageamento, mortalidade por pesca, além da ingestão de detritos marinhos (WALLACE et al, 2011; SEMINOFF et al, 2015). A acumulação de poluentes como plástico e metais pesados ameaçam juvenis e adultos de todas as espécies (LUTZ & MUSICK, 2002). Esses estressores além de afetar severamente a sobrevivência e taxas de crescimento em cada estágio de vida de tartarugas marinhas, influenciam no crescimento e dinâmica populacional (LUTZ & MUSICK, 2002).

Espécies que amadurecem mais tarde, como é o caso de tartarugas-verdes, podem apresentar populações que levam muito mais tempo para se recuperar de perturbações negativas. Estes atrasos, na resposta de populações que levam décadas para atingir a maturidade sexual, podem ser uma realidade assustadora para planejamentos de conservação (LUTZ & MUSICK, 2002). Porém, atualmente a maioria das populações vem se recuperando com grande sucesso, em especial as populações do Atlântico Sul Ocidental, onde as subpopulações puderam ser classificadas como não ameaçadas pela IUCN (BRODERICK & PATRÍCIO, 2019). Essa recuperação se dá graças aos esforços em ações de conservação que vêm sendo implementadas nas últimas décadas (CHALOUPIKA & BJORN DAL, 2008; KITTINGER et al, 2013; BRODERICK & PATRÍCIO, 2019).

3.5. A importância e as dificuldades da obtenção de dados populacionais

Apesar dos esforços em ações de conservação serem bastante eficazes, estudos populacionais para tartarugas marinhas ainda precisam lidar com a falta significativa de informações (MAZARIS et al, 2006). Ainda sabemos muito pouco sobre como as populações respondem a altas densidades; e a falta de dados sobre populações de tartarugas marinhas podem prejudicar o planejamento de estratégias de manejo para espécies ameaçadas (LUTZ & MUSICK, 2002; SILVA et al, 2017). Estas informações têm sido obtidas ao longo do tempo através de avaliação de praias nidificação, sobrevivência reduzida de ovos e pela captura desses

animais na água; esses métodos, no entanto, podem ser bastante demorados e caros (LUTZ & MUSICK, 2002; SYKORA - BODIE et al, 2017). Estudos populacionais são vitais para determinação de ameaças populacionais e para avaliar estratégias eficientes de manejo e conservação (BECKER et al, 2019).

O desenvolvimento de veículos aéreos não tripulados (drones) tem se tornado uma técnica alternativa de baixo custo, coletando informações para o monitoramento das populações de forma segura e econômica, reduzindo os impactos comportamentais e aumentando a precisão de levantamentos populacionais (EGUCHI et al, 2007; SYKORA - BODIE et al, 2017; RAOULT & GASTON, 2018). Eles vêm sendo amplamente utilizados para estudar a abundância e distribuição de organismos, além do mapeamento e uso espacial e temporal específicos de espécies e habitats (SCHAD & FISHER, 2022).

A necessidade de métodos de pesquisa mais seguros, econômicos e precisos tem tornado o uso de drones uma ferramenta cada vez mais comum para obtenção de dados populacionais (SYKORA - BODIE et al, 2017). Além disso, estes equipamentos podem fornecer de maneira rápida e fácil uma quantidade significativa de informações, permitindo a análise e categorização de imagens, o que reduz o tempo de levantamento e aumenta a precisão devido a maior área coberta (SYKORA - BODIE et al, 2017; RAOULT & GASTON, 2018).

3.6. A importância de áreas marinhas protegidas para populações

Informações populacionais são altamente relevantes para o estabelecimento e gestão de áreas marinhas protegidas, uma vez que essas áreas foram estruturadas para proteger e gerenciar a biodiversidade marinha, além de apoiar o uso sustentável dos recursos oceânicos (SYKORA - BODIE et al, 2017; ROBERTS et al, 2021).

Áreas protegidas que são projetadas para incorporar habitats essenciais utilizados por espécies altamente móveis, como tartarugas marinhas, podem desempenhar um papel crucial na manutenção e permanência dessas populações (ROBERTS et al, 2021). Como tartarugas-verdes utilizam habitats costeiros durante um grande período de seu estágio juvenil, áreas protegidas podem ser ambientes apropriados para proteção destes animais contra as principais ameaças a sua conservação (HAMANN et al, 2010; GRIFFIN et al, 2020). Porém, o conhecimento detalhado sobre a distribuição desses indivíduos é crítico para determinar a eficácia dessas áreas para uma contínua conservação de suas populações e seus habitats (GRIFFIN et al, 2020). O nível de proteção dessas áreas pode variar significativamente; desde áreas onde o uso é restrito à pesquisa (e.g. Estação Ecológica), onde nenhuma exploração é

permitida, até áreas onde uma grande variedade de usos é permitida (ROBERTS et al, 2021), como Áreas de Proteção Ambiental (APA). Dentro de uma mesma APA podem ocorrer áreas restritas e áreas de uso sustentável, especificados a partir de zonas dentro unidade de conservação (ROBERTS et al, 2021; SANTOS et al, 2021).

A avaliação da eficácia de proteção dessas áreas para espécies marinhas migratórias, pode ser utilizada em considerações futuras a fim de orientar a implementação de categorias de zoneamento adequadas em áreas protegidas para proteger tartarugas marinhas, além de garantir a proteção de outros animais marinhos com graus semelhantes de migração e mobilidade (SANTOS et al, 2021).

4. MATERIAL E MÉTODO

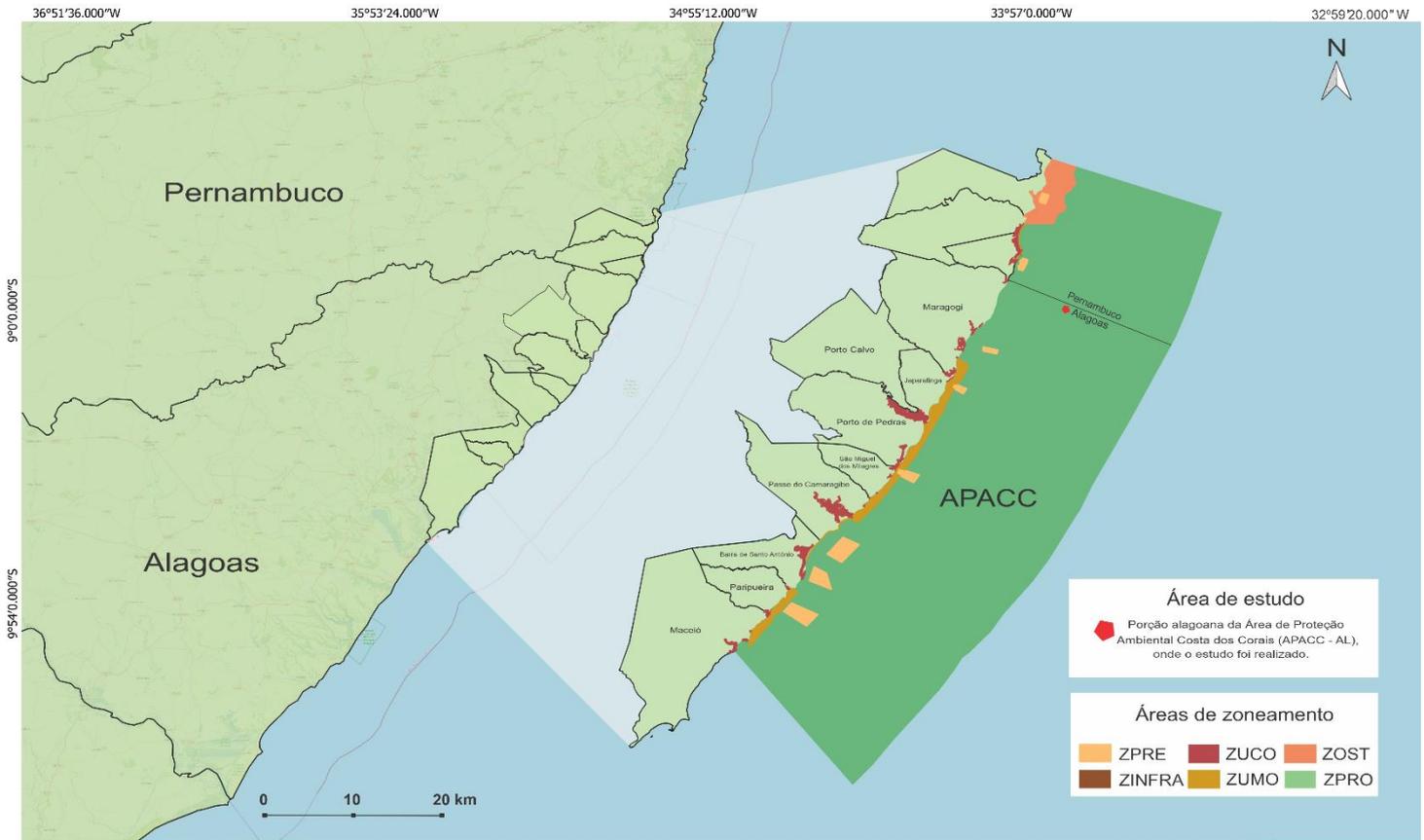
4.1. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais - APACC (figura 2), que está localizada entre o litoral norte do estado de Alagoas e sul do estado de Pernambuco e compreende cerca 400 mil hectares e 120 km de costa, entre os paralelos 9°47'23" e 8°41'20" sul e os meridianos 35°36'33" e 34° 41'20" oeste, ao longo de 12 municípios. Dessa extensão, 95 km são de território alagoano, indo de Maceió a Maragogi. Em Pernambuco estende-se de São José da Coroa Grande a Tamandaré (STEINER et al, 2006; OLIVEIRA et al, 2014; ICMBio, 2021). O mapeamento das áreas de alimentação com o auxílio de drones foi realizado apenas na porção alagoana da APACC.

