



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE PESCA E AQUICULTURA
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA

MARIA FERNANDA DA SILVA MORAIS

ANÁLISE DO CRESCIMENTO E DETERMINAÇÃO DA IDADE EM *Diaphus brachycephalus* e *Diaphus perspicillatus* (Myctophidae): COMPARAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Recife
2025

MARIA FERNANDA DA SILVA MORAIS

ANÁLISE DO CRESCIMENTO E DETERMINAÇÃO DA IDADE EM *Diaphus brachycephalus* e *Diaphus perspicillatus* (Myctophidae): COMPARAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Prof. Dr. Thierry Frédou
Orientador

Ma. Rayssa Rayanna Salvador de S.
Lima
Co-orientadora

Recife
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

M828a Morais, Maria Fernanda da Silva.

Análise do crescimento e determinação da idade em
Diaphus brachycephalus e *Diaphus perspicillatus*
(Myctophidae): comparação do ciclo de vida / Maria
Fernanda da Silva Morais. – Recife, 2026.

30 f.; il.

Orientador(a): Thierry Frédou.

Co-orientador(a): Rayssa Rayanna Salvador de Siqueira
Lima.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado
em Engenharia de Pesca, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Zooplâncton mesopelágico . 2. Idade. 3. Crescimento. 4.
Incremento diário 5. Otólito. I. Frédou, Thierry, orient. II.
Lima, Rayssa Rayanna Salvador de Siqueira, coorient. III.

Título

CDD 639.3

MARIA FERNANDA DA SILVA MORAIS

ANÁLISE DO CRESCIMENTO E DETERMINAÇÃO DA IDADE EM *Diaphus brachycephalus* e *Diaphus perspicillatus*: COMPARAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de
Bacharelado em Engenharia de
Pesca da Universidade Federal Rural
de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Pesca.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Thierry Frédou

(Orientador)

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Dr. Rafael Menezes Roberto

(Membro titular)

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Me. Matheus Lourenço Soares da Silva

(Membro titular)

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Me. Andreza da Silva Nascimento

(Membro suplente)

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

Dedico este trabalho aos meus pais, aos meus amigos e a todas as pessoas que caminharam comigo ao longo dessa trajetória, oferecendo apoio, incentivo e contribuindo, cada uma à sua maneira, para que esse momento se tornasse possível.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela minha vida e pela força concedida para superar cada desafio ao longo desses anos.

Aos meus pais, Lindinalva Maria e Jairo Caetano que sempre foram meu porto seguro, expresso meu enorme agradecimento por todo carinho, suporte e encorajamento ao longo da minha caminhada pessoal e acadêmica. Cada conquista minha carrega o esforço, valores e amor de vocês.

Às minhas irmãs Ana Beatriz e Camila, agradeço pela leveza e pela presença constante em minha vida.

Aos meus amigos Laudiane, Jacicleide, Evely, Karolayne e Nielly, vocês fazem parte da minha história. Obrigada pelas conversas, risadas e momentos de descontração, esses momentos tornaram o caminho mais leve e possível.

Aos meus colegas do laboratório BIOIMPACT, com quem compartilhei tantos momentos ao longo desses cinco anos, deixo meu sincero agradecimento pelo acolhimento, ensinamento e convivência diária, em especial para Andreza, Matheus, Andrey, Laís, Anne e Yasmim. A parceria e o ambiente construído por vocês fizeram com que o laboratório se tornasse mais do que um espaço de trabalho, mas um lugar onde sempre me senti em casa.

À minha amiga de curso, laboratório e da vida, Larysa Evellyn. Agradeço por dividir comigo as conquistas, aprendizados e os surtos acadêmicos, por cada conversa, apoio e incentivo, e acima de tudo, pela amizade verdadeira. Nossa amizade que começou no primeiro dia da faculdade, cresceu com a rotina compartilhada tornando tudo mais leve e divertido.

Ao meu orientador, Thierry Frédou, pelo qual tenho enorme carinho, expresso minha admiração e gratidão. Suas orientações foram essenciais para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

À Rayssa Siqueira, que trabalhou comigo em cada etapa e contribuiu de forma essencial para a realização deste trabalho. Obrigada por todo ensinamento e orientação.

Por fim, agradeço à UFRPE e ao Departamento de Pesca e Aquicultura (DEPAq) pela estrutura, apoio e formação acadêmica, assim como a todos os professores que contribuíram para minha trajetória ao longo desses anos.

RESUMO

Os peixes mesopelágicos desempenham papel importante na dinâmica dos ecossistemas marinhos, participando da migração vertical diária, do fluxo de carbono e da transferência de energia entre diferentes níveis tróficos. Apesar dessa relevância ecológica, o conhecimento sobre a história de vida dessas espécies ainda é limitado, especialmente na região da plataforma amazônica. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo estimar e comparar a idade e o crescimento das espécies *Diaphus brachycephalus* e *Diaphus perspicillatus* (Myctophidae) na plataforma amazônica. Foram analisados 845 indivíduos, sendo 754 de *D. brachycephalus* (13-55 mm de comprimento padrão) coletados em oito estações e 91 de *D. perspicillatus* (19-73 mm) provenientes de cinco estações de amostragem. Os otólitos sagitta foram extraídos, fotografados, incorporados em resina epóxi, seccionados e lixados para a leitura dos incrementos diários. A contagem foi realizada do núcleo à borda dos otólitos. Os incrementos diários variaram de 80 a 278 em *D. brachycephalus* e de 64 a 294 em *D. perspicillatus*. O crescimento foi descrito pelo modelo de von Bertalanffy, resultando nas equações: $SL = 56,12 [1 - \exp\{-0,0078 (t - 18,98)\}]$ para *D. brachycephalus* e $SL = 91,70 [1 - \exp\{-0,0035 (t - (-10,87))\}]$ para *D. perspicillatus*. As datas de eclosão retrocalculadas para ambas as espécies variaram de janeiro a setembro. Os resultados indicam crescimento relativamente rápido e ciclo de vida curto para ambas as espécies, padrão frequentemente observado em peixes mesopelágicos, contribuindo para ampliar o conhecimento sobre os parâmetros de crescimento de Myctophidae na região da plataforma amazônica. Dessa forma, o estudo contribui para ampliar o conhecimento sobre os padrões de idade e crescimento de peixes mesopelágicos da família Myctophidae da região Norte do Brasil.

Palavras-chave: mesopelágico, idade, crescimento, incremento diário, otólito.

ABSTRACT

Mesopelagic fishes play an important role in the dynamics of marine ecosystems, participating in diel vertical migration, carbon flux, and the transfer of energy among different trophic levels. Despite this ecological relevance, knowledge about the life history of these species remains limited, especially in the Amazon continental shelf region. In this context, the present study aimed to estimate and compare the age and growth of the species *Diaphus brachycephalus* and *Diaphus perspicillatus* (Myctophidae) on the Amazon continental shelf. A total of 845 individuals were analyzed, including 754 *D. brachycephalus* (13–55 mm standard length) collected from eight stations and 91 *D. perspicillatus* (19–73 mm) from five sampling stations. The sagittal otoliths were extracted, photographed, embedded in epoxy resin, sectioned, and polished for the reading of daily increments. Counts were performed from the core to the edge of the otoliths. Daily increments ranged from 80 to 278 in *D. brachycephalus* and from 64 to 294 in *D. perspicillatus*. Growth was described using the von Bertalanffy growth model, resulting in the following equations: $SL = 56.12 [1 - \exp\{-0.0078 (t - 18.98)\}]$ for *D. brachycephalus* and $SL = 91.70 [1 - \exp\{-0.0035 (t - (-10.87))\}]$ for *D. perspicillatus*. The back-calculated hatching dates for both species ranged from January to September. The results indicate relatively rapid growth and a short life cycle for both species, a pattern commonly observed in mesopelagic fishes, contributing to the expansion of knowledge on the growth parameters of Myctophidae in the Amazon continental shelf region. Thus, this study contributes to improving the understanding of age and growth patterns of mesopelagic fishes of the family Myctophidae in northern Brazil.

