



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE**

JONATAS CARVALHO DE SOUZA

**EXPOSIÇÃO AO GLIFOSATO EM *Podocnemis unifilis*
(TESTUDINES:PODOCNEMIDIDAE): IMPLICAÇÕES PARA O CRESCIMENTO,
HISTOLOGIA HEPÁTICA, E A CAPACIDADE DE INTERAÇÃO COM *Mauritia
flexuosa***

**Palmas, TO
2026**

JONATAS CARVALHO DE SOUZA

**EXPOSIÇÃO AO GLIFOSATO EM *Podocnemis unifilis*
(TESTUDINES:PODOCNEMIDIDAE): IMPLICAÇÕES PARA O CRESCIMENTO,
HISTOLOGIA HEPÁTICA, E A CAPACIDADE DE INTERAÇÃO COM *Mauritia
flexuosa***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências do Ambiente da Universidade Federal do
Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de
Mestre em Ciências do Ambiente.

Orientadora: Dr^a Kellen Lagares Ferreira Silva
Coorientadoras: Dr^a. Ana Beatriz Nunes Ribeiro
Dr^a Jamile da Costa Araújo

**Palmas, TO
2026**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

D467e de Souza, Jonatas Carvalho.
EXPOSIÇÃO AO GLIFOSATO EM *Podocnemis unifilis*
(TESTUDINES: PODOCNEMIDIDAE): IMPLICAÇÕES PARA O
CRESCIMENTO, HISTOLOGIA HEPÁTICA, E A CAPACIDADE DE
INTERAÇÃO COM *Maunitia flexuosa*. / Jonatas Carvalho de Souza. – Palmas,
TO, 2026.
92 f.
Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins
– Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em
Ciências do Ambiente, 2026.
Orientadora : Kellen Lagares Ferreira Silva
Coorientadora : Ana Beatriz Nunes Ribeiro Jamile Costa Araújo
1. Testudines. 2. Tracajá. 3. Glifosato. 4. Crescimento. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer
forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte.
A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184
do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da
UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

JONATAS CARVALHO DE SOUZA

**EXPOSIÇÃO AO GLIFOSATO EM *Podocnemis unifilis*
(TESTUDINES:PODOCNEMIDIDAE): IMPLICAÇÕES PARA O CRESCIMENTO,
HISTOLOGIA HEPÁTICA, E A CAPACIDADE DE INTERAÇÃO COM *Mauritia
flexuosa***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente. Foi avaliado para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Ambiente e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Data de aprovação: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dra. Kellen Lagares Ferreira Silva - UFT

Profa. Dra. Sarah Afonso Rodovalho - UFT

Dra. Eliane Tie Oba Yoshioka – EMBRAPA-AP/UNIFAP

À **Bia**, coorientadora e amiga. Em meio à dor, escolheu permanecer, ensinar e cuidar. Sua força silenciosa transformou este trabalho em mais do que ciência.

Às pessoas que lutam e lutaram contra o câncer de mama.

AGRADECIMENTOS

À minha família: Maria das Virgens (Vó), Ana Lúcia, Ana Luiza e Ronaldo (Irmãos), Bebeta e Gercivane (Tias), Gercilene (Mãe), Giovanne (Padrasto), Everton (Cunhado), deixo aqui mais do que um agradecimento: deixo reconhecimento, amor e gratidão. Vocês foram meu ponto de partida quando tudo ainda era incerteza. Acreditaram em mim quando o caminho parecia grande demais, quando sair do interior significava abandonar o conhecido e enfrentar o medo. Cada passo que dei até aqui carrega o esforço de vocês, o apoio silencioso e a força que nunca deixaram faltar. Tudo o que sou hoje começa em vocês.

À equipe da EMBRAPA Fazendinha, meu agradecimento pelo suporte em um dos períodos mais intensos deste trabalho. Em especial ao seu Zé, pelas caronas que iam além do deslocamento e se tornaram gestos de cuidado. Ao Bacaba, Flávio, Bil e Edson, agradeço a ajuda durante esse período.

À equipe do Laboratório de Produção de Organismos Aquáticos, especialmente Zenária e Isabelli, obrigado por serem refúgio em meio ao caos. Entre risadas, brincadeiras e memes que surgiam nos momentos mais improváveis, vocês transformaram dias pesados em dias suportáveis. Tenho vocês como amigas, e afirmar que meu mestrado não teria sido o mesmo sem vocês é dizer pouco.

À minha coorientadora Jamille, que se tornou amiga e apoio constante. Obrigado pelo suporte, pelas reuniões que muitas vezes eram mais sobre cuidar da gente do que do experimento: duas horas de terapia e trinta minutos de ciência. Obrigado pelos ensinamentos sobre os quelônios e, principalmente, pela escuta, pela paciência e pelo carinho. Não poderia ter tido alguém melhor caminhando ao meu lado.

Ao Jefferson Duarte, obrigado por ter chegado na reta final deste mestrado e por tornar esse período da minha vida mais leve. Obrigado por me ensinar estatística, pelas correções, pelas conversas intermináveis e por dividir comigo seus conhecimentos na reta final desse trabalho. Foi muito bom ter você comigo.

À Bia (e sim, te chamo de Bia) porque você nunca foi apenas orientadora. Você foi abrigo quando tudo parecia desmoronar, foi força quando eu já não tinha mais, foi casa em um período de tantas incertezas. Essa etapa não foi fácil, mas você me ensinou a lutar todos os dias, mesmo travando sua própria batalha contra um câncer de mama. Dedico este trabalho a você. Muito do que está aqui existe porque você acreditou, idealizou e sustentou este projeto mesmo nos momentos mais difíceis. Aprendi com você muito mais do que ciência: aprendi coragem,

generosidade e humanidade. Você sempre será meu número 01. E não posso deixar de agradecer à Chica, valeu, gorda, por dormir comigo todos os dias, o tio te ama.

Ao Danilo, porque não existe história minha sem você. Desde a graduação, sempre lado a lado, você é o irmão que a universidade me deu. Quero te levar comigo por toda a vida. Amo você, gay. Yasmin e Celine por acompanhar toda a minha trajetória acadêmica e idealizar junto comigo esse título.

À minha orientadora professora Kellen Lagares, meu muito obrigado pela confiança, pelos abraços e por ter me dado autonomia em toda a minha trajetória acadêmica. Trabalhar com o que amo só foi possível porque você acreditou em mim antes mesmo de eu acreditar. Você é, e sempre será, minha inspiração profissional.

À equipe do Laboratório de Histologia, Rita, Vic e Fernanda, obrigado pelos ensinamentos, pela parceria diária e pela companhia que transformou o ambiente de trabalho em um espaço de afeto. Amo vocês.

À Shayene, obrigado por ser minha pessoa. Por estar presente em todos os momentos da minha vida desde que nos conhecemos, por segurar minha mão nos dias bons e nos dias difíceis. Te amo!

