

RAYENE DA SILVA SUDRÉ

**MONITORAMENTO MICROBIOLÓGICO DE ENTEROBACTÉRIAS EM TARTARUGA-
DA-AMAZÔNIA (*Podocnemis expansa*) E TRACAJÁ (*Podocnemis unifilis*) DA AMAZÔNIA -
AM: UMA ABORDAGEM SOB A PERSPECTIVA *ONE HEALTH***



**Monografia apresentada ao Instituto de
Microbiologia Paulo de Góes, da Universidade
Federal do Rio de Janeiro, como pré-requisito
para a obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas: Microbiologia e
Imunologia.**

INSTITUTO DE MICROBIOLOGIA PAULO DE GÓES
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
RIO DE JANEIRO

2025

Trabalho realizado no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Ciências Biológicas, na Fundação Oswaldo Cruz, FIOCRUZ, sob a orientação da Dra. Joseli Maria da Rocha Nogueira e coorientação do Dr. Jaime Antonio Abrantes

CIP - Catalogação na Publicação

S94m Sudre, Rayene S.
Monitoramento microbiológico de enterobactérias
em tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) e
tracajá (*Podocnemis unifilis*) da Amazônia - AM: uma
abordagem sob a perspectiva One Health / Rayene S.
Sudre. -- Rio de Janeiro, 2025.
52 f.

Orientadora: Joseli M. R. Nogueira.
Coorientador: Jaime A. Abrantes.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto
de Microbiologia, Bacharel em Ciências Biológicas:
Microbiologia e Imunologia, 2025.

1. Quelônios. 2. Enterobactérias. 3. Resistência
bacteriana. 4. One Health. I. Nogueira, Joseli M.
R., orient. II. Abrantes, Jaime A., coorient. III.
Título.

INSTITUTO DE MICROBIOLOGIA PAULO DE GÓES / UFRJ
COORDENAÇÃO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO

**ATA DA APRESENTAÇÃO DE MONOGRAFIA PARA APROVAÇÃO NO RCS DE
 TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, BACHARELADO EM CIÊNCIAS
 BIOLÓGICAS: MICROBIOLOGIA E IMUNOLOGIA**

ALUNO(A): **Rayene da Silva Sudré**

DRE: **121087000**

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Sergio Eduardo Longo Fracalanza (Presidente)
 Prof. Renata Garcia Costa
 Prof. Regiane Trigueiro Vicente
 Prof. Marco Antônio Lemos Miguel (Suplente)

Título da Monografia: **“Monitoramento microbiológico de enterobactérias em tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) e tracajá (*Podocnemis unifilis*) da Amazônia - AM: uma abordagem sob a perspectiva *One Health*”**

Local: **sala D27, Centro de Ciências da Saúde da UFRJ**

Data e hora de início: **11 de julho de 2025 às 10:00h**

Em sessão pública, após exposição de cerca de 50 minutos, o aluno foi argüido pelos membros da Banca Examinadora, demonstrando suficiência de conhecimentos e capacidade de sistematização no tema de sua Monografia, tendo, então, obtido nota 10,0 neste requisito do RCS de **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**. Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca examinadora, aluno, orientador (e/ou coorientador) e pelo coordenador do RCS.

Rio de Janeiro, 11 de julho de 2025.

NOTA:

10,0

Banca Examinadora:

Prof. Sergio Eduardo Longo Fracalanza (Presidente)

10,0

Prof. Renata Garcia Costa

10,0

Prof. Regiane Trigueiro Vicente

Prof. Marco Antônio Lemos Miguel (Suplente)

Aluno(a):

Rayene da Silva Sudré

Orientador(a)

(e coorientador):

Dr. Joseli M. R. Nogueira e Dr. Jaime A. Abrantes

Coordenadora de

Profa. Marinella Silva Laport

TCC:

*Dedico este trabalho ao meu pai, Gilberto Sudré,
que com sua simplicidade e sabedoria me mostrou
que é possível sonhar.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, por seu amor incondicional e por me sustentar todos os dias.

Ao meu pai e à minha mãe - Gilberto e Lena - por me ensinarem, desde pequena, o valor da persistência, do esforço e da dedicação.

À equipe do LabMicro, em especial a Rose, Regiane e Renata, que durante esses 3 anos transformaram este período em uma experiência de aprendizado, crescimento e, acima de tudo, companheirismo.

À minha querida orientadora, Joseli Nogueira, que me acompanha desde o ensino médio, expresso minha profunda gratidão pela oportunidade, pelo acolhimento ao longo desses anos e por ter me recebido com tanto amor em seu laboratório.

Ao meu coorientador, Jaime Abrantes, por todos os conselhos, pelos conhecimentos transmitidos e pelas risadas compartilhadas.

Ao professor Sergio Fracalanza, por toda gentileza, receptividade e leveza e com que exerceu o papel de tutor ao longo da minha graduação.

Aos meus amigos e à minha família espiritual, pela presença constante, apoio e suporte emocional ao longo desta jornada.

À equipe do Centro de Material e Esterilização (CME) pelo apoio no fornecimento e preparo dos meios de cultura utilizados na elaboração deste projeto.

À Dra. Rachel Ann Hauser-Davis e ao Dr. Hassan Jerdy, pelo fornecimento das amostras para este estudo. Bem como, a toda a equipe envolvida na coleta, transporte e demais atividades que tornaram este estudo possível.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa, que foi essencial para a realização desta pesquisa, proporcionando os recursos necessários para o meu desenvolvimento.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a concretização deste projeto. Seja por meio de palavras de incentivo, gestos de apoio ou participação direta e/ou indireta, cada um teve um papel especial até aqui.

“A adversidade é uma oportunidade para a virtude.”
– *Sêneca*

RESUMO

RAYENE DA SILVA SUDRÉ

MONITORAMENTO MICROBIOLÓGICO DE ENTEROBACTÉRIAS EM TARTARUGA-DA-AMAZÔNIA (*Podocnemis expansa*) E TRACAJÁ (*Podocnemis unifilis*) DA AMAZÔNIA - AM: UMA ABORDAGEM SOB A PERSPECTIVA ONE HEALTH

Orientador: Joseli M. R. Nogueira

Coorientador: Jaime A. Abrantes

Resumo da Monografia apresentada no Instituto de Microbiologia Paulo de Góes da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas: Microbiologia e Imunologia e aprovação no RCS Trabalho de Conclusão de Curso.

Podocnemis expansa (tartaruga-da-Amazônia) e *Podocnemis unifilis* (tracajá) integram a fauna de quelônios mais representativa da Amazônia, possuindo grande importância cultural, ambiental e econômica para a região. Tradicionalmente, essas espécies são utilizadas como fonte de alimento pelas comunidades locais, que consomem sua carne, ovos e vísceras. Contudo, preocupações relacionadas à saúde desses animais e aos possíveis riscos associados ao seu consumo despertam atenção na saúde pública. Com base nisso, este estudo teve como objetivo analisar a diversidade de enterobactérias na microbiota oral de tartarugas-da-amazônia e tracajás coletados *in natura* nos rios Araguaia e Xingu para comercialização local, avaliando também o perfil de susceptibilidade dessas bactérias a diferentes classes de antimicrobianos. Foram coletadas 14 amostras de swab oral de *P. unifilis* e *P. expansa*. As amostras foram acondicionadas em meio de transporte Cary Blair e processadas no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Ciências Biológicas da ENSP/FIOCRUZ, no Rio de Janeiro. Cada amostra foi submetida a pré-enriquecimento em água peptonada e incubada por 24 horas a 35 ± 2 °C, em estufa bacteriológica. Em seguida, as amostras foram semeadas em ágar Hektoen e XLD e incubadas sob as mesmas condições previamente descritas. Com base nas características apresentadas nos meios seletivos, as colônias foram submetidas a testes de triagem e a ensaios complementares para a identificação a nível de gênero e espécie. A suscetibilidade aos antimicrobianos foi avaliada pelo método de difusão em disco de Kirby-Bauer. Ao todo, foram identificados 71 isolados. Entre os gêneros bacterianos encontrados, destacaram-se *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Edwardsiella*, *Proteus*, *Citrobacter*, *Pantoea*, *Morganella* e *Serratia*. Observou-se maior prevalência de *K. pneumoniae*, *E. coli*, *C. freundii*, *P. mirabilis* e bacilos Gram-negativos não fermentadores, reconhecidos como patógenos oportunistas frequentemente isolados de lesões em quelônios. No que se refere à susceptibilidade antimicrobiana, os isolados apresentaram um perfil de resistência reduzido, sendo sensíveis à tetraciclina, sulfametoxazol-trimetoprim, ciprofloxacino, ceftriaxona, ceftazidima e cefepime. Contudo, as enterobactérias predominantes - *K. pneumoniae*, *E. coli* e *C. freundii* - apresentaram perfis de resistência à cefoxitina, além de perfil de susceptibilidade intermediária à gentamicina. Os achados evidenciaram que os quelônios estudados abrigam enterobactérias como parte da sua microbiota. Além disso, ressaltam a importância de compreender o perfil bacteriano presente em quelônios, especialmente considerando seu uso para consumo humano e a escassez de estudos envolvendo espécies brasileiras em ambientes naturais. Destaca-se, portanto, a importância de investigações contínuas voltadas ao monitoramento da dinâmica dessas bactérias, dos mecanismos de disseminação da resistência

antimicrobiana e de suas possíveis implicações para a saúde humana, animal e ambiental, dentro da abordagem de Uma Só Saúde (*One Health*).

Palavras-chave: Quelônios, Enterobactérias, Resistência bacteriana, *One Health*

ABSTRACT

RAYENE DA SILVA SUDRÉ

MICROBIOLOGICAL MONITORING OF ENTEROBACTERIA IN TARTARUGA-DA-AMAZÔNIA (*Podocnemis expansa*) AND TRACAJÁ (*Podocnemis unifilis*) IN AMAZON - AM: AN APPROACH FROM THE ONE HEALTH PERSPECTIVE

Orientador: Joseli M. R. Nogueira

Coorientador: Jaime A. Abrantes

Abstract da Monografia apresentada no Instituto de Microbiologia Paulo de Góes da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas: Microbiologia e Imunologia e aprovação no RCS Trabalho de Conclusão de Curso.

Podocnemis expansa (Amazon turtle) and *Podocnemis unifilis* (tracajá) are among the most representative turtle species in the Amazon, possessing great cultural, environmental, and economic importance to the region. Traditionally, these species are used as a food source by local communities, who consume their meat, eggs, and viscera. However, concerns regarding the health of these animals and the potential risks associated with their consumption are raising public health concerns. Therefore, this study aimed to analyze the diversity of Enterobacteriaceae in the oral microbiota of Amazon turtles and tracajás collected in natura from the Araguaia and Xingu rivers for local trade, also evaluating the susceptibility profile of these bacteria to different classes of antimicrobials. Fourteen oral swab samples of *P. unifilis* and *P. expansa* were collected. The samples were packaged in Cary Blair transport medium and processed at the Microbiology Laboratory of the Department of Biological Sciences at ENSP/FIOCRUZ, in Rio de Janeiro. Each sample was pre-enriched in peptone water and incubated for 24 hours at $35 \pm 2^\circ\text{C}$ in a bacteriological incubator. The samples were then plated on Hektoen and XLD agar and incubated under the same conditions previously described. Based on the characteristics presented on the selective media, the colonies were subjected to screening tests and additional assays for identification at the genus and species level. Antimicrobial susceptibility was assessed using the Kirby-Bauer disk diffusion method. A total of 71 isolates were identified. Among the bacterial genera identified, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Edwardsiella*, *Proteus*, *Citrobacter*, *Pantoea*, *Morganella*, and *Serratia* stood out. A higher prevalence of *K. pneumoniae*, *E. coli*, *C. freundii*, *P. mirabilis*, and non-fermenting Gram-negative bacilli, recognized as opportunistic pathogens frequently isolated from lesions in turtles, was observed. Regarding antimicrobial susceptibility, the isolates presented a reduced resistance profile, being sensitive to tetracycline, trimethoprim-sulfamethoxazole, ciprofloxacin, ceftriaxone, ceftazidime, and cefepime. However, the predominant Enterobacteriaceae - *K. pneumoniae*, *E. coli*, and *C. freundii* - presented resistance profiles to cefoxitin and intermediate susceptibility to gentamicin. The findings demonstrated that the studied turtles harbor Enterobacteriaceae as part of their microbiota. Furthermore, they highlight the importance of understanding the bacterial profile present in turtles, especially considering their use for human consumption and the scarcity of studies involving Brazilian species in natural environments. Therefore, the importance of continuous investigations aimed at monitoring the dynamics of these bacteria, the mechanisms of dissemination of antimicrobial resistance and their possible implications for human, animal and environmental health, within the One Health approach, is highlighted.

Key-words: Turtles, Enterobacteriaceae, Bacterial resistance, *One Health*

RESUMO PARA LEIGOS

RAYENE DA SILVA SUDRÉ

MONITORAMENTO DE ENTEROBACTÉRIAS EM TARTARUGAS AQUÁTICAS (TRACAJÁ E TARTARUGA-DA-AMAZÔNIA) NA REGIÃO AMAZÔNICA NO CONTEXTO DE UMA SÓ SAÚDE

Orientador: Joseli M. R. Nogueira

Coorientador: Jaime A. Abrantes

Resumo para leigos da Monografia apresentada no Instituto de Microbiologia Paulo de Góes da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas: Microbiologia e Imunologia e aprovação no RCS Trabalho de Conclusão de Curso.

Os tracajás e as tartarugas-da-amazônia são animais muito importantes para as comunidades que vivem perto dos rios da Amazônia. Há muitas gerações, essas pessoas consomem a carne, os ovos e as vísceras desses animais como parte da alimentação diária. Porém, é preciso ter atenção, isso porque essas tartarugas podem conter bactérias que causam doenças, como as enterobactérias. Esses microrganismos vivem normalmente no intestino, mas também podem ser encontrados na água, em plantas e em outros animais. Dependendo da espécie, algumas enterobactérias podem representar riscos à saúde das pessoas e dos animais. Com isso em mente, realizamos um estudo para investigar a presença de enterobactérias na boca de tracajás e tartarugas-da-amazônia capturados diretamente dos rios Araguaia e Xingu, antes de serem consumidos ou vendidos em feiras da região. Também analisamos se essas bactérias são resistentes aos principais antibióticos utilizados no tratamento de infecções em seres humanos e animais. Para fazer essa pesquisa, coletamos amostras da boca das tartarugas com muito cuidado, usando um tipo de cotonete que foi passado delicadamente na parte interna da boca dos animais e depois levado para o laboratório, onde conseguimos identificar as bactérias que estavam presentes. Descobrimos que as enterobactérias encontradas, apesar de estarem presentes em abundância na boca das tartarugas, podem causar doenças tanto nos próprios animais quanto nas pessoas, principalmente quando a imunidade está baixa. Algumas dessas bactérias, inclusive, já foram identificadas em feridas de tartarugas. A boa notícia é que a maioria das enterobactérias encontradas ainda pode ser combatida com os antibióticos testados, o que indica que, por enquanto, as infecções causadas por essas bactérias podem ser tratadas. Esses resultados ressaltam a importância de uma abordagem integrada da saúde, chamada "Uma Só Saúde", que reconhece a ligação entre a saúde das pessoas, dos animais e do meio ambiente. Nosso estudo reforça a necessidade de compreender os riscos do consumo desses animais e destaca a importância de continuar pesquisando e orientando as comunidades para proteger a saúde de todos e preservar o equilíbrio ambiental.

