



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
CIÊNCIAS DA VIDA E DA NATUREZA
(ILACVN)**

**CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:
ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE**

ALGAS EPIZÓICAS EM QUELÔNIOS DE ÁGUA DOCE.

RAQUÉL IZIDÓRIO REIS

Foz do Iguaçu
2026

ALGAS EPIZÓICAS EM QUELÔNIOS DE ÁGUA DOCE

RAQUÉL IZIDÓRIO REIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas: Ecologia e Biodiversidade.

Orientador: Cleto Kaveski Peres
Co-orientador: Michel Varajão Garey

Foz do Iguaçu
2026

RAQUÉL IZIDÓRIO REIS

ALGAS EPIZÓICAS EM QUELÔNIOS DE ÁGUA DOCE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharela em Ciências Biológicas: Ecologia e Biodiversidade.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Cleto Kaveski Peres
UNILA

Me. Carlos Eduardo Vargas Grou
(UEM)

Prof. Dra. Patrícia Iatskiu
(UNIOESTE)

Foz do Iguaçu, ____ de _____ de ____.

Dedico este trabalho às crianças de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Desde minha entrada na UNILA, muitas foram as pessoas que contribuíram para meu crescimento pessoal e acadêmico. Pessoas que já estavam presentes, que me incentivaram a vir e me deram suporte para não desistir. O início dessa trajetória (2019), confesso, foi o pior ano da minha vida, por estar doente em um lugar desconhecido. Graças ao desejo de ser inspiração para meus irmãos e sobrinhos, para que eles também busquem estudar, lutar e se tornem pessoas incríveis no futuro, ainda estou aqui. Minha família e meu melhor amigo desde o ensino médio foram meu suporte emocional nos momentos em que ainda não conhecia tantas pessoas aqui. A eles, minha gratidão e meu amor, mas sem nomes, pois não cabe aqui.

Na UNILA, sou profundamente grata aos amigos que fiz. Entre esses amigos há um grupinho que foi além da parceria em trabalhos acadêmicos, pois todos eles são agora meus parceiros de vida. Queridas Paola, Lauren, Viviana, Letícia e querido Eduardo, minha gratidão por todos os momentos em que me acolheram, pelos momentos de café e risos no nosso banco, por não permitir desistências e por todas as partilhas das suas vidas comigo. Ao meu amigo Eliezer, um milhão de obrigada por se tornar tão querido na minha vida. Sou grata por, mesmo à distância, ainda estarmos compartilhando as coisas boas e ruins da vida, pela troca de experiências e pelo espanhol que me ensinou; que isso tudo dure muito e que logo estejamos fisicamente juntos, e não só de coração. Nico, obrigada por estar sempre comigo! Por pererecar e pegar tartaruguinhas, por rir, chorar e me salvar. Ainda vamos viver muitas biologiues que nos fará sentir que, vale a pena viver. Você é uma pessoa incrível; admiro muito sua memória para nome científico. Espero que você me perturbe por pelo menos mais uns 40 anos.

Agradeço à UNILA por todo recurso disponibilizado à construção do conhecimento, que possibilitou minha formação acadêmica. A integração proposta enriqueceu e certamente se manterá como um diferencial na minha carreira e formação pessoal. Sou profundamente grata aos meus professores, que muito me ensinaram. Pude me apaixonar por algas, plantas, animais e ecologia graças a todo o conhecimento que me transmitiram. Além disso, mesmo em algumas áreas pelas quais não tenho afinidade, foi um aprendizado que levo para a vida.

Ao meu professor e orientador Michel, um agradecimento mais que especial. Aprendi muito nesses anos de laboratório; foram meus primeiros campos, os primeiros noturnos e o ápice do meu vício por café. Graças a você também tive minha primeira

viagem para coletar em outro bioma, ao lado de companheiras muito queridas. A experiência ao lado de Lina e Antonella, sob o sol quente do Chaco e desvios de jacarés, ficará para sempre na minha memória; foi um prazer compartilhar todos os momentos que tivemos juntas. Bem, minha lista de gratidão por você é maior do que poderei colocar aqui, então, obrigada.

Cleto, meu professor que está comigo desde o primeiro ano: não será possível transmitir aqui o tamanho do meu carinho, pois agora você já não é apenas meu orientador de vida, mas alguém que chamo de família. Agradeço por toda a orientação dada neste TCC, por tantas horas dedicadas a mim e por não desistir de me ensinar. Agradeço imensamente porque estou um passo mais perto de ser a pesquisadora que quero me tornar.

Ao grupo das tartarugas, Natália, Nathan, Fernando, Lucas e Sérgio, obrigada por me receberem no grupo e na casa de vocês, e por ajudarem com as coletas. Com todos vocês dei muitas risadas e tive os momentos mais incríveis no PNI. Foi e será um prazer compartilhar meus momentos com todos. Sobretudo, obrigada Eduardo; sem você não haveria TCC. É difícil encontrar palavras para transmitir o quanto sou grata. Você é parceiro! Obrigada pela viabilização das coletas e por ter aceitado compor esta banca; espero seguir muitas parcerias contigo.

Patrícia, a pessoa que me ensinou a ser odontolítologa, que me ensinou pela primeira vez os processos da retirada do perifíton até a medição das alguinhas, ensinamentos práticos que pude aplicar na execução deste trabalho. Foi um prazer ter ido a campo contigo e partilhar bons momentos ao seu lado. Agora, compondo a banca, sinto que você está finalizando esta etapa comigo, obrigada por ter aceito. Espero fazer muitos projetos contigo e ter muitos outros momentos lindos. Tenho um carinho enorme por ti. Obrigada de todo o meu coração.

RESUMO

Este estudo teve como objetivo levantar a comunidade de algas epizóicas associadas a quelônios de água doce no Brasil, comparando a composição algal entre carapaça e plastrão, bem como investigar a influência de diferentes condições ambientais (Maringá e Foz do Iguaçu) e realizar uma revisão na literatura global. As amostragens locais revelaram uma riqueza intermediária de 16 táxons dividida em Bacillariophyta, Chlorophyta e Cyanophyta. A distribuição espacial demonstrou forte preferência pela carapaça em relação ao plastrão, sendo a colonização ventral limitada, possivelmente devido à abrasão e à exclusão competitiva com o ciliado heterotrófico *Epistylis* sp. A rarefação indicou que houve suficiência amostral, porém não houve diferença da riqueza entre as áreas. A Análise de Variância Permutacional Multivariada (PERMANOVA) revelou que a estrutura da comunidade de algas não diferiu significativamente entre os táxons de quelônios ou entre os locais amostrados. Isso sugere que a carapaça atua como um forte filtro ambiental seletivo que se sobrepõe às variáveis do macroambiente. Não obstante, ecossistemas lênticos urbanos (Maringá) abrigaram predominantemente cianobactérias e clorófitas filamentosas, enquanto o ambiente lótico preservado (Foz do Iguaçu) caracterizou-se pela dominância de diatomáceas. Em escala global, a padronização das ocorrências em nível de gênero revelou o compartilhamento de táxons-chave entre as Américas, aproximando os grupos do Brasil e Estados Unidos na ordenação, e evidenciou uma forte subamostragem em regiões tropicais. Conclui-se que o casco não é um substrato inerte, mas um micro-habitat seletivo, e a complexidade dessa interação ressalta a necessidade de ampliação do esforço amostral nas diversas regiões do mundo.

Palavras-chave: perifiton; epibiose; tartarugas; Testudines; mutualismo.

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo relevar la comunidad de algas epizoicas asociadas a quelonios de agua dulce en Brasil, comparando la composición algal entre caparazón y plastrón, así como investigar la influencia de diferentes condiciones ambientales (Maringá y Foz do Iguaçu) y realizar una revisión en la literatura global. Los muestreos locales revelaron una riqueza intermedia de 16 taxones dividida en Bacillariophyta, Chlorophyta e Cyanophyta. La distribución espacial demostró una fuerte preferencia por el caparazón en relación con el plastrón, siendo la colonización ventral limitada, posiblemente debido a la abrasión y a la exclusión competitiva con el ciliado heterotrófico *Epistylis* sp. La rarefacción indicó que hubo suficiencia muestral, sin embargo, no hubo diferencia de riqueza entre las áreas. El Análisis de Varianza Permutacional Multivariante (PERMANOVA) reveló que la estructura de la comunidad de algas no difirió significativamente entre los taxones de quelonios o entre los lugares muestreados. Esto sugiere que el caparazón actúa como un fuerte filtro ambiental selectivo que se superpone a las variables del macroambiente. No obstante, los ecosistemas lénticos urbanos (Maringá) albergaron predominantemente cianobacterias y clorófitas filamentosas, mientras que el ambiente lótico preservado (Foz do Iguaçu) se caracterizó por la dominancia de diatomeas. A escala global, la estandarización de las ocurrencias a nivel de género reveló la presencia de taxones clave compartidos entre las Américas, aproximando los grupos de Brasil y Estados Unidos en la ordenación, y evidenció un fuerte submuestreo en las regiones tropicales. Se concluye que el caparazón no es un sustrato inerte, sino un microhábitat selectivo, y la complejidad de esta interacción resalta la necesidad de ampliar el esfuerzo de muestreo en las diversas regiones del mundo.

Palabras clave: perifiton; epibiosis; tortugas; Testudines; mutualismo.

ABSTRACT

This study aimed to survey the community of epizoic algae associated with freshwater turtles in Brazil, comparing the algal composition between carapace and plastron, as well as investigating the influence of different environmental conditions (Maringá and Foz do Iguaçu) and conducting a global literature review. Local sampling revealed an intermediate richness of 16 taxa divided into Bacillariophyta, Chlorophyta, and Cyanophyta. Spatial distribution showed a strong preference for the carapace over the plastron, with ventral colonization being limited, possibly due to abrasion and competitive exclusion by the heterotrophic ciliate *Epistylis* sp. Rarefaction indicated that there was sampling sufficiency, however, there was no difference in richness between the areas. The Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA) revealed that the algal community structure did not differ significantly among the turtle taxa or between the sampled locations. This suggests that the carapace acts as a strong selective environmental filter that overrides macroenvironmental variables. Nevertheless, urban lentic ecosystems (Maringá) predominantly hosted cyanobacteria and filamentous chlorophytes, while the preserved lotic environment (Foz do Iguaçu) was characterized by the dominance of diatoms. On a global scale, standardizing occurrences at the genus level revealed the sharing of key taxa across the Americas, drawing the Brazil and United States groups closer in the ordination, and evidenced severe undersampling in tropical regions. It is concluded that the shell is not an inert substrate, but a selective microhabitat, and the complexity of this interaction highlights the need to increase sampling efforts across different regions of the world.

Key words: periphyton; epibiosis; turtle; Testudines; mutualism.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Objetivo geral:.....	17
1.2	Objetivos específicos:	17
2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
2.1	ÁREA DE ESTUDO.....	18
2.2	COLETA DE DADOS	20
2.3	ANÁLISES	21
2.3.1	Análises de dados amostrados localmente	21
2.3.2	Análise de dados da literatura mundial	22
3	RESULTADOS.....	24
3.1	ANÁLISE DOS DADOS AMOSTRADOS LOCALMENTE	24
3.2	ANALISE CARAPAÇA X PLASTRÃO.....	28
3.3	ANÁLISE DE DADOS DA LITERATURA MUNDIAL	30
4	DISCUSSÃO.....	33
4.1	ANÁLISE DOS DADOS AMOSTRADOS LOCALMENTE	33
4.2	ANÁLISE DE DADOS DA LITERATURA MUNDIAL	36
5	ANEXO	40
6	REFERÊNCIAS.....	41
7	DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	47

1 INTRODUÇÃO

Algas são organismos fotossintetizantes uni ou pluricelulares que não possuem os gametângios ou esporângios (órgãos reprodutores) envolvidos por camada de células estéreis (Bicudo e Menezes, 2010). Trata-se de um agrupamento morfológico heterogêneo com alta diversidade filogenética, abrangendo 14 filos de algas (Guiry, 2024). Por ser um grupo polifilético, as algas não compartilham um ancestral comum exclusivo, estando distribuídas em diferentes linhagens evolutivas. Embora algas estejam entre os organismos mais antigos da terra, sua diversidade ainda é subestimada, possuindo menos espécies descritas que animais, 50.000 contra 1.560.000 (Guiry, 2024). O Brasil possui 4.747 espécies descritas de algas incluindo cianobactérias, em 1.018 gêneros e 29 classes. Destas, 2.808 são algas continentais com 1.098 espécies ocorrendo na Bacia do Rio Paraná (Menezes *et al.*, 2015).