Aos meus amigos: Bruna Macedo (companheira da infância ao mestrado), Gabrielly Cristiny, Mikaella, Paulo Macedo, Ana Luiza Rodrigues e Mariana Emilene, obrigado pela presença constante, pelas conversas, pelo apoio e pela amizade que sustentou esse caminho durante o período das disciplinas.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para que este trabalho fosse possível. Cada palavra de incentivo, cada gesto de apoio, cada presença silenciosa teve um papel fundamental nessa caminhada. Agradeço, especialmente, a todos os meus professores ao longo de toda a minha vida, desde os primeiros anos de escola até a pós-graduação. Vocês foram responsáveis por despertar curiosidade, construir sonhos e me ensinar que o conhecimento transforma vidas. Tudo o que sou academicamente carrega um pouco de cada um de vocês. Meu mais sincero respeito e gratidão.

“A terra fornece o suficiente para satisfazer as
necessidades de todos os homens, mas não a
ganância de todos os homens.”
(Mahatma Gandhi)

RESUMO

Nas últimas décadas, biomas como o Cerrado e a Amazônia vêm sendo explorados para fins agrícolas, essas alterações antrópicas relacionadas ao avanço da fronteira agrícola ocasionam o aumento do uso de agrotóxicos. Esse uso desordenado causa contaminação dos ecossistemas aquáticos por meio da “deriva”, ampliando a exposição contínua de organismos não-alvo a contaminantes. Os efeitos da exposição ao glifosato, já são descritos em diferentes organismos, mas ainda são escassos os estudos que abordam as alterações no crescimento e as respostas hepáticas em Testudines de água doce, e consequentemente, meios para mitigar essas alterações. Assim, esse trabalho objetivou avaliar as alterações na taxa de crescimento e alterações histológicas do fígado de juvenis de *Podocnemis unifilis*, e ver a capacidade de interação com *Mauritia flexuosa* como agente mitigador. Os espécimes foram expostos ao glifosato na dose máxima permitida pelo CONAMA, com e sem suplementação à base de *M. flexuosa*, sendo avaliados pelo período de 30 dias à taxa de crescimento e, ao final do experimento, as alterações hepáticas. Os resultados indicaram que não houve diferença significativa no crescimento, mas revelou alterações histopatológicas no fígado como: acúmulo de melanomacrófagos e congestão vascular nos espécimes expostos ao herbicida. Com isso, estudos como esse destacam a relevância da integração de dados fisiológicos e histopatológicos para compreender os impactos da contaminação em quelônios, evidenciando riscos potenciais às comunidades tradicionais que os utiliza para fins alimentares.

Palavras-chaves: Testudines; Tracajá; Glifosato; Histologia; Crescimento.

ABSTRACT

In recent decades, biomes such as the Cerrado and the Amazon have been exploited for agricultural purposes. These anthropogenic alterations related to the advance of the agricultural frontier lead to an increase in the use of pesticides. This disordered use causes contamination of aquatic ecosystems through "derive" increasing the continuous exposure of non-target organisms to contaminants. The effects of glyphosate exposure have already been described in different organisms, but studies addressing alterations in growth and hepatological responses in freshwater Testudines, and consequently means to mitigate these alterations, are still scarce. Thus, this work aimed to evaluate the alterations in growth rate and histological changes in the liver of juvenile *Podocnemis unifilis*, and to see the capacity for interaction with *Mauritia flexuosa* as a mitigating agent. Specimens were exposed to glyphosate at the maximum dose permitted by CONAMA (Brazilian National Council for the Environment), with and without supplementation based on *M. flexuosa*, and were evaluated for growth rate over a 30-day period, with liver alterations observed at the end of the experiment. The results indicated no significant difference in growth, but revealed liver alterations such as accumulation of melanomacrophages and vascular congestion in specimens exposed to herbicide. Therefore, studies like this highlight the relevance of integrating physiological and histopathological data to understand the impacts of contamination on turtles, also evidencing potential risks to traditional communities that use them for food.

Key-words: Testudines; Yellow-spotted river turtle; Glyphosate; Histology; Growth

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Molécula do DDT	25
Figura 2 - Molécula do glifosato	26
Figura 3 - Espécimes de <i>P. unifilis</i>	35
Figura 4 - Área de ocorrência <i>P. unifilis</i>	36
Figura 5 - Espécimes <i>P. unifilis</i> (fêmea a direita, fêmea em maturação no centro, e macho a esquerda)	37
Figura 6 - Área de Ocorrência de <i>Mauritia flexuosa</i>	43
Figura 7 - Palmeira de <i>M. flexuosa</i> com frutos	44
Figura 8 - Local de origem dos espécimes e área experimental	62
Figura 9 - A) Tanque viveiro; B) Método rede de arrasto	63
Figura 10 - Biometria de <i>P. unifilis</i> ; A) Medida curvilínea da carapaça; B) pesagem	64
Figura 11 - Esquema de marcação do gênero <i>Podocnemis</i>	65
Figura 12 - Espécime de <i>P. unifilis</i> com marcação nos escudos marginais	65
Figura 13 - Local do experimento	66
Figura 14 - Delineamento experimental	67
Figura 15 - Espécimes de <i>P. unifilis</i> , sendo alimentados	68
Figura 16 - Delineamento experimental	84
Figura 17 - Eutanásia dos espécimes A) sangria; B) dessensibilização	85
Figura 18 - Abertura da carapaça	86
Figura 19 - A) Inclusão em parafina; B) Impregnação em parafina	87
Figura 20 - A) Blocos histológicos de parafina; B) Micrótomo	87
Figura 21- Cortes Histológicos do Fígado de espécimes de <i>P. unifilis</i> expostos e não expostos ao glifosato	89
Figura 22 - Cortes histológicos do fígado de <i>P. unifilis</i>	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média dos dados biométricos e TCE por tratamento dos espécimes	61
Tabela 2 - Comparação das diferenças médias da taxa de crescimento entre os períodos de 10, 20 e 30 dias de experimento, evidenciando o efeito do tempo sobre o crescimento dos animais, com IC95% e valores de p do teste de Tukey	62
Tabela 3 - Comparações múltiplas entre os tratamentos, da taxa de crescimento de <i>P. unifilis</i> , obtidas pelo teste de Tukey, com diferenças médias, intervalos de confiança de 95% (IC95%) e valores de p .	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Altura

ANOVA – Análise de variância

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CC – Comprimento da carapaça

CCAR – Comprimento curvilíneo da carapaça

CEUA – Comissão de Ética no Uso de Animais

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

CONCEA – Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal

CP – Comprimento do plastrão

DDT – Diclorodifeniltricloroetano

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPSPS – 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBDF – Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IPAAM – Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas

IUCN – União Internacional para a Conservação da Natureza

LC – Largura da carapaça

ln – Logaritmo natural

LP – Largura do plastrão

MMA – Ministério do Meio Ambiente

OMS – Organização Mundial da Saúde

PPG Ciamb – Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente

ppm – Partes por milhão

TCE – Taxa de crescimento específico

UFT – Universidade Federal do Tocantins

LISTA DE SÍMBOLOS

% – Porcentagem

g – Grama

kg – Quilograma

mg – Miligrama

cm – Centímetro

mm – Milímetro

μm – Micrômetro

L – Litro

mL – Mililitro

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
2 DO “CELEIRO” À FLORESTA: A EXPANSÃO AGRÍCOLA NO CERRADO E NA AMAZÔNIA	21
2.1 Histórico e Legislação dos agrotóxicos	23
2.2.1 Consumo de agrotóxicos no Brasil	27
2.2.3 Quando o veneno desce o rio: uma ameaça silenciosa à fauna aquática e às comunidades tradicionais	29
3 TESTUDINES NA AMAZÔNIA: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR ENTRE ECOLOGIA, USO, CONSERVAÇÃO E NUTRIÇÃO	32
3.2 Biologia e ecologia de <i>Podocnemis unifilis</i>	35
3.3 A quelonicultura como prática de uso sustentável	39
3.3.2 <i>Mauritia flexuosa</i> – O buritizeiro	43
5. OBJETIVOS	47
5.1 Geral	47
5.2 Específicos	47
6. MATERIAIS E MÉTODOS	48
6.1 Seleção de espécimes	48
6.2 Biometria, marcação e aclimação	49
6.3 Delineamento experimental	52
6.4 Alimentação dos juvenis de <i>P. unifilis</i>	53
6.5 Preparo da suplementação de <i>Mauritia flexuosa</i>	54
6.6 Taxa de crescimento dos juvenis de <i>Podocnemis unifilis</i>	55
6.7 Análise estatística	55
6.8 Seleção dos espécimes para análise histológica	55
6.9 Eutanásia	55
6.10 Microscopia de luz	57
7. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
7.1 Taxa de crescimento em juvenis de <i>Podocnemis unifilis</i> sob exposição ao glifosato e suplementação com <i>Mauritia flexuosa</i>	60
7.1.1 Padrões gerais de crescimento no período experimental	60
7.2 Variação da massa corporal ao longo do tempo	61
7.1.2 Ausência dos efeitos dos tratamentos e suas implicações ecotoxicológicas	63
7.1.3 Exposição em biotério versus exposição ambiental: possíveis implicações para populações de vida livre	64
7.2 Alterações histológicas hepáticas em <i>Podocnemis unifilis</i> expostos ao glifosato e o efeito atenuante de <i>Mauritia flexuosa</i>	66

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS	72
ANEXO I – COMITÊ DE ÉTICA COM USO DE ANIMAIS – EMBRAPA/AP	92

INTRODUÇÃO

Com a expansão agrícola na região norte brasileira, abrangendo o bioma Cerrado e Amazônico, o aumento do uso de agrotóxicos se justificou pelo intuito de aumentar a produtividade. No entanto, fatores meteorológicos como vento e chuva podem dispersar esses produtos para além das áreas-alvo, fenômeno conhecido como deriva (MADUREIRA *et al.*, 2015). Essa deriva pode resultar na contaminação de organismos não-alvo e no acúmulo dessas substâncias no solo e na água. Com o tempo, esse acúmulo pode causar danos severos, tornando difícil a recuperação dos ecossistemas afetados a biodiversidade e a saúde ambiental desses biomas (MANCUSO *et al.*, 2011).

Dentro da linha de pesquisa em Biodiversidade e Recursos Naturais, o presente estudo se correlaciona com a necessidade de compreender a interação entre organismo, ambientes com esses agentes xenobióticos, para além dos efeitos sobre a fauna, tenta-se inferir suas implicações ecológicas e socioambientais. Tendo em vista, a importância ecológica, econômica e cultural do tracajá (*Podocnemis unifilis*) para as Comunidades Tradicionais. Diante disso, entender os efeitos da exposição de contaminantes, como o glifosato, e pensar em possíveis estratégias atenuadoras, como o uso de recursos naturais, como o buriti (*Mauritia flexuosa*) contribui para a conservação da biodiversidade e para o uso sustentável dos recursos naturais.

No cenário global, a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável determina diretrizes com o objetivo de promover o equilíbrio entre desenvolvimento econômico, proteção ambiental e justiça social. Sendo esse estudo inserido nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) associadas à conservação dos ecossistemas e à segurança alimentar, dentro da ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), o ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), o ODS 14 (Vida na água) e no ODS 15 (Vida terrestre). Compreender os impactos de agrotóxicos sobre espécies de importância alimentar e ecológica, contribui para o entendimento dos riscos relacionados ao agronegócio e seus reflexos na biodiversidade.

Complementarmente, esta pesquisa relaciona com a necessidade de desenvolvimento de estratégias sustentáveis que integram a produção e conservação, corroborando com o proposto pela Agenda 2030. O estudo acerca dos efeitos subletais de agentes xenobióticos e a busca por alternativas naturais com potencial atenuador fortalece a importância de abordagens integradas, sendo base para formulação de políticas públicas. Nesse sentido, o uso de recursos regionais, como o buriti (*Mauritia flexuosa*), pode ser uma alternativa viável e acessível para comunidades locais, promovendo além da conservação o fortalecimento de sistemas produtivos sustentáveis.

Nas últimas década, a expansão agrícola no Cerrado e na Amazônia teve uma intensificação, sendo a alta demanda por *commodities* agrícolas e a modernização dos sistemas produtivos, os principais motivos para esse avanço (SANO *et al.*, 2008; RUDORFF *et al.*, 2015). Com isso, é evidente transformações na paisagem, a partir da substituição de áreas naturais por monocultura, tendo como consequência o aumento do uso de insumos químicos (MATSON *et al.*, 1997; BOMBARDI, 2023; IBAMA, 2024). Entre esses insumos, os agrotóxicos se destaca devido ao seu uso intensivo e a capacidade de dispersão, podendo atingir organismo não-alvo, ocasionando impactos acentuados nos ecossistemas aquáticos, que são os destinos finais desses agrotóxicos por escoamento superficial e lixiviação, o que coloca em risco a fauna aquática, uma vez que, as espécies aquáticas possuem várias vias de absorção dos contaminantes (RIBAS; MATSUMURA, 2009; TOMIRA; BEVRUTH, 2002).

De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA), no ano de 2022 os dois ingredientes ativos mais vendidos são classificados como herbicidas: o glifosato e o 2,4D, com 266.088,12 toneladas de ingrediente ativo (ton/IA) e 65.356,52 (ton/IA), respectivamente. Nos anos seguintes, o glifosato continuou liderando o *ranking* (IBAMA, 2022; IBAMA, 2024). O glifosato, de nome químico N-(fosfonometil) glicina, é um herbicida sistêmico, não seletivo. Devido às plantas transgênicas serem resistentes a esse produto, ele é muito utilizado no Brasil e no mundo e é considerado pouco tóxico para organismos do solo, porém é tóxico para organismos aquáticos (LATORRE *et al.*, 2013; NEWTON *et al.*, 1994).

Embora seja eficaz no controle de plantas daninhas, há estudos que relatam que o glifosato pode ter efeitos sobre organismo não-alvo, como alterações fisiológicas, bioquímicas e histológicas (DA SILVA *et al.*, 2017; PIETROBON; SENEM, 2015). Sendo registrado a presença em ambientes aquáticos em diferentes regiões, o que coloca em risco a qualidade dos recursos naturais usados por populações humanas, uma vez que, a exposição contínua causa impactos a fauna aquática (PIRES, 2015; DOS SANTOS *et al.*, 2025).