Keywords: mesopelagic, age, growth, daily increment, otolith.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Área de estudo e pontos de coleta da expedição	15
Figura 2: Otólito direito Sagitta da espécie <i>Diaphus brachycephalus</i> ; B) Otólito direito Sagitta da espécie <i>Diaphus perspicillatus</i>	18
Figura 3: Histogramas apresentando a frequência de tamanho das espécies <i>Diaphus brachycephalus</i>	19
Figura 4: Histogramas apresentando a frequência de tamanho das espécies <i>Diaphus perspicillatus</i>	20
Figura 5: Curva de crescimento de Von Bertalanffy para a espécie <i>Diaphus brachycephalus</i>	21
Figura 6: Curva de crescimento de Von Bertalanffy para a espécie <i>Diaphus perspicillatus</i>	22
Figura 7: Épocas estipuladas de desovas para espécie da espécie <i>D. brachycephalus</i> na Região Norte do Brasil	23
Figura 8: Épocas estipuladas de desovas para espécie da espécie <i>D. perspicillatus</i> na Região Norte do Brasil	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Parâmetros de crescimento estimados e comprimentos máximos de <i>Diaphus brachycephalus</i> e <i>Diaphus perspicillatus</i>	25
Tabela 2: Parâmetros de crescimento estimados para espécies de Myctophidae encontrados na literatura.....	26
Tabela 3: Períodos de desova e eclosão de espécies de peixes mesopelágicos da família Myctophidae reportados na literatura.....	27

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Zona mesopelágica e biodiversidade local.....	12
1.2 Família Myctophidae	12
1.3 O uso de otólitos no estudo da idade e crescimento.....	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 Geral.....	14
2.2 Específico.....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1 Área de estudo.....	15
3.2 Coleta e processamento das amostras	16
3.3 Processamento	17
3.4 Análise de dados.....	18
4. RESULTADOS	19
5. DISCUSSÃO	24
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
7. REFERÊNCIAS.....	27

1. INTRODUÇÃO

1.1 Zona mesopelágica e biodiversidade local

A zona mesopelágica (aproximadamente 200-1000 m) abrange uma vasta área dos oceanos do mundo e desempenha papel fundamental no funcionamento dos ecossistemas marinhos. Essa região abriga elevada biodiversidade e apresenta grande importância ecológica, especialmente por sua contribuição para processos como o sequestro de carbono e a reciclagem de nutrientes ao longo da coluna d'água (CAIGER et al., 2021).

Além de sua relevância ecológica, a zona mesopelágica tem despertado crescente interesse econômico. Algumas espécies são consideradas adequadas para o consumo humano, e atualmente vêm sendo exploradas pela pesca para fins de produção de farinha e óleo de peixe, ingredientes essenciais na alimentação de espécies cultivadas na aquicultura como camarão, trutas e salmão (NAYLOR et al. 2021). Diversas espécies epipelágicas como albacora-laje utilizam os peixes mesopelágicos como fonte alimentar, logo, a exploração desses recursos pode afetar de forma negativa o estoque dessas espécies (GROENEVELD, 2024).

Recentemente a perfuração de um poço para a extração de petróleo em águas profundas foi autorizada na região da foz do rio Amazonas. Essa exploração tem gerado grande preocupação por se tratar de uma área de elevada sensibilidade socioambiental, que abriga uma biodiversidade única. Além disso, houve um recente registro de um vazamento de fluido, conhecido como “lama”, utilizado para o resfriamento de brocas e para o controle da pressão do poço, o qual foi considerado dentro dos limites de toxicidade segundo reportagens divulgadas na mídia (AGÊNCIA BRASIL, 2026). Os potenciais impactos à vida marinha e aos seus habitats são imensuráveis, uma vez que a exploração petrolífera envolve riscos como derramamentos de óleo e diferentes formas de poluição, cujos efeitos e a extensão dos danos são difíceis de prever e podem ser irreversíveis (KUMAR et al., 2026).

1.2 Família Myctophidae

Entre os organismos que habitam a zona mesopelágica, destacam-se aqueles da família Myctophidae, a qual considerada uma das mais diversificadas e abundantes

entre os peixes mesopelágicos (CAIGER et al., 2021). Os peixes-lanternas são caracterizados pelo corpo alongado, olhos grandes e pela presença de bioluminescência, que lhes permitem emitir luz no ambiente profundo e escuro. A bioluminescência desempenha funções ecológicas importantes, como a comunicação e a atração de presas, além de estar associada à reprodução, auxiliando no reconhecimento de indivíduos e na atração de parceiros reprodutivos (APARECIDO et al., 2023).

A maioria das espécies dessa família apresenta comportamento de migração vertical diária, ascendendo para camadas superficiais durante a noite para se alimentar e retornando às maiores profundidades durante o dia (CATUL et al., 2011). Esse comportamento confere aos peixes-lanternas um papel central nos processos ecossistêmicos, atuando como importantes mediadores no transporte de carbono entre diferentes camadas da coluna d'água. Além disso, eles constituem um elo essencial entre os níveis tróficos, alimentando-se de zooplâncton e organismos nectônicos, bem como servindo como presa para peixes maiores do oceano profundo e predadores de topo (WILSON et al., 2009; EDUARDO et al., 2020; CAIGER et al., 2021).

Apesar de sua importância ecológica, o conhecimento sobre a história de vida dos peixes mesopelágicos ainda é limitado, principalmente em função da dificuldade de acesso a essa região, especialmente na costa norte do Brasil. A exploração da zona mesopelágica exige embarcações oceanográficas especializadas e tecnologias avançadas capazes de operar em grandes profundidades, onde as condições extremas de temperatura e pressão dificultam os métodos convencionais de amostragem (CAIGER et al., 2021). Como consequência, informações sobre crescimento e migração dessas espécies ainda permanecem escassas.

1.3 O uso de otólitos no estudo da idade e crescimento

A coleta e análise de dados sobre idade e crescimento tornam-se fundamentais para a compreensão da dinâmica populacional e da ecologia dos peixes mesopelágicos. Informações como estrutura etária, taxas de crescimento e mortalidade fornecem subsídios importantes para avaliar a saúde das populações e sua vulnerabilidade em longo prazo (BADCOCK & ARAUJO, 1988; CAIGER et al., 2021). Os peixes-lanternas desempenham um papel importante nas teias tróficas marinhas, atuando como elo na transferência de energia entre níveis tróficos e sendo

uma importante fonte alimentar para diversos predadores (EDUARDO et al., 2020). Nesse contexto, seu ciclo de vida relativamente curto, geralmente entre 1 e 5 anos, está associado a uma rápida renovação populacional, o que torna o conhecimento sobre crescimento fundamental para compreender sua dinâmica populacional e sua relevância no funcionamento dos ecossistemas marinhos (CATUL et al., 2011).

Uma das principais ferramentas para esse tipo de investigação é o uso de otólitos, pequenas concreções calcárias localizadas no ouvido interno dos peixes, responsáveis pela orientação e percepção sonora. Por serem as primeiras estruturas calcificadas a se formarem nos peixes ósseos, os otólitos registram informações valiosas sobre o ambiente, a biologia e a ecologia das espécies (FERRI, 2023). As marcas internas presentes nos otólitos refletem o crescimento ao longo da vida e permitem reconstruir aspectos da história de vida dos peixes (PANELLA, 1971), como taxas de crescimento, padrões de migração e hábitos alimentares (MACIEL et al., 2021).

A interpretação dos otólitos é realizada por meio da contagem e medição dos incrementos ou incrementos de crescimento que podem ser diários ou anuais, sendo a deposição diária mais adequada para espécies mesopelágicas devido ao rápido crescimento e ciclo de vida curto (SANTANA et al., 2018; CATUL et al., 2011).