ÍNDICE

RESUMO.....	IX
ABSTRACT	XI
RESUMO PARA LEIGOS	XII
1.INTRODUÇÃO	14
1.1. Quelônios.....	14
1.2. <i>Podocnemididae</i>	16
1.2.1. <i>Podocnemis expansa</i>	16
1.2.2. <i>Podocnemis unifilis</i>	18
1.3. Importância socioambiental de quelônios na Amazônia	19
1.4. <i>Enterobacterales</i>	21
1.5. Resistência bacteriana.....	22
2.JUSTIFICATIVA	25
3.OBJETIVOS	26
3.1. Objetivo Geral	26
3.2. Objetivos Específicos	26
4.MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1. Área de estudo	27
4.2. Amostragem	27
4.3. Análises bacteriológicas	28
4.3.1.Processamento das amostras e isolamento bacteriano.....	28
4.3.2.Identificação bacteriana.....	29
4.3.3.Teste de Sensibilidade aos Antimicrobianos (TSA).....	31
5.RESULTADOS	33
6.DISSCUSSÃO	36
7.CONCLUSÕES.....	42
8.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
9.ANEXOS	52

1. INTRODUÇÃO

1.1. Quelônios

Os quelônios são répteis pertencentes à ordem Testudines, que existem há aproximadamente 240 milhões de anos, sendo considerados um dos grupos de vertebrados mais antigos ainda existentes na Terra (Anselmo, 2022). Este grupo inclui animais como tartarugas, jabutis e cágados, os quais podem ser encontrados em ambientes terrestres, aquáticos e semiaquáticos (Lustosa *et al.*, 2016).

De acordo com a Associação Conservação da Vida Silvestre (WCS-Brasil, 2021), existem atualmente cerca de 330 espécies de quelônios descritas em todo o mundo. Aproximadamente 20% dessas espécies ocorrem na América do Sul, estando distribuídas entre as famílias *Chelidae*, *Cheloniidae*, *Dermochelyidae*, *Emydidae*, *Geoemydidae*, *Kinosternidae*, *Podocnemididae* e *Testudinidae* (Van Dijk *et al.*, 2014; Ferrara *et al.*, 2017).

No Brasil, são conhecidas 37 espécies, com destaque para a Amazônia, onde são encontradas 18 espécies continentais, sendo duas terrestres, enquanto as demais são aquáticas e semiaquáticas (Garcês, 2023). Segundo Moura *et al.* (2021), o Brasil é o terceiro país com maior diversidade de espécies de quelônios, abrigando mais de 10% de todas as espécies viventes.

A Amazônia se destaca como um dos biomas com maior diversidade de quelônios no mundo, abrigando elevado grau de endemismo, tanto em nível de espécies quanto de gêneros (Anselmo, 2022). Esses répteis estão amplamente distribuídos nas bacias hidrográficas de grandes rios que são reconhecidos por sua vasta extensão e elevada biodiversidade, pois englobam importantes rios e sub-bacias, como Amazonas, Negro, Solimões, Xingu, Madeira, Tocantins, Japurá, Araguaia, Juruá e Jari (Ferrara *et al.*, 2017; Moura *et al.*, 2021).

A ocupação desses ambientes por diferentes espécies está diretamente relacionada à sua adaptação morfológica. O termo “quelônio” tem origem no grego *chelys*, que significa “couraça”, referindo-se à estrutura formada pelo plastrão ventral (Fig. 1A) e a carapaça dorsal (Fig. 1B), que protege o corpo desses animais. Essa formação rígida é composta por ossificações que unem as vértebras, a coluna e parte da cintura peitoral, conferindo aos quelônios uma morfologia única entre os répteis (Pough, Janis & Heiser, 2008; Santos, 2011; Oliveira, Garcez & Andrade, 2021).

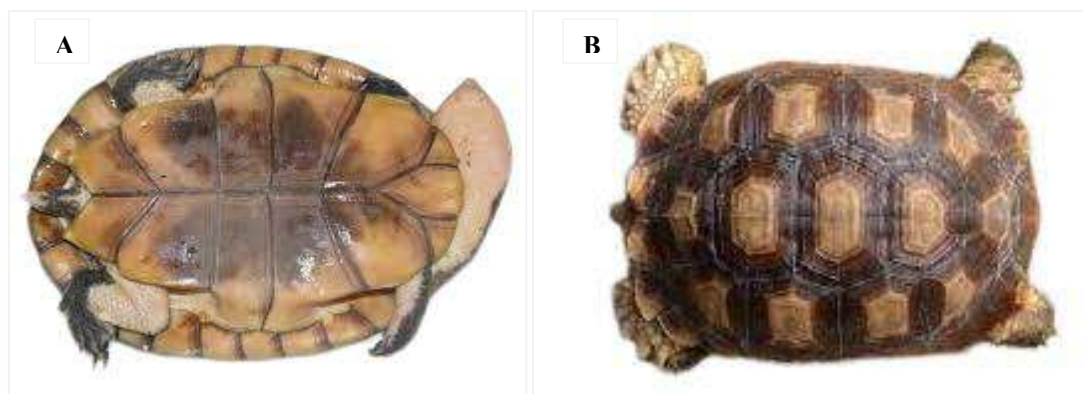


Figura 1 – Morfologia corporal dos quelônios. Legenda: A- Plastrão; B-Carapaça. Fonte: Portal Amazônia (2023)

Por serem animais ovíparos, depositam seus ovos em diferentes ambientes terrestres (Garcês, 2023). A estratégia reprodutiva desses animais envolve a produção de um grande número de filhotes a cada ciclo reprodutivo, uma vez que a taxa de mortalidade dos juvenis é naturalmente elevada (Anselmo, 2022). Em contrapartida, os indivíduos adultos apresentam baixa taxa de mortalidade, embora atinjam a maturidade sexual tardiamente.

Em paralelo à sua ampla distribuição e diversidade, os quelônios desempenham importantes funções ecológicas nos ecossistemas em que habitam, atuando especialmente na cadeia alimentar, na ciclagem de matéria orgânica e na dispersão de sementes (Ferrara *et al.*, 2017). Segundo Teixeira (2021), ao consumirem matéria orgânica, viva ou em decomposição, contribuem significativamente para a manutenção e limpeza dos corpos aquáticos.

Apesar de sua relevância ecológica, estudos apontam que as populações de quelônios amazônicos têm enfrentado crescente ameaça impulsionada por ações antrópicas, como a poluição dos cursos d'água, o avanço das atividades agropecuárias, queimadas, desmatamento de áreas de várzea e matas ciliares, além da construção de barragens e da caça ilegal que contribuem para a vulnerabilidade desse grupo (Alho, Reis & Aquino, 2015; Ataídes, Silva & Malvasio, 2021).

Além desses impactos, a pressão sobre as populações de quelônios também se intensifica devido ao seu uso tradicional como fonte alimentar pelas comunidades locais. Na região amazônica, os quelônios representam a segunda carne mais consumida, ficando atrás apenas do pescado, o que tem contribuído para a redução de suas populações em razão do consumo excessivo (Cunha, 2023). De acordo com Cox e colaboradores (2022), entre as

famílias mais afetadas pela exploração para consumo destaca-se a *Podocnemididae*, que abriga as principais espécies de quelônios presentes na Amazônia.

1.2. *Podocnemididae*

A família *Podocnemididae* inclui os gêneros *Erymnochelys* (Baur, 1888), *Peltocephalus* (Duméril & Bibron, 1835) e *Podocnemis* (Wagler, 1830). Dentro desse grupo, o gênero *Podocnemis* reúne as principais espécies de grande relevância para a fauna amazônica, com destaque para as espécies *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis* (Teixeira, 2018). Essas espécies são altamente valorizadas em razão de sua ampla distribuição geográfica, porte corporal expressivo e elevada abundância durante o período reprodutivo (Ferrara *et al.*, 2017).

1.2.1. *Podocnemis expansa*

O *P. expansa* (Schweigger, 1812), popularmente conhecida como tartaruga-da-amazônia, é considerada a maior tartaruga de água doce da América do Sul, chegando a medir cerca de 90 cm e a pesar 65 kg (Lima, 2021). São onívoras, mas preferencialmente se alimentam de folhas, frutos e caules. Por ano depositam entre 100 e 150 ovos em praias altas de areia grossa (Vogt, *et al.*, 2023).

Esta espécie representa um recurso de grande importância para as comunidades locais e é caracterizada pelo casco ósseo, carapaça dorsal, plastrão ventral recoberto por placas dérmicas, pele com couro, ausência de dentição e pela presença de bico córneo (Figura 2) (Anselmo, 2022). Possui coloração marrom, cinza ou verde-oliva, bem como, a carapaça achatada e mais larga na região posterior (Lustosa *et al.*, 2016).



Figura 2 – Tartaruga-da-amazônia (*P. expansa*). Fonte: Portal Amazônia (2021)

A ocorrência dessa espécie se estende por diversos países, incluindo Colômbia, Venezuela, Guiana, nordeste do Peru, leste do Equador, norte da Bolívia e regiões norte e centro-oeste do Brasil. No território brasileiro, sua presença é registrada desde os ecossistemas amazônicos até o domínio do cerrado (Uetz *et al.*, 2025), sendo encontrada nas bacias hidrográficas Amazônica e Tocantins/Araguaia, abrangendo todos os estados da região Norte, além de Goiás e Mato Grosso (Figura 3).

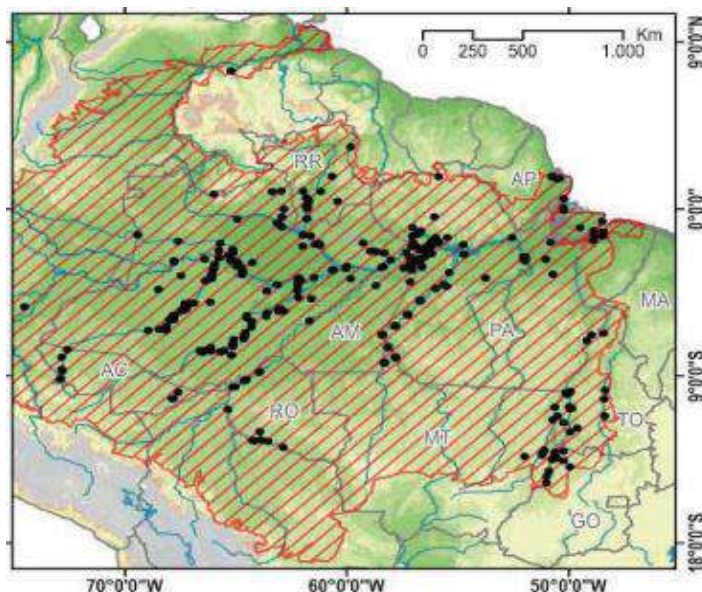


Figura 3 - Mapa de distribuição da tartarugada-da-amazônia. Fonte: Lustosa *et al.* (2016)

Segundo Ferrara e equipe (2017), a espécie *P. expansa* é considerada uma das mais ameaçadas da Amazônia, devido à coleta excessiva de ovos e adultos no ambiente natural para consumo e comercialização. Essa exploração é favorecida por diversas características da espécie, como a facilidade de adaptação às condições bióticas e abióticas, resistência à manipulação, aceitação de alimentos de origem animal e vegetal, rápido crescimento nos estágios iniciais, além da boa qualidade de seus ovos e carne, que possuem ampla aceitação no mercado local (Ossa & Vogt, 2012; Dantas Filho *et al.*, 2020).

Com base na Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN, 2022), essa espécie é classificada como de baixo risco ou dependente de conservação em âmbito global. No entanto, no contexto regional amazônico, é considerada criticamente ameaçada, conforme avaliação do Grupo de Especialistas em Tartarugas e Tartarugas de Água Doce (GETTAD) (Rhodin *et al.*, 2021).

1.2.2. *Podocnemis unifilis*

O *P. unifilis* (Troschel, 1848), popularmente conhecida como tracajá, é a segunda maior espécie do gênero, podendo atingir até 70 cm de comprimento, sendo superada apenas por *P. expansa*, a tartaruga-da-Amazônia (Andrade, 2016; Araujo, 2020). Trata-se de um quelônio de hábito onívoro, que, em ambiente natural, alimenta-se de peixes, crustáceos e vegetais (Yoshioka *et al.*, 2017). Essa espécie é considerada semiaquática e destaca-se por ocupar diferentes ambientes ao longo dos sistemas fluviais amazônicos.

O tracajá pode ser identificado por características morfológicas distintas, como a presença de duas escamas parietais frontais de grandes dimensões e um sulco interparietal localizado entre as órbitas (Ferrara *et al.*, 2017). Além disso, apresenta um padrão de coloração característico: filhotes e machos adultos possuem manchas amarelas na região cefálica (Figura 4), que tendem a desaparecer com o tempo. Nas fêmeas adultas, essas pigmentações geralmente desaparecem por completo (Oliveira, Andrade & Garcez, 2021; Anselmo, 2022).



Figura 4 – Filhote de tracajá (*P. unifilis*). Foto: Rafael Balestra/ICMBio (2021)

O tracajá apresenta ampla distribuição geográfica, ocupando lagos, rios e igarapés ao longo da Bacia Amazônica (Dantas Filho *et al.*, 2020). Sua ocorrência abrange extensas áreas das planícies tropicais do norte da América do Sul (Figura 5), incluindo as bacias venezuelanas dos rios Orinoco e Amazonas, o leste da Colômbia e do Equador, o nordeste do Peru, a Guiana Francesa, além da Bacia do Rio Amazonas no norte do Brasil e no norte da Bolívia (Vogt, 2008). De acordo com a Lista Vermelha da IUCN (2025), o tracajá é classificado como uma espécie vulnerável em termos de conservação global. No contexto regional amazônico, segundo o GETTAD (1996), a espécie é considerada ameaçada (Rhodin *et al.*, 2021).

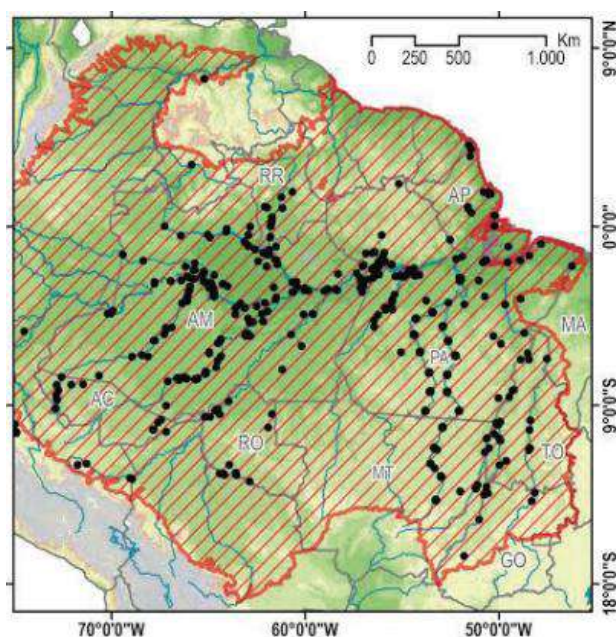


Figura 5 - Mapa de distribuição do tracajá. Fonte: Lustosa *et al.* (2016)

Do ponto de vista comercial, o tracajá apresenta as mesmas vantagens que a tartaruga-da-Amazônia (Dantas Filho *et al.*, 2020). Segundo Ferrara e autores (2017), o tracajá está entre as espécies mais consumidas na Amazônia, sendo frequentemente explorado de forma excessiva, tanto os adultos e juvenis quanto os ovos. Embora seu consumo ocorra principalmente em nível local, seu valor comercial é inferior ao da tartaruga-da-amazônia, devido à menor disponibilidade dessa espécie.

1.3. Importância socioambiental de quelônios na Amazônia

Os quelônios possuem grande importância ecológica e cultural para as populações ribeirinhas da Amazônia (Ataídes, Silva & Malvasio, 2021), uma vez que sua carne, vísceras e ovos são utilizados como alimento, enquanto a gordura é amplamente empregada na culinária. Além disso, seus cascos são aproveitados para fins decorativos em diversas comunidades de pescadores, ribeirinhos e grupos indígenas (Lustosa *et al.*, 2016; Anselmo, 2022).