Sabe-se que os efeitos do glifosato vêm sendo investigado em diferentes organismos modelo, como peixes e anfíbios, sendo escassos estudos voltados para quelônios, ainda mais em condições experimentais que há exposições contínuas (TRIANA *et al.*, 2013; TUREK *et al.*, 2017). Os quelônios possuem traços ecológicos e fisiológicos específicos, como: longevidade elevada, metabolismo diferenciado e estreita relação com ambientes aquáticos, características que podem influenciar em sua resposta a exposições a xenobióticos (VOGT, 2008; PIGNATI *et al.*, 2017). No entanto, a falta de dados sobre a contaminação desses

organismos dificulta a implementação de medidas eficazes para mitigar os efeitos prejudiciais sobre essas espécies.

Ademais, há lacunas tanto para meios de mitigação, quanto para biomarcadores acerca da exposição desses organismos, sendo parâmetros histológicos e parâmetros de crescimento uma possível ferramenta para indicar a contaminação dos recursos aquáticos, o que limita a compreensão dos efeitos desses xenobióticos sobre espécies de interesse ecológico e socioeconômico.

Neste cenário, a espécie *Podocnemis unifilis* sobressai devido sua ampla distribuição na região amazônica e por sua relevância ecológica e cultural (FERRARA *et al.*, 2019). Sendo um quelônio de importância alimentar para diversas Comunidades Tradicionais, como fonte de proteína e renda (CASAL *et al.*, 2013). Tornando-o, a *Mauritia flexuosa* (o buriti), uma espécie de palmeira encontrada em áreas inundadas do Cerrado e da Floresta Amazônica, tornou-se uma opção promissora para testes visando reduzir esses impactos. Além de suas propriedades fitoterápicas, o fácil acesso a essa planta, por parte das comunidades tradicionais, a torna uma escolha viável para investigação sobre potenciais estratégias de proteção e recuperação da fauna silvestre frente à contaminação por agrotóxicos (ARAÚJO *et al.*, 2025; AQUINO *et al.*, 2012).

Assim, levando em consideração o consumo de *P. unifilis* para fins alimentícios e culturais, a falta de dados sobre a contaminação por agrotóxicos desses organismos, o aumento da exposição desses compostos à fauna silvestre, e a escassez de literatura sobre o assunto e os meios de mitigação dessa possível contaminação, foi formulada esta proposta para investigar os impactos dos herbicidas em *P. unifilis* e sua interação com *M. flexuosa*. Estas análises estão considerando principalmente a relevância das espécies para as comunidades tradicionais da região, o fácil acesso às espécies e a perpetuação do uso cultural com mitigação de riscos agregados.

Esta dissertação está organizada em dois capítulos: 1) Avalia os efeitos da exposição ao glifosato, na dose limite permitida pelo CONAMA, sobre a taxa de crescimento de juvenis de *P. unifilis*, levando em consideração o tempo de exposição e a suplementação à base de *Mauritia flexuosa*; 2) Descreve as alterações histológicas hepáticas relacionadas à exposição ao herbicida, discutindo sobre os possíveis mecanismos adaptativos e a capacidade de interação com *M. flexuosa*.

2 DO “CELEIRO” À FLORESTA: A EXPANSÃO AGRÍCOLA NO CERRADO E NA AMAZÔNIA

Entre as décadas de 1960 e 1970 consolidou-se o processo conhecido como Revolução Verde, que promoveu a intensificação da produção agrícola por meio do uso de insumos químicos, mecanização e variedades geneticamente melhoradas. Embora tenha contribuído para o aumento da produtividade, esse modelo também intensificou os impactos ambientais associados à agricultura, especialmente em países em desenvolvimento, onde a regulamentação e o monitoramento eram incipientes (ALBERGONI; PELAEZ, 2007; CARNEIRO *et al.*, 2015).

A publicação de Primavera Silenciosa (*Silent spring*), de Rachel Carson em 1962, representou um marco fundamental na crítica ao uso indiscriminado de agrotóxicos. A autora apresentou, com rigor científico, evidências dos impactos ambientais e sanitários desses compostos, denunciando a fragilidade dos processos de fiscalização e avaliação de risco, o que impulsionou mudanças nas políticas ambientais em diversos países (FLORES *et al.*, 2019; FERREIRA *et al.*, 2025).

Com a chamada “Revolução Verde”, a partir da década de 1970, o Cerrado passou a ser intensamente antropizado para práticas agrícolas, em função da modernização dos sistemas produtivos e das condições climáticas e fitofisionômicas favoráveis ao cultivo de soja, milho e algodão (SILVA *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2018).

O Cerrado é o segundo maior ecossistema brasileiro, com aproximadamente 200 milhões de hectares, dos quais mais de 40% são destinados a atividades agropecuárias. Destaca-se pela predominância de monoculturas comerciais, como a soja e o milho, além da bovinocultura, sendo frequentemente caracterizado como um importante celeiro agrícola (Sano *et al.*, 2008). Como consequência desse modelo produtivo, a região tornou-se uma das maiores consumidoras de agrotóxicos do país (BOMBARDI, 2017; DUTRA; SOUZA, 2018). Este “bioma” apresenta um elevado potencial hídrico, o que favorece as atividades agropecuárias, tornando-o relevante para o desenvolvimento socioeconômico do país (FERREIRA *et al.*, 2009).

O uso do termo “bioma” entre aspas ao se referir ao Cerrado, no parágrafo anterior, foi utilizado de forma intencional, com o intuito de sinalizar uma problematização conceitual sobre essa classificação. Apesar de ser aceito na literatura científica que o Cerrado seja um bioma, diversos autores argumentam que devido sua alta heterogeneidade ambiental, com fitofisionomias que variam de formação campestres até florestas, aproximando-o mais de um complexo de ecossistemas que de um bioma que apresenta características homogênea (BATALHA, 2011; COUTINHO, 2006).

O Cerrado abrange cerca de 12 estados e o Distrito Federal, ocupando aproximadamente 22,65% do território brasileiro (ARRUDA, 2001). Predomina na região central do país, estendendo-se do Maranhão ao norte do Paraná, com ocorrência em estados como Bahia, Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo, Piauí e Tocantins (IBGE, 2004). Além de se estender ao longo Planalto Central Brasileiro, extensões de vegetação do Cerrado podem ser encontradas na Região Amazônica em estados como: Pará, Roraima e Amapá (GOODLAND, 1971; COSTA, 2014).

Nesse contexto, destacam-se as atividades agropecuárias nos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, onde o Cerrado é amplamente explorado para essas finalidades. Entre 2001 e 2014, observou-se um aumento expressivo da área cultivada, especialmente para a soja, que passou de 0,97 milhões para 3,42 milhões de hectares, além do milho e do algodão (RUDORFF *et al.*, 2015).

Myers (1988) criou o termo *hotspots* de biodiversidade para regiões naturais do planeta que apresentam uma grande diversidade biológica com alta taxa de endemismo de espécies. Foram destacadas 25 regiões em diferentes áreas do planeta, entre elas foram destacadas regiões do Cerrado e Mata Atlântica. Além da elevada diversidade biológica, o Cerrado abriga numerosos povos tradicionais e originários, cuja relação com o território está profundamente vinculada ao uso sustentável dos recursos naturais (FURLEY; RATTER, 1988; ARANTES; ALMEIDA, 2012). Segundo a EMBRAPA (2020), o bioma compreende dezenas de territórios indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais, configurando os chamados Povos do Cerrado.