4.1.1. Zoneamento da APACC

A APACC está classificada como Unidade de Conservação de uso sustentável, tendo como objetivo incorporar a conservação na pesca e turismo de forma sustentável (ICMBio, 2021). Para essa incorporação foi criado um sistema de zoneamento com seis categorias (figura 2), como descrito em seu plano de manejo, são elas: Zona de Preservação (ZPRE), zona com baixo grau de intervenção, onde os ecossistemas permanecem os mais preservados possíveis, sendo proibido o uso direto de qualquer natureza; Zona de Uso Moderado (ZUMO), zona com grau médio de intervenção, constituída por ambientes naturais ou moderadamente antropizados, sendo permitido o uso direto e indireto dos recursos naturais, desde que não haja descaracterização da paisagem, dos processos ecológicos e não comprometa espécies nativas e suas populações. A Zona de Uso Comunitário (ZUCO), também apresenta grau médio de intervenção, com os recursos naturais já sendo utilizados pelas comunidades; Zona de Infraestrutura (ZINFRA), área com alto grau de intervenção onde são significativamente antropizadas e se concentram os serviços de infraestrutura e instalações da UC; Zona de Produção (ZPRO), compreende as áreas de produção e de suporte a produção, tem alto grau de intervenção e tem como objetivo manter a conservação dos recursos hídricos e uso sustentável dos recursos naturais e Zona de Sobreposição Territorial (ZOST) zona de sobreposição entre a APACC e a APA de Guadalupe – PE, que contém plano de manejo acordados entre as duas áreas de maneira a beneficiar a conservação ambiental (ICMBio, 2021).

Figura 2 - Mapa da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais e zoneamento. ZPRE (Zona de Preservação), ZUCO (Zona de Uso Comunitário), ZOST (Zona de Sobreposição Territorial), ZINFRA (Zona de Infraestrutura), ZUMO (Zona de Uso Moderado) e ZPRO (Zona de Produção).



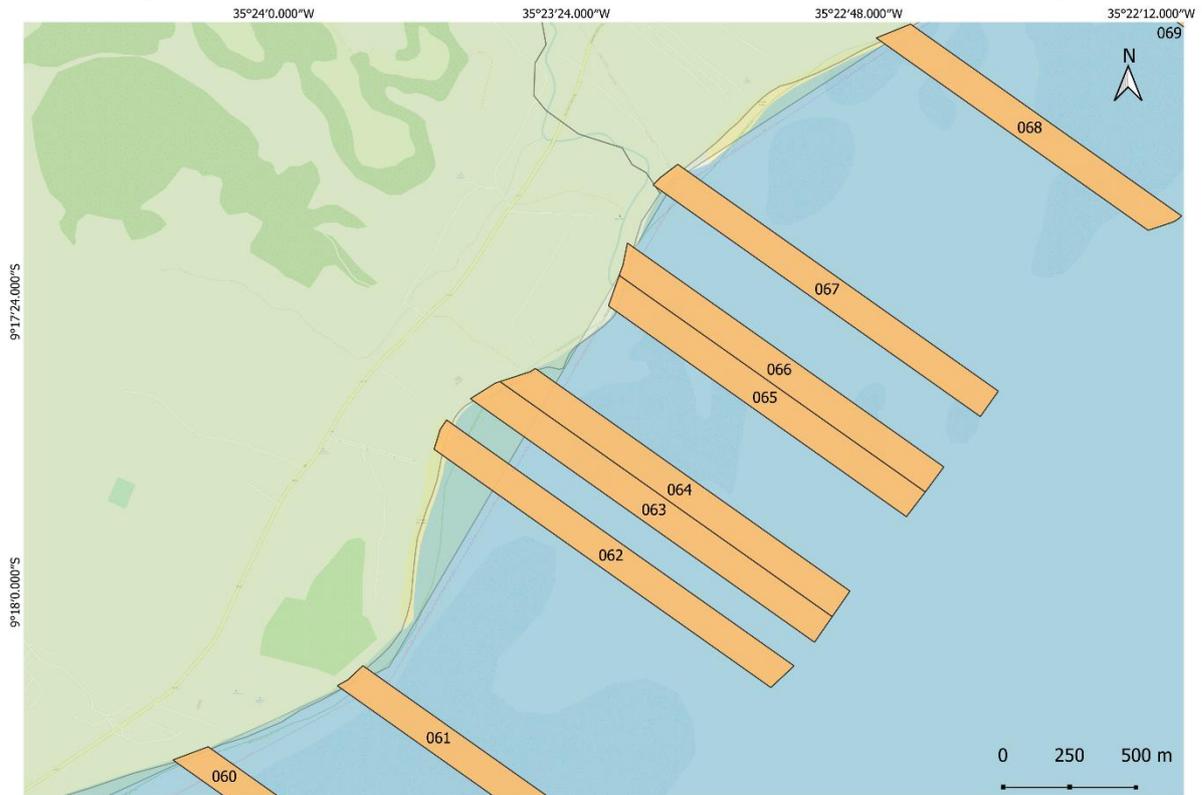
Fonte: elaborado pela autora (2023).

4.2. COLETA DE DADOS

O mapeamento das áreas de alimentação e desenvolvimento das tartarugas marinhas foi realizado com o auxílio de drones, que registraram imagens entre novembro de 2019 e fevereiro de 2020. Foram efetuados sobrevoos padronizados ao longo da área de estudo utilizando o drone DJI Mavic 2 Zoom. Os sobrevoos foram divididos em 136 transectos, planejados previamente nos softwares ArcGIS e Google Earth, onde foram traçados polígonos de 120 m de largura perpendiculares à linha de costa. O comprimento do transecto foi variável (745 – 1500 m), indo da linha de costa até o cordão recifal. Os transectos foram distribuídos aleatoriamente, cobrindo 20% da linha de costa da área de estudo (figura 3). Os voos foram feitos a uma altitude de 60 m, para maximizar a área contida em cada imagem, mas mantendo a resolução necessária para identificar as tartarugas marinhas.

Os voos foram automatizados e realizados com o auxílio do software Drone Deploy, que permite uma execução precisa seguindo as predefinições para cada transecto. Para a captura de imagem com a melhor qualidade possível e sem interferência de luz solar, a câmera foi utilizada a 90° e os voos ocorreram entre 14h e 17h. A fim de reduzir uma possível contagem dupla de tartarugas ao longo do trajeto dos voos, as fotos foram retiradas com 30% de sobreposição frontal e lateral. Os voos tiveram duração entre 3 e 15 minutos, com velocidade máxima de 8m/s, sendo obtidas de 34 a 147 imagens por transecto, utilizadas para estimativa de densidade de tartarugas marinhas. Além disso, para fins de padronização, os voos foram realizados durante a maré alta, fator que potencializa o avistamento de tartarugas marinhas.

Figura 3 - Visualização dos transectos no município de Passo do Camaragibe.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