Atualmente, o consumo de quelônios continua sendo um hábito cultural profundamente enraizado, por também representar uma fonte de sustento (Dantas Filho *et al.*, 2020). A comercialização ilegal desses animais nos mercados das pequenas cidades amazônicas ainda constitui um recurso econômico valioso, impulsionado pela alta demanda, o que dificulta a fiscalização (Teixeira, 2018).

A legislação brasileira estabelece normas rigorosas para a proteção da fauna silvestre, incluindo os quelônios, com o objetivo de conservar as espécies e coibir sua exploração ilegal. A Lei de Proteção à Fauna (Lei nº 5.197, de 1967) proíbe a comercialização e o uso de animais silvestres. Posteriormente, a Portaria IBAMA nº 070, de 1996, regulamentou o comércio dessas espécies, de seus produtos e subprodutos. Mais recentemente, a Instrução Normativa nº 7, de 2015, definiu as diretrizes atualizadas para a comercialização de quelônios no país (Ferrara et al., 2017; Araujo, 2020).

Entretanto, embora a legislação vigente represente um avanço importante na proteção da biodiversidade, sua efetividade ainda enfrenta desafios significativos. A fiscalização é frequentemente insuficiente nas áreas mais remotas da Amazônia, o que favorece a continuidade da captura, comercialização e consumo ilegal de quelônios (WCS-Brasil, 2021). Além disso, a ausência de alternativas sustentáveis e acessíveis para as comunidades locais, que tradicionalmente dependem desses animais como fonte alimentar e de renda, acaba por gerar conflitos entre a conservação e as práticas socioculturais regionais (Pezzuti *et al.*, 2018; Cunha, 2023).

Embora os esforços legais e conservacionistas busquem conter a exploração dos quelônios e garantir a preservação dessas espécies, outras ameaças silenciosas também comprometem sua sobrevivência. Entre elas, destacam-se as doenças infecciosas, que figuram entre as cinco principais causas de extinção de espécies terrestres (Smith, Sax & Lafferty, 2006) e representam um risco crescente à saúde das tartarugas, podendo comprometer a dinâmica populacional dessas espécies (Ebani, 2023).

Conforme dados do Boletim Epidemiológico do Ministério da Saúde (BRASIL, 2021), aproximadamente 60% das doenças infecciosas que acometem os seres humanos são zoonoses, caracterizadas por serem causadas por patógenos com múltiplos hospedeiros e frequentemente transmitidos por animais. Bem como, a crescente demanda por proteína de origem animal dos quelônios contribui para a intensificação da pressão sobre os ecossistemas naturais, agravando a perda de habitat e, consequentemente, a vulnerabilidade da fauna silvestre.

Sob a perspectiva de Uma só Saúde, desequilíbrios significativos entre o ambiente, o hospedeiro e os patógenos podem favorecer o surgimento ou a disseminação de doenças em populações animais e humanas (Jones, 2004; Smith, Acevedo-Whitehouse & Pedersen, 2009; Mashkour *et al.*, 2020). Essa visão integrada destaca a importância de monitorar a saúde dos ecossistemas, sobretudo daqueles organismos que interagem diretamente com as comunidades

humanas. Nesse sentido, Lima (2023) ressalta que, assim como outras fontes alimentares, os organismos aquáticos consumidos pelo ser humano estão suscetíveis à contaminação por bactérias patogênicas.

Estudos iniciais indicam que as bactérias são o principal grupo de agentes infecciosos associados às tartarugas, responsáveis por diversas enfermidades em indivíduos mantidos em cativeiro, criados para conservação ou encontrados em vida livre em diferentes regiões do mundo (Mashkour *et al.*, 2020). Entre esses microrganismos, as enterobactérias destacam-se por sua ampla associação a infecções e doenças transmitidas por alimentos (Sobrinho, 2020). Apesar das regulamentações existentes, o contato direto ou indireto com esses quelônios e seus derivados pode favorecer a disseminação de bactérias capazes de comprometer a saúde humana e animal (Wirth *et al.*, 2020).

1.4. Enterobacterales

A ordem Enterobacterales compreende um vasto grupo de bastonetes Gram-negativos, anaeróbios facultativos e não formadoras de esporos (Toomik *et al.*, 2023). Essas bactérias são capazes de metabolizar uma ampla variedade de carboidratos (mono-di-trissacarídeos e polímeros), proteínas, aminoácidos, lipídeos e ácidos orgânicos (Trabulsi & Althertum, 2024).

Possuem um metabolismo não oxidativo, utilizando a amônia e a glicose como únicas fontes de nitrogênio e carbono, respectivamente (Reis *et al.*, 2016). A fermentação da glicose geralmente resulta na produção de compostos orgânicos como acetato e lactato, podendo algumas espécies também sintetizar etanol e 2,3-butanodiol, com ou sem liberação de gás (Riedel *et al.*, 2022).

Essas propriedades metabólicas, são amplamente utilizadas na classificação e identificação dos membros dessa família, que é composta por aproximadamente 40 gêneros e mais de 170 espécies (Janda & Abbott, 2021; Trabulsi & Althertum, 2024). Entre os principais gêneros, destacam-se *Escherichia*, *Shigella*, *Edwardsiella*, *Salmonella*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Serratia*, *Proteus*, *Morganella*, *Providencia* e *Yersinia* (Lima, 2023).

As bactérias pertencentes a esse grupo apresentam predominância no trato gastrointestinal de mamíferos, aves e répteis, sendo comumente eliminadas no ambiente por meio das fezes (Sobrinho, 2020). Contudo, sua distribuição não se limita apenas aos organismos hospedeiros, podendo ser encontradas em diversos nichos ambientais, como solo, água, vegetais e na microbiota de outros animais (Lima, 2023).

As enterobactérias têm sido cada vez mais implicadas como patógenos de espécies piscícolas, tanto em ambientes naturais quanto em sistemas de aquicultura. De acordo com Janda & Abbott (2021), esse grupo está entre os principais agentes causadores de infecções intestinais em seres humanos. Essas bactérias são reconhecidas por sua natureza fastidiosa, e sua patogenicidade está, em grande parte, associada à produção de endotoxinas e exotoxinas (Singh *et al.*, 2015). Em ambientes aquáticos, podem se disseminar amplamente e, dependendo da espécie envolvida, atuar como patógenos primários ou oportunistas (Ebani, 2023).

Em sua maioria, essas bactérias possuem capacidade de infectar uma ampla variedade de animais, incluindo seres humanos, podendo ocasionar doenças com graus de severidade que variam desde quadros leves até manifestações graves (Octavia & Lan, 2014). A transmissão ocorre por múltiplas vias, tais como por vetores, pela via fecal-oral, por meio da ingestão de alimentos e água contaminados, bem como pelo contato direto ou indireto com animais portadores dessas bactérias.

Entre as enterobactérias patogênicas de maior relevância, destacam-se *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Yersinia* sp. frequentemente associadas a quadros de gastroenterite. Além dessas, *Klebsiella pneumoniae* e *Citrobacter freundii* estão relacionadas a infecções oportunistas em diferentes sítios anatômicos (Lima, 2023). Conforme apontado por Santos (2018), a identificação desses patógenos associados a quelônios constitui uma ferramenta essencial para subsidiar ações de conservação, sobretudo considerando que diversas espécies desse grupo figuram na Lista Vermelha da IUCN (2025), o que torna fundamental a manutenção e preservação de suas populações.

Assim, as enterobactérias podem compor a microbiota de quelônios, uma vez que são amplamente encontradas na natureza e, dependendo da espécie, nem sempre comprometem a saúde dos hospedeiros. No entanto, é importante destacar que sua presença, mesmo como parte da microbiota natural desses animais, pode representar um risco à saúde de outros animais e à saúde humana, especialmente em situações de contato direto ou consumo desses répteis.

1.5. Resistência bacteriana

O uso excessivo e inadequado de antibióticos na medicina humana, veterinária, bem como, nas práticas agrícolas e aquícolas tem intensificado a pressão seletiva sobre as populações bacterianas, favorecendo o surgimento de cepas resistentes e a disseminação da resistência aos antimicrobianos em diversos ambientes (Holmes *et al.*, 2016; Trotta *et al.*, 2021).

A resistência aos antimicrobianos (RAM) constitui um fenômeno evolutivo inevitável, observado em diversos organismos, por meio do surgimento de mutações genéticas e da transferência de elementos genéticos móveis, os quais conferem vantagens adaptativas diante da pressão seletiva imposta pelo uso de agentes antimicrobianos. No caso das bactérias, esse processo envolve a seleção de estratégias que lhes permitem sobreviver em ambientes hostis, especialmente na presença de agentes antibacterianos, o que leva, progressivamente, à redução da eficácia desses fármacos.

A RAM pode ocorrer por meio de mecanismos intrínsecos, adquiridos ou adaptativos (Lee, 2019). Os mecanismos intrínsecos referem-se à resistência natural das bactérias, conferida por genes cromossômicos próprios, sem necessidade de mutações ou aquisição de novos genes (Salam *et al.*, 2023). Barreiras de permeabilidade e bombas de efluxo de amplo espectro são exemplos comuns, capazes de conferir resistência a múltiplos antibióticos (Surette & Wright, 2017).

Contudo, a resistência adquirida é definida como um processo evolutivo no qual a resistência passa a ser apresentada por uma bactéria previamente sensível, em decorrência da aquisição de mutações genéticas cromossômicas ou da introdução de material genético exógeno por meio da transferência horizontal de genes (HGT) (Holmes *et al.*, 2016). Três principais mecanismos pelos quais a HGT é realizada são reconhecidos: transformação, transdução e conjugação. Entre esses, a resistência adquirida é mais frequentemente transmitida por plasmídeos, os quais são adquiridos via conjugação, podendo a resistência ser mantida de forma temporária ou permanente (Salam *et al.*, 2023).

Um fenótipo condicional a mudanças ambientais é caracterizado como resistência adaptativa, a qual, dependendo da intensidade e da duração da pressão seletiva, pode ser mantida de forma transitória ou permanente. Quando o crescimento bacteriano é influenciado por concentrações sub-inibitórias de antibióticos, em conjunto com sinais ambientais específicos, como fatores de crescimento, disponibilidade de nutrientes, estresse, variações de pH e concentrações de íons, pode ocorrer o desenvolvimento de resistência adaptativa em bactérias presentes em humanos e animais de criação (Rizi, Ghazvini & Noghondar, 2018).

O uso contínuo de fármacos, em especial os antimicrobianos, tem contribuído significativamente para a presença desses compostos em esgotos sanitários, aterros e zonas costeiras. Segundo Bhagwat (2019), estima-se que até 80% das águas residuárias sejam lançadas sem qualquer tipo de tratamento diretamente em corpos hídricos, como rios, lagos e

oceanos. Diante desse cenário, os determinantes da RAM podem ser usados como indicadores de poluição de corpos d'água.

Algumas espécies aquáticas, mesmo sem histórico de exposição a antimicrobianos, podem hospedar bactérias resistentes e atuar como reservatórios naturais, contribuindo para a recombinação de genes da RAM (Stewart *et al.*, 2014; Candan & Candan Deniz, 2020). Esse contexto evidencia o potencial de peixes, mamíferos aquáticos e répteis para atuarem como hospedeiros de microrganismos resistentes a antibióticos.

Nos últimos anos, as tartarugas aquáticas têm sido amplamente utilizadas como espécies sentinelas para monitorar a RAM (Ebani, 2023). Isso se deve à sua exposição prolongada a fatores antropogênicos costeiros, tornando-as potenciais reservatórios de bactérias resistentes oriundas do escoamento urbano (Ahasan *et al.*, 2017). Além disso, suas características biológicas, como a longevidade e a tendência à bioacumulação de patógenos e contaminantes, incluindo antimicrobianos, reforçam sua relevância nesse contexto (Kraemer, 2022).

As bactérias associadas aos quelônios frequentemente apresentam resistência a múltiplos antimicrobianos, representando um importante indicativo dos níveis de poluição nas áreas em que esses animais habitam (Drane *et al.*, 2021). Embora muitos desses microrganismos componham naturalmente a microbiota das tartarugas, podem se tornar perigosos não apenas por seu potencial oportunista, mas também pela capacidade de disseminar genes de resistência para outras bactérias presentes no ambiente aquático (Ahansan *et al.*, 2017; Trotta *et al.*, 2021).

Em ambientes naturais, incluindo os corpos d'água, há a possibilidade de transferência horizontal de determinantes genéticos (Gambino *et al.*, 2021), o que favorece o surgimento de novas cepas bacterianas, patogênicas ou oportunistas, com resistência a um ou mais antimicrobianos. Com base nisso, os quelônios podem atuar como bioindicadores da contaminação ambiental por bactérias resistentes, além de poderem contribuir para a disseminação de genes de resistência.

Paralelamente ao que foi exposto, o consumo e o contato direto com quelônios levantam também um importante alerta de saúde pública, uma vez que esses animais podem atuar como reservatórios de bactérias resistentes a antibióticos e de genes de resistência. Diversas rotas de exposição podem colocar os seres humanos em risco, incluindo o contato direto ou indireto com os animais, a manipulação de fezes ou ambientes contaminados, contribuindo para o aumento de infecções de difícil tratamento (Founou, Founou Leslie & Essack, 2017; Bai *et al.*, 2022).

2. JUSTIFICATIVA

O consumo de quelônios, como tartarugas e tracajás, é uma prática tradicional na Amazônia, representando uma importante fonte de proteína para as comunidades locais. Além de sua relevância cultural e econômica, esses animais possuem grande importância ambiental, contribuindo para o equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos. Contudo, os quelônios podem ser portadores de enterobactérias potencialmente patogênicas e/ou oportunistas que podem representar um risco para a saúde humana, animal e ambiental.

Além dos riscos diretos à saúde humana, as enterobactérias resistentes a múltiplos antimicrobianos configuram uma preocupação crescente, uma vez que estão associadas a infecções de difícil tratamento. Nesse contexto, o consumo desses animais pode expor as comunidades a patógenos multirresistentes, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo desses microrganismos.

Diante do exposto, este estudo tem como finalidade avaliar a presença de enterobactérias em quelônios consumidos na região amazônica, bem como, investigar a ocorrência de resistência a antimicrobianos de importância clínica e veterinária. Busca-se, portanto, ampliar o conhecimento sobre os riscos microbiológicos associados a essa prática tradicional, fornecendo dados que possam orientar estratégias de monitoramento e controle, com foco na saúde pública, dentro da perspectiva de Uma só Saúde (*One Health*).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar a diversidade de enterobactérias na microbiota oral de tartarugas-da-amazônia e tracajás coletados *in natura* nos rios Araguaia e Xingu para comercialização local.

3.2. Objetivos Específicos

- Isolar e identificar enterobactérias em amostras biológicas de *P. unifilis* e *P. expansa*;
- Caracterizar o perfil de resistência das enterobactérias isoladas nas duas espécies de quelônios;
- Analisar os achados a partir de uma abordagem integrativa de Uma só Saúde.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

O estudo foi conduzido em dois pontos de coleta localizados na região Norte do Brasil: o rio Xingu, no estado do Pará ($6^{\circ}20'41.1''$ S, $52^{\circ}24'09.3''$ W) (Figura 6A) e o rio Araguaia, no estado do Tocantins ($6^{\circ}46'32.2''$ S, $48^{\circ}58'39.2''$ W) (Figura 6B). Ambos os locais estão inseridos na área de atuação do Projeto Quelônios da Amazônia (PQA), iniciativa coordenada pelo IBAMA que visa à conservação das espécies de quelônios de água doce, por meio de atividades de pesquisa científica e manejo ambiental (IBAMA, 2022).