Para além do Cerrado, a região norte do Brasil abriga o Bioma Amazônico, reconhecido como um dos mais biodiversos do planeta, concentrando cerca de 10% da biodiversidade mundial (ANTONELLI *et al.*, 2018), sendo o maior dos seis biomas brasileiros contendo cerca de 30% das florestas tropicais remanescente no mundo (SAYRE *et al.*, 2008). A Amazônia também se destaca por sua diversidade sociocultural, abrigando povos indígenas, comunidades quilombolas, ribeirinhas, extrativistas, pescadores e outros grupos tradicionalmente associados aos ambientes florestais e aquáticos (SALISBURY; WEINSTEIN, 2014).

A expansão das atividades agropecuárias no Cerrado e na Amazônia foi acompanhada por um aumento significativo no uso de agrotóxicos, impulsionado pela busca por maior produtividade agrícola. Esses produtos passaram a ser amplamente utilizados no controle de pragas e plantas daninhas, sendo classificados principalmente como inseticidas, herbicidas e fungicidas (NEVES; BELLINI, 2013).

Nesse contexto, a expansão agrícola no Cerrado e na Amazônia não representa apenas uma transformação territorial, mas também um aumento expressivo na carga de contaminantes químicos introduzidos nesses ecossistemas naturais. A intensificação do uso de agrotóxicos, associada à proximidade entre áreas agrícolas e corpos hídricos, potencializa o transporte dessas substâncias para ambientes aquáticos por meio da lixiviação, escoamento superficial e deriva. Tal cenário amplia os riscos ecotoxicológicos para a fauna aquática e para as populações humanas que dependem diretamente desses ecossistemas, especialmente as comunidades tradicionais, que utilizam os recursos hídricos como base de subsistência, cultura e segurança alimentar.

2.1 Histórico e Legislação dos agrotóxicos

A busca por mecanismos de controle de pragas agrícolas antecede a agricultura moderna; no entanto, o uso sistemático de agrotóxicos como estratégia de manejo intensificou-se apenas no século XX, em decorrência dos avanços tecnológicos e das transformações nos sistemas produtivos, especialmente no período pós-guerras mundiais (CARNEIRO *et al.*, 2015).

A primeira e a segunda guerra mundial foram marcos para o desenvolvimento da indústria química moderna, uma vez que estimularam a produção de compostos sintéticos inicialmente destinados a fins bélicos, como gases tóxicos. Após os conflitos, parte dessas substâncias passou a ser adaptada e empregada na agricultura, sobretudo no controle de pragas agrícolas (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Um marco inicial no desenvolvimento dos agrotóxicos modernos foi a descoberta da molécula diclorodifeniltricloroetano (DDT), um composto organoclorado com propriedades inseticidas, identificado pelo químico Paul Hermann Müller, que recebeu o Prêmio Nobel em 1948. A partir de 1943, o DDT passou a ser amplamente utilizado no controle de vetores e, posteriormente, na agricultura (YOU *et al.*, 2018).

Inicialmente, o DDT foi considerado eficaz no controle de pragas agrícolas, o que reforçou a percepção de que os agrotóxicos seriam ferramentas seguras e indispensáveis para o aumento da produtividade agrícola, especialmente em um contexto de crescimento populacional e preocupação com a segurança alimentar (TUDI *et al.*, 2021). Contudo, com o avanço das pesquisas científicas, passaram a ser evidenciados impactos negativos associados ao seu uso, como elevada persistência ambiental, bioacumulação e efeitos adversos em organismos não-alvo, incluindo a fauna silvestre e a saúde humana (SHEKHAR, 2024; MUÑOZ-BAUTISTA *et al.*, 2025; ZHOU; ACHAL, 2025).

No cenário internacional, acordos e convenções passaram a ser estabelecidos com o intuito de restringir o uso de substâncias químicas nocivas, como a Convenção de Estocolmo, que incluiu o DDT entre os compostos de uso controlado (PRADO, 2021). A partir desse contexto, consolidou-se a aplicação do princípio da precaução na avaliação de agrotóxicos, com a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) assumindo papéis centrais na classificação e monitoramento dessas substâncias (FRIEDRICH, 2021).

No Brasil, o uso de agrotóxicos intensificou-se a partir da década de 1940, acompanhando a modernização da agricultura. A partir de 1965, com a criação do Sistema Nacional de Crédito Rural, e posteriormente com o Programa Nacional de Defensivos Agrícolas, em 1975, a União passou a incentivar o uso desses produtos por meio de subsídios e facilitação de acesso (OLIVEIRA, 2017).

Em 1989, foi instituída a Lei nº 7.802, conhecida como Lei dos Agrotóxicos, que estabeleceu diretrizes para o registro, produção, comercialização e uso dessas substâncias no país. Em 2023, a legislação foi atualizada pela Lei nº 14.785, que promoveu alterações no processo de registro, introduziu novas categorias de risco e redefiniu competências institucionais, mantendo, contudo, a base regulatória anterior (BRASIL, 1989; BRASIL, 2023).

2.2 Aspectos gerais da classificação dos agrotóxicos

Os agrotóxicos podem ser classificados a partir de diferentes critérios, incluindo sua finalidade de uso, o grau de periculosidade toxicológica e a classe química do princípio ativo. Essas classificações são adotadas por órgãos reguladores nacionais e internacionais e são fundamentais para a avaliação de riscos ambientais, ocupacionais e à saúde humana (PARRA-ARROYO, 2022).

O termo agrotóxico, segundo a Lei 14.785/2023, é definido como:

“Produtos e agentes de processos físicos ou químicos isolados ou em mistura com biológicos destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens ou na proteção de florestas plantadas, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos;” (Brasil, 2023)

De forma complementar, a Organização Mundial da Saúde (OMS) define os agrotóxicos como substâncias químicas empregadas no controle de organismos considerados pragas, como insetos, fungos e plantas daninhas. Devido à sua toxicidade potencial para organismos vivos, a

OMS destaca a necessidade de uso controlado e descarte adequado, conforme normas estabelecidas por agências reguladoras (WHO, 2017).

Quanto à finalidade de uso, os agrotóxicos são classificados principalmente em inseticidas, herbicidas e fungicidas, de acordo com o grupo de organismos-alvo que se pretende controlar (NEVES; BELLINI, 2013). Entre esses, os herbicidas representam o grupo mais amplamente utilizado, em razão da ocorrência contínua de plantas daninhas ao longo do ciclo agrícola (BRIGHENTI; OLIVEIRA, 2011).

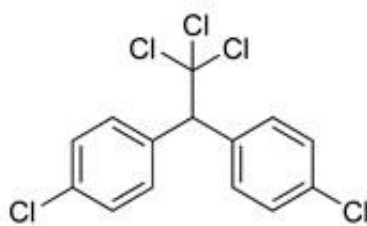
Embora o uso de substâncias naturais para o controle de pragas seja uma prática milenar, como a aplicação de enxofre, nicotina e piretro, a utilização de agrotóxicos sintéticos intensificou-se a partir do desenvolvimento da indústria química moderna, ampliando significativamente os riscos ambientais e toxicológicos associados (NETO *et al.*, 2007). Na atualidade, é comum o uso de agrotóxicos que ocorre tanto em ambientes urbanos quanto em ambientes rurais, com a finalidade de controlar os organismos vivos que podem interferir no “equilíbrio” do meio onde estão inseridos (LIMA *et al.*, 2023).