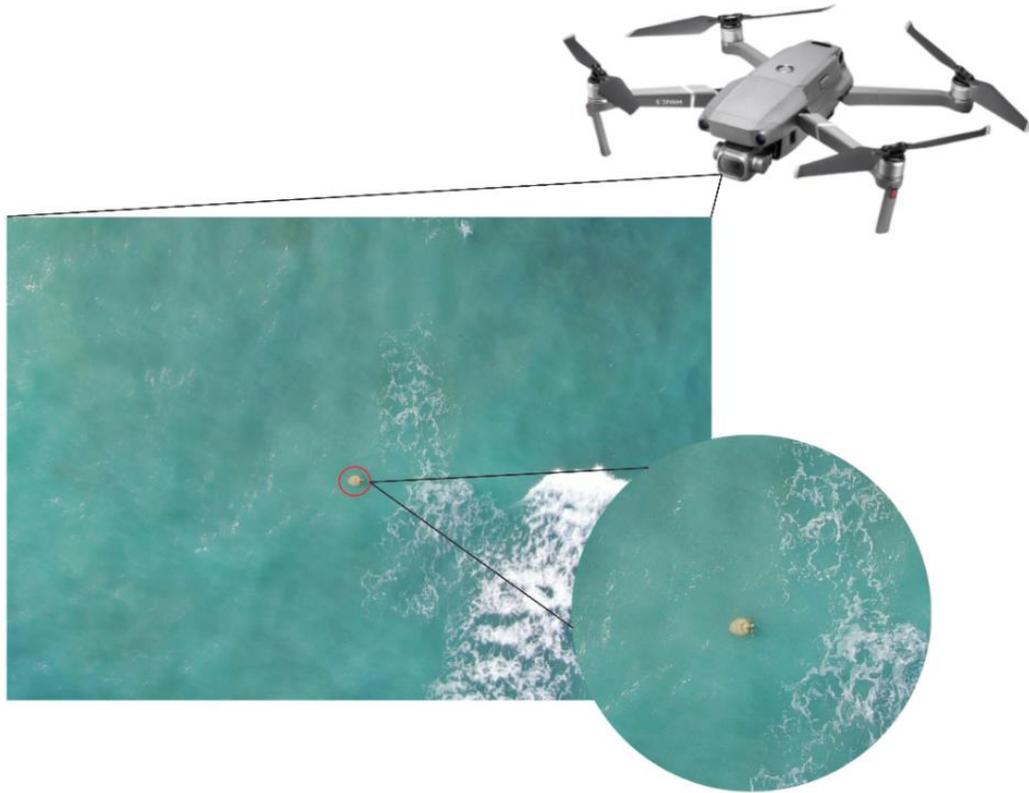
4.3. ANÁLISE DE DADOS

4.3.1. Contagem de tartarugas marinhas e densidade

Para determinar o número de tartarugas em cada fotografia, foram contabilizados apenas os animais visualizados na superfície, esta medida foi tomada para evitar que a turbidez da água nos diferentes locais influenciasse na estimativa de tartarugas na área (figura 4). Ademais, assumimos que todos os indivíduos avistados são da espécie *Chelonia mydas*, visto o grande

número de indivíduos que utilizam a costa alagoana como área de alimentação, quando comparados a indivíduos de outra espécie.

Figura 4 - Registro fotográfico de uma tartaruga marinha obtido a partir de um voo de drone na APACC - AL.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

O número de tartarugas marinhas em cada fotografia foi determinado a partir de contagens manuais, realizadas por duas pessoas independentes (IS e PO). O número de avistamentos e a área total de transectos (km²) foram utilizadas para o cálculo de estimativa de densidade de tartarugas marinhas na área de estudo (1). Além desse, também foram calculadas a densidade de tartarugas marinhas em cada categoria de zoneamento, a fim de obter uma relação entre as áreas de maior concentração de tartarugas marinhas e as diferentes zonas da APACC - AL.

$$D_{est} = \frac{nT}{a} \quad (1)$$

Onde: D_{est} = Densidade estimada; nT = número de tartarugas avistadas; a = área total dos transectos (1).

4.3.2. Indicativos de mortalidade

As informações para a relação entre encalhes e avistamentos foram obtidas através de registros de encalhes de tartarugas-verdes na área de estudo entre os anos de 2018 e 2020. Esses registros foram feitos através do Programa de Monitoramento de Praias (PMP), realizados pelo Instituto Biota de Conservação. Assim, para avaliar se as áreas de maior concentração de tartarugas marinhas apresentam maior número de encalhes, o que pode ser um indicativo de maior mortalidade, foi calculado o tamanho populacional estimado com base na equação de densidade, multiplicada pela área de costa (considerada a distância quadrática entre a linha da costa e o comprimento dos transectos) (2). Posteriormente, a mortalidade foi determinada pela razão entre o tamanho populacional estimado e o número de indivíduos encalhados dentro de cada unidade amostral (3).

$$P = D_{est} \times a \quad (2)$$

$$M = \frac{P}{e} \quad (3)$$

Onde: P = tamanho populacional; D_{est} = Densidade estimada; a = área da costa (2). M = mortalidade; e = encalhes.

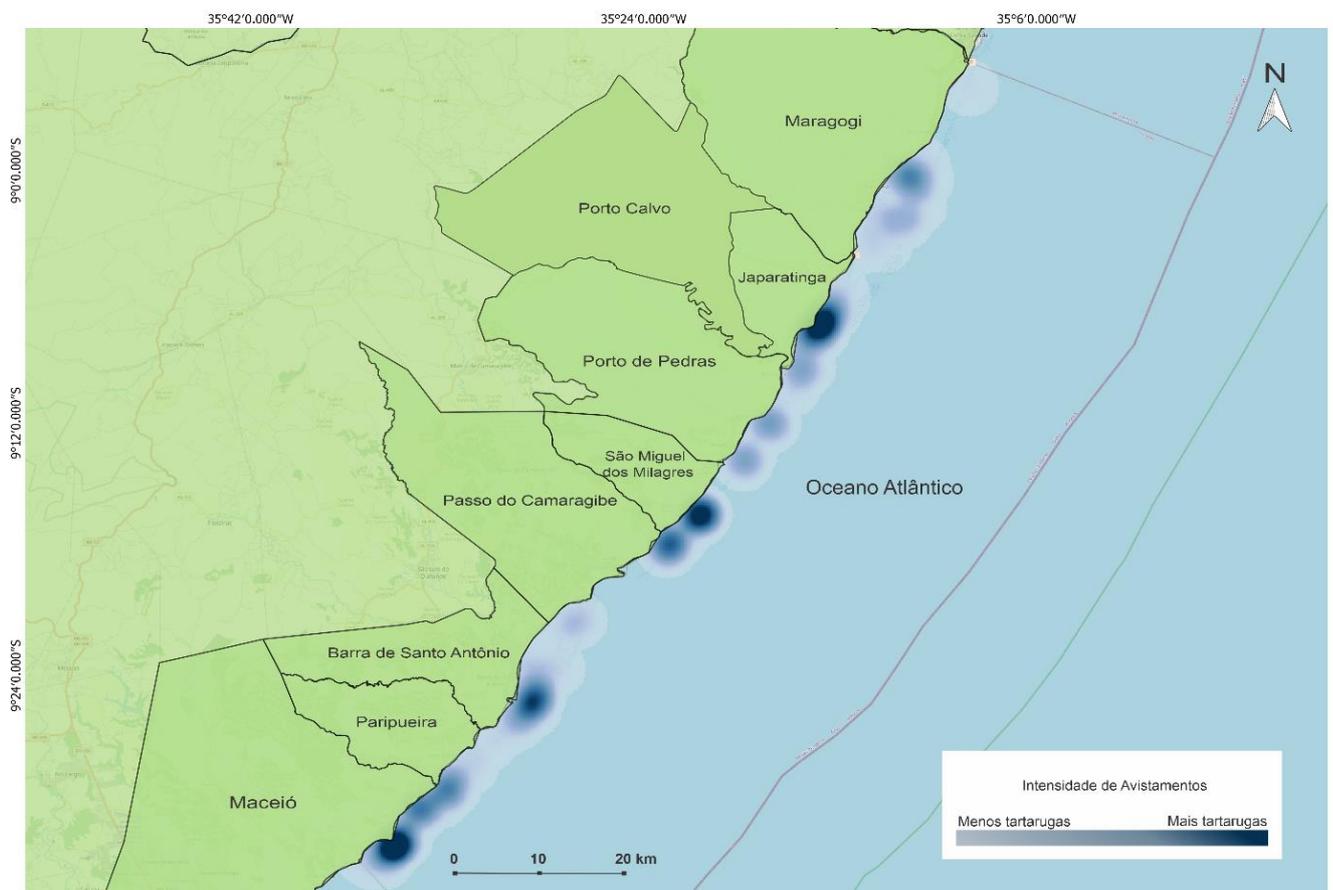
Após a obtenção de todos os dados, foram gerados mapas de densidade de Kernel (mapas de calor), no software QGis (versão 2.18.4, Las Palmas); apresentando rasters de calor com um raio de influência de 2,5 km para minimizar a sobreposição, delimitados a partir das coordenadas de cada animal avistado nas imagens, a fim de facilitar a visualização das áreas de maior densidade de tartarugas marinhas e relacioná-las com as categorias de zoneamento e os encalhes. Identificando assim, as áreas prioritárias para conservação.

5. RESULTADOS

Um total de 13.538 imagens foram obtidas nos 136 transectos realizados, cobrindo 27, 354 km² de costa, distribuídos de Maceió (limite Sul da APACC) a Maragogi (limite Norte da porção alagoana da APACC). As contagens manuais resultaram em um total de 182 tartarugas marinhas avistadas, observadas em 60% (n = 81/136) dos transectos e em 162 imagens (mínimo de 0 tartaruga por transecto, máximo de 11), distribuídas ao longo da área de estudo, e uma densidade de avistamento de 6,65 tartarugas/km², variando entre indivíduos mais solitários em alguns locais e indivíduos altamente agregados em outros, com maior densidade nas regiões central e sul da porção alagoana da APACC (figura 5).

Para o conjunto de dados, foram observadas quatro áreas centrais de maior densidade (figura 5); no limite mais ao norte, em Japaratinga, mais ao centro em São Miguel dos Milagres e divisa com Passo do Camaragibe e no limite mais ao sul em Barra de Santo Antônio e Maceió, este último com maior densidade entre os demais (tabela 1).