As algas estão amplamente distribuídas, desde ambientes inóspitos de elevadas temperaturas até a Antártida e abundantemente encontradas em ambientes aquáticos, marinhos e continentais (Lee, 2008; Bicudo e Menezes, 2010) sendo também comumente encontradas associadas a outros organismos, como por exemplo, formação de líquens. Na cadeia trófica, as algas ocupam a base, atuando como produtoras de energia para consumidores primários como o zooplâncton e macroinvertebrados bentônicos, além de desempenharem um papel fundamental na oxigenação da coluna d'água e nos ciclos do nitrogênio e do fósforo (Wetzel, 2001).

Algas possuem três classificações de reprodução: vegetativa, assexuada e sexuada. A reprodução vegetativa ocorre sem alterar o número de cromossomos, abrangendo processos como a divisão binária (como nas diatomáceas), a divisão múltipla (como nas cianobactérias) ou a fragmentação (presente nas formas filamentosas) (Bicudo e Menezes, 2010). Assexuada ocorre com formação de esporos no interior dos esporângios podendo ser móveis ou não, ambas as formas geram diretamente um novo indivíduo. Por fim, a forma sexuada ocorre através do encontro de dois gametas podendo ser móveis com presença de flagelo ou não (Bicudo e Menezes, 2010). Uma vez liberados na água, todos os tipos de células reprodutivas são dispersos pelo processo de hidrocória, permitindo que propágulos alcancem microambientes distantes até o substrato adequado. O sucesso desse estabelecimento, no entanto, depende da disponibilidade do substrato, da capacidade de aderência e das condições microambientais.

Na água, os organismos ocupam uma gama de microambientes, separados em dois principais grupos: planctônicos (vivendo na coluna d'água sem estar aderidos a um substrato) e perifíticas ou bentônicas (aderidas a substratos orgânicos ou inorgânicos) (Esteves, 1998). A forma de vida das algas nos ecossistemas aquáticos difere drasticamente entre as que vivem de forma livre na coluna d'água (fitoplâncton) e as que vivem aderidas (perifiton). Enquanto as formas planctônicas dependem de sua densidade ou adaptações para flutuar e ficam sujeitas ao carreamento pela dinâmica do corpo d'água, algas perifíticas bentônicas estão limitadas a superfícies que ainda recebem luz para a fotossíntese, mantendo-se estáveis e protegidas contra o estresse hidrodinâmico (Allan e Castillo, 2007).

Tais algas perifíticas podem ser subdivididas a depender do tipo de substrato: rochas (epilíticas), plantas (epifíticas), madeiras (epidêndricas ou epidendríticas) e animais (epizóicas) entre outros (Schwarzbald, Burliga e Torgan, 2013). Nesse contexto ecológico, o substrato atua além de um simples suporte físico, uma vez que as comunidades algais respondem a variações em sua textura e microtopografia (Souza e Ferragut, 2012; Branco, Necchi e Peres, 2010; Schwarzbald, Burliga e Torgan, 2013; Donato-Rondón *et al.*, 2018). Para se estabelecerem nesses substratos, as algas apresentam ampla diversidade morfológica, funções e estratégia de sobrevivência (Monteiro e Moura, 2021). Por exemplo, as diatomáceas frequentemente se destacam no perifiton por sua capacidade de adesão, resistência a distúrbios físicos e produção de mucilagem, além da presença de estruturas associadas à fixação como rafe e poros (Schwarzbald, Burliga e Torgan, 2013). Outro exemplo é o desenvolvimento de filamentos basais de epizóicas do gênero *Arnoldiella* estreitamente relacionado à estrutura física do casco das tartarugas, pois para ter um crescimento ótimo o substrato (casco) tem que ser adequado para a adesão dos rizoides (Proctor, 1958) obtendo vantagem competitiva sobre outras algas de rápido crescimento (Zanelli, 2006).

O epizoísmo constitui uma complexa interface entre três componentes: a comunidade epizóica dependente da capacidade de dispersão e adesão; o ambiente aquático, com seus parâmetros físico-químicos variáveis; e o substrato vivo. Isso ocorre porque os animais interagem dinamicamente com o meio, apresentando variado uso do habitat, distribuições e comportamentos (Wu e Bergey, 2017; Proctor, 1958). Diferenças comportamentais, tais como hábito de assoalhamento (basking) e deslocamento fora da água, sujeitam a comunidade epibiônica à dessecação (Proctor, 1958; Edgren *et al.*, 1953; Bury *et al.*, 2015). Adicionalmente, a hibernação, a escavação e a troca dos

escudos atuam de forma mecânica (abrasão) sobre os epibiontes, impactando diretamente a sua sobrevivência (Proctor, 1958; Wu e Bergey, 2017). Assim, comunidades perifíticas tipicamente influenciadas pela disponibilidade de luz e nutrientes (Vadeboncoeur e Steinman, 2002), quando na condição de epibiontes, passam a ser fortemente moduladas também pelas características biológicas e ecológicas do seu substrato vivo.

Neste sentido, características morfológicas, como casco rígido e relativamente persistente (Donato-Rondón *et al.*, 2018) e comportamentais (motilidade) (Ersanli e Gonulol, 2014) tornam os quelônios substratos interessante à comunidade de algas perifíticas. Pelo deslocamento contínuo desses animais, eles atuam como vetores eficientes de dispersão, transportando algas e conectando diferentes microhabitats (Ziglar e Anderson, 2005; Burgin e Renshaw, 2008). O tamanho corporal e sexo são fatores que influenciam a frequência de algas, uma vez que fêmeas, machos e juvenis apresentam diferentes padrões comportamentais e uso de microhabitat (Zanelli, 2006; Guevara, Hancock e Donini, 2022; Garbary *et al.*, 2007).

A interação entre alga e quelônios de água doce é documentada desde o início do século XX com a descrição feita por Collins em 1907 sobre uma nova espécie de alga verde filamentosa estritamente epizóica, batizada originalmente como *Chaetomorpha chelonum* e posteriormente combinada como *Basycladia chelonum* (Hoffmann e Tilden, 1930) e, atualmente, com base em filogenia molecular, encontra-se reclassificada como *Arnoldiella chelonum* (Collins) C.Boedeker. Os trabalhos relacionados à interface *Arnoldiella*-quelônio seguiram de cunho taxonômico com descrição de outras espécies filamentosas incluindo diagnose morfológica e ilustrações (Ducker, 1958; Lipsey e Louis, 1978). Ou ainda publicação de notas de ocorrência geográfica e novos registros de hospedeiros (Yoneda, 1952; Semir, Sazima e Sazima, 1988). Destaca-se o trabalho de Edgren, Edgren e Tiffany, em 1953, no qual foram analisados 700 indivíduos de diversas espécies de quelônios, registrando-se a dominância do gênero *Arnoldiella* em relação a outros táxons de algas encontrados.

Ao longo das décadas o escopo das investigações expandiu-se para além das macroalgas filamentosas, passando a contemplar a comunidade de microalgas, com descrição de novas espécies de diatomáceas na região amazônica brasileira (Wetzel, Vijver e Ector, 2010; Wetzel *et al.*, 2012), o que conferiu maior destaque para a comunidade de algas até então negligenciadas (Rondón *et al.*, 2018; Wu e Bergey, 2017). Ainda assim, trabalhos envolvendo a comunidade algal como um todo permaneceram

escassos, sobretudo investigações que comparassem a flora entre carapaça e plastrão. O primeiro trabalho nesta linha somente em 1976 realizado por Hulse avaliando toda a comunidade aderida. 20 anos depois em 1996 o trabalho realizado por Tumilson e Clark, que avaliaram 50 indivíduos de duas espécies de tartarugas, comparando todos os grupos de organismos, e não apenas algas, presente na carapaça e plastrão. Somente duas décadas depois outro estudo comparativo entre carapaça e plastrão foi conduzido: Fayolle (2016) amostrou 60 indivíduos de *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) e registrou 77 táxons de algas pertencentes a seis divisões distintas, com diferenças significativas entre o plastrão e a carapaça.

Em síntese, ao longo do tempo, demonstrou-se que tartarugas de água doce sustentam comunidades de algas taxonomicamente diversas, envolvendo Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanobacteria, Xanthophyta, Euglenophyta, Dinophyta e Cryptophyta (Soylu *et al.*, 2006; Fayolle *et al.*, 2016). Em termos absolutos, o número de táxons de algas encontrados nos trabalhos realizados até o momento está na casa das centenas (Soylu *et al.*, 2006; Fayolle *et al.*, 2016; Wu e Bergey, 2017). Ao compararmos com a diversidade global de algas, esse é um número modesto (Menezes *et al.*, 2015; Guiry, 2024); porém, a colonização por tais táxons em um ambiente tão particular demonstra que existe uma complexidade ecológica na interação alga-quelônio que ainda carece de estudos para uma maior compreensão (Garbary *et al.*, 2007; Fayolle *et al.*, 2016; Wu e Bergey, 2017).

Justificativa

A relação entre algas e tartarugas é documentada a muito tempo (Edgren, Edgren e Tiffany, 1953), no entanto, em ambientes de água doce os estudos costumam focar em uma espécie ou grupos (e.g. *Basycladia* ou diatomáceas, Wu e Bergey, 2017; Wu, 2016; Zanelli, 2006). Adicionalmente, a produção científica neste campo de estudo permanece fortemente concentrada em instituições e países do Hemisfério Norte, apesar de grande parte da biodiversidade global e de muitos *hotspots* de conservação ocorrerem em regiões tropicais e em países do Sul Global (Borthakur e Singh, 2018). Portanto, compreender as interações alga-quelônio na região neotropical pode atuar como suporte para estudos futuros, contribuindo com a diminuição da lacuna do conhecimento destas regiões.

1.1 OBJETIVO GERAL:

Investigar os padrões de interação entre algas epizóicas e quelônios de água doce, integrando amostragens em uma região subtropical brasileira e dados da literatura mundial para compreender como essas assembleias se estruturam em relação aos hospedeiros e aos locais de ocorrência.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Realizar amostragens de quelônios de água doce na região subtropical brasileira, inventariando os táxons de algas epizóicas associados aos seus cascos;
2. Revisar a literatura científica mundial sobre algas epizóicas associadas a quelônios de água doce, compilando os táxons algais, os hospedeiros e as regiões de ocorrência;
3. Comparar dados de riqueza algas epizóicas em diferentes locais na região subtropical e das duas posições principais do casco (plastrão e carapaça);
4. Investigar os padrões de composição das assembleias de algas epizóicas, avaliando se sua estruturação está mais associada aos locais de amostragem ou à identidade das espécies de quelônios hospedeiros;

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

As coletas foram realizadas em seis locais de amostragem inseridos no bioma Mata Atlântica, sendo três parques urbanos localizados na cidade de Maringá, estado do Paraná, e três pontos ao longo do rio Iguaçu dentro do Parque Nacional do Iguaçu (PNI) região de Foz do Iguaçu- PR (Figura 1). Em Maringá as coletas foram realizadas em novembro de 2024. Em Foz do Iguaçu as coletas ocorreram em agosto de 2024 e janeiro de 2025.

O Parque Nacional do Iguaçu (PNI) está inserido no bioma Mata Atlântica sendo o principal fragmento da região sul do Brasil (Paviolo *et al.*, 2016), localizado a oeste no estado do Paraná, nas coordenadas 25°04' a 25°41' S e 53°58' a 25°04' W. Detém parcialmente seis municípios dentro de seus limites e área total de 185.262,5 hectares. Possui dois tipos de vegetação: de Floresta Estacional Semidecidual na região de menor altitude e predominante no PNI e Floresta Ombrófila Mista, na região de maior altitude (ICMBio, 2018). O clima da região é classificado como Cfa de Köppen, c(ALVARES *et al.*, 2013). Os pontos de amostragem ocorreram no Rio Iguaçu, ao final na Caminho do Poço Preto, Caminho das Bananeiras e início da trilha Ytepopo.

Os três parques amostrados em Maringá (Parque do Ingá, Horto Florestal Dr. Luiz Teixeira Mendes e Parque Alfredo Werner Nyffeler) apresentam corpos d'água artificiais ou seminaturais inseridos em fragmentos florestais urbanos de paisagem antropizada, mas ainda conectada com remanescentes de vegetação regional (Maringá, 2013; 2020). O município de Maringá (23°25'38"S, 51°56'15"O; 555 m de altitude), localizado no norte do estado do Paraná, situa-se entre as bacias dos rios Ivaí e Pirapó, ambos tributários do rio Paraná (SEMA, 2020). A região apresenta clima subtropical, com temperatura média anual entre 16 e 20 °C e precipitação média anual entre 1.500 e 1.600 mm, sendo janeiro o mês mais quente e chuvoso e julho o mais frio e seco (Köppen, 1978; Deffune *et al.*, 1995; Marques, 2004).