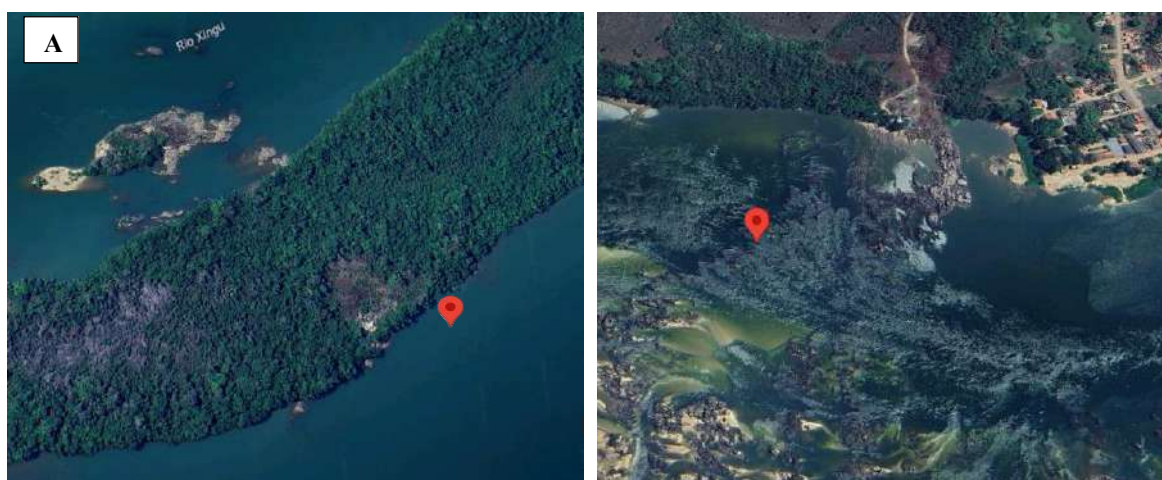


Figura 6 - Locais de coleta dos quelônios. A – Rio Xingu - Foto: Google Maps (2025). B - Rio Araguaia. Foto: Google Maps (2025).

4.2. Amostragem

Este estudo foi autorizado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) em 2024 (Anexo A) e está em conformidade com a legislação vigente que regulamenta a utilização de animais para fins de pesquisa científica e ensino, conforme os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e das normas estabelecidas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA, 2024).

A amostragem foi realizada entre os meses de outubro e dezembro de 2024. No rio Araguaia, foram capturados sete exemplares de tracajá (*P. unifilis*) e quatro de tartaruga-da-Amazônia (*P. expansa*). No rio Xingu, outros quatro exemplares de tracajá foram selecionados para a coleta de amostras da cavidade oral.

Previamente à obtenção dos espécimes clínicos, os quelônios foram submetidos à eutanásia por via intravenosa com propofol, conforme as recomendações do CONCEA (2024), uma vez que outros espécimes seriam coletados para outras pesquisas. A amostragem foi realizada por meio da fricção de swab estéril em toda a cavidade oral desses animais.

Após a coleta, os swabs foram acondicionados individualmente em tubos contendo meio de transporte Cary Blair e mantidos sob refrigeração em maleta biológica. Foram encaminhadas, juntamente com as fichas epidemiológicas correspondentes a cada amostra ao Laboratório de Microbiologia do Departamento de Ciências Biológicas na Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca - ENSP/FIOCRUZ, no Rio de Janeiro.

4.3. Análises bacteriológicas

As análises bacteriológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Ciências Biológicas da ENSP/FIOCRUZ, sendo processadas no período de janeiro a março de 2025, seguindo as recomendações do Manual de Detecção e Identificação de Bactérias de Importância Médica (ANVISA, 2020) e do Manual Técnico de Diagnóstico Laboratorial da *Salmonella* spp. (BRASIL, 2011).

4.3.1. Processamento das amostras e isolamento bacteriano

Inicialmente, as amostras de swab foram submetidas a um pré-enriquecimento em Água Peptonada (AP) e incubadas por 24 horas em estufa bacteriológica a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ sob condições aeróbicas. Após este período, o caldo AP foi semeado por esgotamento com alça bacteriológica estéril em placas de ágar Hektoen Entérico (HEA) e ágar Xilose Lisina Desoxicolato (XLD) estas foram então, incubadas sob as mesmas condições de cultivo mencionadas.

O ágar HEA e XLD são meios de cultura indicadores e de média seletividade, amplamente utilizados na identificação de enterobactérias, especialmente *Salmonella* e *Shigella* (BRASIL, 2011). Ambos permitem avaliar a capacidade de fermentação de açúcares e a produção de sulfeto de hidrogênio (H_2S), auxiliando na distinção entre diferentes gêneros de enterobactérias.

Baseado nessa premissa, as colônias bacterianas foram selecionadas com base nos parâmetros morfológicos, como tamanho, forma, margem, elevação e coloração nos meios de cultura. No ágar XLD, a fermentação de xilose, lactose e/ou sacarose resulta em colônias amarelas, enquanto as não fermentadoras mantêm a cor original do meio de cultura. A

descarboxilação da lisina gera uma coloração vermelho-púrpura ao redor das colônias, e a produção de H_2S forma um ponto negro central (LABORCLIN, 2024).

No ágar HEA, a fermentação de lactose, sacarose e/ou salicina produz colônias alaranjadas, enquanto as não fermentadoras formam colônias verde-azuladas. A produção de H_2S também se manifesta como um ponto negro (SPLABOR, 2024). As colônias isoladas foram avaliadas e, posteriormente, submetidas a testes bioquímicos complementares para identificação em nível de gênero, conforme as recomendações descritas por Oplustil *et al.* (2019).

4.3.2. Identificação bacteriana

O meio Costa & Vernin (CV) foi utilizado na triagem das colônias isoladas, permitindo uma identificação presuntiva. Esse meio é constituído por uma fase sólida e semissólida, possibilitando a avaliação de reações metabólicas, incluindo fermentação de lactose e/ou sacarose, produção de gás, hidrólise da ureia e produção de H_2S (Figura 7). A formação de H_2S ocorre na interface entre as fases sólida e semissólida (BRASIL, 2011).

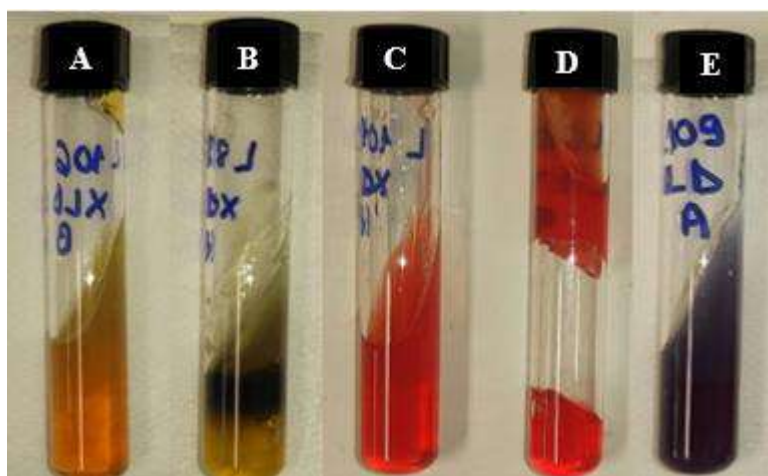


Figura 7 – Interpretação das reações observadas no meio CV. Legenda: A – Meio inalterado; B – Meio inalterado com ápice esverdeado e produção de H_2S ; C – Fermentação de lactose e/ou sacarose sem produção de gás; D - Fermentação de lactose e/ou sacarose com produção de gás; E - Produção de urease. Fonte: Própria.

A partir das interpretações em meio CV, foram realizados testes bioquímicos complementares para auxiliar na identificação de grupos bacterianos com perfis metabólicos distintos, conforme o fluxograma apresentado (Figura 8). Esses testes incluem o uso dos meios SIM, Citrato, Lisina, Ornitina, Arginina, Ureia e Fenilalanina.

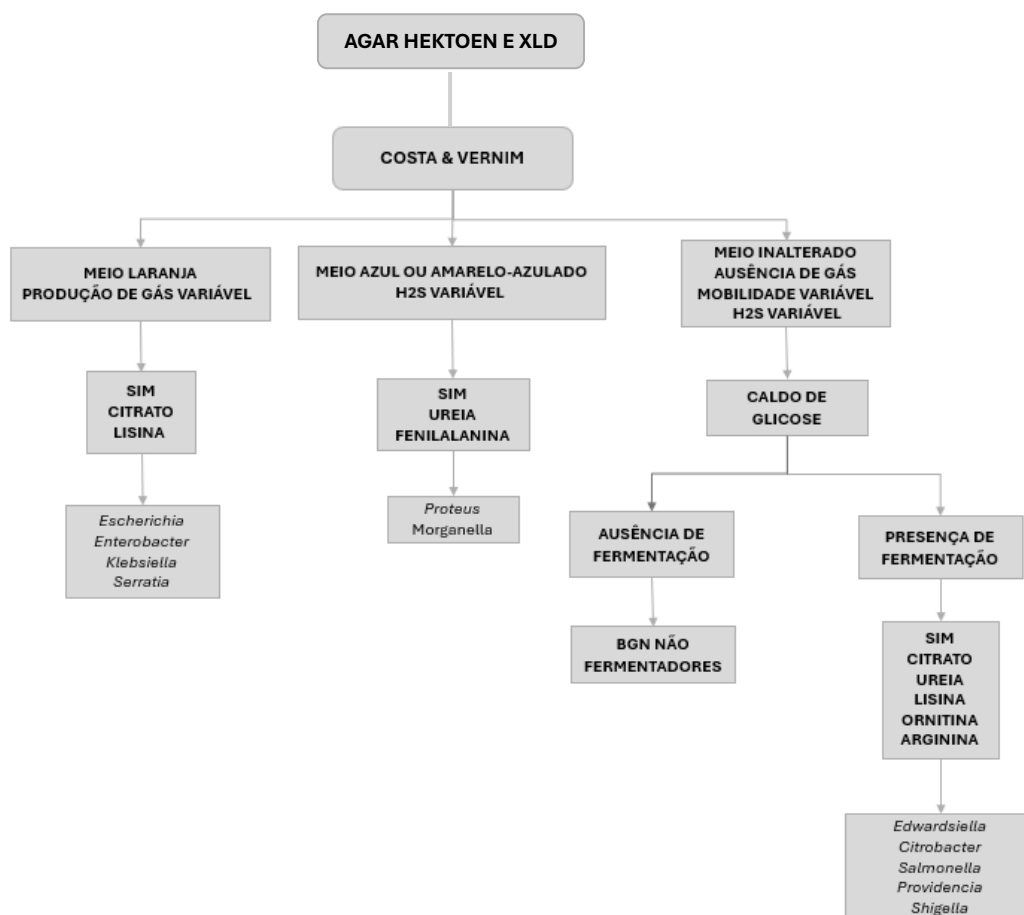


Figura 8 – Fluxograma de identificação bioquímica das enterobactérias. Fonte: Própria.

O teste SIM (Sulfeto de hidrogênio, Indol e Motilidade) permite a avaliação de três características distintas de forma simultânea: a produção de sulfeto de hidrogênio (H₂S), evidenciada pelo escurecimento do meio; a produção de indol a partir da degradação do aminoácido triptofano, indicada pela formação de um anel rosado após adição do reagente de Kovacs; e a motilidade bacteriana, observada pela difusão do crescimento ao longo da linha de inoculação (LABCLIN, 2019).

O teste de descarboxilação de aminoácidos, como lisina, ornitina e arginina, avalia a capacidade da bactéria de produzir enzimas específicas que convertem esses aminoácidos em aminas, resultando em aumento do pH do meio (ANVISA, 2020). O meio utilizado possui glicose como fonte de carbono e um indicador de pH, geralmente o púrpura de bromocresol, que permite a visualização da mudança de cor. Inicialmente, a fermentação da glicose acidifica o meio, tornando-o amarelado. Se a bactéria for capaz de descarboxilar o aminoácido presente, o pH se eleva devido à produção de aminas, revertendo a coloração para roxa.

A capacidade de determinadas bactérias de hidrolisar a ureia, resultando na produção de amônia e dióxido de carbono (CO₂), pode ser verificada em meio ágar contendo ureia. A liberação de amônia eleva o pH, promovendo a alcalinização do meio, o que provoca a mudança de sua coloração para rosa (Pacheco & Colla, 2019). Já o teste de citrato verifica a capacidade da bactéria de utilizar o citrato como única fonte de carbono. O crescimento e a mudança da coloração do meio de verde para azul indicam resultado positivo, devido a conversão da fonte de nitrogênio presente no meio de cultura em amônia, alcalinizando o meio (RENYLAB, 2018).

A atividade da enzima fenilalanina desaminase pode ser detectada por meio do teste da fenilalanina, que avalia a capacidade da bactéria de desaminar a fenilalanina, formando ácido fenilpirúvico como produto final. A presença desse composto é evidenciada pela adição de cloreto férrico, que reage com o ácido e promove o aparecimento de uma coloração esverdeada no meio (ANVISA, 2020). Gêneros como *Proteus* spp., *Morganella* spp. e *Providencia* spp. costumam apresentar resultado positivo nesse teste.

A interpretação das provas bioquímicas complementares e identificação bacteriana foi realizada a partir das orientações do Manual de Detecção e Identificação de Bactérias de Importância Médica (ANVISA, 2020). Após a identificação das enterobactérias, as mesmas foram semeadas em ágar nutriente em tubo e incubadas por 24 horas em estufa bacteriológica a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ sob condições aeróbicas para a realização do antibiograma.

4.3.3. Teste de Sensibilidade aos Antimicrobianos (TSA)

O Teste de Sensibilidade aos Antimicrobianos, também conhecido como antibiograma, foi realizado de acordo com o manual do Clinical Laboratory Standard Institute (CLSI, 2024), utilizando o método de difusão em disco de Kirby-Bauer. Neste método, cada enterobactéria isolada foi suspensa em solução salina estéril e ajustada com o auxílio de um turbidímetro de bancada para 0,5 na escala de McFarland, que corresponde a uma densidade de aproximadamente $1,5 \times 10^8$ Unidades Formadoras de Colônias (UFC).

A suspensão bacteriana foi semeada por induto contínuo sobre toda a superfície do Agar Mueller-Hinton. Após a secagem do inóculo, discos contendo antimicrobianos de relevância clínica para a medicina humana e veterinária, em diferentes concentrações (Tabela 1), foram cuidadosamente depositados de forma equidistante sobre o meio recém-semeado, com o auxílio de uma pinça metálica estéril. Em seguida, as placas foram invertidas e incubadas em estufa bacteriológica a 35°C por um período de 18 a 24 horas.

Tabela 1 – Relação dos antibióticos selecionados para o TSA

ANTIMICROBIANOS	SIGLA	CONCENTRAÇÃO
Ampicilina	AMP	10ug
Cefepime	FEP	30ug
Cefoxitina	FOX	30ug
Ceftazidima	CAZ	10ug
Ceftriaxona	CRO	30ug
Imipenem	IMP	10ug
Gentamicina	GEN	30ug
Ciprofloxacino	CIP	5ug
Sulfametoxazol-trimetoprima	SXT	25ug
Tetraciclina	TET	30ug

Fonte: Própria

A susceptibilidade das enterobactérias aos antimicrobianos testados foi avaliada por meio da medição dos halos de inibição do crescimento bacteriano, utilizando um paquímetro. As medidas, expressas em milímetros (mm), foram interpretadas com base nos pontos de corte estabelecidos pelo CLSI (2024), permitindo a classificação dos isolados como Sensíveis (S), Intermediários (I) ou Resistentes (R).

5. RESULTADOS

Foram identificados um total de 71 isolados bacterianos provenientes da microbiota oral dos 15 quelônios analisados, incluindo tartarugas e tracajás. Entre os gêneros encontrados, destacam-se *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Edwardsiella*, *Proteus*, *Citrobacter*, *Pantoea*, *Morganella* e *Serratia*. As espécies mais frequentemente isoladas foram *Klebsiella pneumoniae* (13/71), *Escherichia coli* (12/71), *Citrobacter freundii* (6/71) e *Proteus mirabilis* (9/71), além de BGN não fermentadores, como o gênero *Shewanella* (14/71) (Figura 9).