Figura 5 – Mapa de Kernel com densidade de tartarugas marinhas avistadas nas áreas de alimentação da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais - AL.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

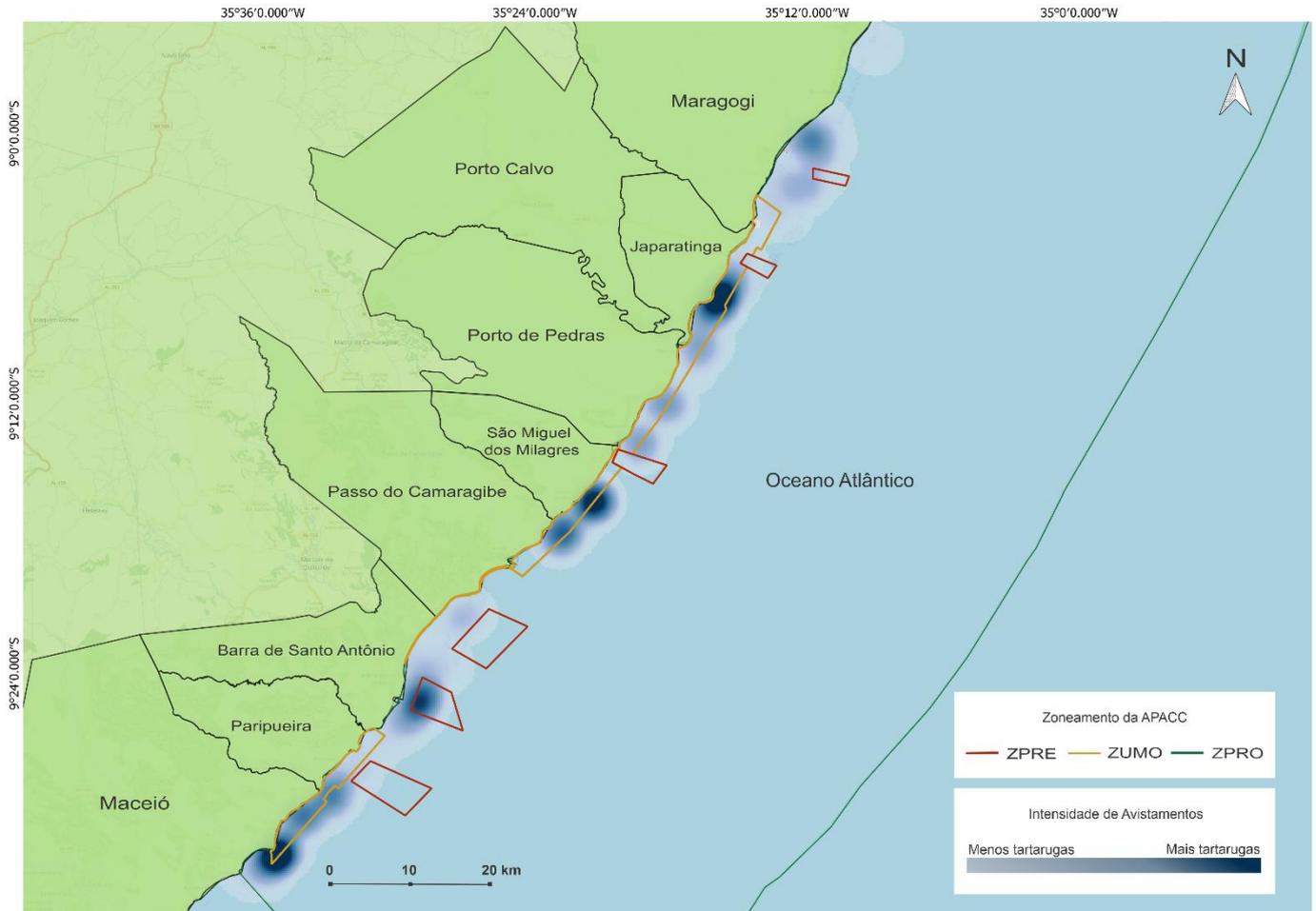
Tabela 1 – Densidade de tartarugas ao longo da área de estudo.

Cidade	Nº de tartarugas avistadas	Densidade (tartarugas/km²)
Maceió	39	2,69
Paripueira	11	1,06
Barra de Santo Antônio	25	0,94
Passo do Camaragibe	12	0,53
São Miguel dos Milagres	21	2,04
Porto de Pedras	14	1,01
Japaratinga	36	2,00
Maragogi	24	0,50

Das seis categorias de zoneamento apresentadas ao longo da porção alagoana da unidade de conservação, em três delas pudemos observar tartarugas marinhas, são elas: Zona de Produção (ZPRO) cobrindo uma área total de 3.276,38 km² (quase toda a área de proteção); Zona de Preservação (ZPRE) com área total de 49,83 km² (dividida em seis polígonos ao longo da porção alagoana da APACC) e Zona de Uso Moderado (ZUMO) com área total de 67,55 km² (dividida em três polígonos).

As contagens manuais foram realizadas em cada uma das zonas de maneira exclusiva, com 15 tartarugas-verdes sendo avistadas na ZPRE (8,24% de todas as tartarugas avistadas na área de estudo), com avistamentos em 31% da área total de preservação (em apenas uma Zona de Preservação, das seis presentes na porção alagoana da APACC, houve avistamento de tartarugas marinhas), 87 na ZPRO (47,80% dos avistamentos) e 80 na ZUMO (43,95% dos avistamentos), sendo esta última a que apresentou a maior densidade de tartarugas marinhas com 1,19 tartarugas/km² (tabela 2). A distribuição de tartarugas marinhas em áreas de proteção pode ser influenciada pelo tamanho e nível de proteção dessas áreas (SCOTT et al, 2012), e ao avaliar a relação entre as categorias de zoneamento da APACC e a distribuição das tartarugas marinhas, foi possível observar que a maior densidade de tartarugas marinhas ocorreu dentro da ZUMO, que apresenta médio grau de intervenção antrópica e urbanização, seguida da ZPRE e baixa densidade na ZPRO (figura 6).

Figura 6 - Relação entre as categorias de zoneamento e a distribuição das tartarugas marinhas na APACC. Os polígonos em vermelho representam as Zonas de Preservação (ZPRE), com avistamento de tartarugas marinhas em apenas uma delas, os polígonos em amarelo representam a Zona de Uso Moderado (ZUMO), com avistamento de tartarugas marinhas em quase toda a categoria de zoneamento e o polígono em verde representa a Zona de Produção (ZPRO) com avistamento de tartarugas semelhante a ZUMO.



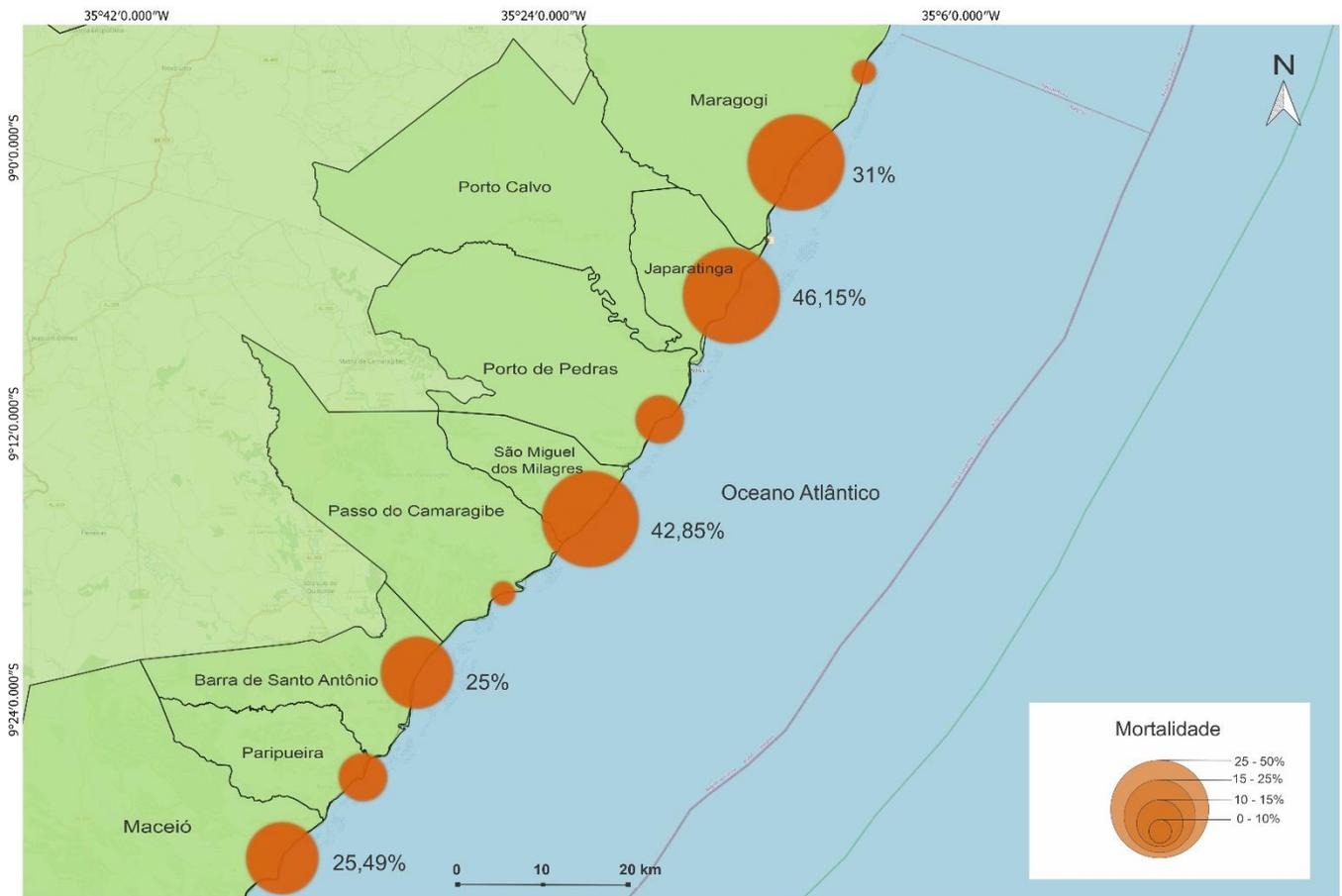
Fonte: elaborado pela autora (2023).