O Parque do Ingá está localizado na bacia do rio Ivaí (23°25'03"S, 51°55'24"O) e trata-se de uma Unidade de Conservação Municipal com 47,3 ha (Lei nº 10.353/2016). O parque abriga nascentes e duas lagoas artificiais. A coleta foi realizada na lagoa principal com aproximadamente 57.953 m². O acesso público é permitido, configurando-se como importante área de recreação (SEMA, 2020).

O Horto Florestal Dr. Luiz Teixeira Mendes está localizado na bacia do rio Ivaí (23°26'35"S, 51°58'17"O) e é classificado como Área de Preservação Permanente, possuindo 36,8 ha de vegetação nativa de Mata Atlântica e um lago artificial de aproximadamente 480.00m². Atualmente pertence a uma companhia privada e encontra-se fechado à visitação desde 2003 devido a impactos decorrentes da urbanização.

O Parque Alfredo Werner Nyffeler está situado na bacia do rio Pirapó (23°24'36"S, 51°55'27"O) e compreende uma Unidade de Conservação Municipal criada em 1988 com o objetivo de proteger a nascente do Ribeirão Morangueiro (Maringá, 2020). Possui cerca de 10 ha e um lago artificial de aproximadamente 31.855m². O acesso público é permitido e a pesca é autorizada nos fins de semana (SEMA, 2012; Fiorelli *et al.*, 2015).

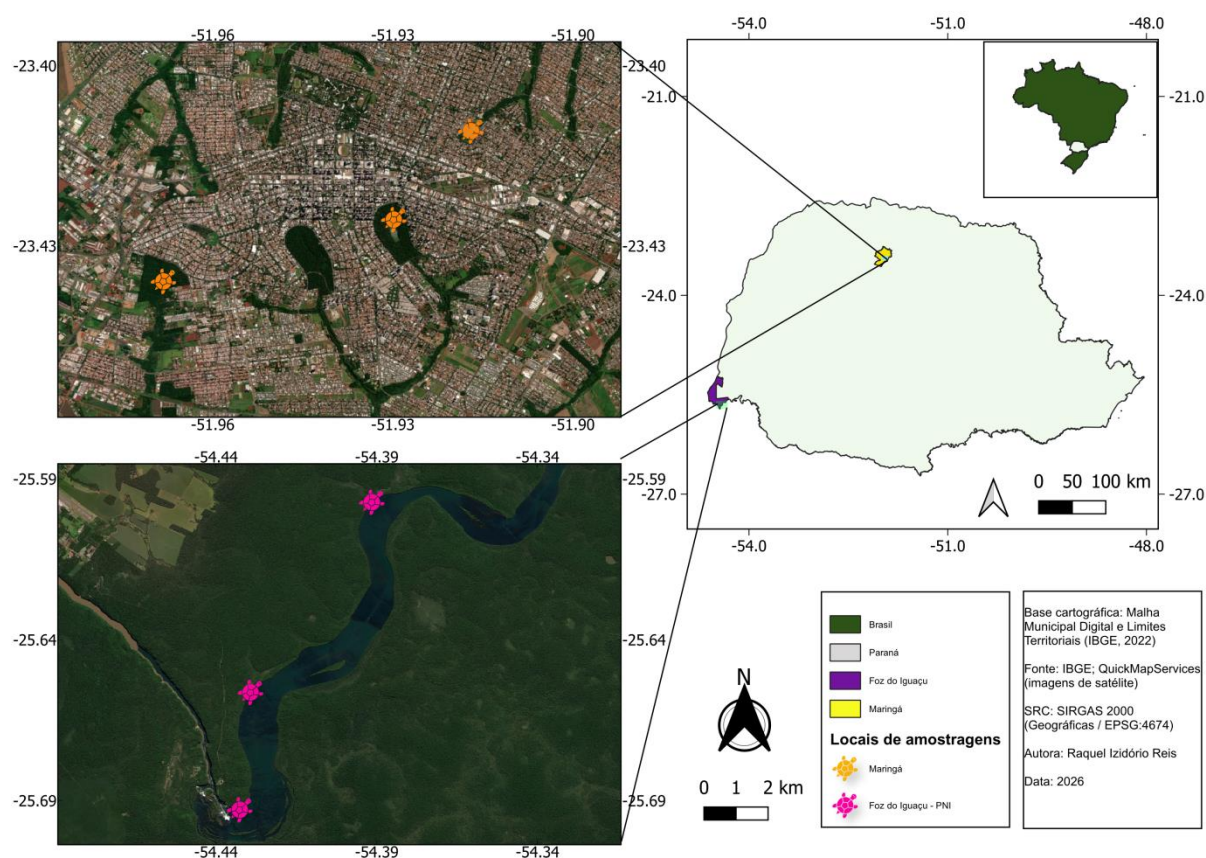


Figura 1- Mapa dos locais amostrados, em rosa os pontos de amostragens Foz do Iguaçu (PNI), em laranja os três locais (Parque do Ingá, Horto Florestal e Parque Alfredo Nyffeler) amostrados na cidade de Maringá.

2.2 COLETA DE DADOS

Para a captura dos quelônios foi utilizado o método de armadilha tipo covo (*funnel-trap*) (Balestra *et al.*, 2016). Foram empregadas cinco armadilhas do referido tipo (Figura 2), com dimensões de 100 cm de comprimento por 50 cm de altura, malha de 2 cm e abertura do funil de 25 cm. As armadilhas foram iscadas com cabeça de sardinha e moela de frango, sendo instaladas simultaneamente no período da manhã (08:00 h) e retiradas no final da tarde (17:00 h), totalizando nove horas de atividade. Para evitar o afogamento dos indivíduos capturados, as armadilhas foram instaladas mantendo aproximadamente 30% de sua estrutura emersa, permitindo a respiração dos quelônios (Figura 3). A distância entre as armadilhas foi de aproximadamente 10 m. Indivíduos encontrados foram triados em campo, verificando presença de marcação e anotando número do indivíduo garantindo a inexistência de pseudorréplicas na amostragem.



Figura 2. Método de amostragem.
Covo parcialmente submerso



Figura 3. Método de amostragem.
Covo parcialmente submerso



Figura 4. *Phrynops Geoffroyanus*
(Schweigger, 1812).



Figura 5. Carapaça de *Phrynops*
Geoffroyanus repleto de algas aderidas.



Figura 6. Método de coleta para microalgas.



Figura 7. *Phrynops geoffroanus* após a coleta de algas.

Macroalgas foram extraídas com o auxílio de uma pinça para a retirada da base aderida para melhor identificação taxonômica. Microalgas foram coletadas através da escovação, usando uma escova de dente para a carapaça e uma outra escova para plastrão, a fim de diminuir o risco de contaminação cruzada. Macro e Microalgas foram estiveram em potes separados. Todas as amostras foram armazenadas em formol 4% imediatamente após a coleta. Amostras foram observadas utilizando o microscópio óptico, com fotomicrografias tomadas e medidas a partir do software Zeiss Zen Blue 2012 (versão 1.1.2.0). Inicialmente as amostras foram separadas entre presença/ausência de algas. Amostras que apresentaram algas foram analisadas 3 lâminas por pote. Identificação das amostras foram realizadas até o menor nível taxonômico possível. Para a finalidade deste trabalho considerou-se que táxons com presença menores que 10% por lâmina fossem potenciais contaminantes e estes foram descartados das análises.

2.3 ANÁLISES

2.3.1 Análises de dados amostrados localmente

As curvas de rarefação foram construídas para estimar a riqueza de algas em função do número de amostras, utilizando o método de rarefação por amostra (*individual-based rarefaction*) (Gotelli e Colwell, 2001). Inicialmente, uma curva de rarefação foi construída considerando todas as tartarugas amostradas, a fim de avaliar se a riqueza total observada foi adequadamente representada pela amostragem. Em seguida, duas análises adicionais de rarefação foram realizadas: (1) comparando a riqueza de espécies entre as cidades amostradas, para verificar se o número de amostras foi suficiente para evidenciar diferenças locais; e (2) utilizando apenas a espécie *Phrynops*

geoffroanus que esteve presente em ambas cidades, a fim de avaliar se o padrão de riqueza e suficiência amostral se mantinham.

A riqueza de espécies de algas encontradas na carapaça foi comparada à riqueza observada no plastrão de cada animal utilizando o teste de Fisher (Fisher, 1922) em tabelas de contingência 2×2, considerando a presença/ausência de cada espécie nas duas regiões (carapaça e plastrão). O teste foi aplicado para avaliar se a distribuição de espécies entre as superfícies é dependente do substrato (carapaça ou plastrão), com nível de significância de $p < 0,05$.

As diferenças na composição de espécies de algas associadas às tartarugas entre as duas cidades foram avaliadas por meio de uma Análise de Variância Permutacional Multivariada (PERMANOVA) (Anderson, 2001), utilizando uma matriz de dissimilaridade de Jaccard construída a partir dos dados de presença/ausência de espécies. O teste foi rodado com 9.999 permutações, e com significância estabelecida em $p < 0,05$. Para visualizar os padrões de similaridade e o agrupamento das comunidades, foram geradas ordenações por Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS) baseadas no índice de Jaccard. A primeira ordenação foi aplicada para comparar as comunidades da carapaça e do plastrão, enquanto a segunda explorou a variação entre as localidades (Maringá e Foz do Iguaçu) e as espécies de quelônios. Em ambos os gráficos, os táxons de algas foram projetados no espaço amostral e a fidedignidade das ordenações foi verificada pelo valor de *Stress*.

2.3.2 Análise de dados da literatura mundial

Busca bibliográfica foi realizada no Google Scholar e Portal de Periódico da CAPES utilizando as palavras chaves “alga* AND turtle OR Tortoise”, onde foi aplicado alguns critérios de exclusão para a seleção dos artigos. Por este ser um trabalho com organismos de água doce foram retirados os artigos que tratavam de tartarugas marinhas. Adicionalmente a fim de evitar sobreposição de dados, não foram selecionados artigos baseados em dados secundários. Publicações que não especificavam a associação direta entre a espécie de alga e a respectiva espécie de quelônio também foram retirados, por não conter informação essencial para o presente estudo. Por fim, foram desconsiderados estudos que registravam algas de ocorrência estritamente local, uma vez que a inclusão de endemismos poderia introduzir ruídos nas análises de padrões globais. Sob esse

critério, foram excluídos o registro em Macedônia de *Mastogloia sterijovskii* A.Pavlov, Jovanovska, C.E.Wetzel, Ector & Levkov 2016 e as pesquisas australianas que reportaram a associação de *Chelodina burrungandjii* Thomson, Kennett & Georges, 2000, *Chelodina longicollis* (Shaw, 1794) e *Emydura australis* (Gray, 1841) apenas com *Basicladia ramulosa* Ducker, uma espécie de distribuição geográfica restrita.

Ao final da curadoria restaram 36 trabalhos de 9 países. Foram tabelados país de realização do estudo, espécie de tartaruga e táxon de alga encontrada, dados locais do presente trabalho foram considerados. Afim de não inflacionar a presença de um determinado táxon, as algas foram padronizados em nível de gênero, devido à pequena quantidade de algas identificadas em nível de espécie e estando no mesmo trabalho o “gênero sp”, “gênero spp” e espécies de mesmo gênero. Para as análises, os quelônios foram agrupados combinando-se a espécie e o país de origem. Dessa forma, cada espécie foi tratada em nível de população local (e não apenas por sua ocorrência global), permitindo verificar se as algas associadas variam de acordo com a localização geográfica (países).

A visualização primária dos dados de ocorrência de algas por país foi realizada através de uma Ordenação por Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) usando o índice de Jaccard, que evidenciou a formação de alguns grupos (Brasil, EUA e Turquia+França). Um novo NMDS foi realizado com o índice de Jaccard marcando os dados dos três grupos a fim de facilitar a visualização dos mesmos. A similaridade entre os grupos foi realizado através da Permutational Multivariate Analysis of Variance (Permanova) e a homogeneidade através do Betadisper (Anderson, 2001). Táxons de algas que contribuíram para a diferenciação de grupos foi dado pela Análise da porcentagem da similaridade (SIMPER) (Clarke, 1993). Todas as análises foram realizadas no software R Core Team 2025 (v. 4.5.1) utilizando os pacotes: iNEXT, stats, e Vegan (funções: metaMDS e adonis2).