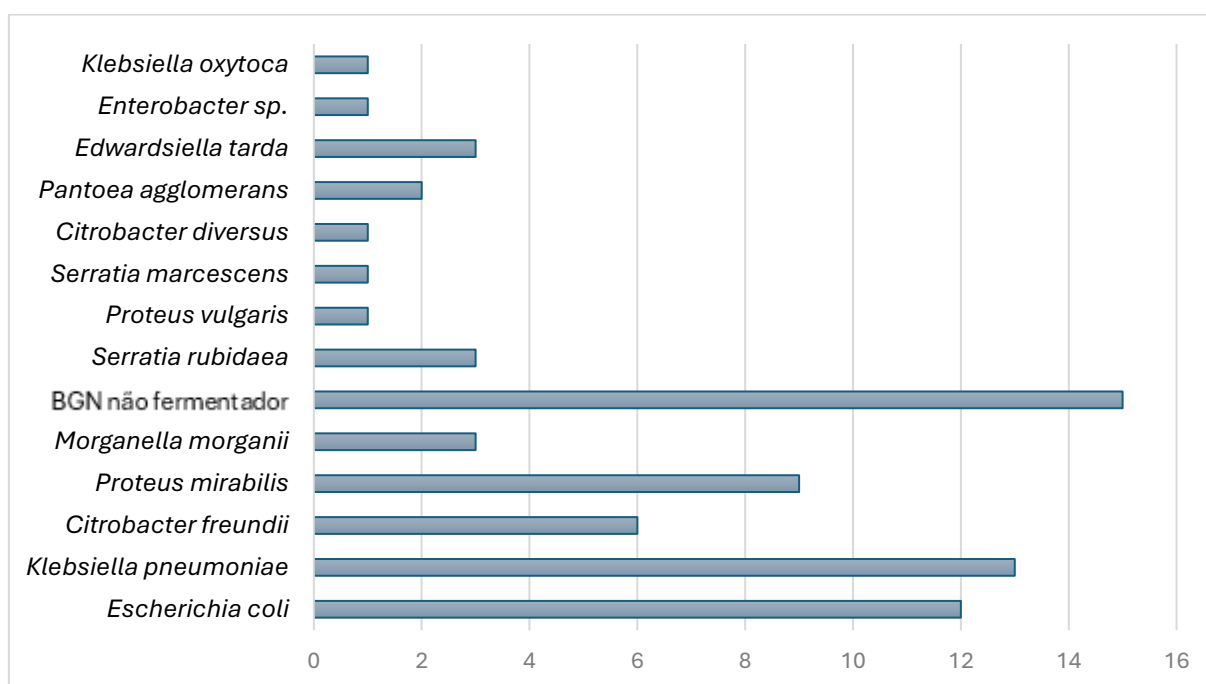


Figura 9 – Distribuição total das 71 espécies bacterianas identificadas. Fonte: Própria.

Das quatro tartarugas-da-Amazônia analisadas, 19 isolados bacterianos foram obtidos a partir de sua microbiota oral. Destacaram-se como predominantes as espécies *Escherichia coli* (26,3%; N=5), BGN não fermentadores (21,1%; N=4), *Klebsiella pneumoniae* (21,1%; N=4) e *Proteus mirabilis* (15,8%; N=3) as quais representaram a maior parte da microbiota de bactérias Gram-negativas cultiváveis nos espécimes analisados (Figura 10). Outras espécies, como *Edwardsiella tarda* (5,3%; N=1) e *Citrobacter freundii* (10,5%; N=2), foram encontradas em menor frequência.

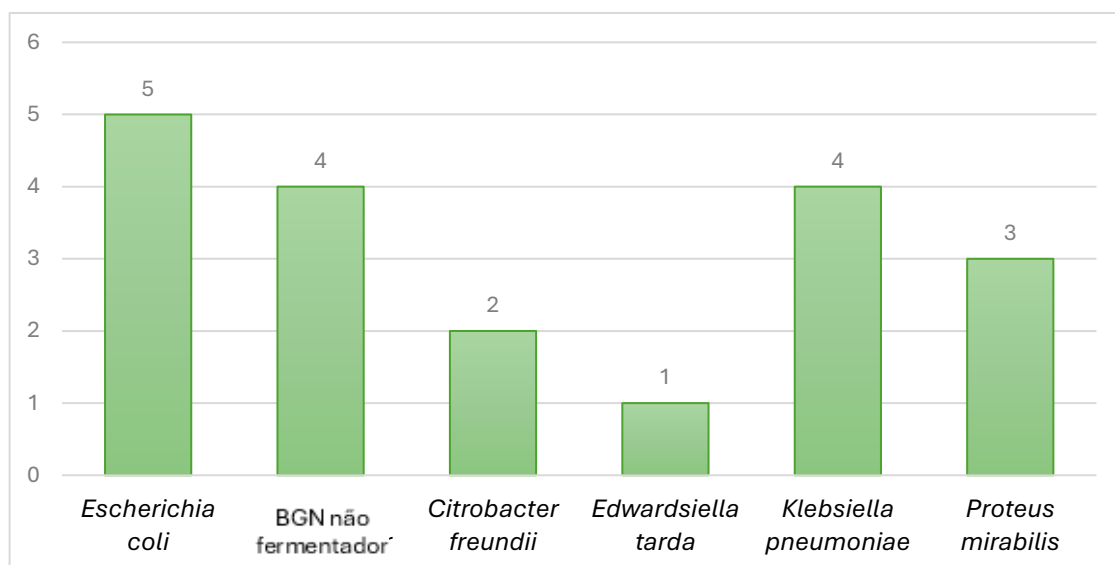


Figura 10 – Frequência das espécies bacterianas isoladas de tartarugas-da-amazônia. Fonte: Próprio

Dos 52 isolados bacterianos obtidos a partir da microbiota oral dos 11 tracajás, observou-se uma predominância de *K. pneumoniae* (17,3%; N=9), *E. coli* (13,5%; N=7), *C. freundii* (7,7%; N=4), *P. mirabilis* (11,5%; N=6) e BGN não fermentadores (19,2%; N=10) (Figura 11). Adicionalmente, foram identificadas exclusivamente nesse grupo as espécies *Klebsiella oxytoca* (1,9%; N=1), *Pantoea agglomerans* (3,8%; N=2), *C. diversus* (1,9%; N=1), *Morganella morganii* (5,8%; N=3), *Serratia rubidaea* (5,8%; N=3), *Proteus vulgaris* (1,9%; N=1), *Enterobacter sp.* (1,9%; N=1), *Shewanella putrefaciens* (1,9%; N=1), *E. tarda* (3,8%; N=2) e *Serratia marcescens* (1,9%; N=1), revelando uma maior diversidade microbiana.

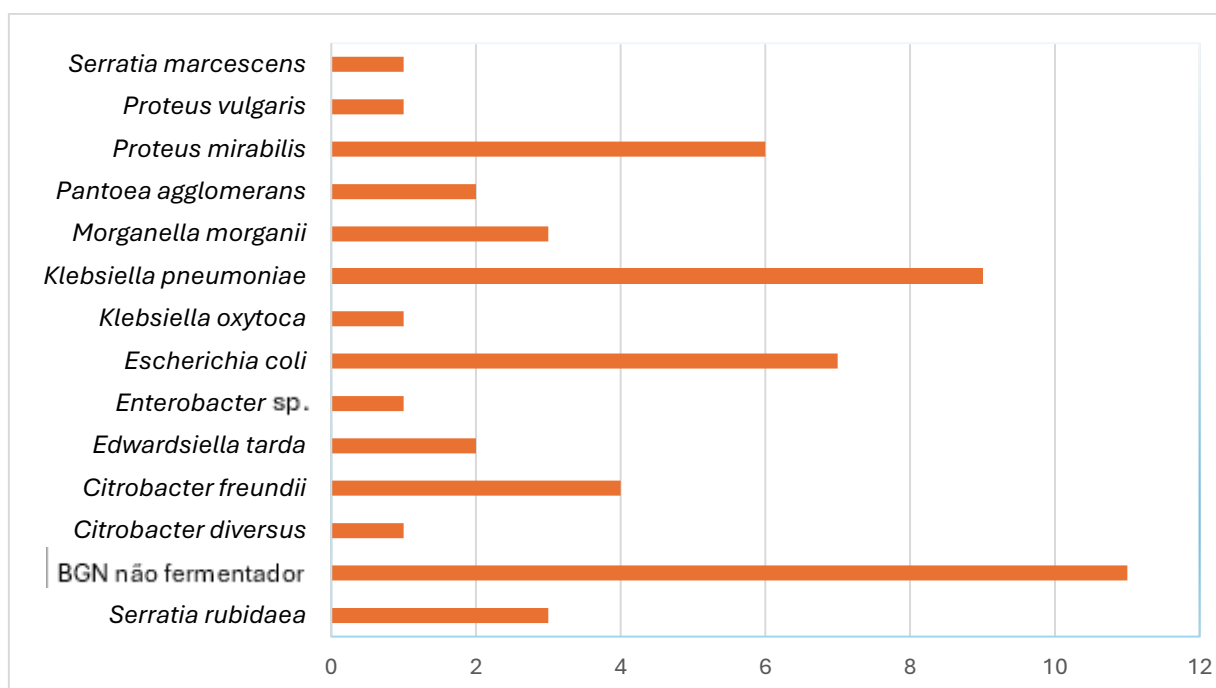


Figura 11 – Frequência das espécies bacterianas isoladas de tracajás. Fonte: Próprio

Quanto à susceptibilidade das enterobactérias isoladas aos antimicrobianos testados, com base na interpretação dos pontos de corte estabelecidos pelo CLSI (2024), verificou-se que todos os isolados foram sensíveis aos antibióticos tetraciclina (TET), sulfametoxazol-trimetoprima (SXT), ciprofloxacino (CIP), ceftriaxona (CRO), ceftazidima (CAZ) e cefepime (FEP), conforme é mostrado na tabela 2.

Por outro lado, *E. coli* e *C. freundii* apresentaram resistência à ampicilina (AMP) e à cefoxitina (FOX), bem como, um perfil intermediário frente à gentamicina (GEN). *K. pneumoniae* também demonstrou resistência a AMP e FOX, e demonstrou susceptibilidade intermediária tanto para GEN quanto para imipenem (IMP). Já *E. tarda* revelou resistência apenas à FOX. Ambas as espécies do gênero *Serratia* (*S. rubidaea* e *S. marcescens*) demonstraram resistência à ampicilina.

Tabela 2 – Perfil de susceptibilidade antimicrobiana das enterobactérias.

ISOLADOS	AMP	FEP	FOX	CAZ	CRO	IMP	GEN	CIP	SXT	TET
<i>E. coli</i>	Resistência	Sensível	Resistência	Sensível	Sensível	Sensível	Intermediário	Sensível	Sensível	Sensível
<i>Enterobacter</i> sp.	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível
<i>E. tarda</i>	Sensível	Sensível	Resistência	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível
<i>C. diversus</i>	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível
<i>C. freundii</i>	Resistência	Sensível	Resistência	Sensível	Sensível	Sensível	Intermediário	Sensível	Sensível	Sensível
<i>K. pneumoniae</i>	Resistência	Sensível	Resistência	Sensível	Sensível	Intermediário	Intermediário	Sensível	Sensível	Sensível
<i>K. oxytoca</i>	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível
<i>M. morganii</i>	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível
<i>P. agglomerans</i>	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível
<i>S. rubidaea</i>	Resistência	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível
<i>S. marcescens</i>	Resistência	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Resistência	Sensível	Sensível	Sensível
<i>P. vulgaris</i>	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível
<i>P. mtrabitts</i>	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Sensível	Intermediário	Sensível	Sensível	Sensível

Legenda:

Sensível

Resistência

Intermediário

Fonte: Autoral

6. DISCUSSÃO

As bactérias são microrganismos adaptáveis, capazes de colonizar diversos ambientes com disponibilidade de nutrientes, como a água, o solo, plantas e animais (Liu *et al.*, 2021). Embora tenham grande relevância em diferentes nichos, algumas espécies podem atuar como parasitas, muitas vezes se comportando como patógenos oportunistas (Nascimento & Araújo, 2013).

Em répteis, infecções bacterianas são relativamente comuns, sendo a maioria causada por microrganismos comensais oportunistas, que se tornam patogênicos especialmente em indivíduos desnutridos, debilitados ou imunossuprimidos (Divers, 2024). Apesar de escassas, pesquisas voltadas à microbiota de quelônios buscam compreender as interações microbianas que ocorrem nesses animais e os possíveis impactos à sua saúde.

Sobrinho (2020), ao analisar a microbiota oral de *Podocnemis expansa* em ambiente natural no Estado do Amazonas, identificou a presença de *Escherichia coli*, *Proteus* spp., *Klebsiella* spp., *Citrobacter* spp., *Morganella* spp., *Enterobacter* spp. e *Serratia* spp. A diversidade de enterobactérias observada no presente estudo é compatível com esses achados, divergindo apenas pela ausência de *Providencia* spp., *Shigella* spp., *Salmonella* spp. e *Hafnia* spp.

As enterobactérias isoladas neste estudo, pertencem a um grupo altamente relevante na medicina de répteis, por estarem frequentemente associadas a infecções cutâneas, pulmonares, orais, gastroentéricas e sistêmicas. Esses microrganismos também podem estar envolvidos na formação de abscessos, contribuindo para elevados índices de morbidade e mortalidade (Paré *et al.*, 2006; Lima, 2023).

Semelhante aos achados de Ahasan e colaboradores (2017) que ao analisar swabs cloacais coletados de 73 tartarugas marinhas capturadas entre 2015 e 2016 adjacentes à Grande Barreira de Corais, *Citrobacter* (30,5%) e *Escherichia* (12,4%) foram os gêneros dominantes. Contudo, em contraste com os nossos achados, o gênero *Edwardsiella* apresentou maior predominância, com 21,4%.

Citrobacter spp. são frequentemente isoladas de tartarugas, independentemente da presença de lesões (Ebani, 2023). Constituem a microbiota intestinal de humanos e animais, estando naturalmente presentes no solo, na água, no esgoto e nos alimentos. Embora geralmente apresentem baixa relação com infecções em pessoas saudáveis, podem atuar como patógenos

oportunistas em casos de imunossupressão, afetando principalmente os tratos respiratório e urinário.

Em estudo conduzido por Campos e equipe (2020) com bactérias isoladas de *P. unifilis*, observou-se uma alta frequência de *C. freundii*, achado que também se repete no presente estudo. Essa espécie é a principal associada à doença ulcerativa cutânea septicêmica em tartarugas. Considerada um patógeno oportunista, *C. freundii* foi isolada de lesões no casco de *Mauremys caspica* por Mohammad, AlShammari e Bannai (2020), assim como de amostras clínicas de tartarugas-de-carapaça-mole acometidas por septicemia fulminante (Hu *et al.*, 2010).

Alguns sorotipos de *C. diversus* apresentam potencial enteropatogênico, podendo causar quadros de diarreia, além de estarem associados a casos de septicemia em pacientes hospitalizados, meningite bacteriana, abscessos cerebrais e endocardite (Trabulsi & Althertum, 2024). No que diz respeito à presença dessa espécie na microbiota de animais, sua ocorrência embora de caráter oportunista, ainda é pouco documentada na literatura.