Tabela 2 – Densidade de tartarugas nas categorias de zoneamento presentes na porção alagoana da APACC.

Categoria	Nº de tartarugas avistadas	Área (km²)	Densidade (tartarugas/km²)
ZPRE	15	49,83	0,34
ZPRO	87	3.276,38	0,026
ZUMO	80	67,55	1,19

Os cálculos de mortalidade, assim como os de densidade, apresentaram quatro áreas centrais (figura 7); Japaratinga (46,15%), seguido de São Miguel dos Milagres (42,85%), Barra de Santo Antônio (25%) e Maceió (25,49%), este último com maior número de indivíduos encalhados (tabela 3). Maragogi também apresentou uma alta mortalidade (31%), resultado inesperado, uma vez que a região norte da porção alagoana da APACC apresentou as menores densidades de indivíduos para o estudo. A relação entre áreas centrais de maior densidade e as áreas de maior mortalidade demonstrou uma sobreposição de ambas (figura 8). Com Japaratinga e São Miguel dos Milagres expressando os maiores indicativos de mortalidade e densidades consideráveis (tabela 1 e 3, respectivamente).

Figura 7 – Mortalidade de tartarugas marinhas na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais - AL.

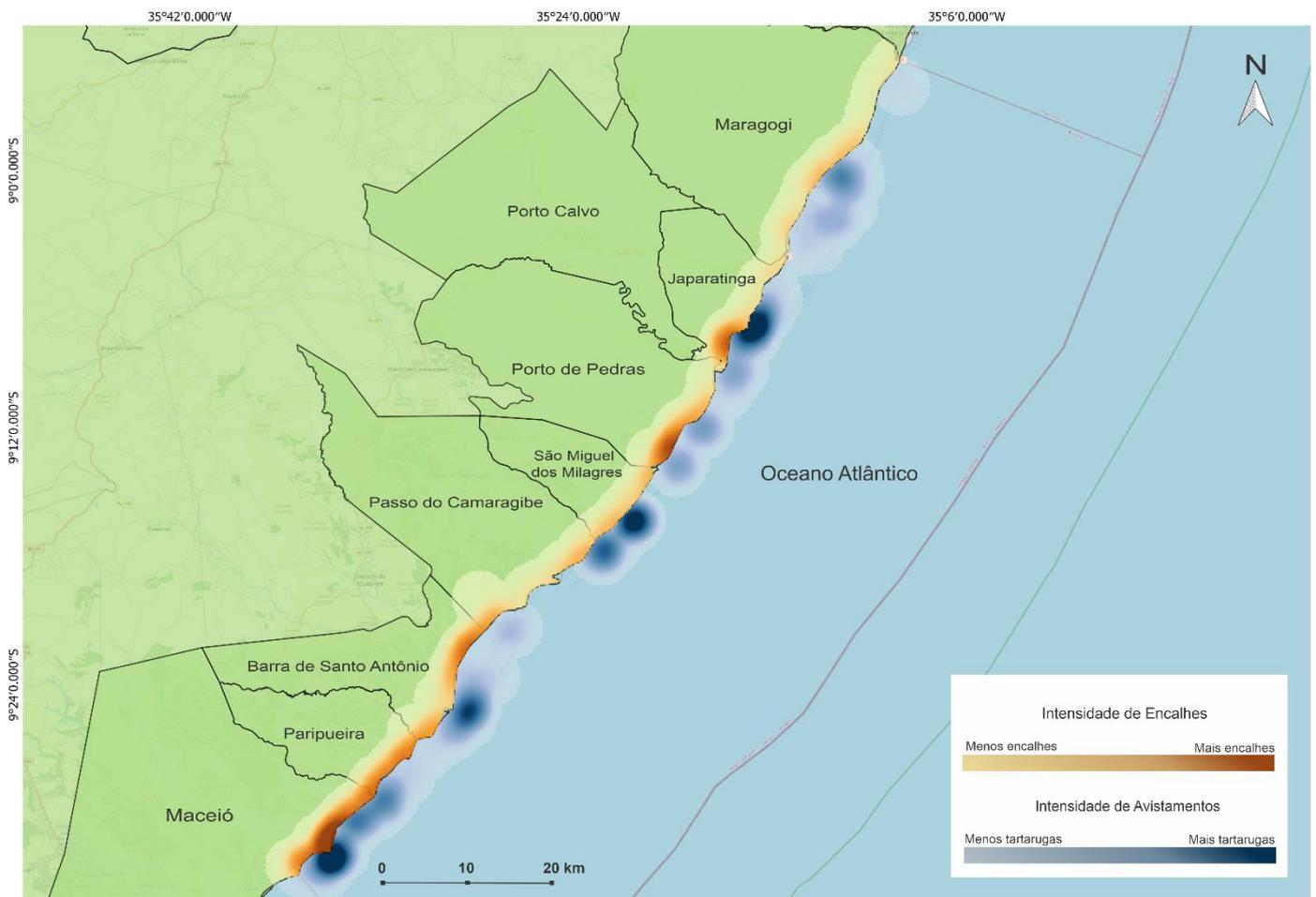


Fonte: elaborado pela autora (2023).

Tabela 3 – Mortalidade das tartarugas na área de estudo.

Cidade	Nº de tartarugas avistadas	Nº de encalhes	Densidade (tartaruga/km ²)	Mortalidade
Maceió	39	153	2,69	0,2549
Paripueira	11	71	1,06	0,1549
Barra de Santo Antônio	25	100	0,94	0,2500
Passo do Camaragibe	12	68	0,53	0,1764
São Miguel dos Milagres	21	49	2,04	0,4285
Milagres	14	92	1,01	0,1521
Porto de Pedras	36	78	2,00	0,4615
Japaratinga	24	76	0,50	0,3157
Maragogi				

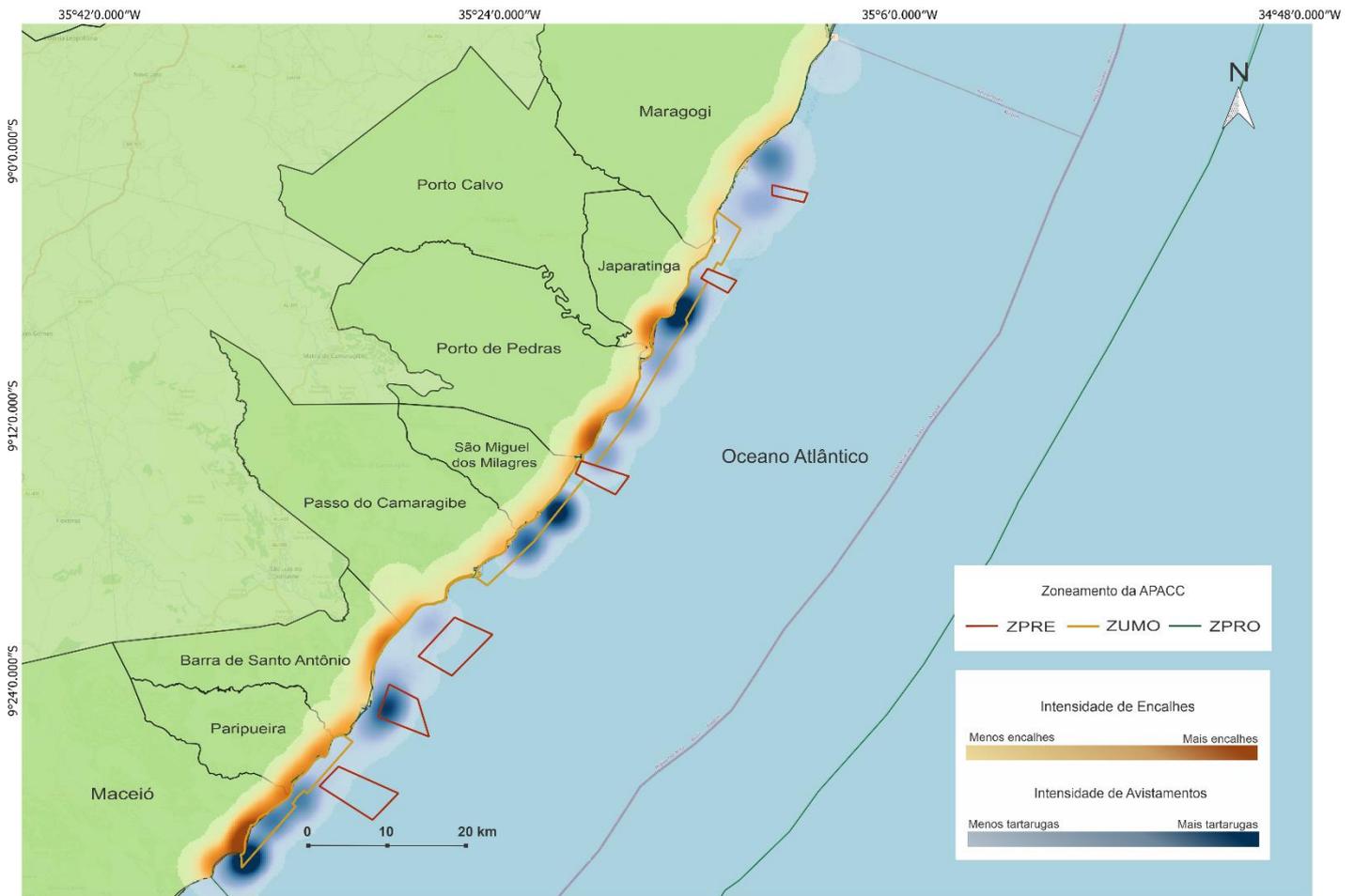
Figura 8 – Relação entre os encalhes de tartarugas marinhas e sua distribuição ao longo da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais - AL.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