3 RESULTADOS

3.1 ANÁLISE DOS DADOS AMOSTRADOS LOCALMENTE

As amostragens em campo realizadas nas cidades de Foz do Iguaçu e Maringá permitiram o registro de quelônios de quatro táxons dentro de dois gêneros. O primeiro foi o gênero *Phrynops* Wagler, 1930, o qual foi representado por duas espécies nativas, *Phrynops geoffroanus* (Schweigger, 1812) e *Phrynops williamsi* Rhodin & Mittermeier, 1983, sendo esta última uma espécie considerada Vulnerável pela IUCN. O segundo gênero foi *Trachemys*, o qual foi representado por dois táxons exóticos para a região: i) *Trachemys scripta elegans* (Wied, 1838), originária da América do Norte e comercializada no Brasil como animal de estimação, sendo uma das 100 piores espécies invasoras do mundo segundo o *Global Invasive Species Database* (ISSG, 2015) e; ii) *Trachemys dorbigni* (Duméril & Bibron, 1835) nativa em Santa Catarina e Rio Grande do Sul, porém exótica para a região amostrada. Foram amostradas as algas da carapaça e plastrão de 28 indivíduos de quelônios, sendo 13 no Parque Nacional do Iguaçu e 15 na cidade de Maringá-PR. *Phrynops geoffroanus* foi a espécie mais amostrada com 16 indivíduos, sendo esta a única espécie presente em ambos os locais. *Trachemys scripta elegans* foi a segunda mais bem amostrada com 6 indivíduos, seguida de *Trachemys dorbigni* e *Phrynops williamsi*, ambas com três indivíduos cada.

No total foram registrados 16 táxons de algas epizóicas (incluindo espécies e táxons em nível genérico e um em nível de Ordem). Destas, cinco ocorreram apenas em indivíduos amostrados em Foz do Iguaçu (*Achnanthidium exiguum* (Grunow) Czarnecki, *Eunotia*, *Placoneis*, *Terpsinoe musica* Ehrenberg) e duas foram encontradas apenas em Maringá (*Potamolinea* e *Spirogyra*). *Phrynops geoffroanus* foi a única espécie com ocorrência de todos os táxons de algas. *Trachemys scripta elegans* teve ocorrência de cinco táxons de algas e *Phrynops williamsi*, quatro táxons, enquanto *Trachemys dorbigni* não teve ocorrência de algas.

Tabela 1. Lista dos táxons de algas encontrados em Maringá e Foz do Iguaçu por táxon de quelônio.

Táxon	MARINGÁ		FOZ DO IGUAÇU	
	<i>Phrynops geoffroanus</i>	<i>Trachemys scripta elegans</i>	<i>Phrynops geoffroanus</i>	<i>Phrynops williamsi</i>
<i>Achnantheidium exiguum</i>			x	
<i>Arnoldiella chelonum</i>	x		x	
<i>Eunotia</i>			x	
<i>Gomphonema</i>	x		x	
<i>Leptolyngbya</i>	x	x	x	x
<i>Luticula</i>	x		x	
<i>Nitzschia</i>	x		x	
<i>Oedogonium</i>	x		x	x
<i>Phormidium sp1</i>	x	x	x	x
<i>Phormidium sp2</i>	x	x	x	
<i>Placoneis</i>			x	
<i>Planothidium</i>			x	
<i>Pleurocapsales</i>	x	x	x	x
<i>Potamolinea</i>	x	x		
<i>Spirogyra</i>	x			
<i>Terpsinoe musica</i>			x	

Fonte: a autora, 2026

A curva do coletor com rarefação indica que houve suficiência amostral nos dados analisados. Utilizando dados totais das quatro espécies de quelônios de Maringá e Foz do Iguaçu é possível verificar a partir da curva de extrapolação que um aumento no esforço amostral em quelônios não levaria um aumento significativo na riqueza total de algas (Figura 8). No entanto, ao comparar a riqueza de algas entre Foz do Iguaçu e Maringá é possível verificar que apesar de não haver diferença entre os locais, um aumento no esforço amostral incrementaria a riqueza de táxons de algas encontradas em Maringá. *Phrynops geoffroanus* foi a única espécie encontrada em ambos os locais, mas a riqueza de algas encontrada não diferiu entre os locais amostrados (Figura 10). Além disso, a curva de extrapolação seguiu o mesmo padrão apresentado utilizando todas as espécies em comparação das áreas (Figura 9).

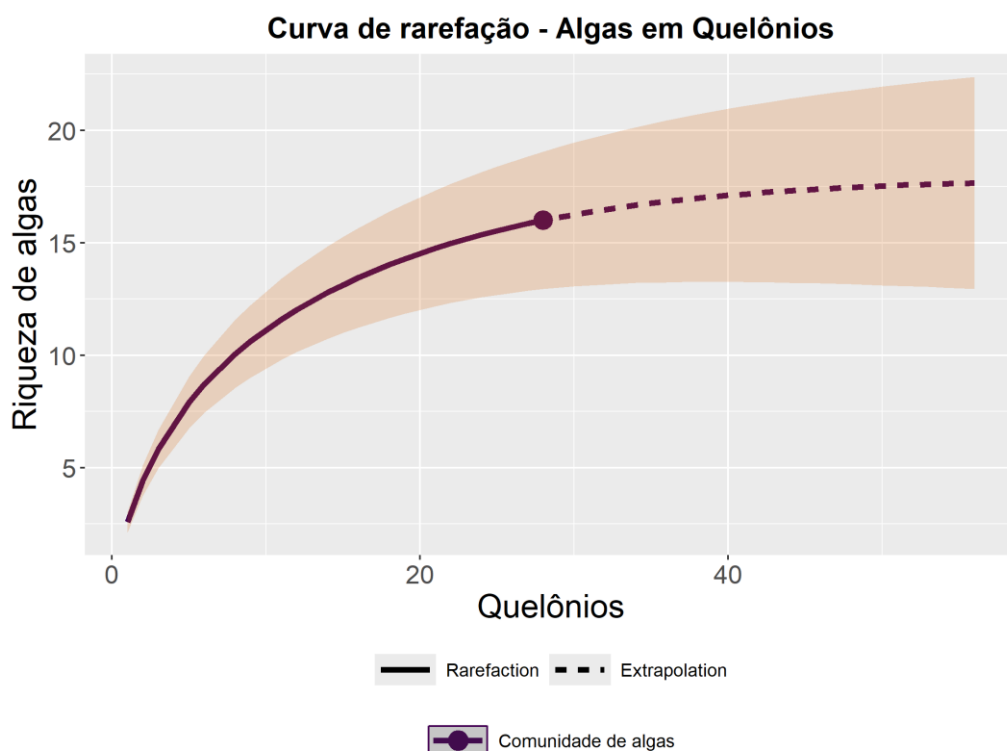


Figura 8. Curva de rarefação baseada em amostra. Riqueza de algas encontradas em 28 indivíduos dentre quatro espécies de quelônios amostradas (*Phrynops geoffroanus*, *Phrynops williamsi*, *Trachemys scripta elegans* e *Trachemys dorbigni*).

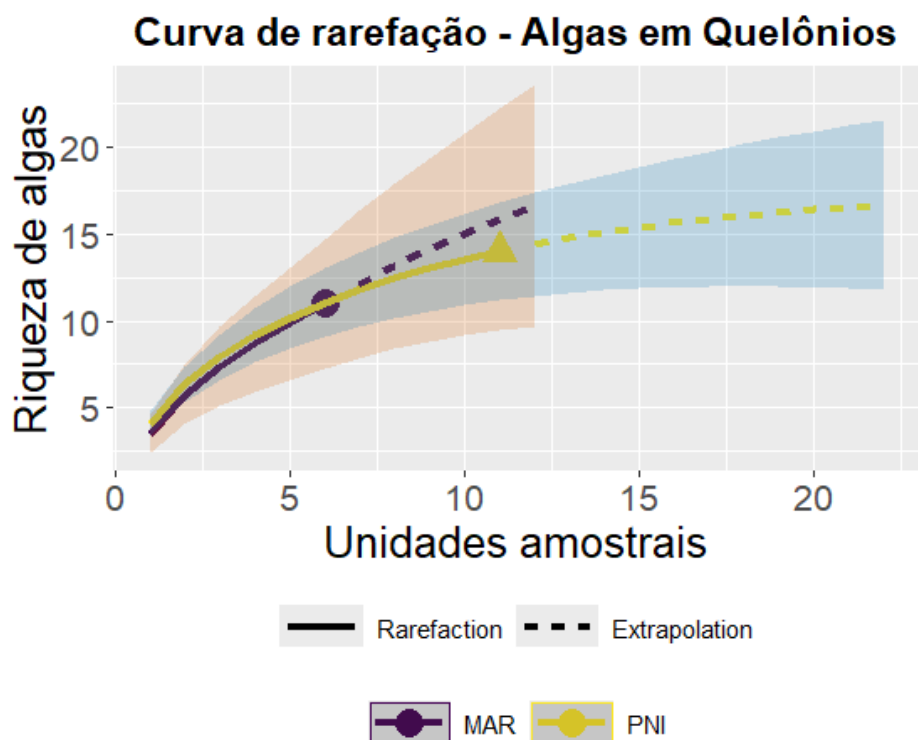


Figura 9. Curva de rarefação baseado em amostras comparando a riqueza de algas encontradas em quatro espécies de quelônios (*Phrynops geoffroanus*, *Phrynops williamsi*,

Trachemys scripta elegans e *Trachemys dorbigni*) entre Maringá (MAR) e Parque Nacional do Iguaçu (PNI).

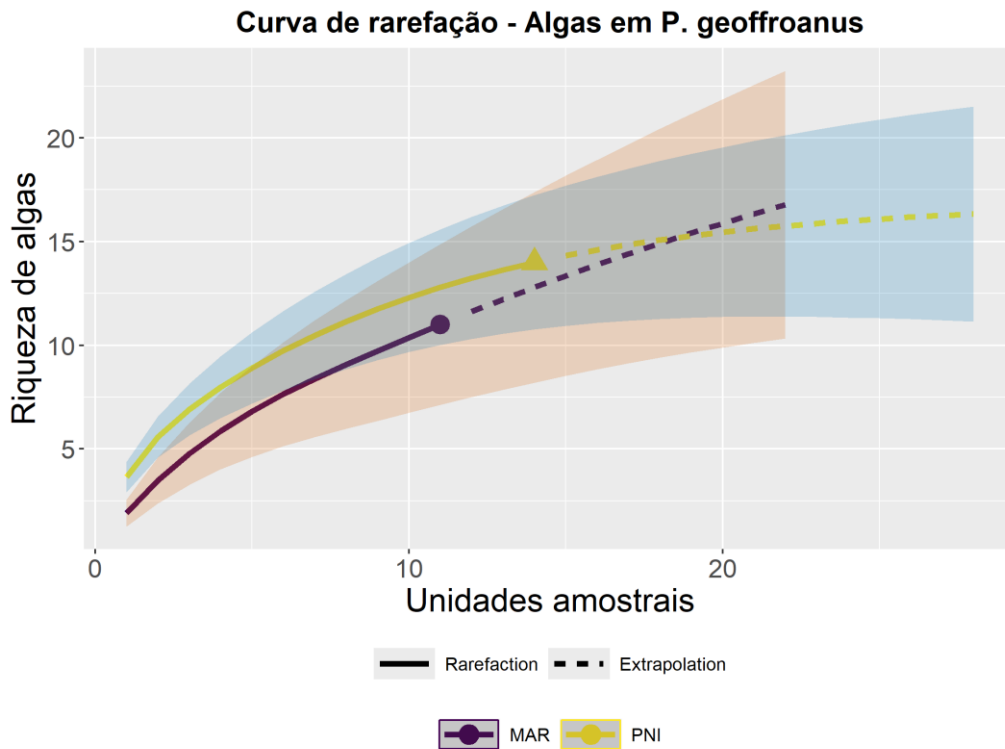


Figura 10. Curva de rarefação baseado em amostras comparando a riqueza de algas em *Phrynops geoffroanus* em Maringá (MAR) e Parque Nacional do Iguaçu (PNI).

A PERMANOVA mostrou que a estrutura da comunidade de algas não diferiu significativamente entre os táxons de quelônios ($F=0,82$ e $P=0,65$) ou entre os locais ($F = 1,43$ e $P = 0,19$). O NMDS demonstra graficamente que existe sobreposição parcial da comunidade compartilhada por Maringá e Foz do Iguaçu (Stress 0,089) (Figura 11). Apesar da homogeneidade geral das comunidades, a disposição espacial dos táxons no gráfico permite observar algumas associações com o local. Observando a composição, é possível notar que *Spirogyra*, *Potamolinea*, *Oedogonium*, *Leptolyngbya* e *Phormidium* sp2. estiveram mais fortemente associados a Maringá, enquanto *Gomphonema*, *Nitzschia*, *Placoneis*, *Planotidium*, *Arnoldiella chelonum*, *Acnanthidium exiguum* e *Terpsinoe musica* foram mais presentes em Foz do Iguaçu. Alguns táxons estiveram igualmente distribuídos como *Luticula*, *Eunotia*, *Phormidium* sp1 e *Pleurocapsales*. Por fim, *Luticula*, *Eunotia*, *Phormidium* sp. 1 e *Pleurocapsales* ocuparam a região central do diagrama, indicando uma distribuição compartilhada e equitativa entre os locais.