Sendo um habitante comum do trato intestinal de vertebrados de sangue quente, *E. coli* também pode ser isolada em animais de sangue-frio, como répteis, cuja frequência é altamente dependente de sua alimentação, contato com outros animais e do ambiente em que vivem (Gordon & Cowling, 2003; Ramos *et al.*, 2019). A frequência de isolamento de *E. coli* encontrada neste estudo foi maior do que a relatada em estudos anteriores (Lima, 2023)

Escherichia coli é um dos patógenos de veiculação alimentar mais comuns, capaz de disseminar diversas doenças ao longo da cadeia alimentar em diferentes ecossistemas. Essa bactéria inclui cepas patogênicas, capazes de causar uma variedade de doenças intestinais e extra-intestinais (Lima, 2023). A espécie é responsável por infecções intestinais por diferentes mecanismos, além de várias outras cepas associadas a infecções urinárias, meningites e, possivelmente, outras infecções extraintestinais (Trabulsi & Althertum, 2024).

Em pesquisa realizada por Santoro, Hernández & Caballero (2006), ao analisarem a microbiota de 70 tartarugas-verdes (*Chelonia mydas*) em Costa Rica, verificaram que os membros da ordem *Enterobacterales* são o grupo predominante de bactérias Gram-negativas em répteis da ordem Testudines, sendo *K. pneumoniae* uma das enterobactérias mais frequentemente isolada nas amostras, o que também foi observado neste estudo.

Trotta e colaboradores (2021) identificaram a presença de enterobactérias oportunistas, como *Klebsiella* spp., *Morganella* spp. e *Enterobacter* spp., em feridas de tartarugas marinhas cabeçudas (*Caretta caretta*). Como destacado por Nascimento e Araújo (2013), microrganismos como *M. morganii*, *Serratia* spp. e *C. freundii* apresentam potencial patogênico e podem representar riscos não apenas à saúde dos animais, mas também à saúde humana, caso haja contato com indivíduos imunocomprometidos.

Serratia spp. fazem parte da microbiota normal da cavidade oral de répteis e são comumente isoladas de lesões cutâneas, geralmente associadas a fontes traumáticas, como feridas por mordedura (Mader, 2019). A espécie *S. marcescens*, em particular, já foi relacionada a lesões cutâneas em tartarugas das espécies *Emydura macquarii krefftii* e *Myuchelys latisternum*, atuando como patógeno oportunista (Wirth *et al.*, 2020). Por outro lado, essa bactéria também já foi isolada de tartarugas clinicamente saudáveis (Trotta *et al.*, 2021).

Edwardsiella tarda é comumente isolada de organismos de água doce e marinhos, incluindo tartarugas, peixes, cobras e lagartos. Em humanos, que geralmente atuam como hospedeiros acidentais, as infecções gastrointestinais representam a manifestação clínica mais frequente, correspondendo a aproximadamente 83% dos casos relatados (Sobrinho *et al.*, 2017; Hasegawa *et al.*, 2022).

Embora não constituam o foco central desta pesquisa, bactérias Gram-negativas não fermentadoras foram frequentemente isoladas nas duas espécies de quelônios analisadas. Trata-se de um grupo heterogêneo de patógenos oportunistas, cuja associação com infecções relacionadas à assistência à saúde tem se tornado cada vez mais evidente (Geremia *et al.*, 2025).

Dentre essas bactérias, destaca-se *Shewanella putrefaciens*, um bacilo Gram-negativo não fermentador de glicose, anaeróbico facultativo e produtor de sulfeto de hidrogênio (H₂S). Essa espécie é comumente encontrada como parte da microbiota marinha, sendo isolada em ambientes diversos, como águas doces, salinas, fluviais e esgotos em diferentes regiões do mundo (Yu *et al.*, 2022).

Fernandes e equipe (2021) isolaram *S. putrefaciens* de tartarugas-cabeçudas (*Caretta caretta*) nidificantes na ilha do Maio, em Cabo Verde, destacando seu papel na degradação ambiental e seu potencial patogênico. Embora considerada um patógeno oportunista raro em humanos, já foi isolada de amostras clínicas e está associada principalmente a infecções intra-abdominais, de pele e tecidos moles (Benaissa *et al.*, 2021; Muller *et al.*, 2023).

Ademais, observou-se uma maior frequência bacteriana em *P. unifilis*, em função do maior número de amostras coletadas, quando comparada a *P. expansa*. A diversidade dos gêneros bacterianos pode ter sido influenciada por fatores como a espécie analisada, o ambiente de origem, o período de coleta e o tipo de amostra. Ainda assim, apesar dessas diferenças, foi possível observar uma considerável similaridade entre as enterobactérias identificadas nas duas espécies, sugerindo a existência de uma microbiota comum associada a esses quelônios.

Considerando que apenas as espécies de tracajás foram coletadas em rios distintos, a diversidade de enterobactérias observada neste quelônio pode estar relacionada ao perfil microbiológico das águas dos rios que esses animais foram coletados. Oliveira Antonio e equipe (2015) enfatizam o impacto que a microbiota aquática pode ter nas interações microbianas dos animais que compartilham o ambiente aquático. Sugerindo uma possível correlação direta entre a composição bacteriana da água e a microbiota desses organismos, abrindo espaço para que estudos sobre as águas desses rios complementem os achados deste estudo.

Infecções bacterianas causadas por patógenos oportunistas Gram-negativos são comumente relatadas em quelônios (Filek *et al.*, 2024). Muitos desses microrganismos fazem parte da microbiota desses animais, mas podem ser perigosos, não apenas devido ao seu comportamento oportunista, mas também como resultado da possível disseminação de genes de resistência (Pace *et al.*, 2019; Blasi *et al.*, 2020).

A relevância das enterobactérias tem evoluído significativamente ao longo das últimas duas décadas, com uma associação crescente a cepas resistentes a antibióticos (Pace *et al.*, 2019). Esse fenômeno tem gerado um interesse crescente na detecção dessas bactérias, não apenas devido ao impacto na saúde dos quelônios, mas também pela ameaça representada pela resistência aos antibióticos, frequentemente observada nos isolados (Drane *et al.*, 2021).

De fato, estudos sobre a suscetibilidade antimicrobiana de comunidades microbianas isoladas de tartarugas (Alduina *et al.*, 2020) sugeriram que isolados Gram-negativos são inerentemente resistentes a vários medicamentos, embora se mantenham suscetíveis a antibióticos das classes das penicilinas, cefalosporinas de última geração, aminoglicosídeos e fluoroquinolonas (Blasi *et al.*, 2020; Trotta *et al.*, 2021).

Nesse contexto, todas as enterobactérias isoladas apresentaram sensibilidade aos antibióticos CAZ e CRO, pertencentes à terceira geração de cefalosporinas, e ao FEP, de quarta geração. Também foi observada sensibilidade à CIP, SXT e TET, pertencentes respectivamente,

às classes das fluoroquinolonas, sulfonamidas e tetraciclina. Achados semelhantes foram relatados por Foti *et al.* (2009) e Filek *et al.* (2024), que observaram um perfil de elevada suscetibilidade em bactérias isoladas de tartarugas saudáveis em ambiente natural.

Por outro lado, *E. coli*, *C. freundii* e *K. pneumoniae* apresentaram resistência à ampicilina e à cefoxitina, além de perfil de susceptibilidade intermediário à gentamicina. Vale ressaltar que *K. pneumoniae*, uma das espécies mais frequentemente isolada da microbiota oral dos quelônios, também demonstrou uma resposta intermediária ao imipenem. Esse dado representa um alerta importante por ser um antibiótico frequentemente utilizado como tratamento de escolha para infecções graves por *K. pneumoniae*.

Esses achados corroboram com Pace e coautores (2019), que ao analisar a resistência de bactérias Gram-negativas na microbiota oral e cloacal de tartarugas-cabeçudas, identificaram altos índices de resistência às penicilinas, cefalosporinas e à gentamicina. Os autores também relataram resistência significativa aos fenicóis, embora essas classes de antibióticos não tenham sido avaliadas neste estudo.

Outros autores relataram que bactérias isoladas de tartarugas marinhas saudáveis em vida livre geralmente apresentam um perfil de suscetibilidade antimicrobiana (Foti *et al.* 2009; Innis *et al.*, 2017), especialmente em relação aos β -lactâmicos, padrão que também foi observado nas tartarugas de água doce analisadas no presente estudo.

Considerando que nesta pesquisa *Klebsiella* sp. tenha apresentado perfil de sensibilidade intermediário à gentamicina, em um estudo realizado por Silveira e colaboradores (2014) foi relatado resistência a esse antibiótico, além da ampicilina, em isolados provenientes de *Chelonoidis carbonaria* (jabuti). Essa diferença pode estar relacionada a fatores como o ambiente de origem dos animais, pressão seletiva exercida por antimicrobianos utilizados na região, ou mesmo à variabilidade genética entre as cepas.

Os mecanismos naturais de resistência e a notável capacidade de adquirir genes de resistência do ambiente exibida por bactérias Gram-negativas podem explicar o maior número de cepas resistentes de *Klebsiella* sp. *Citrobacter* sp. e *E. coli* observadas nessa pesquisa. De acordo com dados apresentados pelo BrCAST (2024), *C. freundii* possui resistência intrínseca à ampicilina e cefoxitina, o que foi confirmado pelos achados deste estudo. *K. pneumoniae* também demonstrou resistência à ampicilina, como esperado.

K. oxytoca, embora conhecida por sua resistência intrínseca à ampicilina, não apresentou esse perfil nas amostras analisadas. Da mesma forma, *P. vulgaris*, que possui resistência intrínseca descrita à ampicilina e à tetraciclina, também não demonstrou resistência. Por outro lado, *S. marcescens* apresentou resistência à ampicilina e tetraciclina, conforme esperado, mas manteve sensibilidade às cefalosporinas, contrariando o perfil previsto (Tavares-Carreón *et al.*, 2023).

Esses resultados apontam para variações fenotípicas possivelmente influenciadas por fatores locais, ambientais ou adaptativos, refletindo as particularidades da microbiota analisada. Tais discrepâncias indicam que a resistência antimicrobiana pode ser mais dinâmica e influenciada pelo ambiente do que se presume com base apenas nos dados de resistência intrínseca (Pace *et al.*, 2019; Fernandes *et al.*, 2021).

Diversos estudos têm investigado os fatores que contribuem para a resistência intrínseca de patógenos bacterianos. Fernandez *et al.* (2013) observaram que muitos genes associados a essa resistência estão ligados a funções metabólicas essenciais à sobrevivência bacteriana, não tendo sido originalmente selecionados para atuar contra antibióticos.

Nesse sentido, sugere-se que a suscetibilidade bacteriana aos antimicrobianos está intimamente ligada ao seu metabolismo e aos estímulos ambientais, e que alterações metabólicas podem influenciar significativamente a forma como esses microrganismos respondem aos fármacos (Martinez & Rojo, 2011).

Com base nisso, a variação da susceptibilidade aos antibióticos em função do estado metabólico da bactéria caracteriza um processo bidirecional. Por um lado, alterações fisiológicas podem induzir uma resistência transitória, dificultando a ação dos antimicrobianos. Por outro, determinadas condições metabólicas podem favorecer o aumento da susceptibilidade (Corona & Martinez, 2013).

Desse modo, assim como ocorre com outras populações bacterianas, o fenômeno da resistência antimicrobiana está em constante evolução e requer monitoramento contínuo. Nesse sentido, o papel das tartarugas de água doce como possíveis reservatórios de cepas resistentes deve ser investigado de forma mais aprofundada, com especial atenção às diferentes subpopulações (Foti *et al.*, 2009; Pace *et al.*, 2019; Fernandes *et al.*, 2021).

7. CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que tracajás (*P. unifilis*) e tartarugas-da-amazônia (*P. expansa*) atuam como hospedeiros frequentes de enterobactérias, com destaque para *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Citrobacter freundii* e *Proteus mirabilis*, bem como, bacilos Gram-negativos não fermentadores de glicose - reconhecidos como patógenos oportunistas comumente isolados de lesões em quelônios.

A maioria dos isolados demonstraram sensibilidade aos antimicrobianos testados. No entanto, as enterobactérias predominantes, *K. pneumoniae*, *E. coli* e *C. freundii*, apresentaram perfis de resistência à ampicilina e à cefoxitina, além de resistência intermediária à gentamicina. A detecção de resistência intermediária ao imipenem por *K. pneumoniae* acende um alerta preocupante, considerando que esse carbapenêmico é frequentemente utilizado como última opção terapêutica no tratamento de infecções causadas por bactérias multirresistentes.

Tais achados reforçam a importância da vigilância microbiológica contínua, considerando o papel dos quelônios como potenciais reservatórios de bactérias com relevância para a saúde humana e ambiental. Contudo, a escassez de estudos acerca da microbiota desses animais em ambientes naturais, associada às dificuldades inerentes à coleta de amostras, limita o conhecimento disponível, refletindo o número ainda restrito de pesquisas realizadas no território nacional. Portanto, a continuidade dessa linha investigativa mostra-se promissora, tanto para o avanço do conhecimento científico quanto para o embasamento de estratégias de conservação dos quelônios sob a perspectiva integrada em Uma só saúde.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahasan, M.S., Picard, J., Elliott, L., Kinobe, R., Owens, L., e Ariel, E. (2017). Evidence of antibiotic resistance in Enterobacteriales isolated from green sea turtles, *Chelonia mydas* on the Great Barrier Reef. *Marine pollution bulletin*, 120(1-2), 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.046>
- Alduina, R., Gambino, D., Presentato, A., Gentile, A., Sucato, A., Savoca, D., Filippello, S., Visconti, G., Caracappa, G., Vicari, D., & Arculeo, M. (2020). Is *Caretta caretta* a Carrier of Antibiotic Resistance in the Mediterranean Sea?. *Antibiotics* (Basel, Switzerland), 9(3), 116. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9030116>
- Alho, C.J., Reis, R.E., & Aquino, P.P. (2015). Amazonian freshwater habitats experiencing environmental and socioeconomic threats affecting subsistence fisheries. *Ambio*, 44(5), 412–425. <https://doi.org/10.1007/s13280-014-0610-z>
- Andrade, P. C. M. (2016). Técnicas de conservação e manejo de Testudines – Manual do monitor de praia- Baseado nas diretrizes do protocolo básico simplificado para o monitoramento reprodutivo e manejo conservacionista de Testudines amazônicos do RAN/ ICMBIO e PQA/IBAMA. Manaus: UNISOL/UFAM. ISBN 978-859510-009-1.
- Andrade, P.C.M., Garcez, J. R., Lima, A. C., Duarte, J. A. M., Anizio, T. L. F., Rodrigues, W. S., Oliveira, A. B. e Alves, H. R. B. (2021). Panorama da Quelonicultura no Brasil: uma estratégia para conservação das espécies e geração de renda. *Aquaculture Brasil*, 22,(1) 40-48.
- Anselmo, N. P. (2022). Hematologia e bioquímica plasmática de três espécies de quelônios da Amazônia (Podocnemididae) provenientes de queloniculturas. Mestrado em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, Universidade Federal do Amazonas – UFAM.
- ANVISA (2020). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Microbiologia Clínica para o Controle de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde. Módulo 6: Detecção e identificação de bactérias de importância médica. Coleção SUS - Brasília. 9(1). 150.
- Araujo, M.C.R. (2020). Alometria reprodutiva da tartaruga-da-amazônia *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), tracajá *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) e iacá *Podocnemis sextuberculata* (Cornalia, 1849) na praia do Jamandúá, médio rio Purus no município de Canutama, Sudoeste do Amazonas. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Humaitá-AM, 107 f.
- Ataídes, A.G., Silva, R. L. e Malvasio, A. (2021). Percepções sobre aspectos da conservação dos quelônios na região do Baixo Xingu, Sudeste da Amazônia Brasileira. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, 12(1),663-679. <http://doi.org/10.6008/CBPC2179- 6858.2021.001.0053>
- Bai, H., He, L. Y., Wu, D. L., Gao, F. Z., Zhang, M., Zou, H. Y., Yao, M. S., & Ying, G. G. (2022). Spread of airborne antibiotic resistance from animal farms to the environment: Dispersal pattern and exposure risk. *Environment international*, 158, 106927. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106927>
- Baur, G. (1888). Osteologische Notizen über Reptilien. Fortsetzung III, IV, V. *Zool. Anz.* 11: 417-424, 592-597, 736-740 – Disponível em:< <https://www.biodiversitylibrary.org/item/39502#page/7/mode/1up>>. Acesso em: mar. 2025.
- Benaissa, E., Abassor, T., Oucharqui, S., Maleb, A., & Elouennass, M. (2021). *Shewanella putrefaciens*: A cause of bacteremia not to neglect. *IDCases*, 26, e01294. <https://doi.org/10.1016/j.idcr.2021.e01294>

Bhagwat V. R. (2019). Safety of Water Used in Food Production. *Food Safety and Human Health*, 219–247. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816333-7.00009-6>

Blasi, M. F., Migliore, L., Mattei, D., Rotini, A., Thaller, M. C., & Alduina, R. (2020). Antibiotic Resistance of Gram-Negative Bacteria from Wild Captured Loggerhead Sea Turtles. *Antibiotics* (Basel, Switzerland), 9(4), 162. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9040162>

BRASIL. (2011). Ministério da Saúde. Manual técnico de diagnóstico laboratorial de *Salmonella* spp.: diagnóstico laboratorial do gênero *Salmonella*. Secretaria de Vigilância em Saúde, Instituto Adolfo Lutz. – Brasília. 1ed. Disponível em: https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_tecnico_diagnostico_laboratorial_salmonella_spp.pdf. Acesso em: jan. 2025.