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Estimar e comparar a idade e o crescimento das espécies *Diaphus brachycephalus* e *Diaphus perspicillatus* pertencentes à família Myctophidae da zona mesopelágica da região Norte do Brasil.

2.2 Específicos

- Estimar a idade dos indivíduos de *Diaphus brachycephalus* e *Diaphus perspicillatus* por meio da contagem dos incrementos diários nos otólitos;
- Ajustar modelos de crescimento de von Bertalanffy para as duas espécies, estimando parâmetros;
- Estimar os meses de eclosão dos indivíduos por meio de retrocálculo a partir da idade estimada e da data de coleta.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

A área de estudo abrange uma parte substancial das águas oceânicas das regiões Norte do Brasil sendo compreendida entre o Oiapoque e Belém, incluindo a região oceânica e plataforma continental (Figura 1). Essas regiões estão localizadas na piscina de água quente da região intertropical que alimenta um dos principais sistemas meteorológicos que atua nos trópicos, a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT. A região apresenta uma dinâmica oceânica complexa, na qual diversos processos físicos (plumas, correntes, ondas internas e maré) exercem influência sobre os nutrientes e matéria orgânica em suspensão (MUACHO et al., 2014; PAN et al., 2012; WANG et al., 2007), equilíbrio de salinidade e calor, variáveis que atuam em todo ecossistema (MOURA et al., 2016). A foz do rio Amazonas é responsável pela descarga de uma grande quantidade de água doce e nutrientes no oceano Atlântico, onde este fluxo de água doce e sedimentos fornece nutrientes essenciais para os ecossistemas marinhos, promovendo a produção biológica e sustentando as cadeias alimentares (MARCENIUK, 2021).

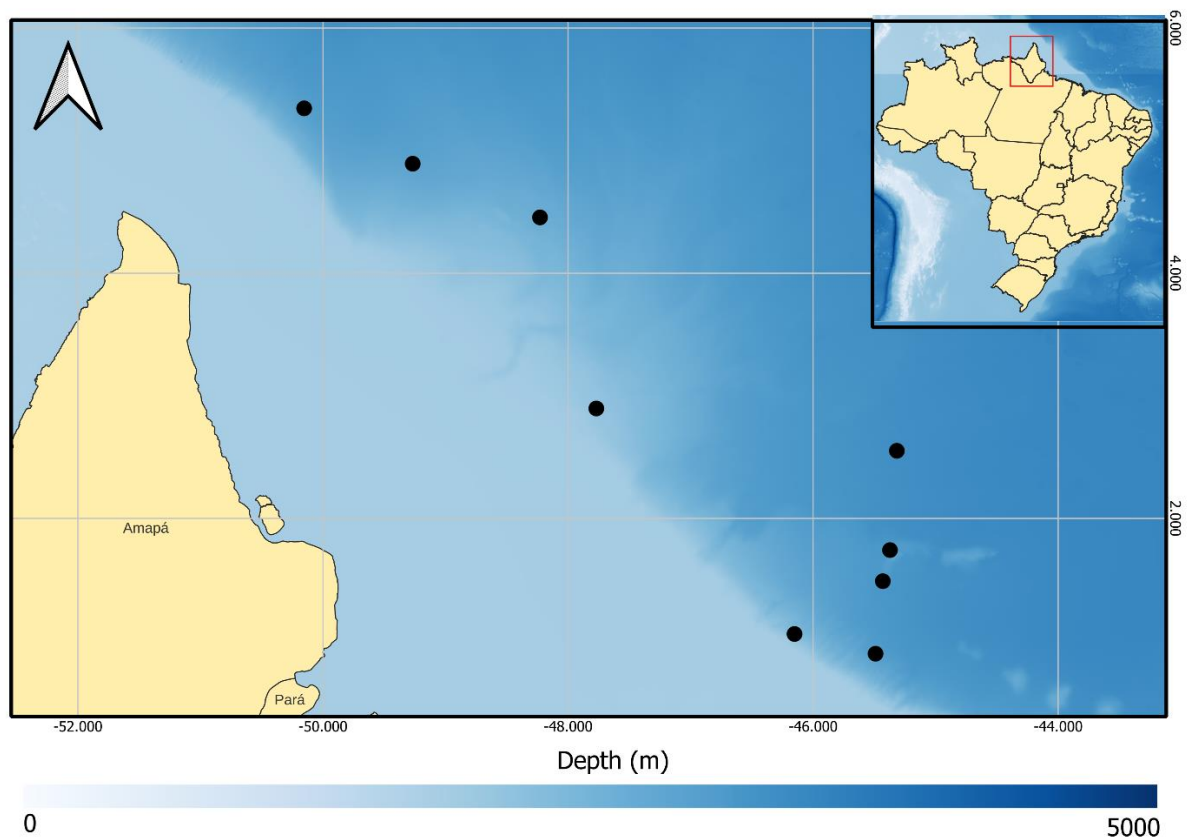


Figura 1: Área de estudo e pontos de coleta da expedição. O gradiente de cor representa a profundidade (m).

3.2 Coleta e processamento das amostras

Os espécimes foram coletados a bordo do navio francês N/O RV Antea durante a expedição científica AMAZOMIX (Amazon Shelf Mixing and its Impact on Ecosystems), realizada entre 28 de agosto e 28 de setembro de 2021, durante o período de seca. No total, 13 estações de coleta foram realizadas durante o dia e a noite, utilizando redes de arrasto de meia-água entre 20 e 1.200 m de profundidade. As posições das estações foram determinadas com dados acústicos com base em regiões contrastantes onde as ondas internas da plataforma e talude estão presentes, a partir da hora do dia (migração vertical dos organismos) e das características do fundo com algumas variáveis coletadas como salinidade, pH e oxigênio dissolvido. Em cada operação de arrasto (foi usado uma rede pelágica de Micronecton com uma malha de 10 mm no saco) com uma duração de aproximadamente 30 minutos, uma vez que a rede de arrasto estava na posição de pesca, totalizando 1 a 2 horas, dependendo da posição visada. Além disso, a distribuição de alguns organismos era desconhecida e por isso algumas das estações foram baseadas em levantamentos acústicos, determinando a hora do dia com base na migração vertical dos organismos.

Em laboratório, os indivíduos foram identificados ao menor nível taxonômico possível, e registrados dados de comprimento total (mm), comprimento padrão (mm) e peso úmido (g) em uma base de dados. A identificação das espécies foi realizada através de chaves de identificação e livros especializados na família, além do auxílio de especialistas (SANTOS E FIGUEIREDO, 2008; SUTTON et al., 2020).

As espécies escolhidas foram *Diaphus brachycephalus* e *Diaphus perspicillatus* pertencentes a família Myctophidae, com base em critérios como número de indivíduos coletados e sua abundância, importância ecológica, as estações de coleta, padrão de vida similares e informações sobre seus padrões migratórios documentados na literatura global.