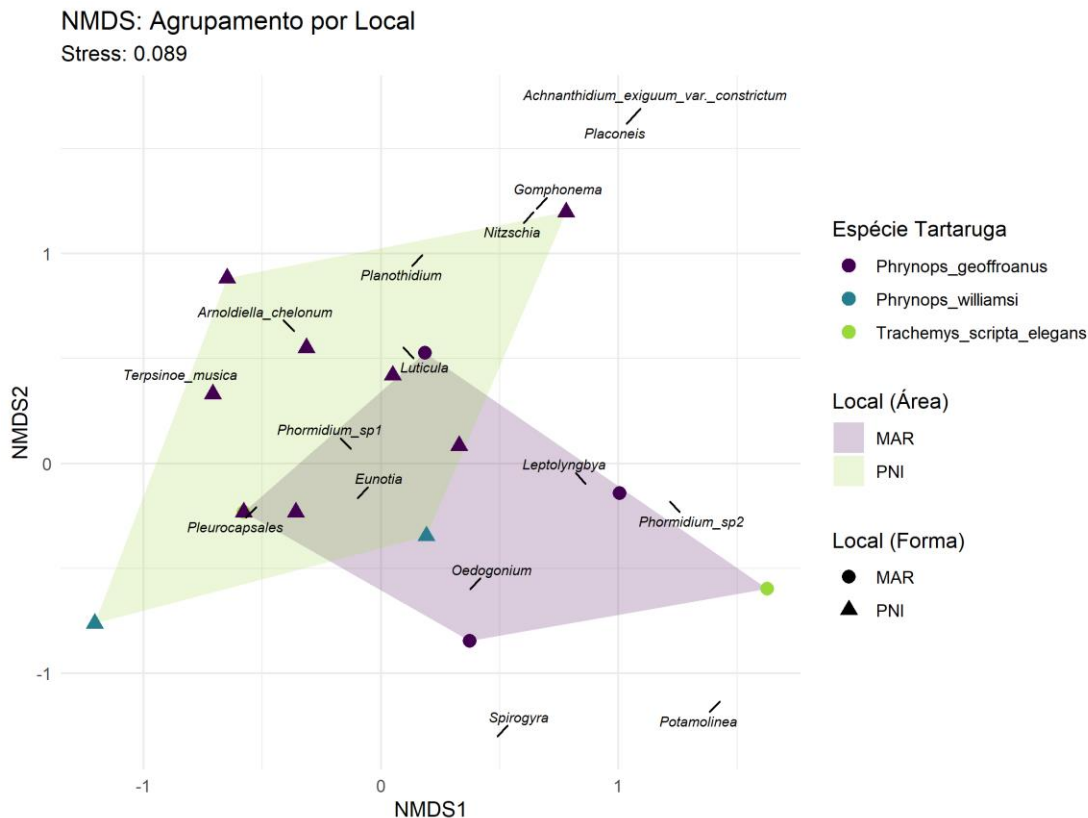


Figura 11. Ordenação por Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) baseada no índice de dissimilaridade de Jaccard da comunidade de algas epizóicas em *Phrynops geoffroanus*, *Phrynops williamsi* e *Trachemys scripta elegans*. (Stress = 0,089). Os polígonos indicam o agrupamento por local entre Maringá (MAR) e Parque Nacional do Iguaçu (PNI)

3.2 ANÁLISE CARAPAÇA X PLASTRÃO

Trachemys dorbigni foi a única espécie de tartaruga sem registro de alga na carapaça e/ou plastrão, enquanto *Trachemys scripta elegans* e *Phrynops williamsi* apresentaram alga apenas na carapaça. *Phrynops geoffroanus* foi a única espécie com ocorrência de algas na carapaça e plastrão, sendo absolutamente mais frequente na carapaça (Tabela 2) conforme evidenciado no teste de Fisher's, onde $p < 0,05$. A composição de algas diferiu entre carapaça e plastrão ($F = 1,92$ e $p < 0,05$). O gráfico da NMDS (stress 0,089) (Figura 12) permitiu observar a alta variabilidade encontrada entre carapaças e que a composição de algas encontradas no plastrão é semelhante àquela encontrada na carapaça. Os dois táxons ocorrentes no plastrão foram *Pleurocapsales* comum em carapaça e plastrão e *Terpsinoe musica* exclusiva do plastrão.

Tabela 2. Ocorrência de algas no casco de quatro espécies de quelônios. Os valores indicam número de carapaças e plastrões com registros de algas entre os 28 indivíduos analisados.

Espécie	local do casco	Presença de algas
<i>Phrynops geoffroanus</i>	Carapaça	11
	Plastrão	3
<i>Phrynops williamsi</i>	Carapaça	2
	Plastrão	0
<i>Trachemys dorbigni</i>	Carapaça	0
	Plastrão	0
<i>Trachemys scripta elegans</i>	Carapaça	2
	Plastrão	0
Total		18

Fonte: a autora, 2026.

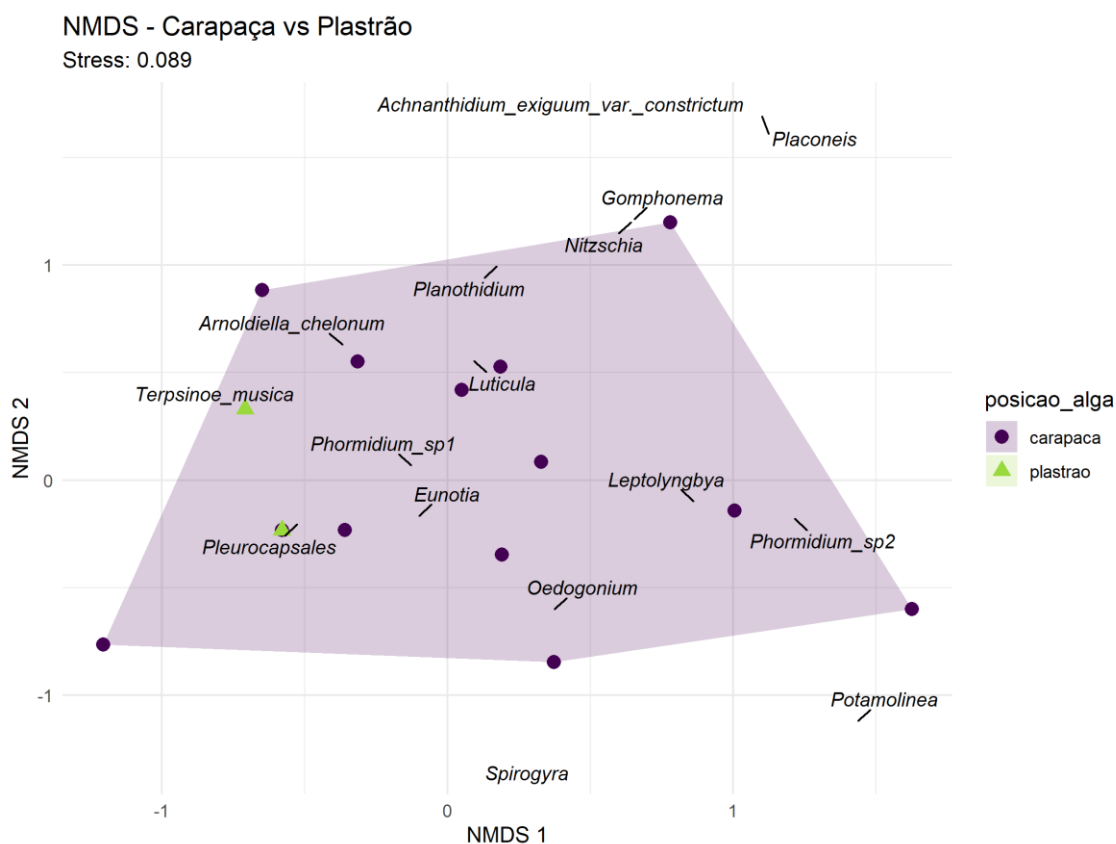


Figura 12. Ordenação por Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) baseada no índice de dissimilaridade de Jaccard (Stress = 0,089) da comunidade de algas

epizóicas presentes em Carapaça e Plastrão de *Phrynops geoffroanus*, *Phrynops williamsi* e *Trachemys scripta elegans* (Stress = 0,089).

3.3 ANÁLISE DE DADOS DA LITERATURA MUNDIAL

O levantamento dos dados da literatura mundial, incluindo os dados do presente estudo, permitiu o registro de 65 gêneros de algas epizóicas de 47 populações de quelônios de água doce amostradas entre Brasil, Canadá, Cuba, Estados Unidos, França, Japão e Turquia. A NMDS (Stress = 0,056) com base na presença/ausência dos gêneros de algas permitiu uma separação visual entre as populações de quelônios da Europa (Turquia e França), com as do Brasil e EUA (Figura 13). Com base nessa visualização inicial foi construída uma nova representação gráfica da NMDS com marcação dos três grupos (Figura 14).

A comparação entre esses três grupos foi realizada com a PERMANOVA ($R^2 = 0.20$, $F = 4.95$ e $P = 0.001$). O teste a posteriori Pairwise ANOVA permitiu verificar que as populações da Europa diferem dos dois outros grupos, enquanto as populações de Brasil e EUA não apresentaram diferenças significativas.

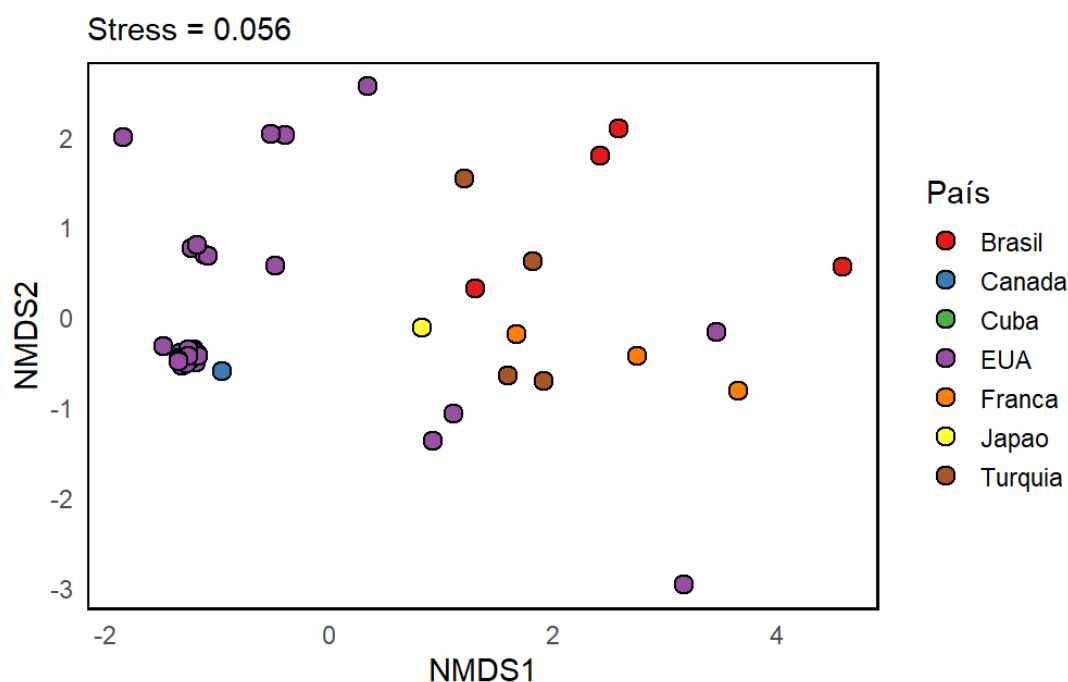


Figura 13. Ordenação por Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) baseada no índice de Jaccard da comunidade de algas epizóicas encontradas em sete países.