BRASIL. (2021). Ministério da Saúde. Boletim Epidemiológico. Dia Mundial da Saúde Única. Secretaria de Vigilância em Saúde. 52(40), 11.

BRCAST (2024). Brazilian Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing. Fenótipos Esperados Resistentes. Disponível em: <<https://brcast.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Fenotipo-esperado-resistente-27-06-2024.pdf>>. Acesso em: mar. 2025.

Campos, A., Morales-Cauti, S., Navarro, A., & Eslava, C. (2020). Detección de *Salmonella* javiana en tortugas taricaya (*Podocnemis unifilis*) en dos parques zoológicos del Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(1), 1–8. <https://doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17554>

Candan, O., & Candan Deniz, E. (2020). Bacterial diversity of the green turtle (*Chelonia mydas*) nest environment. *The Science of the total environment*, 720, 137717. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137717>

Cantarelli, V. H., Malvasio, A., & Verdade, L. M. (2014). Brazil's *Podocnemis expansa* conservation program: Retrospective and future directions. *Chelonian Conservation and Biology*, 13, 124–128.

CLSI (2024). Instituto de Padrões Clínicos e Laboratoriais. Padrões de Desempenho para Testes de Suscetibilidade Antimicrobiana em Disco e Diluição para Bactérias Isoladas de Animais. (4), 164.

CONCEA. (2024). Diretriz Brasileira para o Cuidado e a Utilização de Animais em Atividades de Ensino ou de Pesquisa Científica. Resolução normativa nº 37 – Diretriz para prática de eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. Brasília, 2024. (1), 64. ISBN: 978-65-5471-019-0.

Corona, F., & Martinez, J. L. (2013). Resistência fenotípica a antibióticos. *Antibiotics*, 2(2), 237–255. <https://doi.org/10.3390/antibiotics2020237>

Cox, N., Young, B. E., Bowles, P., Fernandez, M., Marin, J., Rapacciuolo, G., Böhm, M., Brooks, T. M., Hedges, S. B., Hilton-Taylor, C., Hoffmann, M., Jenkins, R. K. B., Tognelli, M. F., Alexander, G. J., Allison, A., Ananjeva, N. B., Auliya, M., Avila, L. J., Chapple, D. G., Cisneros-Heredia, D. F., ... Xie, Y. (2022). A global reptile assessment highlights shared conservation needs of tetrapods. *Nature*, 605(7909), 285–290. <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04664-7>

Cunha, F.A.G. (2023). Ecologia trófica e vulnerabilidade de quelônios de água doce em diferentes sistemas fluviais da Amazônia central. Tese (Doutorado) Universidade Federal do Pará. Belém.

Dantas Filho, J. V., Pontuschka, R., Franck, K., Gasparotto, P., & Cavali, J. (2020). Cultivo de quelônios promove conservação e o desenvolvimento social e econômico da Amazônia. *Figshare*. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.12058596.v1>

Divers, S. J. (2024). Bacterial Diseases of Reptiles. MSD Veterinary manual. Disponível em: <<https://www.msdsvetmanual.com/exotic-and-laboratory-animals/reptiles/bacterial-diseases-of-reptiles>>. Acesso em: mai. 2025.

Drane, K., Huerlimann, R., Power, M., Whelan, A., Ariel, E., Sheehan, M., & Kinobe, R. (2021). Testudines as Sentinels for Monitoring the Dissemination of Antibiotic Resistance in Marine Environments: An Integrative Review. *Antibiotics* (Basel, Switzerland), 10(7), 775. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10070775>

Duméril, A. M. C. e Bibron, G. (1835). *Herpetologia Geral ou História Natural Completa dos Répteis*. Biblioteca Enciclopédica Roret, Paris, 2, 680 p. Disponível em: <<https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/45973>>. Acesso em: mar. 2025.

Ebani V. V. (2023). Bacterial Infections in Sea Turtles. *Veterinary sciences*, 10(5), 333. <https://doi.org/10.3390/vetsci10050333>

Fernandes, M., Grilo, M. L., Carneiro, C., Cunha, E., Tavares, L., Patino-Martinez, J., & Oliveira, M. (2021). Antibiotic Resistance and Virulence Profiles of Gram-Negative Bacteria Isolated from Loggerhead Sea Turtles (*Caretta caretta*) of the Island of Maio, Cape Verde. *Antibiotics* (Basel, Switzerland), 10(7), 771. <https://doi.org/10.3390/antibiotics10070771>.

Fernandez, L., Alvarez-Ortega, C., Wiegand, I., Olivares, J., Kocincova, D., Lam, J. S., Martinez, J. L., & Hancock, R. E. (2013). Characterization of the polymyxin B resistance of *Pseudomonas aeruginosa*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 57(1), 110–119. <https://doi.org/10.1128/AAC.01583-12>

Ferrara, C. R., Fagundes, C. K., Morcatty, T. Q., e Vogt, R. C (2017). *Quelônios amazônicos: guia de identificação e distribuição*. Manaus - AM: WCS.

Filek, K., Vuković, B. B., Žižek, M., Kanjer, L., Trotta, A., Di Bello, A., Corrente, M., & Bosak, S. (2024). Loggerhead Sea Turtles as Hosts of Diverse Bacterial and Fungal Communities. *Microbial ecology*, 87(1), 79. <https://doi.org/10.1007/s00248-024-02388->

Foti, M., Giacobello, C., Bottari, T., Fisichella, V., Rinaldo, D., & Mammina, C. (2009). Antibiotic Resistance of Gram Negatives isolates from loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the central Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*, 58(9), 1363–1366. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.04.020>

Founou, R. C., Founou Leslie, L., & Essack, S. Y. (2017). Clinical and economic impact of antibiotic resistance in developing countries: A systematic review and meta-analysis. *PloS one*, 12(12), e0189621. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189621>

Gambino, D., Sciortino, S., Migliore, S., Galuppo, L., Puleio, R., Dara, S., Vicari, D., Seminara, S., & Gargano, V. (2021). Preliminary Results on the Prevalence of *Salmonella* spp. in Marine Animals Stranded in Sicilian Coasts: Antibiotic Susceptibility Profile and ARGs Detection in the Isolated Strains. *Pathogens* (Basel, Switzerland), 10(8), 930. <https://doi.org/10.3390/pathogens10080930>

Garcês, L. M. (2023). *Análise morfológica de Chelus fimbriata (Testudines: Chelidae) da região Amazônica*”. [Dissertação]. Mestrado em Ciências Biológicas, Biologia de Água Doce e Pesca Interior, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-AM.

Geremia, N., Marino, A., De Vito, A., Giovagnorio, F., Stracquadanio, S., Colpani, A., Di Bella, S., Madeddu, G., Parisi, S. G., Stefani, S., & Nunnari, G. (2025). Rare or Unusual Non-Fermenting Gram-Negative Bacteria: Therapeutic Approach and Antibiotic Treatment Options. *Antibiotics* (Basel, Switzerland), 14(3), 306. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14030306>.

GETTAD. Grupo de Especialistas em Tartarugas e Tartarugas de Água Doce. (1996). *Podocnemis unifilis* (versão errata publicada em 2016). Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN de 1996: e.T17825A97397562. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1996.RLTS.T17825A7506933.en>. Acesso em: abril. 2025.

Gordon, D. M., & Cowling, A. (2003). The distribution and genetic structure of *Escherichia coli* in Australian vertebrates: host and geographic effects. *Microbiology* (Reading, England), 149(Pt 12), 3575–3586. <https://doi.org/10.1099/mic.0.26486-0>

Hasegawa, K., Kenya, M., Suzuki, K., & outros. (2022). Características e prognóstico de pacientes com bacteremia por *Edwardsiella tarda* em uma única instituição, Japão, 2005–2022. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, 21, 56. <https://doi.org/10.1186/s12941-022-00548-w>

Hoffmann, M., Hilton-Taylor, C., Angulo, A., Böhm, M., Brooks, T. M., Butchart, S. H., Carpenter, K. E., Chanson, J., Collen, B., Cox, N. A., Darwall, W. R., Dulvy, N. K., Harrison, L. R., Katariya, V., Pollock, C. M., Quader, S., Richman, N. I., Rodrigues, A. S., Tognelli, M. F., Vié, J. C., ... Stuart, S. N. (2010). The impact of conservation on the status of the world's vertebrates. *Science* (New York, N.Y.), 330(6010), 1503–1509. <https://doi.org/10.1126/science.1194442>

Holmes, A. H., Moore, L. S., Sundsfjord, A., Steinbakk, M., Regmi, S., Karkey, A., Guerin, P. J., & Piddock, L. J. (2016). Understanding the mechanisms and drivers of antimicrobial resistance. *Lancet* (London, England), 387(10014), 176–187. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)00473-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(15)00473-0)

Hu, G., Li, D., Li, T., Su, X., He, J., Wang, M., ... & Li, Y. (2010). Isolamento e identificação de bactérias de tartaruga-de-casco-mole (*Trionyx sinensis*) associadas à septicemia fulminante. *Revista de Ciências Pesqueiras da China/Zhongguo Shuichan Kexue*, 17 (4).

IBAMA (2022). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Projeto Quelônios da Amazônia. Disponível em: < <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/biodiversidade/fauna-silvestre/quelonios-pqa> >. Acesso em: mar. 2025.

IBAMA. (2019). Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Quelônios Amazônicos. Lacava, R. V., Balestra, R.A.M. (eds). Brasília: Ibama. 192p.

IUCN (2025). Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN. Versão 2025-1. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org>>. ISSN 2307-8235

Janda, J. M. e Abbott, S. L. (2021). The Changing Face of the Family Enterobacteriaceae (Order: “Enterobacterales”): New Members, Taxonomic Issues, Geographic Expansion, and New Diseases and Disease Syndromes. *Clin Microbiol Rev* 34:10.1128/cmr.00174-20. <https://doi.org/10.1128/cmr.00174-20>. 45p.

Jones A. G. (2004). Sea turtles: old viruses and new tricks. *Current biology* : CB, 14(19), R842–R843. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2004.09.038>

Kraemer, S. A., Barbosa da Costa, N., Oliva, A., Huot, Y., & Walsh, D. A. (2022). A resistome survey across hundreds of freshwater bacterial communities reveals the impacts of veterinary and human antibiotics use. *Frontiers in microbiology*, 13, 995418. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.995418>

LABCLIN (2019). Ágar SIM. Disponível em: <<https://cdn.media.interlabdist.com.br/uploads/2021/01/510173-SIM-AGAR-H2S-IND-MOT-5mL-TB13X100-CX10TB-nov-2019.pdf>>. Acesso em: mar. 2025.

LABORCLIN (2024). Agar XLD. Disponível em: <<https://www.laborclin.com.br/wp-content/uploads/2024/09/172461BK.pdf>>. Acesso em: mar. 2025.

- Lee J. H. (2019). Perspectives towards antibiotic resistance: from molecules to population. *Journal of microbiology* (Seoul, Korea), 57(3), 181–184. <https://doi.org/10.1007/s12275-019-0718-8>
- Lima, B.M. (2023). Fonte e efeitos dos microrganismos contaminantes em ovos de *Podocnemis expansa* E *P. unifilis* em ambiente natural e cativeiro. Mestrado em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros, Universidade Federal do Amazonas, 113p.
- Lima, I. (2021). Tartaruga-da-Amazônia: Saiba três curiosidades sobre este quelônio. Disponível em: <<https://portalamazonia.com/amazonia/tartaruga-da-amazonia-saiba-tres-curiosidades-sobre-esta-quelonio/>>. Acesso em: mar. 2025.
- Liu, K., Zhang, Y., Yu, Z., Xu, Q., Zheng, N., Zhao, S., Huang, G., & Wang, J. (2021). Ruminant microbiota-host interaction and its effect on nutrient metabolism. *Animal nutrition* (Zhongguo xu mu shou yi xue hui), 7(1), 49–55. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.12.001>
- Lustosa, A.P.G., Fagundes, C.K., Ferrara, C.R., Camilo, C.S., Waldez, F., Salera Junior, G., Garcez, J. R., Duarte, J.A.M., Silva, J.V.C., Pinto, J.R.S., Moreira, J.R., Lima, M.A., Andrade, P.C.M., Guimarães, P.H.O., Balestra, H.A.M., Bernard, R., Valadão, R.M., Vogt, R.C., Botero-Arias, R., Fonseca Junior, S., Luz, V.L.F., Bernardes, V.C.D. e Betaus, Y.S.L. (2016). Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos. Brasília: IBAMA, 138p.
- Mader, D. (2019). Doenças infecciosas comuns em répteis. *Anais do Congresso da Associação Mundial de Veterinários de Pequenos Animais. Marathon Veterinary Hospital, Medicina, Cirurgia e Vida Selvagem, Marathon, FL, EUA.* <https://www.vin.com/doc/?id=9382768>
- Martinez, J. L., & Rojo, F. (2011). Regulação metabólica da resistência a antibióticos. *FEMS Microbiology Reviews*, 35(3), 768–789.
- Mashkour N, Jones K, Kophamel S, Hipolito T, Ahasan S, Walker G, et al. (2020) Análise de risco de doenças em tartarugas marinhas: um estudo de base para embasar os esforços de conservação. *PLoS ONE* 15(10): e0230760. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230760>.
- Mohammad, E. T., Al-Shammari, N. A. H., & Bannai, M. A. A. (2020). Enterobacteriaceae opportunism isolated from Caspian turtle *Mauremys caspica* (Gmelin, 1774) suffering from a fracture of the external shell, East of Al-Hammar Marshes, Iraq. *Mesopotamian Journal of Marine Science*, 35(1), 35–42. <https://doi.org/10.58629/mjms.v35i1.29>
- Moura, G. J. B., Portelinha, T. C. G., Malvasio, A., Brito, E. S. e Friol, N. R. (2021). Conservação dos Testudines Continentais Brasileiros. 94p. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/352223742>>. Acesso em: fev. 2025.
- Müller, S., von Bonin, S., Schneider, R., Krüger, M., Quick, S., & Schröttner, P. (2023). *Shewanella putrefaciens*, um patógeno humano raro: uma revisão sob uma perspectiva clínica. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 12, 1033639. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2022.1033639>
- Nascimento, V. F. S., & Araújo, M. F. F. (2013). Ocorrência de bactérias patogênicas oportunistas em um reservatório do semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. *Revista de Ciências Ambientais - RCA*, 7(1), 14. <https://doi.org/10.18316/1080>
- Octavia, S., & Lan, R. (2014). The family enterobacteriaceae. *The prokaryotes*, 9, 223-86.
- Oliveira Antonio, M., Takamura, A. E., Arias Vigoya, A. A., & Araújo, F. E. (2015). Enterobacteriaceae: bactérias intestinais de organismos aquáticos, um risco à saúde pública – revisão de literatura. 25, 1–20. [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-cientifica-eletronica-de-medicina-veterina/25-\(2015\)/enterobacteriaceae-bacterias-intestinalis-de-organismos-aquaticos-um-r/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/revista-cientifica-eletronica-de-medicina-veterina/25-(2015)/enterobacteriaceae-bacterias-intestinalis-de-organismos-aquaticos-um-r/)