3.3 Processamento

No ouvido interno dos peixes, existe uma estrutura em ambos os lados da cabeça, composta por três sacos óticos que contém uma estrutura calcária em cada um dividido em três tipos: *asteriscus*, *lapillus* e *sagitta*. Os indivíduos analisados foram selecionados a partir de estações de coleta onde ambas as espécies estiveram presentes, com o objetivo de garantir consistência espacial e evitar a influência de variações ambientais nas comparações de idade e crescimento. Indivíduos com danos estruturais que comprometessem a análise dos otólitos foram excluídos. Dentro das espécies escolhidas, o par de maior otólito é o *sagitta* (figura 2), além de ser o mais utilizado dentro dos estudos com uso de incrementos diários (REAL et al., 2021). A deposição diária foi assumida conforme estudos que indicam que a família Myctophidae possui crescimento rápido e ciclos de vida curtos, tornando a leitura anual menos adequada para esse grupo (CAIGER et al., 2021). A extração do par de otólitos *sagitta* foi realizada, porém apenas o otólito direito foi utilizado para as análises, enquanto o esquerdo foi guardado para ser utilizado caso seja necessário. O processo começou com a extração cuidadosa dos otólitos, seguida da limpeza minuciosa com água ultrapura para garantir a remoção de qualquer matéria orgânica. No segundo passo foi utilizado um microscópio estéreo Zeiss Stemi 508 para extrair e capturar as imagens de cada otólito. O terceiro passo consistiu em incorporar os otólitos em resina epóxi, o que proporcionou estabilidade e suporte durante o processo de corte. No quarto passo, os otólitos incorporados foram cortados em seções transversais finas utilizando lâminas de diamante em um cortador de precisão de baixa velocidade. Os cortes tiveram cerca de 900 micrômetros de espessura antes do polimento e foram montados em lâminas de microscópio com a utilização da resina epóxi. Para melhorar a visibilidade, os cortes foram lixados e polidos usando lixas d'água de diferentes granulações (1200, 2400 e 4000). O quinto passo envolveu a leitura dos incrementos diários presentes nos otólitos e fotografias das principais estruturas como o núcleo e incrementos diários, utilizando um microscópio binocular digital Olympus BX41TF. Essas leituras foram realizadas duas vezes pelo mesmo leitor em momentos diferentes, contando a partir do núcleo até a borda e da borda até o núcleo do otólito sendo uma contagem cega, sem acesso prévio às informações biométricas dos indivíduos, a fim de minimizar possíveis vieses e aumentar a confiabilidade das estimativas de idade., a diferença média entre as duas contagens

foi de aproximadamente 5 incrementos. A média das duas leituras foi utilizada visando uma melhor precisão na contagem.

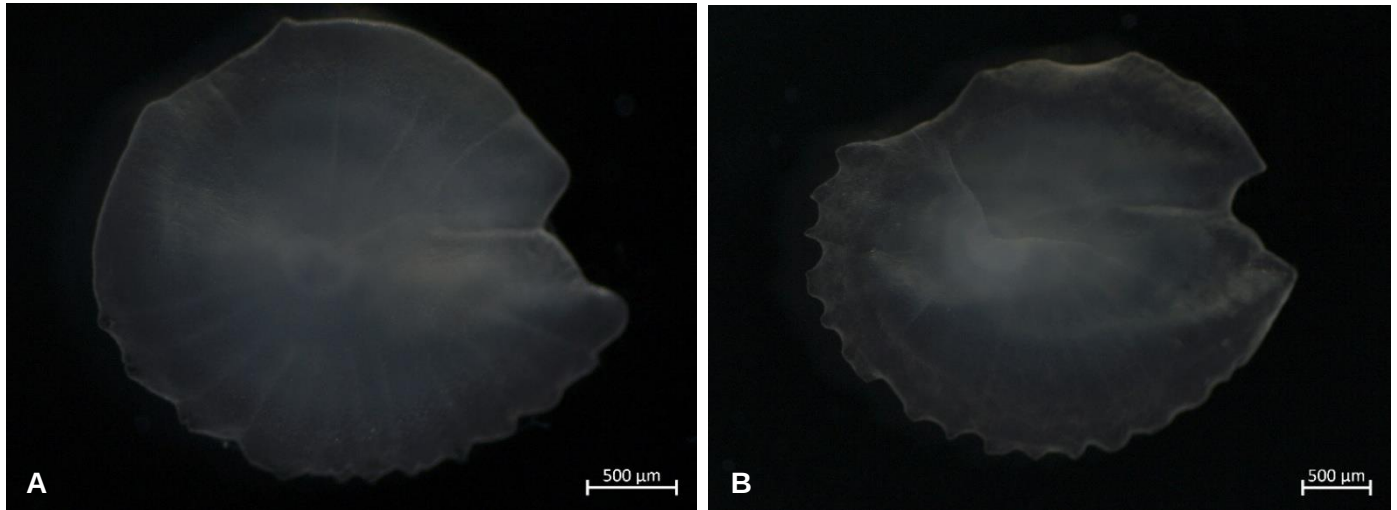


Figura 2: A) Otólito direito *Sagitta* da espécie *Diaphus brachycephalus*; B) Otólito direito *Sagitta* da espécie *Diaphus perspicillatus*

3.4 Análise de dados

O modelo de crescimento de von Bertalanffy, foi aplicado para descrever o crescimento em função da idade estimada dos peixes com base na contagem dos incrementos diários presentes nos otólitos (BERTALLANFY, 1938). As idades dos indivíduos foram estimadas a partir da contagem dos incrementos diários dos otólitos e a idade foi registrada em dias. Enquanto a data de eclosão foi calculada subtraindo a idade da data de captura.

A relação entre o comprimento e a idade foi descrita pela equação de crescimento von Bertalanffy que expressa o comprimento padrão, SL, em função a idade do peixe, t.

$$SL: SL_t = SL_{\infty} [1 - \exp(-K(t - t_0))]$$

Sendo, SL o comprimento padrão (mm), SL_{∞} o comprimento assintótico (mm), k é o coeficiente de crescimento diário e t_0 é a idade no qual o comprimento é teoricamente zero (NÓBREGA, 2002). Os parâmetros da curva de crescimento foram calculados através de um modelo de ajuste não linear de mínimos quadrados utilizando o software estatístico R (R Core Team, 2025), com o pacote FSA. Esse

pacote foi empregado para obtenção dos valores iniciais dos parâmetros do modelo por meio da função `vbStarts ()`, os quais foram utilizados como *starting values* no ajuste do modelo não linear.

4. RESULTADOS

A base de dados utilizada para estudo foi composta por 845 indivíduos, dos quais 754 indivíduos pertenceram a espécie *Diaphus brachycephalus* com comprimento padrão variando entre 13 mm e 55 mm, coletados em 8 pontos de coleta, e 91 indivíduos da espécie *Diaphus perspicillatus* com comprimento padrão entre 19 mm e 73 mm coletados em 5 pontos de amostragem (Figura 3).

De acordo com a literatura, o tamanho padrão máximo da espécie *D. brachycephalus* já documentado é de 58 mm (Tian et al., 2022), enquanto o tamanho máximo da espécie *D. perspicillatus* é de 71 mm (Pauly et al., 2021). Ainda não se sabe se as idades máximas observadas para estas espécies são uniformes em todas as áreas de distribuição ou se variam devido as diferenças regionais ou de habitat (CAIGER et al., 2021). Os histogramas apresentados permitem a visualização da distribuição de tamanhos das espécies analisadas.

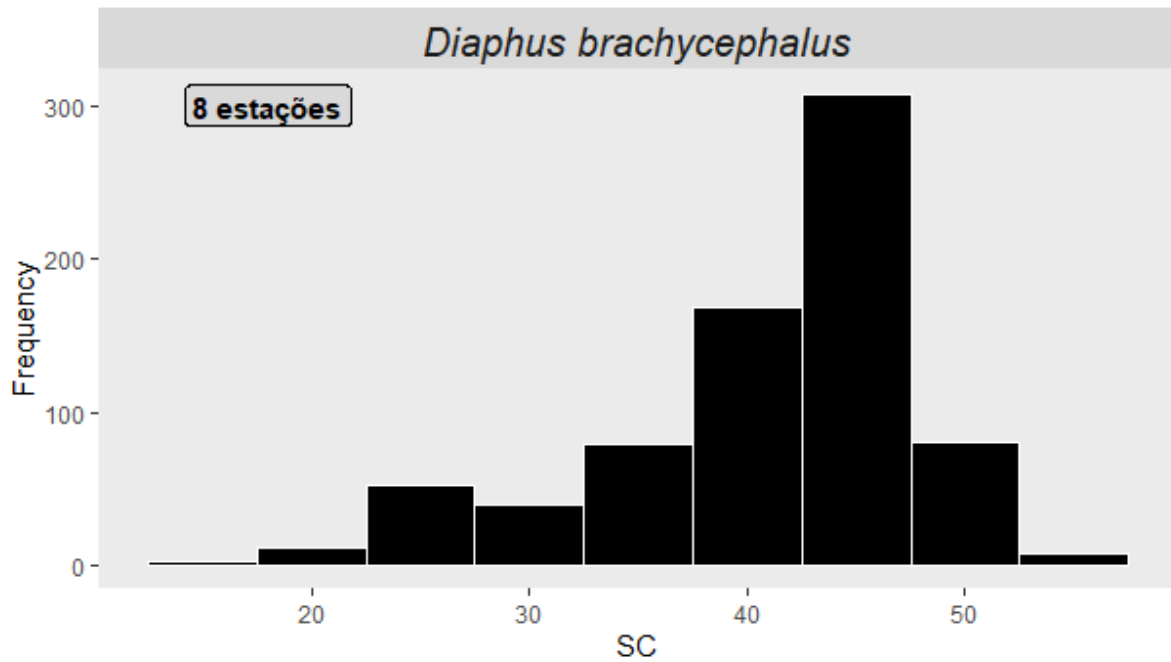


Figura 3: Histograma da frequência de tamanho da espécie *D. brachycephalus*, em que o eixo x representa os intervalos (SC – Classes de Tamanho) e o eixo y o número de indivíduos em cada classe.