Com base nos resultados apresentados, podemos supor que as quatro áreas centrais descritas, são locais importantes para agregações de tartarugas marinhas e podem ser consideradas como prioritárias para esses animais. O mapa a seguir (figura 9) apresenta como as categorias de zoneamento e os encalhes se relacionam com a distribuição das tartarugas-verdes na área de estudo.

Figura 9 – Distribuição de tartarugas-verdes, encalhes e zoneamento da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais - AL.



Fonte: elaborado pela autora (2023).

6. DISCUSSÃO

Esse estudo fornece os primeiros dados de densidade para tartarugas marinhas na Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais. As informações e métodos apresentados podem contribuir para avaliações futuras sobre a abundância destes indivíduos, importantes para o planejamento mais efetivo de conservação. Além disso, a quantificação de indivíduos em áreas de forrageamento é uma informação necessária para apoiar os esforços locais e internacionais de conservação (HAMANN et al, 2010).

A distribuição de tartarugas-verdes pode ser influenciada por fatores físicos e biológicos, como gradiente de temperatura, exposição às ondas, profundidade e composição da comunidade bentônica (ALVES et al, 2013; MELLO-FONSECA et al, 2021). Algas são predominantes nos recifes de coral da APACC (STEINER et al, 2015), com grande cobertura destas nas quatro áreas centrais de maior densidade de tartarugas-verdes. Em Japaratinga, por exemplo, algas podem representar até 63% da área total do recife (STEINER et al, 2015). Essa composição bentônica pode servir como um importante indicador de disponibilidade de alimento (MELLO-FONSECA et al, 2021). Em outros estudos, como o de Melo-Fonseca e colaboradores (2021), a distribuição desses animais também foi altamente associada com áreas rasas com recursos alimentares abundantes. Esses animais podem, ainda, ser frequentemente avistados em ambientes rochosos, que servem como importantes áreas de descanso, proporcionando abrigo e alimentação (SIEGFRIED et al, 2021). Isso pode indicar que os indivíduos presentes na área de estudo se agregam em áreas recifais com maior abundância em alimento e em busca de abrigo (ALVES et al, 2013; MELLO-FONSECA et al, 2021; SIEGFRIED et al, 2021; STEINER et al, 2015).

Este estudo, assim como outros realizados em áreas marinhas protegidas, pode indicar um crescimento nas populações de tartarugas-verdes em áreas de forrageamento. Densidades de tartarugas-verdes semelhantes a desta pesquisa foram expressas em outra área protegida no Atlântico Sul Ocidental (8,61 tartarugas/km²), a partir de censo visual subaquático (MELLO-FONSECA et al, 2021). E, levando em consideração que as densidades de tartarugas marinhas para APACC são subestimadas, uma vez que contabilizamos apenas os indivíduos na superfície, as densidades podem ser ainda maiores se contabilizarmos indivíduos em profundidade. Além disso, pesquisas realizadas em áreas protegidas no Atlântico e em outros oceanos constataram que maiores densidade de tartarugas coincidem com a morfologia costeira, com densidades mais elevadas em zonas de recifes de corais em comparação com zonas arenosas e rochosas (ALVES et al, 2013; JEAN et al, 2010). Ao compararmos a densidade de

tartarugas-verdes em áreas protegidas e não protegidas, é possível notar a importância de áreas protegidas para essas populações; estudos realizados em áreas recifais não protegidas do Atlântico Norte e do Pacífico, por exemplo, relataram densidades de tartarugas-verdes de no máximo 0,64 e 0,072 tartarugas/km², respectivamente (BOVERY & WYNEKEN, 2015; BECKER et al, 2019). E, apesar de nem todos os estudos utilizarem apenas populações de forrageamento (REES, 2022), este estudo pode indicar a APACC como um local de forrageamento com densidades relativamente altas, demonstrando a importância que áreas protegidas têm para as tartarugas-verdes.

Apesar da importância da APACC, no geral, para tartarugas-verdes, suas categorias de zoneamento, principalmente a Zona de Preservação, não contempla as maiores áreas de agregação desses animais na APACC. Somente em uma zona, das seis presentes na porção alagoana da APACC, é possível notar alta densidade de tartarugas-verdes, a zona mais ao Sul em uma das áreas centrais, na Barra de Santo Antônio. Os demais polígonos não apresentam nenhuma tartaruga marinha; e, apesar de próximos às áreas de maior densidade, não têm efeito de proteção efetivo para tartarugas marinhas, presentes em sua maioria na ZPRO e na ZUMO. Esses resultados contrariam nossas hipóteses e outros estudos realizados em áreas protegidas, como o de Scott e colaboradores (2012), que sugere que áreas com menor grau de intervenção antrópica, como a ZPRE, tem uma densidade maior de indivíduos. Contudo, Roberts e colaboradores (2021) sugerem que a baixa densidade de tartarugas-verdes em áreas como ZPRE pode ser causada principalmente pelo tamanho e distância entre essas áreas. Quando comparamos os tamanhos de área entre ZPRE, ZUMO E ZPRO observamos que as duas últimas têm áreas muito maiores, com a ZPRO (que apresentou a maior porcentagem de avistamentos) cobrindo a maior parte da área de proteção.

Com áreas de preservação pequenas e distantes uma das outras, a concentração desses animais nessas áreas será relativamente menor (ROBERTS et al, 2021; SANTOS et al, 2021). Além disso, essas zonas podem ser mal projetadas para essa espécie, tartarugas-verdes podem não reconhecer os limites dessas zonas, pois ainda pode haver tráfego de barcos e presença humana substancial (ROBERTS et al, 2021). O zoneamento utilizado para este estudo, está no plano de manejo mais recente, elaborado em 2021. Esse fato pode também ser uma das causas da não distribuição de tartarugas marinhas nessas zonas, uma vez que dados de densidade e distribuição desses animais não tinham sido realizados até o momento e o zoneamento pode ainda não estar sendo aplicado efetivamente na APACC.

O zoneamento de outras áreas marinhas protegidas, como o do Parque Marinho da Grande Barreira de Corais, por exemplo, estabelece metas claras para conservação de tartarugas marinhas, com um mínimo de 20% de cada área de forrageamento conhecida como zona de preservação para cada espécie de tartaruga marinha existente ser protegida (DRYDEN et al, 2008). Uma abordagem semelhante sendo aplicada na APACC necessitaria que no mínimo mais uma das ZPREs, de preferência com maior área, fosse rezoneada para uma alta proteção desses indivíduos (SANTOS et al, 2021). Estes resultados podem ser utilizados em planos futuros de rezonamento (ROBERTS et al, 2021).

As quatro áreas de maior concentração de tartarugas-verdes para o nosso estudo foram selecionadas como áreas prioritárias com base no quão bem elas representam a ocorrência desses indivíduos. A área no limite sul da APACC, em Maceió, foi dentre as quatro a de maior densidade de indivíduos (2,69 tartarugas/km²), resultado inesperado, uma vez que essa área é a mais urbanizada dentre todas e a que pode exibir maior nível de degradação ambiental. Tartarugas-verdes tendem a escolher áreas com maior qualidade ambiental e menor grau de interação humana (SCOTT et al, 2012), o que vai de contrário aos resultados observados na APACC. As causas para a alta densidade de tartarugas-verdes no limite sul da APACC ainda não estão totalmente claras. Contudo, outros estudos também demonstraram grandes densidades de tartarugas em áreas com alto grau de urbanização (MACDONALD et al, 2012; ALVES et al, 2013; CREAM et al, 2017).