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), classifica os agrotóxicos em quatro classes de perigo toxicológico, representadas por cores nos rótulos e bulas: Classe I (extremamente tóxico – vermelha), Classe II (altamente tóxico – amarela), Classe III (medianamente tóxico – azul) e Classe IV (pouco tóxico – verde) (ANVISA, 2022).

A ANVISA é o órgão que autoriza os princípios ativos utilizados para tais finalidades. Centenas de princípios ativos, com distintas classes químicas (BRASIL, 2023) já apresentam autorização de uso. Essas classificações químicas são baseadas na estrutura molecular e propriedades físico-químicas, podendo ser: organoclorados, organofosforados, carbamatos e piretróides (LIMA *et al.*, 2023).

O grupo dos organoclorados são considerados os pioneiros, sendo dessa classe o DDT. Esses agrotóxicos são moléculas orgânicas que tem em sua cadeia carbônica principal pelo menos 1 átomo de cloro (Figura 1). Sendo muito eficientes, mas com uma alta persistência no ambiente, estando associados a processos de biomagnificação e ocasionando diversos danos à saúde humana como câncer e alterações no sistema endócrino (BERTI *et al.*, 2009; GALT, 2008).

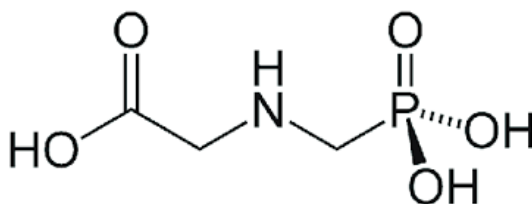
Figura 1- Molécula do DDT



Fonte: Chemistry World - <https://www.chemistryworld.com/podcasts/ddt/3005750.article> - Acesso em 10 de janeiro de 2026.

Os organofosforados caracterizam-se pela presença de ligações fósforo-carbono em sua estrutura molecular e, de modo geral, apresentam menor persistência ambiental quando comparados aos organoclorados. No entanto, sua toxicidade aguda é elevada, e a persistência ambiental pode variar conforme as condições físico-químicas do ambiente (HALL *et al.*, 2004; NASCIMENTO; MELNYK, 2016). O glifosato, pertencente ao grupo dos organofosforados (Figura 2), destaca-se como o herbicida mais utilizado no Brasil. Apesar de apresentar baixa persistência ambiental relativa, seu uso em larga escala e sua mobilidade em ambientes aquáticos levantam preocupações quanto aos efeitos ecotoxicológicos em organismos não-alvo (IBAMA, 2023).

Figura 2 - Molécula do glifosato



Fonte: Agroreceita - <https://agroreceita.com.br/glifosato/> - Acesso em 10 de janeiro de 2026.

Os organofosforados são lipossolúveis, com curta-duração a depender do ambiente, o que os torna de difícil detecção na cadeia alimentar (Lima *et al.*, 2023). Essas moléculas podem ser dispersas pelo vento, se pulverizadas, ocasionando risco de séria contaminação no meio ambiente (NASCIMENTO; MELNYK, 2016).

Os carbamatos são derivados do ácido carbâmico e apresentam eficiência no controle de insetos, fungos e nematoides, embora alguns compostos desse grupo tenham sido proibidos em razão de sua elevada toxicidade e potencial carcinogênico (BRAIBANTE; ZAPPE, 2012; IBAMA, 2023). Já os piretróides caracterizam-se por elevada eficiência inseticida e menor

toxicidade para mamíferos, embora possam apresentar efeitos adversos significativos sobre a fauna aquática (SANTOS *et al.*, 2008; MONTANHA *et al.*, 2012).

Diante disso, o Brasil não se destaca apenas pela grande diversidade de moléculas registradas, mas também pelo alto consumo desses agrotóxicos, que estão associados à expansão do agronegócio em território nacional.

2.2.1 Consumo de agrotóxicos no Brasil

Nas últimas décadas, observou-se um aumento expressivo no consumo de agrotóxicos no Brasil, associado principalmente às políticas de incentivo à produção de *commodities* agrícolas. Esse modelo produtivo, historicamente conduzido pelo Estado brasileiro, priorizou a expansão de culturas como soja, milho, algodão e cana-de-açúcar, intensificando a dependência de insumos químicos (DELGADO *et al.*, 2020; ALMEIDA *et al.*, 2017). Na década de 1990, o consumo de agrotóxicos no Brasil era significativamente inferior ao observado nos Estados Unidos, estimando-se uma diferença de até sete vezes. No entanto, esse cenário se modificou de forma acelerada ao longo das décadas seguintes, acompanhando a expansão do agronegócio e a consolidação do país como um dos principais produtores agrícolas do mundo (MORAES, 2019). Atualmente, o Brasil figura entre os países com maior volume de consumo de agrotóxicos em escala global, reflexo direto da extensão territorial das áreas cultivadas e do modelo agrícola intensivo adotado (BOMBARDI, 2023).

De acordo com levantamentos realizados por Bombardi (2017), entre 2000 e 2014 o consumo de agrotóxicos no Brasil apresentou um aumento superior a 130%, passando de aproximadamente 170 mil para 500 mil toneladas de ingrediente ativo. Dados mais recentes indicam que, em 2023, foram comercializadas cerca de 908 mil toneladas de ingredientes ativos, enquanto em 2024 observou-se uma leve redução, com estimativa de 825 mil toneladas (IBAMA, 2024). Esses números evidenciam a magnitude da carga química introduzida anualmente nos ecossistemas brasileiros.

No contexto do elevado consumo de agrotóxicos no Brasil, observa-se que um número relativamente restrito de ingredientes ativos concentra a maior parte do volume comercializado, destacando-se principalmente os herbicidas, seguidos por fungicidas e inseticidas, amplamente utilizados em culturas como soja, milho, algodão e cana-de-açúcar (IBAMA, 2024).

Entre os ingredientes ativos mais utilizados no Brasil, o glifosato e seus sais destacam-se de forma expressiva, superando amplamente os demais compostos comercializados. Em 2024, o volume de glifosato comercializado foi significativamente superior ao do segundo ingrediente ativo mais utilizado, o mancozebe, evidenciando a centralidade desse herbicida no

modelo agrícola brasileiro (IBAMA, 2024). A ampla utilização do glifosato reforça a necessidade de investigações científicas sobre seus efeitos ambientais, especialmente em organismos não-alvo, considerando o potencial de exposição contínua em ambientes aquáticos.

Diante desse cenário, o elevado consumo de agrotóxicos no Brasil, associado à concentração do uso de sinergias de ingredientes ativos, amplia o risco de contaminação ambiental, sobretudo em regiões onde áreas agrícolas coexistem com ecossistemas aquáticos. A exposição crônica da fauna a esses compostos, mesmo em concentrações consideradas permitidas pela legislação, levanta questionamentos sobre possíveis efeitos subletais, reforçando a importância de estudos ecotoxicológicos voltados para organismos de relevância ecológica e sociocultural.