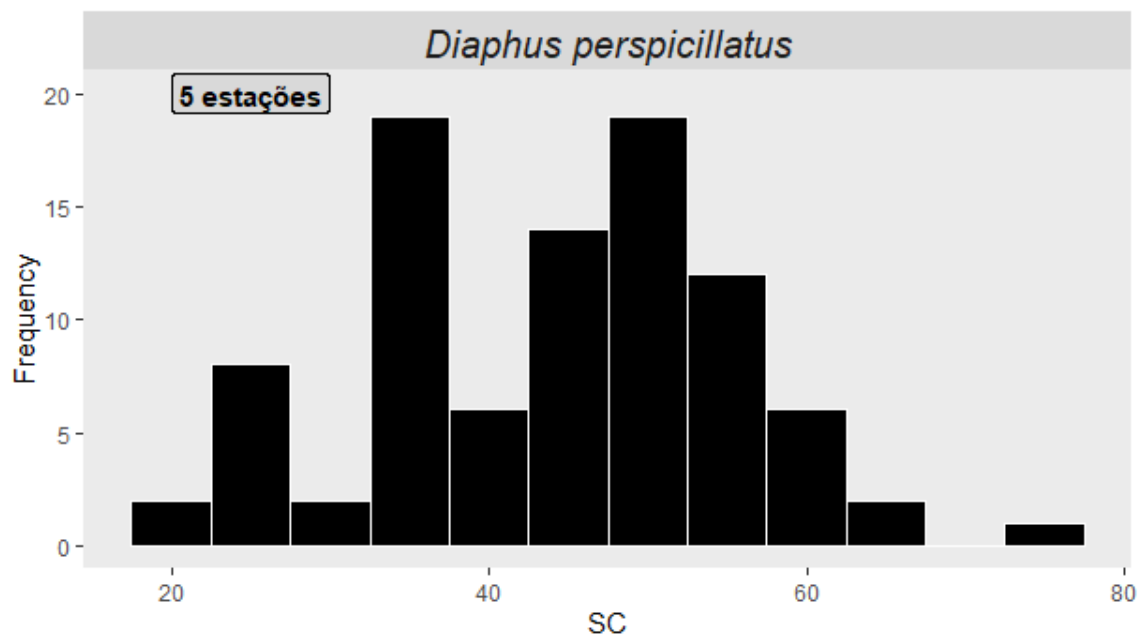


Figura 4: Histograma da frequência de tamanho da espécie *D. perspicillatus*, em que o eixo x representa os intervalos (SC – Classes de Tamanho) e o eixo y o número de indivíduos em cada classe.

Para as análises foram utilizados 79 otólitos da espécie *Diaphus brachycephalus* e 81 otólitos da espécie *Diaphus perspicillatus*. Os incrementos diários de crescimento observados na espécie *D. brachycephalus* variaram entre 80 e 278 dias, representando um período de crescimento de aproximadamente 2,6 meses a quase 9,5 meses para indivíduos com comprimento entre 22 mm e 54 mm. Enquanto que os incrementos diários de crescimento observados no *D. perspicillatus* exibiram uma faixa de 64 a 294, indicando um período de crescimento compreendido entre 2 meses e quase 10 meses para indivíduos com comprimento entre 19 mm e 66 mm. Embora os intervalos de crescimento observados para ambas as espécies sejam similares, *D. perspicillatus* apresentou uma faixa ligeiramente mais ampla de crescimento.

Os parâmetros da curva de crescimento foram calculados por meio de um modelo de ajuste de mínimos quadrados não linear, de modo que fossem minimizadas as diferenças entre os valores observados e os valores preditos pela equação. Para *D. brachycephalus*, a equação ajustada foi expressa como:

$$SL = 56,12 [1 - \exp \{-0,0078 (t - 18,98)\}] \text{ (Figura 4).}$$

O comprimento assintótico (L^∞) foi estimado em 56,12 mm, sendo ligeiramente superior ao comprimento padrão máximo observado na amostra (54 mm), mas inferior ao maior comprimento padrão registrado na literatura para a espécie, que é de 58 mm. Os valores do parâmetro de crescimento K foram identificados em $0,0078 \text{ dia}^{-1}$ para *D. brachycephalus*.

Para a espécie *D. perspicillatus*, a curva de crescimento ajustada ao modelo de von Bertalanffy foi expressa como:

$$SL = 91,70 [1 - \exp \{-0,0035 (t - (-10,87))\}] \text{ (Figura 5).}$$

O comprimento assintótico (L^∞) foi estimado em 91,7 mm, valor superior ao comprimento padrão máximo observado na amostra (66 mm) e superior ao comprimento padrão máximo já conhecido para a espécie (71 mm). Os valores do parâmetro de crescimento K foram identificados em $0,0035 \text{ dia}^{-1}$.

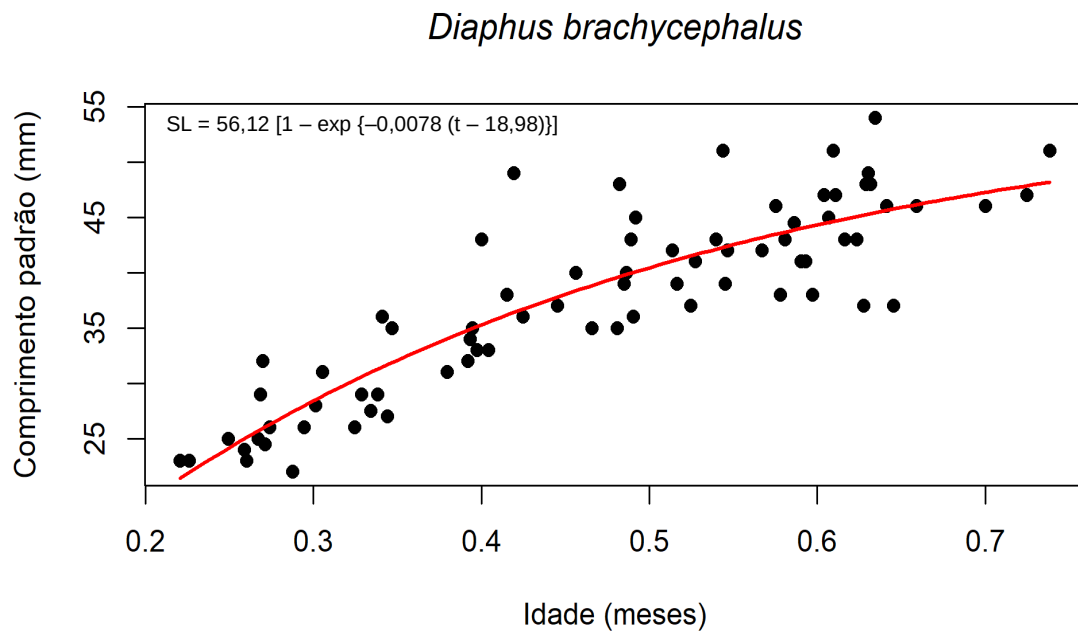


Figura 5: Curva de crescimento de von Bertalanffy para a espécie *Diaphus brachycephalus* (n=79).