As tartarugas-verdes podem sofrer grandes taxas de mortalidade em áreas de alimentação (SEMINOFF & SHANKER, 2008). Ao relacionarmos as áreas centrais de maior densidade com as áreas com maior quantidade de encalhes, foi possível observar a sobreposição de ambas. Os pontos centrais de agregação desses animais, são também pontos com grande número de encalhes e de maior mortalidade, corroborando a hipótese de relação entre eles, destacando Japaratinga e São Miguel dos Milagres (46,15% e 42,85%, respectivamente), com o limite sul da APACC registrando o maior número de encalhes (153 indivíduos para Maceió). Isso pode ser explicado pelo fato de que as áreas com maior frequência de encalhes são as áreas com alta abundância desses animais e que apresentam alto e médio grau de intervenção antrópica, o que pode estar associado a uma exposição alta e cumulativa de ameaças a esses indivíduos, como destacado no estudo de Cantor e colaboradores (2020). Este resultado fortalece ainda mais a sugestão de que essas áreas são prioritárias para conservação desses indivíduos, uma vez que são áreas com alta agregação de tartarugas-verdes, altas taxas de mortalidade, interação antrópica e zoneamento pouco adequado, com a principal zona, a ZPRE,

distante dessas áreas e que se faz necessário, no futuro, uma reestruturação no zoneamento da APACC, para que as zonas de preservação possam intensificar a conservação desses animais.

As taxas de mortalidade dependem de uma variedade de fatores (CASALE et al, 2010). Outros estudos realizados em áreas protegidas de uso múltiplo, como a APACC, destacaram a pesca artesanal como maior ameaçada para mortalidade de tartarugas marinhas (BASKALE et al, 2018). Além disso, o turismo de massa e o grande desenvolvimento costeiro que vem ocorrendo na APACC, podem ser fortes fatores para as altas taxas de mortalidade nessas áreas (BASKALE et al, 2018). Assim, os fatores antrópicos podem ser a causa de duas a três vezes mais mortes que as causas naturais (CASALE et al, 2010). Estudos realizados no Atlântico Sul mostraram a maior taxa de mortalidade dentre os oceanos, e um número considerável dessas mortes, cerca de 25,5% tem relação direta com a interações antrópicas, como ingestão de plástico, emaranhamento em rede de pesca e colisões com barcos (CANTOR et al, 2020). Os resultados de Alves e colaboradores (2013) demonstraram grande interação de tartarugas marinhas com barcos de pesca em áreas de proteção do nordeste brasileiro e, como dito anteriormente, a pesca pode ser a maior causa de morte desses animais.

Ao considerarmos que os encalhes podem revelar apenas uma pequena parcela da mortalidade desses indivíduos (CANTOR et al, 2020), podemos sugerir que há uma mortalidade ainda maior de tartarugas-verdes na APACC. Uma alta mortalidade de juvenis em áreas de alimentação pode realimentar taxas de nidificação muito baixas, o que causa uma série de efeitos negativos no estado de conservação dessas populações (HAMANN et al, 2010; WILDERMANN et al, 2018; CANTOR et al, 2020).

A APACC é a área de proteção marinha com maior recorrência de tartarugas marinhas no Brasil, não só de tartarugas-verdes, mas também de outras espécies como *Eretmochelys imbricata*, *Caretta caretta* e *Lepidochelys olivacea* (SANTOS et al, 2022). Porém, o uso dessa área de proteção por tartarugas-verdes por si só não é garantia de alta proteção e muitas das atividades que ocorrem na APACC podem representar ameaças. Os resultados apresentados, assim com de outros estudos aqui citados (como de Roberts e colaboradores, 2021), mostram que as categorias de zoneamento da APACC não são eficazes na proteção desses animais, sendo necessárias mudanças nos padrões espaciais dessas categorias, a fim de reduzir a mortalidade desses animais, que também se demonstrou alta. Apesar do estudo expressar grandes densidades desses indivíduos, uma proteção eficaz desses animais se faz essencial para que as populações se mantenham crescentes e a espécie possa diminuir o seu risco de extinção. Mesmo que a

APACC não tenha o objetivo específico para proteção de tartarugas marinhas, mudanças podem ser realizadas para uma conservação mais efetiva do grupo (SANTOS et al, 2022).

7. CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados, foi possível concluir que a APACC tem uma alta densidade de tartarugas-verdes, se comparado com áreas não protegidas onde esses animais habitam. Contudo, apesar dessa alta densidade, o zoneamento da APACC não proporciona uma proteção efetiva a esses indivíduos, uma vez que sua categoria de zoneamento mais restrita, a ZPRE não contempla a distribuição de tartarugas-verdes, que estão presentes em sua maioria nas zonas de uso múltiplo, ZPRO e ZUMO, tornando-as mais expostas a ameaças que podem estar presentes na APACC.

A alta mortalidade expressa nas áreas de maior concentração desses indivíduos, ressaltou ainda mais a não efetividade do zoneamento na proteção desses animais. Com isso, fica claro que apesar da alta densidade de tartarugas-verdes na área de estudo, se faz necessário ajustes no plano de manejo para que, especialmente o zoneamento, possa abranger a distribuição desses animais, fortalecendo ainda mais sua proteção, para o estabelecimento e crescimento das populações nessa importante área de alimentação.

Os resultados adquiridos com esta pesquisa fornecem informações significativas sobre o uso de áreas protegidas por espécies migratórias ameaçadas. Além disso, tais informações podem ser essenciais para um gerenciamento mais efetivo dessa área de proteção no manejo de tartarugas marinhas. Esta pesquisa dá base, ainda, como destacado anteriormente, para informações do porque se faz necessário a reestruturação do zoneamento, para que ele possa englobar efetivamente espécies com alto risco de extinção.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ALVES, Maria Denise de Oliveira; et al. Aerial survey of manatees, dolphins and sea turtles off northeastern Brazil: Correlations with coastal features and humans activities. **Biological Conservation**, v. 161, p. 91-100, 2013.
- ARTHUR, K. E., & BALAZS, G. H. (2008). A comparison of immature green turtle (*Chelonia mydas*) diets among seven sites in the main Hawaiian Islands. **Pacific Science**, 62 (2), 205-217.
- BARBOSA C, PATRÍCIO R, FERREIRA B, SAMPAIO M, Catry P. Tartarugas Marinhas. In: Catry P, Regalla A (eds). Parque Nacional Marinho João Vieira e Poilão: **Biodiversidade e Conservação**. IBAP – Instituto da Biodiversidade e das Áreas Protegidas, Bissau, 2018.
- BAŞKALE, Eyup et al. An evaluation of sea turtle strandings in the Fethiye-Göcek Specially Protected Area: An important foraging ground with an increasing mortality rate. **Ocean & Coastal Management**, v. 154, p. 26-33, 2018.
- BECKER, S. L.; BRAINARD, R. E.; KYLE, S. V. H. Densities and drivers of sea turtle populations across Pacific coral reef ecosystems. **PLoS ONE**, v. 14, n. 4, 2019.
- BJORNDAL, K. A. 1997. Foraging ecology and nutrition of sea turtles, p. 199 – 231. In: Lutz, P. & Musick, J.A. (Eds). **The biology of sea turtles**. Boca Raton, FL. CRC Press, 432 p.
- BJORNDAL, K.A.; BOLTEN, A.B. 1988. Growth rates of immature green turtles, *Chelonia mydas*, on feeding grounds in the southern Bahamas. **Copeia**. 1988 (3) 555-564.
- BOVERY, C. M.; WYNEKEN, J. Seasonal variation in sea turtle density and abundance in the southeast Florida current and surrounding waters. **PLoS ONE**, v. 10, n. 12, 2015.
- BOWEN, Brian W.; KARL, S. A. Population genetics and phylogeography of sea turtles. **Molecular ecology**, v. 16, n. 23, p. 4886-4907, 2007.
- BRODERICK A, PATRÍCIO A. *Chelonia mydas* South Atlantic subpopulation. **The IUCN Red List of Threatened Species** [Internet]. 2019.
- CANTOR, Mauricio et al. High incidence of sea turtle stranding in the southwestern Atlantic Ocean. **ICES Journal of Marine Science**, v. 77, n. 5, p. 1864-1878, 2020.

CARDONA, Luis; CAMPOS, Patricia; VELÁSQUEZ-VACCA, Adriana. Contribution of green turtles *Chelonia mydas* to total herbivore biomass in shallow tropical reefs of oceanic islands. **Plos one**, v. 15, n. 1, p. e0228548, 2020.

CASALE, Paolo et al. Sea turtle strandings reveal high anthropogenic mortality in Italian waters. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 20, n. 6, p. 611-620, 2010.

CHALOUPKA M, BJORNDAL K. A, BALAZS GH, BOLTEN AB, EHRHART LM, LIMPUS CJ, et al. Encouraging outlook for recovery of a once severely exploited marine megaherbivore. **Global Ecology and Biogeography**. 2008; 17 (2): 297–304.

CREAR, Daniel P. et al. Habitat use and behavior of the east pacific green turtle, *Chelonia mydas*, in an urbanized system. **Bulletin, Southern California Academy of Sciences**, v. 116, n. 1, p. 17-32, 2017.

DRYDEN, Jennifer et al. Rezoning of the Great Barrier Reef World Heritage Area: does it afford greater protection for marine turtles? **Wildlife Research**, v. 35, n. 5, p. 477-485, 2008.

EGUCHI, Tomoharu et al. At-sea density and abundance estimate of the olive ridley turtle *Lepidochelys olivacea* in the eastern tropical Pacific. **Endangered Species Research**, v. 3, n. 2, p. 191-203, 2007.

EVERS, S. W.; BARRETT, P. M.; BENSON, R. B. J. Anatomy of *Rhinochelys pulchriceps* (Protostegidae) and marine adaptation during the early evolution of chelonoids. **PeerJ**, v. 2019, n. 5, 2019.