2.2.2 Glifosato: um herbicida de amplo uso

O glifosato é um herbicida de amplo espectro, introduzido comercialmente no início da década de 1970, amplamente utilizado no controle de plantas daninhas em sistemas agrícolas convencionais e transgênicos. Comercializa-se principalmente nas formas de sais, como glifosato-isopropilamônio, glifosato-sesquisódio e glifosato-trimesium, sendo o primeiro amplamente associado a formulações comerciais como o Roundup® (AMARANTE JÚNIOR *et al.*, 2002).

A introdução do glifosato promoveu mudanças significativas no manejo de plantas daninhas, especialmente em sistemas agrícolas intensivos, devido à sua ação sistêmica e capacidade de translocação nos tecidos vegetais, resultando na inibição do crescimento radicular e de estruturas reprodutivas das plantas (FRANZ *et al.*, 1997; KRUSE *et al.*, 2000).

O mecanismo de ação do glifosato baseia-se na inibição da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3-fosfato sintase (EPSPS), essencial para a via do ácido chiquímico, responsável pela síntese de aminoácidos aromáticos. Como essa via metabólica está presente em plantas e microrganismos, e ausente em animais vertebrados, o glifosato foi inicialmente considerado seletivo e de baixa toxicidade para estes organismos (VELINI *et al.*, 2012).

O glifosato, de nome químico N-(fosfonometil) glicina, é um herbicida sistêmico, não seletivo. Devido às plantas transgênicas serem resistentes a esse produto, ele é muito utilizado no Brasil e no mundo, e é considerado pouco tóxico para organismos do solo e tóxico para organismos aquáticos (LATORRE *et al.*, 2013; NEWTON *et al.*, 1994). Estudos experimentais indicam que o glifosato e algumas de suas formulações comerciais podem estar associados a efeitos genotóxicos, incluindo alterações no material genético, especialmente em condições de

exposição crônica, ou em organismos não-alvo, embora os mecanismos envolvidos ainda sejam objeto de debate científico (COSTA; TEIXEIRA, 2012; MAKAME *et al.*, 2025).

No solo, o glifosato apresenta forte adsorção a partículas minerais, como argilas e óxidos de ferro e alumínio, em função da interação com seu grupo fosfato, o que reduz sua mobilidade vertical - que é a capacidade de se deslocar para camadas mais profundas da terra. No entanto, essa adsorção não implica completa inativação ambiental, podendo ocorrer reaplicações frequentes e exposição contínua de organismos não-alvo (KRUSE *et al.*, 2000; TONI *et al.*, 2006). Essa interação com as partículas inorgânicas, faz com que a molécula se torne inativa e com baixa mobilidade, tornando-a “inativa” para as culturas seguintes fazendo com que a mesma molécula, seja aplicada constantemente nas monoculturas podendo bioacumular em organismo não-alvos (CARVALHO, 2013). A degradação do glifosato ocorre predominantemente por ação microbiana, apresentando meia-vida variável, que pode oscilar de poucos dias a vários meses, dependendo das condições ambientais, como tipo de solo, umidade e temperatura (GAZZIERO *et al.*, 2016; SZÉKÁCS, 2021).

Embora o glifosato seja amplamente utilizado e regulamentado em diversos países, seu uso intensivo e contínuo levanta preocupações quanto aos efeitos subletais e crônicos em organismos não-alvo, especialmente em ambientes aquáticos. A presença desse herbicida em corpos hídricos, decorrente do escoamento superficial, deriva e lixiviação, reforça a necessidade de estudos ecotoxicológicos que avaliem seus impactos em espécies de relevância ecológica e socioeconômica, mesmo quando presentes em concentrações consideradas permitidas pela legislação ambiental.

2.2.3 Quando o veneno desce o rio: uma ameaça silenciosa à fauna aquática e às comunidades tradicionais

Os recursos hídricos figuram entre os principais compartimentos ambientais de destino dos agrotóxicos, uma vez que os rios atuam como integradores de processos biogeoquímicos em bacias hidrográficas (RIBAS; MATSUMURA, 2009). Em ambientes aquáticos, a absorção dessas substâncias tende a ser mais rápida devido à diversidade de vias de entrada, como contato dérmico, ingestão e respiração branquial (TOMITA; BEYRUTH, 2002).

Sabe-se que os agrotóxicos são nocivos tanto para o ser humano, quanto para outros animais, principalmente da fauna aquática. E, embora a exposição aos agrotóxicos nem sempre resulte em mortalidade imediata, diversos estudos indicam que esses compostos podem desencadear alterações fisiológicas, bioquímicas e morfológicas em organismos aquáticos,

comprometendo funções vitais e o desempenho ecológico das espécies expostas (LINS *et al.*, 2010). Nimmo e colaboradores (1985) e Rocha e colaboradores (2023) descrevem que peixes podem acumular agrotóxicos em concentrações muito acima das encontradas no seu habitat, já que esses agrotóxicos podem se ligar ao material particulado em suspensão e serem ingeridos por esses peixes.

A assimilação e retenção de agrotóxicos nos organismos podem resultar em bioacumulação, caracterizada pelo acúmulo progressivo dessas substâncias nos tecidos ao longo do tempo. Em níveis tróficos superiores, esse processo pode ser intensificado por meio da biomagnificação, na qual a concentração do contaminante aumenta ao longo da cadeia alimentar (ZAGATTO; BERTOLETTI, 2008).

A Amazônia e o Cerrado abrigam diversos grupos étnicos e populações tradicionais, destacando os povos indígenas, as populações ribeirinhas, pescadores, extrativistas e quilombolas, cuja relação com os recursos naturais é historicamente construída. Esses grupos passaram a ser reconhecidos juridicamente a partir do Decreto nº 6.040/2007, que estabelece diretrizes para o desenvolvimento sustentável dessas populações.

I - Povos e Comunidades Tradicionais: grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição (BRASIL, 2007);

Como citado, essas comunidades fazem o uso consciente dos recursos naturais e entre esses recursos a fauna aquática é de extrema relevância para sua subsistência e suas práticas culturais. A pesca constitui uma das principais atividades dessas comunidades, desempenhando papel fundamental como fonte de alimento, renda e identidade cultural. Dessa forma, a qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos está diretamente associada à segurança alimentar dessas populações (SANTOS; SANTOS, 2005). A proximidade entre áreas agrícolas e corpos hídricos favorece o transporte de agrotóxicos para ambientes aquáticos por meio de processos como deriva de pulverização, escoamento superficial e lixiviação, ampliando o risco de contaminação da fauna aquática e dos recursos pesqueiros (TELES *et al.*, 2024).

No cenário atual, critérios e padrões de qualidade da água são estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), sendo que na Resolução nº357, de 17 de março de 2005 e suas atualizações, definem limites máximos permitidos para substâncias químicas, incluindo agrotóxicos, com o objetivo de proteger a saúde pública e os ecossistemas aquáticos.