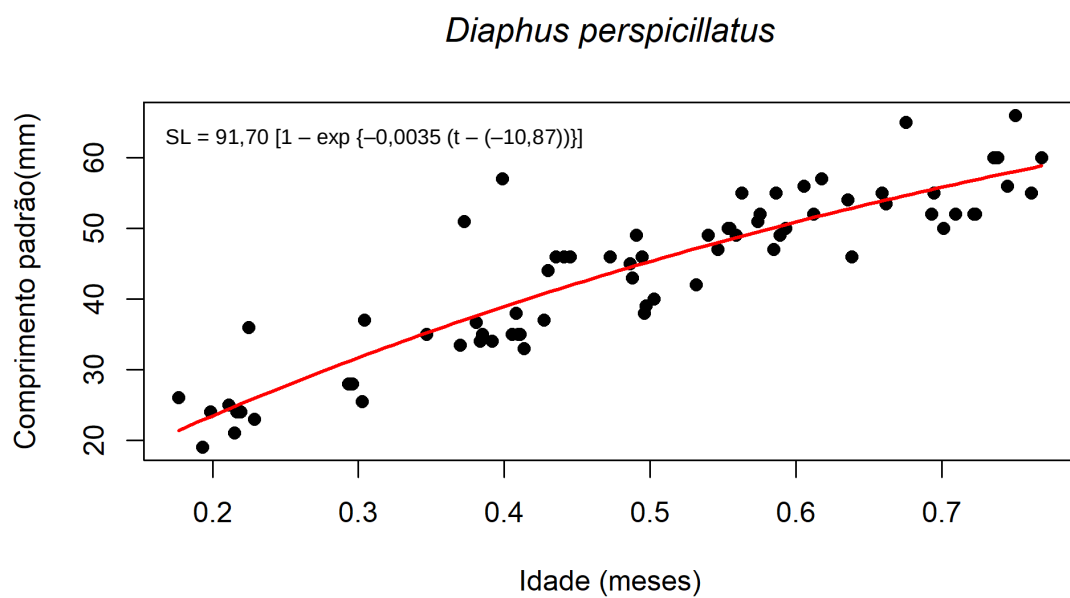


Figura 6: Curva de crescimento de von Bertalanffy para a espécie *Diaphus perspicillatus* (n=81).

Com base na idade e na data de captura, as datas de eclosão retrocalculadas de *D. brachycephalus* (figura 6) foram distribuídas entre janeiro e agosto, com valores mais baixos em janeiro e fevereiro. Enquanto para a espécie *D. perspicillatus* (figura 7) foram distribuídas entre fevereiro e setembro, com maiores picos de desovas entre os meses de março a junho.

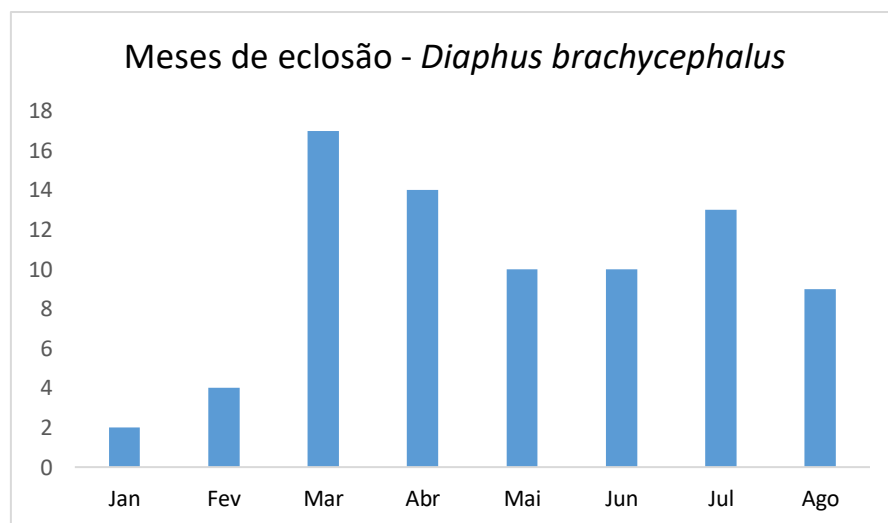


Figura 7: Épocas de eclosão estipuladas para a espécie *D. brachycephalus* na Região Norte do Brasil.

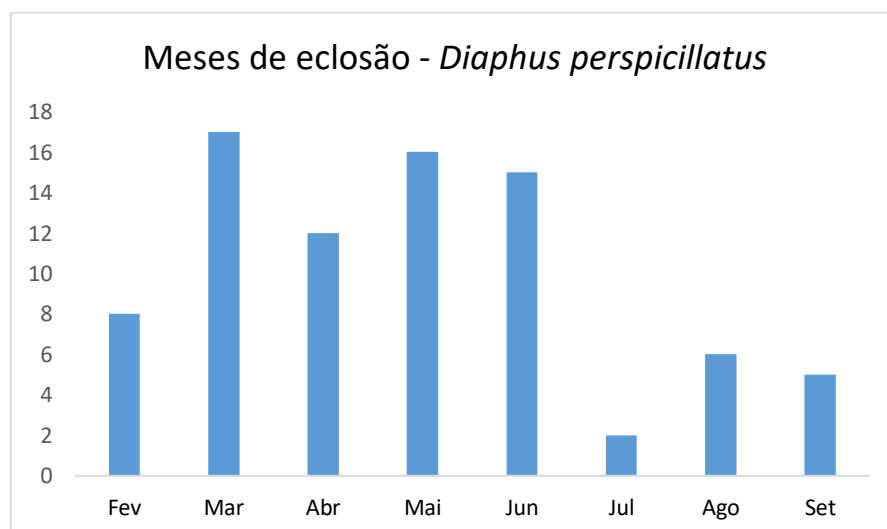


Figura 8: Épocas de eclosão estipuladas para a espécie *D. perspicillatus* na Região Norte do Brasil.

5. DISCUSSÃO

O uso de anéis de crescimento é, historicamente, o método mais empregado para a estimativa de curvas de crescimento em peixes ((PANELLA, 1971; SILVA et al., 2024). Nesse estudo, a deposição diária dos incrementos de crescimento foi assumida, por ser a abordagem mais indicada para peixes mesopelágicos, uma vez que esses peixes apresentam ciclos de vida relativamente curtos, crescimento rápido e elevada rotatividade populacional, características que favorecem a formação de incrementos diários nos otólitos (CAIGER et al., 2021).

Embora os intervalos de crescimento observados para ambas as espécies sejam similares, *D. perspicillatus* apresentou uma faixa ligeiramente mais ampla de crescimento, indicando que pode levar um pouco mais de tempo para atingir tamanhos corporais maiores quando comparado com *D. brachycephalus*. Esse crescimento mais lento pode estar associado às fases iniciais do ciclo de vida dessas espécies, nas quais foram observados cerca de 15-20 incrementos para *D. perspicillatus* e aproximadamente 27-33 incrementos para *D. brachycephalus*. Diferenças no crescimento inicial podem refletir estratégias ecológicas distintas, como alocação energética, padrões de alimentação e uso do habitat durante os estágios larval e juvenil (BIRO et al., 2005).