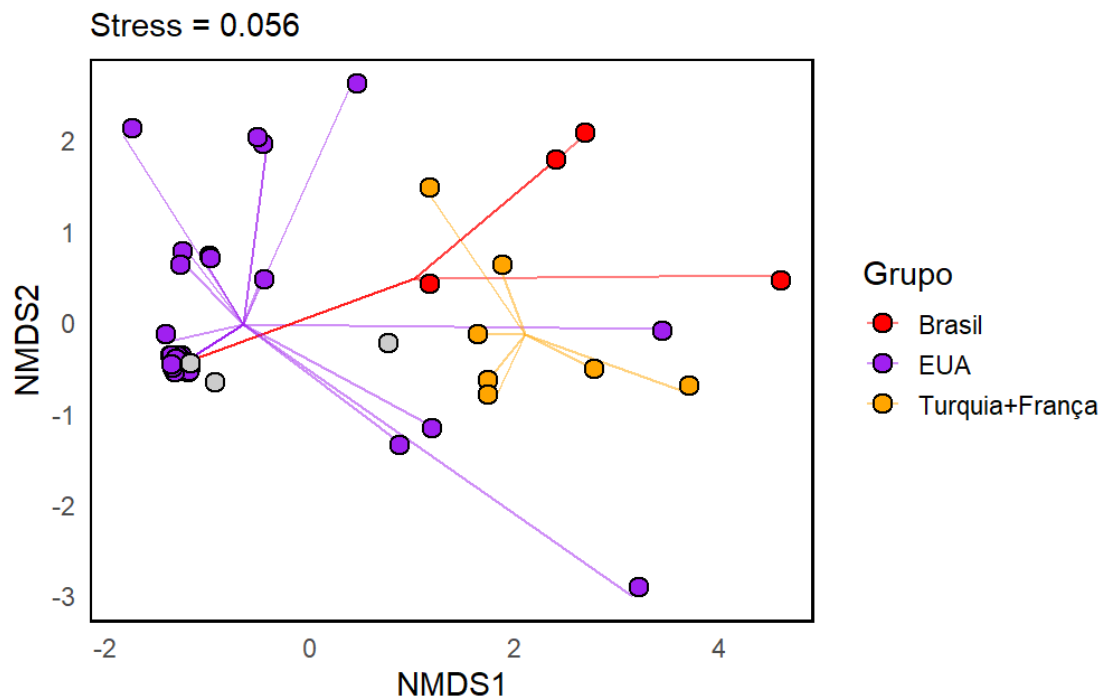


Figura 14. Análise de Ordenação por Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (NMDS) baseada no índice de Jaccard. Pontos representando a comunidade de algas epizóicas, comparando amostras do Brasil, EUA e Turquia+França e linhas conectando os centroides de cada grupo.

A análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) identificou os táxons de algas que mais contribuíram para a diferença entre as comunidades dos grupos Brasil vs. Europa (Turquia + França), (Figura 15). *Arnoldiella*, *Pleurocapsales* e *Leptolyngbya* foram os táxons mais relevantes para a caracterização das populações dos quelônios do Brasil, enquanto *Navicula*, *Ocellularia*, *Phormidium*, *Oedogonium*, *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Cladophora*, *Amphora*, *Luticola*, *Chamaesiphon*, *Calothrix*, *Ulnaria*, *Sellaphora*, *Pleurocapsa*, *Leptolyngbya*, *Aphanocapsa*, *Gygosigma*, *Cyclotella* e *Cocconeis* contribuíram mais para a caracterização da Europa (Turquia + França).

SIMPER — Brasil vs Turquia+França

Os 20 gêneros que mais contribuem para a separação

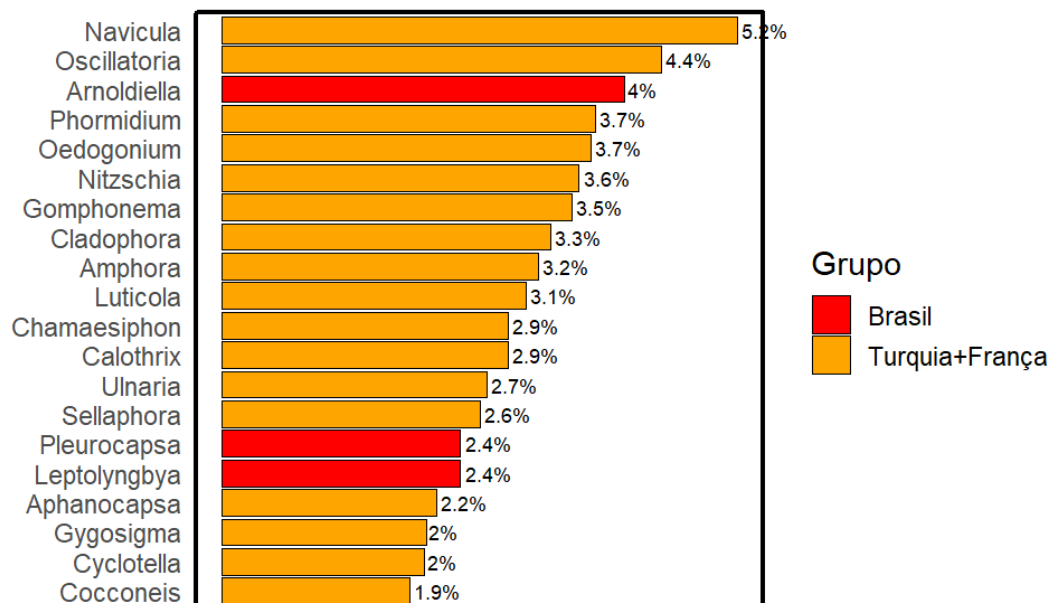


Figura 15. Resultados da análise de Porcentagem de Similaridade (SIMPER) mostrando os 20 gêneros que mais contribuíram para a dissimilaridade entre os grupos Brasil e Turquia+França. O comprimento das barras indica a porcentagem de contribuição individual de cada gênero. As cores representam o grupo ao qual o gênero está mais fortemente associado (Vermelho: Brasil; Laranja: Turquia+França).

4 DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DOS DADOS AMOSTRADOS LOCALMENTE

Este estudo é, até onde indicam as fontes consultadas, o primeiro estudo no Brasil a levantar a comunidade de algas epizóicas associadas aos quelônios de água doce e o primeiro a comparar explicitamente a composição algal entre carapaça e plastrão na região neotropical. Diferentemente de estudos prévios que focaram em táxons específicos como *Arnoldiella chelonum* (Semir, Sazima e Sazima, 1988; Zanelli, 2006) ou Diatomáceas, como as descrições de novas espécies de *Luticola* e *Tursiocola* (Wetzel *et al.*, 2010, 2012), o presente trabalho incluiu diferentes grupos de algas. Comparativamente aos estudos prévios que também avaliaram as diferenças entre carapaça e plastrão, abordagem esta iniciada de forma pioneira por Edgren, Edgren e Tiffany (1953), a riqueza de algas observada no presente estudo demonstrou um padrão intermediário. Essa riqueza foi superior à observada por Hulse (1976) e menor do que a reportada por Tumilson e Clark (1996) e Fayolle *et al.* (2016). Apesar dessa variação em relação aos extremos da literatura, o presente trabalho preenche uma importante lacuna no conhecimento das interações entre algas e quelônios em ambientes de água doce na região Neotropical e oferece uma base para investigações futuras com maior cobertura espacial, temporal e taxonômica.

A avaliação da riqueza de táxons revelou uma comunidade diversa e bem amostrada na totalidade do estudo, porém a extrapolação da curva de rarefação de Maringá indicou que poderia haver incremento de táxons de algas epizóicas associadas aos quelônios da região, indicando que ambientes antropizados ainda preservam rica microbiota, portanto, mais amostragens na região são sugeridas. Outros trabalhos que relatam alta riqueza tiveram vantagens metodológicas distintas. Wu e Bergey (2017), por exemplo, encontraram 107 espécies de diatomáceas ao utilizarem espécimes de museu coletados em vários anos e diferentes locais. Já Donato-Rondón *et al.* (2018) identificaram 45 espécies de diatomáceas em tanques artificiais, enquanto Fayolle *et al.* (2016) registraram 77 táxons de algas devido a um tempo de coleta mais extenso. Esses fatores conferiram aos estudos mais indivíduos de quelônios amostrados. A baixa amostragem no presente estudo, somada à limitada identificação de táxons, que por

vezes não chegou até o nível de espécie, podem ter subestimado a riqueza local, refletindo a diversidade moderada reportada e configurando uma limitação desse estudo.

A estrutura da comunidade entre locais amostrados e entre as espécies de quelônios se mantiveram homogêneas. Como visto por Roubéix *et al* (2021) as tartarugas serão colonizadas pelas algas que estiverem presentes naquele ambiente. No entanto essa homogeneidade sugere que o casco dos quelônios atua como um micro-habitat com um filtro ambiental extremamente forte e seletivo e que, portanto, as algas que se estabeleceram são as que suportam os desafios deste ambiente. Apesar da sobreposição e compartilhamento de espécies, a ordenação NMDS sugeriu um gradiente na composição pertencente a Maringá e Foz do Iguaçu. Em Maringá, caracterizada por ecossistemas urbanos (corpos d'água lênticos naturais e artificiais) submetidos a uma maior pressão antrópica e provável maior carga de nutrientes, a comunidade foi mais associada por táxons como *Potamolinea*, *Oedogonium*, *Spirogyra*, *Phormidium* sp. 2 e *Leptolyngbya*. Tais achados corroboram a literatura que associa uma maior presença de cianobactérias e algas filamentosas a águas com níveis elevados de eutrofização em ecossistemas urbanos (Souza e Abe, 2000; Fayolle *et al.*, 2016). Em contrapartida, as amostragens em Foz do Iguaçu ocorreram no rio Iguaçu, no interior do Parque Nacional do Iguaçu (PNI). Este ambiente lótico e mais preservado abrigou uma comunidade caracterizada pela dominância de diatomáceas epizóicas, como *Nitzschia*, *Gomphonema*, *Placoneis*, *Terpsinoe musica*, *Achnantheidium exiguum* e *Arnoldiella chelonum*, um padrão recorrentemente associado a áreas de maior fluxo hídrico e menor degradação (Donato-Rondón *et al.*, 2018; Wu e Bergey, 2017).

É interessante ressaltar que *Arnoldiella chelonum*, embora mais frequentemente detectada nas amostras de Foz do Iguaçu, apresentou sua maior dominância na carapaça de *Phrynops geoffroanus* especificamente no Horto Florestal de Maringá. Isso reforça que o recrutamento dessa espécie pode ser altamente dependente das particularidades microtopográficas e comportamentais do substrato vivo, superando eventuais limitações limnológicas (Proctor, 1958; Semir, Sazima e Sazima, 1988). Além disso, alguns táxons mostraram-se localmente exclusivos: *Achnantheidium exiguum*, *Eunotia*, *Placoneis* e *Terpsinoe musica* restringiram-se ao PNI, enquanto *Potamolinea* e *Spirogyra* ocorreram apenas em Maringá. Essa "exclusividade" não reflete endemismo local, mas atuação das condições ambientais distintas. As diferenças marcantes entre um ambiente lêntico urbano e um ambiente fluvial protegido impõem variações na dinâmica de nutrientes,

turbidez, disponibilidade de propágulos e estresse hidrodinâmico, determinando o sucesso de colonização e a estrutura final da comunidade perifítica sobre os quelônios (Branco, Peres e Krupek, 2009; Souza e Ferragut, 2012).

A distribuição espacial das algas no corpo dos quelônios demonstrou uma forte preferência pela carapaça, que abrigou uma riqueza de táxons significativamente maior que a do plastrão. Esse padrão é corroborado pela literatura existente (Edgren, Edgren e Tiffany, 1953; Tumilson e Clark, 1996; Fayolle *et al.*, 2016), que atesta como a carapaça, por estar voltada para a coluna d'água e receber intensa radiação solar, favorece o estabelecimento de organismos estritamente fotossintetizantes. Além disso, a morfologia da carapaça oferece substratos propícios para as algas (Proctor, 1958; Donato-Rondón *et al.*, 2018). Em contraste, a presença limitada de Pleurocapsales e exclusiva de *Terpsinoe musica* no plastrão confirma que a região ventral funciona como um nicho muito mais restritivo, selecionando espécies notavelmente adaptadas à escassez de luz e à contínua abrasão mecânica provocada pelo contato direto com o sedimento (observação pessoal, Figura 16 e Figura 17). Historicamente, a ausência de algas na porção ventral já havia sido notada por Hulse (1976), que encontrou o plastrão dominado por organismos não fotossintetizantes.

Dentre as espécies analisadas no presente estudo apenas *Phrynops geoffroanus* apresentou algas no plastrão. Zanelli (2006) já havia registrado que ocorrem algas no plastrão desta espécie, no entanto, tais algas não haviam sido identificadas taxonomicamente. Porém, a riqueza de algas do plastrão foi inferior a trabalhos comparativos (Fayolle *et al.*, 2016; Tumilson e Clark, 1996). Uma hipótese para a baixa ocorrência de algas no plastrão observada no presente estudo é a exclusão competitiva por espaço com outros epibiontes. Enquanto a literatura registra alta densidade de *Vaucheria* sp. no plastrão de *Emys orbicularis* (Fayolle *et al.*, 2016), diversos indivíduos aqui analisados apresentaram intensa colonização pelo ciliado *Epistylis* sp. na região ventral (Figura 18 e Figura 19). Por serem organismos heterotróficos, esses ciliados não dependem da maior intensidade luminosa proporcionada pela carapaça, podendo dominar o substrato do plastrão. Tumilson e Clark (1996) também registraram ciliados epizóicos (inclusive *Epistylis* sp.) e, embora a diversidade de heterótrofos não tenha diferido espacialmente, os autores observaram que o plastrão suporta maiores densidades de protozoários aderidos. Consequentemente, as algas, devido à sua exigência fotossintética

e provável desvantagem competitiva por substrato na ausência de luz, mantiveram-se mais frequentes na carapaça.