GOSHE, L. R. et al. Estimation of age at maturation and growth of Atlantic green turtles (*Chelonia mydas*) using skeletochronology. **Marine Biology**, v. 157, n. 8, p. 1725–1740, 2010.

GRIFFIN, L. P. et al. Space use and relative habitat selection for immature green turtles within a Caribbean marine protected area. **Animal Biotelemetry**, v. 8, n. 1, 26 jun. 2020.

GROSSMAN, A. 2001. Biologia Reprodutiva de *Chelonia mydas* (Reptilia), na Reserva Biológica do Atol das Rocas. **Dissertação (Mestrado em Zoologia de Vertebrados)**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, UFRGS. 43f.

HAMANN, Mark et al. Global research priorities for sea turtles: informing management and conservation in the 21st century. **Endangered species research**, v. 11, n. 3, p. 245-269, 2010.

HEITHAUS, Michael R. 10 Predators, Prey, and the Ecological Roles of Sea Turtles. *In: The Biology of Sea Turtles, Volume III*, v. 3, p. 249, 2013.

HIRTH, Harold F. Synopsis of the biological data on the green turtle *Chelonia mydas* (Linnaeus 1758). **Fish and Wildlife Service**, US Department of the interior, 1997.

ICMBio. Plano de Manejo da Área Proteção Ambiental Costa dos Corais. 2021.

JEAN, C. et al. Ultralight aircraft surveys reveal marine turtle population increases along the west coast of Reunion Island. **ORYX**, v. 44, n. 2, p. 223–229, abr. 2010.

KITTINGER J. N.; HOUTAN K. S. V.; MCCLENACHAN L. E.; LAWRENCE A. L. Using historical data to assess the biogeography of population recovery. **Ecography**. 2013; 36 (8):868–72.

LUTZ, Peter L.; MUSICK, John A.; WYNEKEN, Jeanette. **The biology of sea turtles, Volume II**. Editora CDC, 2002.

MACDONALD, Bradley D. et al. Home ranges of East Pacific green turtles *Chelonia mydas* in a highly urbanized temperate foraging ground. **Marine Ecology Progress Series**, v. 461, p. 211-221, 2012.

MARCOVALDI, Maria Ângela; DEI MARCOVALDI, Guy Guagni. Tartarugas marinhas do Brasil: história e estrutura do Projeto TAMAR-IBAMA. **Conservação biológica**, v. 91, n. 1, pág. 35-41, 1999.

MÁRQUEZ, R. FAO SPECIES CATALOGUE VOL. 11 SEA TURTLES OF THE WORLD An Annotated and Illustrated Catalogue of Sea Turtle Species Known to Date prepared by FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS FAO **Fisheries Synopsis**. 1990.

MAZARIS, Antonios D.; BRODER, Breckling; MATSINOS, Yiannis G. An individual based model of a sea turtle population to analyze effects of age dependent mortality. **Ecological Modelling**, v. 198, n. 1-2, p. 174-182, 2006.

MELLO-FONSECA, J.; CORDEIRO, C. A. M. M.; FERREIRA, C. E. L. Spatial distribution of sea turtles on South Atlantic subtropical reefs. **Marine Ecology Progress Series**, v. 678, p. 125–138, 2021.

MEYLAN A.B.; MEYLAN, P.A. 1999. An introduction to the evolution, life history, and biology of sea turtles. *In*: Eckert K.L.; Bjorndal K.A.; Abreu – Gobrois, F.A.; Donnelly, M. (eds), **Research and Management Techniques for the conservation of sea turtles**. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication N° 4, 3 - 5p.

MUSICK J.A. & LIMPUS C.J. (1997) Habitat utilization and migration in juvenile sea turtles. *In*: Lutz P.L. e Musick J.A. (eds.) **The biology of sea turtles**. Boca Raton: CRC Press, pp. 137–163.

OLIVEIRA, A. N. S.; AMORIM, C. M. F.; LEMOS, R. P. L. As riquezas das áreas protegidas no território alagoano. **Maceió: Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas: Mineração Vale Verde**, 2014.

PRITCHARD, P. C. H. 1997. Evolution, phylogeny and current status. *In*: Lutz, P. L.; Musick, J. A. (eds). **The biology of sea turtles**. Florida: CRC Press. V. 1. 1-28p.

PRITCHARD, P.C.H. & MORTIMER, J.A. 1999. Taxonomy, external morphology, and species identification, p. 21 – 38. *In*: ECKERT, K.L.; BJORNDAL, K.A.; ABREU – GOBROIS, F.A. & DONNELLY, M. (Eds) **Research and Management Techniques for the conservation of sea turtles**. IUCN/SSC Marine Turtle Specialist Group Publication N° 4, 235p.

RAOULT, V.; GASTON, T. F. Rapid biomass and size-frequency estimates of edible jellyfish populations using drones. **Fisheries Research**, v. 207, p. 160-164, 2018.

RAPHAEL, BL. 2003. Chelonians (Turtles, Tortoises). *In*: Fowler, M.E.; Miller, R.E. (eds) **Zoo and wild Animal Medicine**, 5. Ed. Saint Louis: Saunders. 48-58p.

REES BSC, C. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) surveys to compare foraging sea turtle density and distribution in two contrasting habitats in the Chagos Archipelago. **Swansea University, Prifsgol Abertawe**. 2022.

REIS, E. C.; GOLDBERG, D. W. Biologia, ecologia e conservação de tartarugas marinhas. *Em*: **Mamíferos, Quelônios e Aves, Vol 7**. Elsevier. p. 63–89, 2017.

ROBERTS, K. E. et al. Evaluating the use of marine protected areas by endangered species: A habitat selection approach. **Ecological Solutions and Evidence**, v. 2, n. 1, 2021.

SANTOS, Armando J. B. et al. Effectiveness and design of marine protected areas for migratory species of conservation concern: A case study of post-nesting hawksbill turtles in Brazil. **Biological Conservation**, v. 261, p. 109229, 2021.

SANTOS, Jeferson Andrade et al. Identificação de Áreas Críticas para Tartarugas Marinhas e sua Relação com Unidades de Conservação no Brasil. **Biodiversidade Brasileira-BioBrasil**, v. 12, n. 4, 2022.

SAZMINA, C., A. GROSSMAN, C. BELLINI, and I. SAZIMA. 2004. The moving gardens: Reef fishes grazing, cleaning and following green turtles in the SW Atlantic. *Cybium* 28: 47–53.

SCHAD, L.; FISCHER, J. Opportunities and risks in the use of drones for studying animal behaviour. **Methods in Ecology and Evolution** British Ecological Society, 2022.

SCOTT, Rebecca et al. Global analysis of satellite tracking data shows that adult green turtles are significantly aggregated in Marine Protected Areas. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, n. 11, p. 1053-1061, 2012.

SEMINOFF Jeffrey A.; ALLEN C. D.; BALAZS G. H.; DUTTON P. H.; EGUCHI T.; HASS H, et al. Status review of the green turtle (*Chelonia mydas*) under the Endangered Species Act. 2015.

SEMINOFF, Jeffrey A.; SHANKER, Kartik. Marine turtles and IUCN Red Listing: a review of the process, the pitfalls, and novel assessment approaches. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 356, n. 1-2, p. 52-68, 2008.

SIEGFRIED, T. et al. Insights Into Sea Turtle Population Composition Obtained With Stereo-Video Cameras in situ Across Nearshore Habitats in the Northeastern Gulf of Mexico. **Frontiers in Marine Science**, v. 8, 2021.

SILVA, B. M. G. et al. Long-term trends in abundance of green sea turtles (*Chelonia mydas*) assessed by non-lethal capture rates in a coastal fishery. **Ecological Indicators**, v. 79, p. 254–264, 2017.

STEINER, A. Q. et al. Zonação de recifes emersos da Área de Proteção Ambiental Costa dos Corais, Nordeste do Brasil. **Iheringia - Serie Zoologia**, v. 105, n. 2, p. 184–192, 2015.

STEINER, A. Q.; ELOY, C. C.; AMARAL, F. M. D. Projeto estuário do Rio Paraíba View project Tintinnina (Protozoa-Ciliophora-Oligotrichida) from the Antarctic Region. **View project**. 2006.

SYKORA-BODIE, Seth T. et al. Quantifying nearshore sea turtle densities: applications of unmanned aerial systems for population assessments. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-7, 2017.

WALLACE, B. P.; DIMATTEO, A. D.; BOLTEN A. B.; CHALOUPKA M. Y.; HUTCHINSON B. J.; ABREU-GROBOIS F. A.; et al. Prioridades globais de conservação para tartarugas marinhas. **Plos um**. 2011.

WILDERMANN, N. E.; GREDZENS, C.; AVENS, L.; BARRIOS-GARRIDO, H. A.; BELL, I., BLUMENTHAL, J.; BOLTEN, A. B. et al. 2018. Informing research priorities for immature sea turtles through expert elicitation. **Endangered Species Research**, 37: 55–76.

WYNEKEN, Jeanette; LOHMANN, Kenneth J.; MUSICK, John A. (Ed.). **The biology of sea turtles Volume III**. CRC press, 2013.