A estimativa do comprimento assintótico para *D. brachycephalus* sugere que a espécie tende a se aproximar do comprimento máximo registrado na literatura, embora variações possam ocorrer em função das condições ambientais, como disponibilidade alimentar e características do habitat. O valor do parâmetro de crescimento K estimado para essa espécie ($0,0078 \text{ dia}^{-1}$), sugere uma taxa de crescimento relativamente rápida, compatível com o padrão observado para peixes da família myctophidae (CATUL et al., 2011; CAIGER et al., 2021)

Da mesma forma, para *D. perspicillatus*, o comprimento assintótico estimado foi superior ao comprimento máximo observado na amostra e superior ao maior comprimento padrão já registrado na literatura. Esse padrão pode estar associado à ausência de indivíduos mais velhos e de maior comprimento na amostra analisada. Quando isso ocorre, o modelo pode superestimar o comprimento assintótico L_{∞} . Além disso, o número reduzido de classes de tamanho e idade disponíveis para essa espécie pode aumentar a incerteza dos parâmetros, especialmente L_{∞} e t_0 ,

resultando em um ajuste estatisticamente adequado, porém biologicamente menos realista.

O valor de K estimado para essa espécie ($0,0035 \text{ dia}^{-1}$), sugere uma taxa de crescimento um pouco mais lenta que o *D. brachycephalus*, mas ainda compatível com o padrão observado para espécies da família Myctophidae.

Tabela 1: Parâmetros de crescimento estimados e comprimentos máximos de *Diaphus brachycephalus* e *Diaphus perspicillatus*.

Parâmetros	<i>D. brachycephalus</i>	<i>D. perspicillatus</i>
Taxa de crescimento (K)	$0,0078 \text{ dia}^{-1}$	$0,0035 \text{ dia}^{-1}$
Comprimento assintótico estimado (L^∞)	56,12	91,70
Comprimento máximo na amostra	54	66
Comprimento máximo na literatura	58	71

Comparações com estudos realizados em outras regiões evidenciam variações nos parâmetros de crescimento dessas espécies. Em populações de *D. brachycephalus* do Mar da China Meridional (TIAN et al., 2022), por exemplo, foram estimados valores mais elevados de comprimento assintótico ($L^\infty = 65,6 \text{ mm}$) e coeficiente de crescimento ($K = 0,0132 \text{ dia}^{-1}$), indicando um crescimento mais rápido quando comparado ao observado no presente estudo. Tais diferenças podem estar associadas a diferenças nos fatores regionais, como disponibilidade de alimento e dinâmica do ambiente mesopelágico. Esses autores também relataram uma redução na taxa de crescimento da fase juvenil para adulta.

Outras revisões sobre a família Myctophidae reforçam que essas espécies apresentam, em geral, comprimentos assintóticos moderado. Em uma pesquisa realizada por WANG et al. (2019), foi observado que a espécie *Myctophum asperum* no Mar da China Meridional apresentou $L^\infty = 85,3 \text{ mm}$ e $K = 0,008 \text{ dia}^{-1}$. De forma semelhante, LONGO et al. (2021) estimaram para *Myctophum punctatum* no Mediterrâneo $L^\infty = 74,8 \text{ mm}$ e $K = 0,0084 \text{ dia}^{-1}$. Esses valores são comparáveis aos estimados para *D. brachycephalus* e *D. perspicillatus* no presente estudo.

Tabela 2: Parâmetros de crescimento estimados para espécies de Myctophidae encontrados na literatura.

	TIAN et al., 2022	WANG et al. (2019)	LONGO et al. (2021)
Espécie	<i>D. brachycephalus</i>	<i>Myctophum asperum</i>	<i>Myctophum punctatum</i>
Taxa de crescimento (K)	0,0132 dia ⁻¹	0,008 dia ⁻¹	0,0084 dia ⁻¹
Comprimento assintótico estimado (L [∞])	65,6 mm	85,3 mm	74,8 mm
Local	Mar da China Meridional	Mar da China Meridional	Mar Mediterrâneo

A época de eclosão ocorreu entre os meses de janeiro a setembro, com base no retrocálculo da data de eclosão a partir dos incrementos diários de crescimento. Apesar da ampla distribuição de espécies do gênero *Diaphus* e de sua relevância ecológica, informações sobre reprodução ainda são escassas na literatura, não sendo possível encontrar estudos que descrevam diretamente a sazonalidade reprodutiva de *D. brachycephalus* e *D. perspicillatus*, o que limita comparações entre regiões e populações. Entretanto, alguns estudos sobre a biologia reprodutiva de mictofídeos, indicam que a época de desova e consequentemente de eclosão geralmente estão associados a condições ambientais favoráveis. Na região amazônica, a descarga do rio Amazonas e a dinâmica da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) pode modular a disponibilidade alimentar, influenciando a produtividade e os processos oceanográficos.

Para a espécie *Notoscopelus resplendens*, por exemplo, foi identificada uma estação reprodutiva concentrada entre dezembro e março, no Atlântico Central-Oriental (SILVA et al., 2020). De acordo com o trabalho realizado por Dalpadado et al. (2019), em regiões tropicais, a espécie *Benthosema fibulatum* pode apresentar duas temporadas principais de desova por ano, entre abril-junho e setembro-outubro, no Mar da Arábia, enquanto *Benthosema pterotum* pode desovar ao longo de praticamente todo o ano. Segundo a FAO (2010), em regiões tropicais sob influência de sistemas de monção, a reprodução de mictofídeos pode apresentar picos sazonais associados a períodos de maior produtividade, frequentemente relacionados a

processos oceanográficos que aumentam a disponibilidade alimentar, como ressurgências e intensa mistura da coluna d'água.

Tabela 3: Períodos de desova e eclosão de espécies de peixes mesopelágicos da família Myctophidae reportados na literatura.

	<i>Notoscopelus resplendens</i>	<i>Benthoosema fibulatum</i>	<i>Benthoosema pterotum</i>
Épocas de desova e eclosão	Dezembro-Março	Abril-Junho e Setembro-Outubro	Todo o ano

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos neste trabalho, nota-se a importância de realizar pesquisas sobre a idade e o crescimento de peixes mesopelágicos do gênero *Diaphus*, um grupo de grande importância ecológica, porém ainda pouco explorado sob a perspectiva da história de vida. As informações geradas contribuem para ampliar o conhecimento sobre *Diaphus brachycephalus* e *Diaphus perspicillatus*, permitindo uma compreensão mais consistente de seus padrões de crescimento. Os parâmetros estimados a partir da análise de otólitos apresentaram padrões de crescimento compatíveis com mictofídeos mesopelágicos, caracterizados por ciclos de vida curtos.

Este é um dos primeiros estudos a abordar a idade e o crescimento de espécies do gênero *Diaphus* na região Norte do Brasil. Os resultados obtidos contribuem para o preenchimento de lacunas sobre a história de vida de peixes mesopelágicos nessa região e reforçam a importância da realização de novas pesquisas que ampliem o conhecimento ecológico e subsidiem ações futuras de conservação e manejo desses organismos.

7. REFERÊNCIAS

APARECIDO, KÁTIA CRISTINA C.; FRÉDOU, THIERRY; EDUARDO, LEANDRO N.; MINCARONE, MICHAEL M.; LIMA, RAYSSA SIQUEIRA; MORAIS, MARIA FERNANDA DA SILVA; MÉRIGOT, BASTIEN. Living in darkness: functional diversity

of mesopelagic fishes in the western tropical Atlantic. **Frontiers in Marine Science**, v. 10, art. 1117806, 01 set. 2023. DOI: 10.3389/fmars.2023.1117806.

CARDOSO, RAFAEL. Organizações manifestam preocupação com vazamento na Foz do Amazonas. *Agência Brasil*, 07 jan. 2026. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/meio-ambiente/noticia/2026-01/organizacoes-manifestam-preocupacao-com-vazamento-na-foz-do-amazonas>

BADCOCK, J. and T.M.H. ARAÚJO, 1988. On the significance of variation in a warm water cosmopolitan species, nominally *Ceratospilus warmingii* (Pisces, Myctophidae). **Bull. Mar. Sci.** 42(1):16-43.

BIRO, P.A.; POST, J.R.; ABRAHAMS, M.V. *Ontogeny of energy allocation reveals selective pressure promoting risk-taking behaviour in young fish cohorts*. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 272, n. 1571, p. 1443–1448, 28 jun. 2005. PMCID: PMC1559824. doi:10.1098/rspb.2005.3096

CAIGER, P. E., LEFEBVE, L. S., LLOPIZ, J. K. 2021. Growth and reproduction in mesopelagic fishes: a literature synthesis. **ICES Journal of Marine Science**, 78(3): 756-781 <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsaa247>.