Figura 16. *Phrynops geoffroanus* em substrato abrasivo. O local (PNI) possuía poças temporárias com girinos.



Figura 17. *Phrynops geoffroanus*. Plastrão em contato com substrato abrasivo



Figura 18. Plastrão de *Phrynops geoffroanus* coberto por *Epistylis* sp.

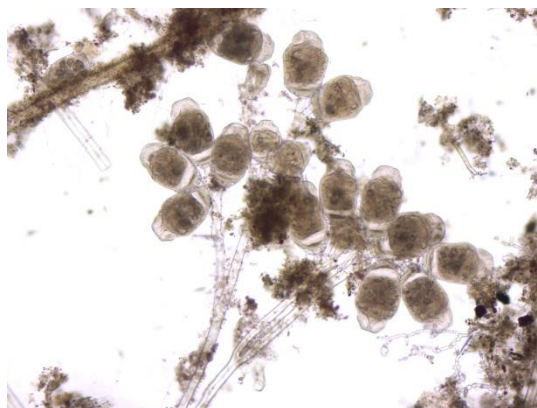


Figura 19. *Epistylis* sp. em aumento 100x.

4.2 ANÁLISE DE DADOS DA LITERATURA MUNDIAL

A formação de grupos de algas separando as populações americanas das europeias (ver resultados) sugere uma forte segregação biogeográfica e, possivelmente filogenética, com ocorrência exclusiva de diversos táxons de algas epizóicas nas Américas ou em países europeus. Considerando que a presente análise global foi

padronizada em nível de gênero, as diferenças observadas podem refletir divergências evolutivas e espaciais históricas, e não apenas eventos recentes de especiação. Embora a presença exclusiva de certos gêneros em determinadas regiões possa refletir história biogeográfica, essa hipótese exige confirmação por análises filogenéticas.

A ausência de diferença estatística entre as comunidades epizóicas do Brasil e dos Estados Unidos na análise global (ver resultados) foi, provavelmente, impulsionada pelo compartilhamento de *Arnoldiella* (que, no conjunto de dados analisado, restringiu-se aos trabalhos das Américas). Adicionalmente, a opção metodológica do presente estudo de padronizar a identificação no nível de gênero, adotada para não introduzir ruídos nas análises devido a endemismos locais, diminuiu o poder de separação analítica. Tais fatores, somados à menor riqueza registrada no Brasil, favoreceu a aproximação estatística de grupos com baixas amostragens como o gênero *Luticola*, que, apesar de também ocorrerem na França, tiveram grande peso para a similaridade entre Brasil e EUA.

Por outro lado, a separação isolada do grupo formado por França e Turquia na ordenação possivelmente reflete o viés do esforço amostral na literatura. Em nossa revisão, a riqueza de algas citadas por esses dois países foi de 130 e 132 táxons, respectivamente, enquanto os demais países (excetuando-se os EUA) registraram um máximo de apenas 13 espécies. Ao analisar a ocorrência de quelônios entre os países, *Emys orbicularis* foi a única espécie de tartaruga compartilhada, portanto, a alta riqueza destes países está associada a esta tartaruga. Os Estados Unidos apresentaram uma riqueza de algas robusta (121 táxons), contudo, o país contrasta drasticamente com os demais em número de publicações encontradas: foram 16 artigos estadunidenses contra 4 do Brasil, 3 da Turquia e 3 da França. Essa disparidade reforça, de forma contundente, que ainda faltam muitos estudos sobre algas epizóicas em quelônios ao redor do globo.

Embora as contribuições dos pesquisadores estadunidenses tenham sido o pontapé inicial (e.g., Edgren *et al.*, 1953; Proctor, 1958), dados demonstram como essa comunidade epizóica encontra-se subamostrada, sobretudo nas regiões tropicais, que abrigam reconhecidos *hotspots* de biodiversidade. Conforme demonstrado pelas descobertas de novas espécies de diatomáceas na Amazônia por Wetzel *et al.* (2010, 2012) e pela clássica descrição da alga *Basycladia ramulosa* na Austrália por Ducker (1958), existe um imenso e inexplorado potencial para a descoberta de novas espécies

evolutivamente adaptadas a este micro-habitat tão específico. Portanto, para compreendermos plenamente a diversidade e a interação alga-quelônio é necessário aumentar o esforço amostral em diversas localidades.

Embora os quelônios sejam colonizados pelas espécies de ocorrência no ambiente (Roubeix *et al.*, 2021), há debates na literatura quanto ao peso do substrato vivo na estruturação dessas comunidades. Roubeix *et al.* (2021), por exemplo, sugerem que as comunidades epizóicas são majoritariamente influenciadas pelas características limnológicas do habitat em vez da identidade da tartaruga, atuando o casco como um substrato relativamente neutro para epibiontes facultativos. Tal afirmação, contudo, é contrastada por grande parte dos pesquisadores que os antecederam, fato ressaltado pelos próprios autores em sua discussão. Portanto, é possível concluir que as algas precisam ultrapassar duas barreiras, a de parâmetros limnológicos do ambiente, comum para todas as algas do local, e um estresse adicional altamente restritivo imposto pelo substrato vivo. Conforme já destacado neste trabalho, diferentes espécies de quelônios possuem morfologias e comportamentos distintos que influenciam diretamente quais algas conseguem se estabelecer e permanecer. Ao redor do mundo, as algas apresentam múltiplas formas de adesão e fixação (e.g. filamentos basais, mucilagem). Como citado por Franceschini *et al.* (2010), as características morfológicas e fisiológicas são determinantes para o sucesso de certos organismos na matriz perifítica, e ainda são as que conferem maior ou menor resistência a distúrbios (físicos ou biológicos). Além disso, a maioria dos estudos com tartarugas de água doce até o momento enfatiza que o casco não é inerte, mas atua como um micro-habitat seletivo que filtra ativamente as comunidades perifíticas (Edgren, Edgren e Tiffany, 1953; Proctor, 1958; Tumilson e Clark, 1996; Fayolle *et al.*, 2016; Donato-Rondón *et al.*, 2018).

Os autores divergem na opinião quanto à classificação da interação alga-quelônio, transitando entre o comensalismo, o mutualismo e, mais raramente, dinâmicas de caráter patogênico (Christiansen, *et al.*, 2020). Diversos autores descreveram a relação como mutualística com benefício tanto para tartarugas quanto para as algas. Fitobentos tem sua distribuição limitada àquelas partes do ecossistema aquático em que os substratos recebem luz suficiente para fotossíntese (Esteves, 1998). Enquanto a maior parte dos fitobentos está sésil, as algas epizóicas se beneficiam do deslocamento dos quelônios (Edgren, Edgren e Tiffany, 1953; Roubeix *et al.*, 2021). Em contrapartida, algas proporcionam camuflagem às tartarugas aumentando o sucesso no forrageamento,

sobretudo àquelas que forrageiam menos ativamente e dependem da camuflagem para obtenções de presas (Neill e Allen, 1954). Esta mesma camuflagem, confere as tartarugas disfarçar-se entre os demais substratos. Quando jovem, onde sofrem com mais predações, esta camuflagem pode se tornar um diferencial na taxa de sobrevivência destes indivíduos.

Em desacordo, alguns autores sugerem comensalismo para a relação alga-quelônio (Proctor, 1958; Edgren, Edgren e Tiffany, 1953; Gueevara, e Donini, 2022). A argumentação seria de que a camuflagem não é relevante para os indivíduos adultos por quase não possuem predadores naturais (Edgren, Edgren e Tiffany, 1953). Tal afirmação desconsidera a chegada à fase adulta passa por predação e ser predado enquanto juvenil, e que, portanto, a relação se mantém mutualística. Relação antagônica é menos defendida, mas ganha relevância com a descrição da Doença da Carapaça Crônica por Christiansen, *et al.* (2020) em *Kinosternon flavescens*. Neste trabalho, os autores atribuem à *Arnoldiella chelonum* a evolução da patologia, decorrente da invasão filamentos entre as lamelas para a adesão na carapaça. Vale ressaltar que anteriormente a este fato nenhum autor atrelou a presença de alga à doença da carapaça.

Em suma, a interação dos organismos é complexa, e podem ir além dos conceitos criados pelos humanos. Essa interação pode estar variando entre todos estes conceitos (i.e. antagonismo, comensalismo e mutualismo) a depender da espécie de quelônio e das espécies de algas que compõe o substrato. Apesar de na maioria dos casos relatados o mutualismo ser a interação estabelecida, não há conhecimento o suficiente que permitam generalizações absolutas.

5 ANEXO

Tabela 3. Riqueza de algas encontradas no levantamento bibliográfico, separadas por táxon de quelônio e por país.

Táxon de quelônio	Países			
	Brasil	EUA	França	Turquia
<i>Actinemys marmorata</i>		1		
<i>Chelydra serpentina</i>		18		
<i>Chrisemys picta</i>		5		
<i>Chrisemys picta picta</i>		1		
<i>Chrysemys rubriventris</i>		1		
<i>Chrysemys picta</i>		4		
<i>Chrysemys rubriventris</i>		1		
<i>Clemmys guttata</i>		4		
<i>Emydoidea blandingii</i>		1		
<i>Emys blandingii</i>		2		
<i>Emys orbicularis</i>			130	126
<i>Graptemys geographica</i>		4		
<i>Hydromedusa tectifera</i>	1			
<i>Kinosternon flavescens</i>		1		
<i>Kinosternon sonoriense</i>		3		
<i>Kinosternon sp.</i>		1		
<i>Mauremys rivulata</i>				6
<i>Phrynops geoffroanus</i>	2			
<i>Podocnemis erythrocephala</i>	2			
<i>Pseudemys concinna metteri</i>		38		
<i>Pseudemys scripta</i>		2		
<i>Sternotherus odonatus</i>		8		
<i>Terrapene carolina</i>		2		
<i>Terrapene carolina bauri</i>		2		
<i>Trachemys scripta</i>		22		
<i>Trachemys scripta elegans</i>		21		
Total Geral	5	121	130	132

6 REFERÊNCIAS

- ALLAN, J. D.; CASTILLO, M. M. Stream ecology: structure and function of running waters. 2. ed. Dordrecht: Springer, 2007. DOI: 10.1007/978-1-4020-5583-6.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ANDERSON, M. J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. Austral Ecology, v. 26, n. 1, p. 32-46, 2001. DOI: 10.1111/j.1442-9993.2001.01070.pp.x.
- BALESTRA, R. A. M. et al. Roteiro para inventários e monitoramentos de quelônios continentais. Biodiversidade Brasileira, v. 6, n. 1, p. 114-152, 2016.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. Introdução: as algas do Brasil. In: FORZZA, R. C. et al. (org.). Catálogo de plantas e fungos do Brasil. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. v. 1, p. 49-60.
- BORTHAKUR, A.; SINGH, P. Global research trends in 'Ecology': a scientometric analysis. Tropical Ecology, v. 59, n. 3, p. 431-443, 2018.
- BRANCO, C. C. Z.; NECCHI JUNIOR, O.; PERES, C. K. Effects of artificial substratum types and exposure time on macroalgal colonization in a tropical stream. Fundamental and Applied Limnology, v. 178, n. 1, p. 17-27, 2010. DOI: 10.1127/1863-9135/2010/0178-0017.
- BRANCO, C. C. Z.; KRUPKEK, R. A.; PERES, C. K. Distribution of stream macroalgal communities from the mid-western region of Paraná State, southern Brazil: importance of local-scale variation. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 52, n. 2, p. 379-386, 2009. DOI: 10.1590/S1516-89132009000200015.
- BURGIN, S.; RENSHAW, A. Epizoochory, algae and the Australian eastern long-necked turtle *Chelodina longicollis* (Shaw). American Midland Naturalist, v. 160, n. 1, p. 61-68, 2008. DOI: 10.1674/0003-0031(2008)160[61:EAATAE]2.0.CO;2.
- BURY, R. B. et al. High incidence of filamentous algae on western pond turtles, *Actinemys marmorata*, in the Willamette Valley, Oregon. Northwestern Naturalist, v. 96, n. 2, p. 150-153, 2015.
- CHRISTIANSEN, J. L. et al. Carapacial shell disease process revealed by a long-term field study of the Yellow Mud Turtle, *Kinosternon flavescens*, in Texas. Journal of Herpetology, v. 54, n. 1, p. 1-8, 2020. DOI: 10.1670/19-032.

CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, v. 18, n. 1, p. 117-143, 1993. DOI: 10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x.

COLLINS, F. S. Some new green algae. *Rhodora*, v. 9, p. 197-202, 1907.