- Oliveira, B.A., Garcez, R. J., Andrade, M.C.P. (2021). Guia técnico Nupa Norte Aquicultura: Boas práticas na criação de Testudines da Amazônicos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – Manaus: IFAM/PROEX, (1) 24p. ISBN 978-65-00-23411-4.
- Oplustil, C. P., Zoccoli, M.C., Tobouti, N.R. e Scheffer, M.C. (2019). Procedimentos básicos em microbiologia clínica. Editora Sarvier – São Paulo -SP. (4), 756. ISBN: 8573782706
- Ossa, D. L., & Vogt, J. V. (2011). Ecologia populacional de Podocnemididae em tributários do rio Negro, Amazonas. *Interciência*, 36(1), 53–58. [https://doi.org/0378-1844/11/01/053-06\\$3.00/0](https://doi.org/0378-1844/11/01/053-06$3.00/0).
- Pace, A., Dipineto, L., Fioretti, A., & Hochscheid, S. (2019). Loggerhead sea turtles as sentinels in the western Mediterranean: antibiotic resistance and environment-related modifications of Gram-negative bacteria. *Marine pollution bulletin*, 149, 110575. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110575>
- Pace, A., Rinaldi, L., Ianniello, D., Borrelli, L., Cringoli, G., Fioretti, A., Hochscheid, S., & Dipineto, L. (2019). Gastrointestinal investigation of parasites and Enterobacteriaceae in loggerhead sea turtles from Italian coasts. *BMC veterinary research*, 15(1), 370. <https://doi.org/10.1186/s12917-019-2113-4>.
- Pacheco, V. L., & Colla, L. M. (2019). *A enzima urease e suas aplicações na agricultura e engenharia* [Trabalho acadêmico]. Educapes. <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/564707/1/ENZIMA%20-%20Uma%20senhora%20biomol%C3%A9cula.pdf>
- Paré; J. A.; Sigler, L.; Rosenthal, K. L.; Mader, D. R. (2006). Microbiology: Fungal and Bacterial Diseases of Reptiles In: MADER, D. R. (Ed.) Reptile medicine and surgery. Philadelphia: Saunders Elsevier. 217-238. 10.1016/B0-72-169327-X/50020-1
- Pezzuti, J., Castro, F., Mcgrath, D., Miorando, P., Barboza, R. e Romagnoli, F. C. (2018). Commoning in dynamic environments: community-based management of turtle nesting sites on the lower Amazon floodplain. *Ecology and Society*, 23(3) 36p. <https://doi.org/10.5751/ES10254-230336>
- Pough, F. Harvey, Heiser, John B. e Mcfarland, William N. (2008). A vida dos vertebrados. Atheneu Editora. 4 ed. São Paulo – SP. ISBN: 978-85-7454-095-5
- Ramos C.P., Santanta J.A., Coura F.M., Xavier R.G.C., Leal C.A.G., Oliveira Junior C.A., Heinemann M.B., Lage A.P., Lobato F.C.F. & Silva R.O.S. (2019). Identification and characterization of *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., *Clostridium perfringens* and *C. difficile* Isolates from Reptiles in Brazil. *BioMed. Res. Int.* 2019:9530732. <https://dx.doi.org/10.1155/2019/9530732>.
- Reis, Marlon M., Reis, Mariza G., John, M., Ross, C. e Brightwell, G. (2016). Characterization of volatile metabolites associated with confinement odour during the shelf-life of vacuum packed lamb meat under different storage conditions', *Meat Science*, 113, 80–91: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.017>.
- RENYLAB (2018). Ágar citrato simmons. Disponível em:< <https://en.renylab.ind.br/wp-content/uploads/2018/05/%C3%81GAR-CITRATO.pdf>>. Acesso em: mar. 2025.
- Rhodin, A.G.J., Iverson, J.B., Bour, R., Fritz, U., Georges, A., Shaffer, H.B. e van Dijk, P.P. (2021). Biologia da Conservação de Tartarugas e Cágados de Água Doce: Um Projeto de Compilação do Grupo de Especialistas em Tartarugas e Cágados de Água Doce da IUCN/SSC. Monografias de Pesquisa de Quelônios 8(1), 472. doi:10.3854/crm.8.checklist.atlas.

Riedel, S., Stephen A. M., Timothy A. M., & Steve, M. (2022) Microbiologia médica de Jawetz, Melnick & Adelberg. Editora AMGH. 28ed. Porto Alegre, RS. ISBN: 9786558040163.

Rizi, K. S., Ghazvini, K., & Noghondar, M. K. (2018). Adaptive resistance to antibiotics: Overview and perspectives. *Journal of Infectious Diseases and Therapy*, 6, 363. <https://doi.org/10.4172/2332-0877.1000363>

Salam MA, Al-Amin MY, Salam MT, Pawar JS, Akhter N, Rabaan AA, Alqumber MAA. Antimicrobial Resistance: A Growing Serious Threat for Global Public Health. *Healthcare (Basel)*. 2023 Jul 5;11(13):1946. doi: 10.3390/healthcare11131946. PMID: 37444780; PMCID: PMC10340576.

Santoro, M., Hernández, G., & Caballero, M. (2006). Aerobic bacterial flora of nesting green turtles (*Chelonia mydas*) from Tortuguero National Park, Costa Rica. *Journal of zoo and wildlife medicine : official publication of the American Association of Zoo Veterinarians*, 37(4), 549–552. <https://doi.org/10.1638/05-118.1>

Santos, C. C. (2018). Identificação e sensibilidade a antimicrobianos de bactérias isoladas da superfície cutânea de tartarugas marinhas do litoral do RS. Trabalho de conclusão de graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Biociências. Curso de Ciências Biológicas. Porto Alegre – RS. 36p.

Santos, M. Q. C. (2011). Propriedades do sangue e efeito do mergulho forçado sobre o perfil hematológico de *Podocnemis erythrocephala* (Spix, 1824) (Testudines, Podocnemididae) do Médio Rio Negro, Amazonas. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Biológica) - Universidade Federal do Amazonas - Manaus, AM.

Schweigger, A. F. (1812). *Prodromus Monographia Cheloniorum auctore Schweigger*. Königsberg. Arco. Naturwiss. Matem. (1), 406-458.

Silveira, M. M., Morgado, T. O., Lopes, É. R., Kempe, G. V., Correa, S. H. R., Godoy, I., Nakazato, L., & Dutra, V (2014). Pneumonia bacteriana em jabuti-piranga (*Chelonoidis carbonaria*): aspectos clínicos, microbiológicos, radiológicos e terapêutica. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 34(9), 891–895. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2014000900014>

Silveira, M. M.; Morgado, T. O.; Lopes, E. R.; Kempe, G. V.; Correa, S. H. R.; Godoy, I.; Nakazato, L.; Dutra, V. (2014). Pneumonia bacteriana em jabuti-piranga (*Chelonoidis carbonaria*): aspectos clínicos, microbiológicos, radiológicos e terapêutica. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, Rio de Janeiro, v.34, n.9, p.891-895. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2014000900014>

Singh, J., Sharma, S. e Nara, S. (2015). Evaluation of Gold Nanoparticle Based Lateral Flow Assays for Diagnosis of Enterobacteriaceae Members in Food and Water”. *Food Chemistry* 170: 470–83. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.092>.

Smith, K. F., Sax, D. F., & Lafferty, K. D. (2006). Evidence for the role of infectious disease in species extinction and endangerment. *Conservation biology : the journal of the Society for Conservation Biology*, 20(5), 1349–1357. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00524.x>.

Smith, K.F, Acevedo-Whitehouse K., Pedersen, A.B. (2009). The role of infectious diseases in biological conservation. *Animal conservation*. 12(1):1–12.

Sobrinho, E. R. M. (2020). Estudo do perfil de resistência e/ou sensibilidade de enterobactérias isoladas de *podocnemis expansa* e da possível relação de gastroenterite com o consumo da espécie pelo homem. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 106f.

SPLABOR. (2024). *Ágar Hektoen: Importante meio de cultura – Guia do Comprador*. SPLabor. <https://www.splabor.com.br/blog/guia-do-comprador/agar-hektoen-importante-meio-de-cultura-guia-do-comprador/>

Stewart, J. R., Townsend, F. I., Lane, S. M., Dyar, E., Hohn, A. A., Rowles, T. K., Staggs, L. A., Wells, R. S., Balmer, B. C., & Schwacke, L. H. (2014). Survey of antibiotic-resistant bacteria isolated from bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the southeastern USA. *Diseases of aquatic organisms*, 108(2), 91–102. <https://doi.org/10.3354/dao02705>

Surette, M.D., e Wright, G.D. (2017). Lições do antibiótico ambiental Resistoma. *Annu. Rev. Microbiol.* 71, 309–329. doi: 10.1146/annurev-micro-090816-093420

Tavares-Carreón, F., De Anda-Mora, K., Rojas-Barrera, I. C., & Andrade, A. (2023). *Serratia marcescens* antibiotic resistance mechanisms of an opportunistic pathogen: a literature review. *PeerJ*, 11, e14399. <https://doi.org/10.7717/peerj.14399>

Teixeira Z.M. (2018). *Etnozoologia, educação ambiental e manejo comunitário de quelônios (Reptilia) na reserva extrativista Riozinho da Liberdade-Acre [Dissertação]*. Rio Branco (Acre): Universidade Federal do Acre.

Teixeira, Z.M. (2021). *Consciência sustentável e manejo comunitário de Quelônios na Reserva Extrativista Riozinho da Liberdade, AC*. João Pessoa, PB: Editora Oiticica.

Toomik, E., Rood, L., Bowman, J. P., & Kocharunchitt, C. (2023). Microbial spoilage mechanisms of vacuum-packed lamb meat: A review. *International Journal of Food Microbiology*, 387, 110056. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.110056>.

Trabulsi, L.R. e Althertum, F. (2024). *Microbiologia*. Atheneu, São Paulo, 7ed.

Troschel, F. H. (1848). Anfíbio. In: Sr. Schomburgk. *Reisen na Guiana Britânica em den Jahren 1840-44. Im Auftrage Sr. Majestät des Königs von Preussen ausgeführt. Theil 3. Versuch einer Zusammenstellung der Fauna und Flora von British-Guiana*. Leipzig, p. 645-661.

Trotta, A., Cirilli, M., Marinaro, M., Bosak, S., Diakoudi, G., Ciccarelli, S., Paci, S., Buonavoglia, D., & Corrente, M. (2021). Detection of multi-drug resistance and AmpC β -lactamase/extended-spectrum β -lactamase genes in bacterial isolates of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) from the Mediterranean Sea. *Marine pollution bulletin*, 164, 112015. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112015>

Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R., Reyes, F., Kuder, J. & Hosek, J. (eds.) (2025). *The reptile database*. Disponível em: <[Http://www.reptile-database.org](http://www.reptile-database.org)>. Acesso em: mar. 2025.

Van Dijk, P.P., Iverson, J.B., Rhodin, A.G.J., Shaffer, H.B. e Bour, R. 2014. *Tartarugas do mundo, 7ª edição: lista de verificação anotada de taxonomia, sinonímia, distribuição com mapas e estado de conservação*. Em: *Biologia da Conservação de Tartarugas e Cágados de Água Doce: Um Projeto de Compilação do Grupo de Especialistas em Tartarugas e Cágados de Água Doce da IUCN/SSC*. Monografias de Pesquisa de Quelônios: 5: 329–479.

Vogt, R. C. (2008). *Tartarugas da Amazônia*. Lima, Peru, 104p.

Vogt, R., Bataus, Y.S.L., Rodrigues, J., Uhlig, V.M., Balestra, R.A.M., Barreto, L.N., Bressan, R.F., Brito, E.S., Carvalho, V.T., Falcon, G.B., Ferrara, C.R., Marques, T.S., Matias, F.; Souza, F.L., Tinoco, M.S. e Valadão, R.M. (2023). *Podocnemis expansa*. Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - SALVE. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio. Disponível em: <https://salve.icmbio.gov.br> Digital Object Identifier. <https://doi.org/10.37002/salve.ficha.20838> - Acesso em: mar. 2025.

Wagler J. G. (1830). Natürliches System der Amphibien: mit vorangehender Classification der Säugethiere undvögel. Ein Beitrag zur vergleichenden Zoologie. J.G. Cotta'schen Buchhandlung, München. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.58730>

Wagler J. G. (1830). Sistema natural dos anfíbios: com classificação precedente de mamíferos e aves. Uma contribuição à zoologia comparada. J.G. Livraria Cotta, Munique. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.58730> Google

WCS-Brasil. (2021). Quelônios Amazônicos. Wildlife Conservation Society - Brasil (blog). Disponível em:<<https://brasil.wcs.org/pt-br/Fauna-silvestre/Quelonios-Amazonicos.aspx>>. Acesso em: jan. 2025.

Wirth, W., Elliott, E., Rudd, D., Hayes, L., MacLaine, A., Mashkour, N., Ahasan, S., Gorm Dahl, J., Drane, K., & Ariel, E. (2020). Cutaneous Lesions in Freshwater Turtles (*Emydura macquarii krefftii* and *Myuchelys latisternum*) in a Rainforest Creek in North Queensland, Australia. *Frontiers in veterinary science*, 7, 33. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00033>

Yoshioka E. T. O.; Costa, R. A.; Brasiliense, A. R. P.; Castelo, A. S. e Damasceno. L. F. 2017. Avaliação fisiológica de filhotes de tracajás *Podocnemis unifilis* alimentados 75 com diferentes níveis de proteína nas rações. *Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amapá*; 33 p. ISSN 1517- 4867, 98

Yu K., Huang Z., Xiao Y., Wang D. (2022). Infecção por *Shewanella* em humanos: epidemiologia, características clínicas e patogenicidade. *Virulência*. 13 (1), 1515–1532. doi: 10.1080/21505594.2022.2117831

9. ANEXOS

ANEXO A



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS/CEUA

Instituto de Estudos do Trópico Unido - Campus de Xinguara-PA, Rua Alberto Santos Dumont, s/n, Bairro: Jardim Universitário, CEP: 68557-335, Telefone: 94 21015934 – Email: ceua@unifesspa.edu.br – site: ceua.unifesspa.edu.br

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "ANATOMOPATOLOGIA DE QUELÔNIOS DO SUDESTE DO PARÁ ", registrada com o nº 23479.007398/2024-70, sob a responsabilidade de Hassan Jerdy Leandro – que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) –, encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – Concea, e foi aprovada em reunião realizada no dia 09/08/2024.

Finalidade	<input type="checkbox"/> Ensino <input checked="" type="checkbox"/> Pesquisa Científica
Vigência da autorização	10/08/2024 a 10/04/2028
Ordem/Espécie	Quelônios
Nº de animais	320 (trezentos e vinte)
Peso/Idade	5-20 kg/Indeterminada
Sexo	Macho e Fêmea
Origem	Áreas rurais e urbanas dos municípios de Xinguara, São Félix do Xingu, Marabá, Piçarra, Tucumã e São Geraldo do Araguaia.

Xinguara, 09 de agosto 2024.


Adenir Calaziano Neto

SLAPE: 3080372

Coordenador da CEUA/UNIFESSPA