CATUL, V., GAUNS, M., KARUPPASAMY, P. K. A review on mesopelagic fishes belonging to family Myctophidae. **Review in Fish Biology and Fisheries**, 21, 339-354, 2011. <https://doi.org/10.1007/s11160-010-9176-4>.

EDUARDO, Leandro Nolé et al. Hatchetfishes (Stomiiformes: Sternoptychidae) biodiversity, trophic ecology, vertical niche partitioning and functional roles in the western Tropical Atlantic. **Progress in Oceanography**, 187, 102389, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2020.102389>.

EDUARDO, Leandro Nolé et al. Distribution, vertical migration, and trophic ecology of lanternfishes (Myctophidae) in the Southwestern Tropical Atlantic. **Progress in Oceanography**, 199, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2021.102695>.

FAO. Report of the FAO Workshop on the Status of Shared Fisheries Resources in the Northern Arabian Sea – Iran (Islamic Republic of), Oman and Pakistan. Muscat. Oman, 13–15 December 2010. FAO Fisheries and Aquaculture Report. No. 971. Karachi, FAO. 2011. 58p

FERRI, Josipa. Otólitos e suas aplicações na ciência pesqueira. *Peixes*, 8, 2023. <https://doi.org/10.3390/fishes8010035>

GGPLOT2: H. Wickham. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag New York, 2016.

GROENEVELD, ROLF A.; RICHTER, ANDRIES; SEN, SUPHI. Climate damage from fishing the mesopelagic zone exceeds its economic benefits. **Revista de Ciências Marinhas do ICES**, v. 81, n. 8, p. 1620–1631, out. 2024. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsae108>

IMAGEJ: Image Processing and Analysis in Java" (ImageJ, 2022). Disponível em: <https://imagej.net/>.

KUMAR, R.; BHUSHAN, S.; MAURYA, P.; GEENITA, K.; SAWANT, S.; BARMAN, M.; CHOUDHARY, S.; RAMTEKE, K.; NAYAK, B. B. Oil pollutants: a review on pathways in marine environments, bioavailability in various organisms and physiological disruptions in fish. *Marine Pollution Bulletin*, v. **222**, p. **118867**, jan. 2026. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2025.118867.

LONGO, F.; MALARA, D.; STIPA, M. G.; et al. Age, growth and otolith microstructure of the spotted lanternfish *Myctophum punctatum*. *Journal of Marine Science and Engineering*, v. 9, n. 8, p. 801, 2021.

MACIEL, C. M. R. R., et al. Desenvolvimento das modalidades mecanossensoriais de larvas de Brycon de orbignyanus. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Curitiba, v.4, n.3, p. 3547-3562 jul./set. 2021. DOI: 10.34188/bjaerv4n3-061

MARCENIUK, A. P., et al. Peixes teleósteos da Costa Norte do Brasil. Belém, 2021.

MOURA RL, et al., NEUMANN-LEITÃO S. 2016. An extensive reef system at the Amazon River mouth. *Science Advances* 2:e1501252 DOI 10.1126/sciadv.1501252.

MUACHO, S.; DA SILVA, J.C.B.; BROTAS, V.; OLIVEIRA, P.B.; MAGALHAES, J.M. Chlorophyll enhancement in the central region of the Bay of Biscay as a result of internal tidal wave interaction. *J Marine Syst*, v. 136, n. 1, p. 22-30, 2014.

NAYLOR, R. L.; HARDY, R. W.; BUSCHMANN, A. H.; BUSH, S. R.; CAO, L.; KLINGER, D. H.; LITTLE, D. C.; LUBCHENCO, J.; SHUMWAY, S. E.; TROELL, M. A *20-year retrospective review of global aquaculture*. *Nature*, v. 591, p. 551-563, 2021. DOI: 10.1038/s41586-021-03308-6.

NÓBREGA, M. F. idade, crescimento e avaliação de estoque de serra (*scomberomorus brasiliensis* (teleostei: scombridae), na plataforma continental do nordeste do Brasil. Dissertação (Mestrado em biologia anaminal) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2022

OGLE DH, DOLL JC, WHEELER AP, Dinno A (2026). FSA: Simple Fisheries Stock Assessment Methods. R package version 0.10.1, <https://CRAN.R-project.org/package=FSA>

PANELLA, G. (1971). Fish otoliths: daily growth layers and periodical patterns. *Science*, 173(4002):1124–1127

PAULY, DANIEL; ZELLER, DIRK; PALOMARES, MARIA LOURDES D. Mesopelagic fishes and their catches: implications for sustainability. *Journal of Marine Science and Engineering*, Basel, v. 9, n. 10, p. 1057, 2021. DOI: 10.3390/jmse9101057.

PEREIRA, Natan S. et al. Carbon and oxygen stable isotopes of freshwater fish otoliths from the São Francisco River, northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*, 2021. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191050>.

R Core Team (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- REAL E., BERNAL A., MORALES-NIN B., MOLÍ B., ALVAREZ I., OLIVAR M.P. 2021. Growth patterns of the lanternfish *Ceratoscopelus maderensis* in the western Mediterranean Sea. *Sci. Mar.* 85(2): 71-80. <https://doi.org/10.3989/scimar.05106.007>
- SANTANA, H. S., RODRIGUES, A. C., MINTE-VERA, C. V. Otolith morphometry provides length and weight predictions and insights about capture sites of *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Prochilodontidae). **Neotropical Ichthyology**, 16, 2018. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20180094>.
- SANTOS, A. P. and FIGUEIREDO, J. L. Guia de identificação os peixes da Família Myctophidae do Brasil. **EDUSP**, 176, 2008.
- SCHNEIDER, C. A., RASBAND, W. S., & ELICEIRI, K. W. (2012). NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. **Nature Methods**, 9(7), 671–675. doi:10.1038/nmeth.2089
- SILVA, A. A., ET AL. Contribution to the reproductive ecology of *Notoscopelus resplendens* (Richardson, 1845) (Myctophidae) in the Central-Eastern Atlantic. **Scientific Reports**, 10, 1–12, 2020.
- SILVA, M. I. et al. Struggling with fish age, a comparison of otolith preparation techniques to unravel age and growth of boarfish, *Capros aper* (Linnaeus, 1758). **Scientific Reports**, v. 14, p. 20282, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-71209-5
- ST. JOHN MA, BORJA A, CHUST G, HEATH M and others (2016) A Dark Hole in Our Understanding of Marine Ecosystems and Their Services: Perspectives from the Mesopelagic Community. **Front Mar Sci** 3
- SUTTON, T. T. et al. Identification Guide to the Mesopelagic Fishes of the Central and South East Atlantic Ocean. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)**, 346, 2020.
- TIAN, H., JIANG, Y., ZHANG, J., XU, S., CHEN, Z., & ZHU, J. (2022). Age and growth of *Diaphus brachycephalus* in the South China Sea using sagittal otolith microstructure. **Fishes**, v. 7, n. 4, p. 169. <https://doi.org/10.3390/fishes7040169>
- BERTALANFFY, L. von. A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws II). **Human Biology**, v. 10, n. 2, p. 181–213, 1938.
- WANG, Y.; ZHANG, J.; CHEN, Z.; JIANG, Y.; XU, S.; LI, Z.; WANG, X.; YING, Y.; ZHAO, X.; ZHOU, M. Age and growth of *Myctophum asperum* in the South China Sea based on otolith microstructure analysis. **Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 167, p. 121–127, 2019. DOI: 10.1016/j.dsr2.2018.07.004.
- WILSON, R. W. et al. Contribution of fish to the marine inorganic carbon cycle. **Science**, 323, 359-362, 2009a. <https://doi.org/10.1126/science.1157972>.