DEFFUNE, G.; KLOSOWSKI, E. S.; SILVA, S. M. Concentração e intensidade pluviométrica de Maringá, 1976-1994. *Revista UNIMAR, Maringá*, v. 17, n. 3, p. 489-499, 1995.

DONATO-RONDÓN, J. C.; GONZÁLEZ-TRUJILLO, J. D.; ROMERO, B.; CASTRO-REBOLLEDO, M. I. Diatom assemblages associated with turtle carapaces in the Neotropical region. *Revista de Biología Tropical*, v. 66, n. 4, p. 1362-1372, 2018. DOI: 10.15517/rbt.v66i4.31396.

DUCKER, S. C. A new species of *Basycladia* on Australian freshwater turtles. *Hydrobiologia*, v. 10, p. 157-174, 1958. DOI: 10.1007/BF00142185.

EDGREN, R. A.; EDGREN, M. K.; TIFFANY, L. H. Some North American turtles and their epizootic algae. *Ecology*, v. 34, n. 4, p. 733-740, 1953. DOI: 10.2307/1931336.

ERSANLI, E. T.; GONULOL, A. Epizootic composition on spotted turtle *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758) in Turkey. *Bangladesh Journal of Botany*, v. 43, n. 2, p. 157-161, 2014. DOI: 10.3329/bjb.v43i2.21667.

ESTEVEZ, F. A. Fundamentos de limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

FAYOLLE, S. et al. Epizootic algae distribution on the carapace and plastron of the European pond turtle (*Emys orbicularis*, Linnaeus, 1758): a study from the Camargue, France. *Cryptogamie, Algologie*, v. 37, n. 4, p. 221-232, 2016. DOI: 10.7872/crya/v37.iss4.2016.221.

FIORELLI FABICHE, M. N. et al. Características ambientais do fundo de vale do Ribeirão Morangueiro, no município de Maringá, PR. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 19, n. 2, p. 1452-1461, 2015.

FISHER, R. A. On the interpretation of chi-square from contingency tables, and the calculation of P. *Journal of the Royal Statistical Society*, v. 85, n. 1, p. 87-94, 1922. DOI: 10.2307/2340521.

FRANCESCHINI, I. M. et al. Algas: uma abordagem filogenética, taxonômica e ecológica. Porto Alegre: Artmed, 2010.

GARBARY, D. J.; BOURQUE, G.; HERMAN, T. B.; MCNEIL, J. A. Epizoic algae from freshwater turtles in Nova Scotia. *Journal of Freshwater Ecology*, v. 22, n. 4, p. 677-685, 2007. DOI: 10.1080/02705060.2007.9664828.

GOTELLI, N. J.; COLWELL, R. K. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, v. 4, n. 4, p. 379-391, 2001. DOI: 10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x.

GUEVARA, R.; HANCOCK, T. L.; DONINI, J. Identification and frequency of algal epiphytes in a coastal population of Florida Box Turtles, *Terrapene carolina bauri* Taylor, 1895. *Herpetology Notes*, v. 15, p. 471-474, 2022.

GUIRY, M. D. How many species of algae are there? A reprise. Four kingdoms, 14 phyla, 63 classes and still growing. *Journal of Phycology*, v. 60, n. 2, p. 214-228, 2024. DOI: 10.1111/jpy.13431.

HSIEH, T. C.; MA, K. H.; CHAO, A. iNEXT: an R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, v. 7, n. 12, p. 1451-1456, 2016. DOI: 10.1111/2041-210X.12613.

HULSE, A. C. Carapacial and plastral flora and fauna of the Sonora mud turtle, *Kinosternon sonoriense* Le Conte (Reptilia, Testudines, Kinosternidae). *Journal of Herpetology*, v. 10, n. 1, p. 45-48, 1976.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Plano de manejo do Parque Nacional do Iguaçu. Brasília: ICMBio, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/>. Acesso em: 5 jul. 2026.

INVASIVE SPECIES SPECIALIST GROUP. Global Invasive Species Database: *Trachemys scripta elegans*. 2015. Disponível em: <https://www.iucngisd.org/gisd/>. Acesso em: 5 jul. 2026.

KÖPPEN, W. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Económica, 1978.

LEE, R. E. *Phycology*. 4. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

LIPSEY JUNIOR, L. L. *Basycladia chelonum* (Collins) Hoffmann & Tilden and *Basycladia crassa* Hoffmann & Tilden (Cladophorales) in Southern Illinois. *Rhodora*, v. 80, p. 441-443, 1978.

MARINGÁ. Lei ordinária n. 10.353, de 2016. Dispõe sobre a oficialização do Parque do

Ingá Prefeito Adriano José Valente como unidade de conservação municipal na categoria Área de Relevante Interesse Ecológico. Maringá: Câmara Municipal de Maringá, 2016.

MARINGÁ. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Bem-Estar Animal. Plano de manejo: Parque do Ingá. Maringá: SEMA, 2020.

MARINGÁ. Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Maringá, PR. Maringá: Prefeitura Municipal de Maringá, 2012. 113 p.

MARINGÁ (PR). Prefeitura do Município de Maringá. Plano de manejo do Parque do Ingá: revisão do plano de manejo 2020. Maringá: Prefeitura do Município de Maringá, 2020. Disponível em: <https://www3.maringa.pr.gov.br/conferencia/?cod=plano-de-manejo-do-parque-do-inga>. Acesso em: 9 jul. 2026.

MARINGÁ (PR). Prefeitura do Município de Maringá. Secretaria do Meio Ambiente. Plano de manejo do Horto Florestal Dr. Luiz Teixeira Mendes. Maringá: Prefeitura do Município de Maringá, 2013. Disponível em: <https://www3.maringa.pr.gov.br/sistema/arquivos/5c95b447ff24.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2026.

MARQUES, A. J. Mapeamento de fragmentos de mata no município de Maringá, PR: uma abordagem da ecologia da paisagem. 2004.

MENEZES, M. et al. Update of the Brazilian floristic list of Algae and Cyanobacteria. Rodriguésia, v. 66, n. 4, p. 1047-1062, 2015. DOI: 10.1590/2175-7860201566408.

MONTEIRO, V. F. C.; MOURA, P. H. A. (org.). Ciências botânicas: evolução e diversidade de plantas. Ponta Grossa: Atena, 2021. DOI: 10.22533/at.ed.833211311.

NEILL, W. T.; ALLEN, E. R. Algae on turtles: some additional considerations. Ecology, v. 35, n. 4, p. 581-584, 1954.

OKSANEN, J. et al. vegan: Community Ecology Package. R package. 2026. DOI: 10.32614/CRAN.package.vegan.

PAVIOLO, A. et al. A biodiversity hotspot losing its top predator: the challenge of jaguar conservation in the Atlantic Forest of South America. Scientific Reports, v. 6, art. 37147, 2016. DOI: 10.1038/srep37147.

PROCTOR, V. W. The growth of *Basiacladia* on turtles. Ecology, v. 39, n. 4, p. 634-645, 1958.

R CORE TEAM. R: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2025. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 5 jul. 2026.

ROUBEIX, V. et al. Specificity of diatom communities attached on the carapace of the European pond turtle (*Emys orbicularis*). *Advances in Oceanography and Limnology*, v. 12, n. 1, 2021. DOI: 10.4081/aiol.2021.9119.

SCHWARZBOLD, A.; BURLIGA, A. L.; TORGAN, L. C. (org.). *Ecologia do perifiton*. São Carlos: RiMa, 2013.

SEMIR, J.; SAZIMA, I.; SAZIMA, M. *Basicladia chelonum* (Chlorophyceae), alga epizoária em casco de tartarugas de água doce, no sudeste do Brasil. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 40, n. 9, p. 885-888, 1988.

SOUZA, F. L.; ABE, A. S. Feeding ecology, density and biomass of the freshwater turtle, *Phrynops geoffroanus*, inhabiting a polluted urban river in south-eastern Brazil. *Journal of Zoology*, v. 252, n. 4, p. 437-446, 2000.

SOYLU, E. N.; GÖNÜLOL, A.; SUKATAR, A.; AYAZ, D.; TOK, C. V. Epizoic freshwater algae on *Emys orbicularis* (Testudinata: Emydidae) from the Central Anatolia Region of Turkey. *Journal of Freshwater Ecology*, v. 21, n. 3, p. 535-538, 2006. DOI: 10.1080/02705060.2006.9665033.

SOUZA, M. L.; FERRAGUT, C. Influence of substratum surface roughness on periphytic algal community structure in a shallow tropical reservoir. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 24, n. 4, p. 397-407, 2012. DOI: 10.1590/S2179-975X2013005000004.

TUMLISON, R.; CLARK, S. Microorganisms associated with the carapace and plastron of aquatic turtles (*Pseudemys concinna* and *Trachemys scripta*) in southwestern Arkansas. *Journal of the Arkansas Academy of Science*, v. 50, p. 148-152, 1996.

VADEBONCOEUR, Y.; STEINMAN, A. D. Periphyton function in lake ecosystems. *The Scientific World Journal*, v. 2, p. 1449-1468, 2002. DOI: 10.1100/tsw.2002.294.

WETZEL, C. E.; VAN DE VIJVER, B.; ECTOR, L. *Luticola deniseae* sp. nov., a new epizoic diatom from the Rio Negro (Amazon hydrographic basin). *Vie et Milieu*, v. 60, n. 3, p. 177-184, 2010.

WETZEL, C. E. et al. *Tursiocola podocnemicola* sp. nov., a new epizoic freshwater diatom species from the Rio Negro in the Brazilian Amazon Basin. *Diatom Research*, v. 27, n. 1, p. 1-8, 2012. DOI: 10.1080/0269249X.2011.642498.

WETZEL, R. G. Limnology: lake and river ecosystems. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2001.

WU, S. C. Epizoic diatom assemblages on freshwater turtles. 2016. Thesis (Master of Science) - University of Oklahoma, Norman, 2016.

WU, S. C.; BERGEY, E. A. Diatoms on the carapace of common snapping turtles: *Luticola* spp. dominate despite spatial variation in assemblages. PLoS ONE, v. 12, n. 2, e0171910, 2017. DOI: 10.1371/journal.pone.0171910.

YONEDA, Y. Observations on the algae growing on the pond tortoises, with special reference to *Basicladia crassa* Hoffmann & Tilden. Publications of the Seto Marine Biological Laboratory, v. 2, n. 2, p. 227-234, 1952.

ZANELLI, H. R. R. Distribuição espacial e dinâmica temporal da alga epizoária *Basicladia chelonum* associada ao cágado *Phrynops geoffroanus* no rio Uberabinha, Minas Gerais. 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2006.

ZIGLAR, C. L.; ANDERSON, R. V. Epizoic organisms on turtles in Pool 20 of the Upper Mississippi River. Journal of Freshwater Ecology, v. 20, n. 2, p. 389-396, 2005. DOI: 10.1080/02705060.2005.9664977.

7 DECLARAÇÃO DE USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Declaro, para os devidos fins, que fiz uso de ferramenta de Inteligência Artificial (IA) generativa (NotebookLM) como assistente de suporte durante as etapas finais de formatação e revisão do presente Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Instituto Latino-Americano de Ciências da Vida e da Natureza da Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA). O uso ocorreu de forma ética, transparente e estritamente supervisionada, limitando-se às seguintes finalidades instrumentais:

1. Tradução e Adequação de Resumos: A ferramenta foi empregada para auxiliar na síntese do resumo para a adequação ao tamanho e estrutura exigidos, bem como na sua tradução para as línguas espanhola (*Resumen*) e inglesa (*Abstract*), visando garantir o uso adequado da terminologia técnica das áreas de ecologia, limnologia e taxonomia.
2. Normatização Bibliográfica (ABNT): A IA auxiliou na verificação de dados de publicação ausentes nos PDFs (como ano, volume, número da revista e paginação) e na formatação rigorosa da lista de referências bibliográficas e das chamadas no texto, de acordo com as normas da ABNT.
3. Revisão Textual e Apoio na Estruturação: A IA prestou suporte na revisão pontual de parágrafos para melhorar a coesão e a inserção cronológica de referências.

Declaro também que recebi assistência por meio de um sistema de inteligência artificial (Perplexity, baseado no modelo GPT-5 Mini) na forma de revisão linguística e sugestões editoriais em língua portuguesa, especificamente correção ortográfica, gramatical e de estilo, além de comentários sobre clareza e fluidez do texto.

Ressalto de maneira contundente que a concepção da pesquisa, a coleta e análise quantitativa dos dados globais e locais (Maringá e Foz do Iguaçu), bem como todas as reflexões e considerações finais de cunho ecológico, são produtos de caráter inteiramente original, resultantes da minha capacidade intelectual e das discussões junto à minha banca orientadora.

Raquél Izidório Reis