Diversos estudos relatam os riscos associados à exposição contínua a agrotóxicos na fauna aquática, principalmente em peixes, como: *Colossoma macropomum* (tambaqui), *Carnegiella strigata* (peixe-borboleta), *Hemigrammys rhodostomus* (tetra nariz vermelho), *Paracheirodon axelrodi* (cardinal tetra), *Corydoras schwartzi* (coridora, espécie endêmica brasileira) (SOUZA, 2014), *Brycon amazonicus* (matrinxã) (MORAES *et al.*, 2013), *Prochilodus lineatus* (curimatã) (LANGIANO; MARTINEZ, 2008). Apesar do avanço dos estudos ecotoxicológicos em peixes, ainda existem lacunas significativas no conhecimento acerca dos efeitos dos agrotóxicos em quelônios aquáticos. Muitas dessas espécies carecem de parâmetros toxicológicos básicos, como doses letais e efeitos subletais, mesmo sendo amplamente consumidas por comunidades tradicionais, o que reforça a relevância de estudos voltados a esse grupo taxonômico.

As consequências sobre a fauna aquática não afetam somente os espécimes, mas também a dinâmica populacional das espécies, comprometendo inclusive a abundância e reduzindo a disponibilidade de recursos pesqueiros. No caso de espécies que são consumidas por essas comunidades tradicionais e têm importância alimentar e sociocultural, esses impactos tendem a ser maiores já que colocam em risco a soberania alimentar dessas comunidades (BEGOSSI *et al.*, 2015).

A contaminação dos recursos aquáticos e a consequente redução da qualidade dos alimentos disponíveis podem ser compreendidas no contexto da injustiça socioambiental, uma vez que populações que pouco contribuem para os processos de degradação ambiental são desproporcionalmente afetadas por seus impactos (VEIGA, 2007; BEGOSSI, 2015; XAVIER *et al.*, 2018)

Dessa forma, a presença de agrotóxicos em ambientes aquáticos representa um risco complexo e multifacetado, envolvendo efeitos ecotoxicológicos sobre a fauna, impactos na dinâmica das cadeias tróficas e implicações diretas para a segurança alimentar e a saúde de comunidades tradicionais. Nesse contexto, estudos que avaliem os efeitos da exposição a agrotóxicos em organismos aquáticos de relevância ecológica e sociocultural, como os quelônios amazônicos, tornam-se fundamentais para subsidiar políticas públicas, estratégias de conservação e práticas de uso sustentável dos recursos naturais.

3 TESTUDINES NA AMAZÔNIA: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR ENTRE ECOLOGIA, USO, CONSERVAÇÃO E NUTRIÇÃO

Os Testudines, popularmente conhecidos como quelônios, constituem um grupo de répteis caracterizado pela presença de carapaça dorsal e plastrão ventral. Esse grupo inclui cágados, tartarugas e jabutis, distribuídos em ambientes aquáticos e terrestres, apresentando ampla diversidade ecológica e adaptativa (FERRARA *et al.*, 2016). Estima-se que os Testudines tenham surgido há aproximadamente 220 milhões de anos, sendo considerados um dos grupos de vertebrados mais antigos ainda existentes. A presença da carapaça e do plastrão, estruturas que conferem proteção e suporte, é apontada como um dos principais fatores associados ao sucesso evolutivo do grupo, que apresentou poucas modificações morfológicas ao longo do tempo geológico (STANFORD *et al.*, 2020). Atualmente, são descritas 357 espécies na ordem Testudines distribuídas em 14 famílias, sendo incluídas nessa contagem espécies extintas (RHODIN *et al.*, 2018).

Comumente, as espécies dessa ordem se alimentam com auxílio de um bico córneo e apresentam língua não extensível, pálpebras e pescoço retrátil (ANDRADE, 2015). A presença de carapaça rígida e suas adaptações evolutivas, colaboraram para sua ampla distribuição em ambientes marinhos, águas continentais e terrestres, sendo um grupo com uma alta plasticidade ambiental (LOVICH *et al.*, 2018). Do ponto de vista ecológico, os Testudines desempenham funções relevantes nos ecossistemas aquáticos e terrestres, atuando na ciclagem de nutrientes, na dispersão de sementes e na dinâmica das cadeias tróficas, tanto como predadores quanto como presas (MOLL; JANSEN, 1995; VOGT, 2008).

A ordem Testudines é tradicionalmente dividida em duas subordens, Criptodira e Pleurodira, diferenciadas principalmente pelo mecanismo de retração do pescoço em relação ao casco. Enquanto os criptodira retraem o pescoço verticalmente, os pleurodira o fazem lateralmente, sendo esta última subordem predominante na América do Sul e África (ZUG *et al.*, 2001). Em contrapartida, a subordem Pleurodira possuem onze famílias sendo elas: Carettochelyidae, Chelydridae, Cheloniidae, Dermatemydidae, Dermochelyidae, Emydidae, Geoemydidae, Kinosternidae, Platysternidae, Testudinidae e Trionychidae, tendo representantes em ambientes marinhos, de água doce e terrestre, sendo distribuídas em regiões tropicais, subtropicais e temperadas (THOMPSON, 2021).

As características da história de vida dos Testudines, como crescimento lento, maturidade sexual tardia e baixa taxa reprodutiva, tornam esse grupo particularmente vulnerável às pressões antrópicas. Como consequência, os quelônios figuram entre os grupos de vertebrados com maior risco de extinção, com elevado número de espécies classificadas em

categorias de ameaça pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) (RHODIN *et al.*, 2018; STANFORD *et al.*, 2020).

Entre os principais fatores antrópicos que ameaçam as populações de Testudines destacam-se a perda e fragmentação de habitat, a poluição, as mudanças climáticas e a exploração direta, legal ou ilegal. Na Amazônia, a expansão agrícola e a sobreposição das áreas produtivas às áreas de ocorrência das espécies intensificam esses impactos (FARIA; MALVASIO, 2018; MALVASIO *et al.*, 2019; RODRÍGUEZ-CARO *et al.*, 2023).

O Brasil abriga elevada diversidade de Testudines, figurando entre os países com maior riqueza de espécies desse grupo, com 36 espécies (Rhodin *et al.*; 2018; Vogt, 2008). A região amazônica destaca-se por concentrar grande parte das espécies continentais, sobretudo aquáticas (BRITO, 2025). Essas espécies são relevantes para a ciclagem de nutrientes na região, atuando na limpeza de rios e lagos (MOLL; MOLL, 2004).

Dentre as famílias de quelônios continentais, a Podocnemididae possui especial relevância ecológica e cultural na Amazônia, reunindo espécies amplamente distribuídas em ambientes fluviais e associadas a áreas de várzea, igapós e lagos. As espécies desse grupo apresentam comportamento termorregulatório dependente da exposição solar, característica diretamente relacionada a processos fisiológicos como digestão, crescimento e reprodução (RUEDA-ALMONACID *et al.*, 2007).

Considerando sua relevância ecológica, vulnerabilidade às pressões antrópicas e estreita relação com ambientes aquáticos, os Testudines configuram um grupo prioritário para estudos ecotoxicológicos. A compreensão de sua biologia e ecologia é fundamental para avaliar os impactos de contaminantes ambientais, como os agrotóxicos, especialmente em espécies de ampla importância socioambiental, como aquelas pertencentes à família Podocnemididae.

3.1 O Uso dos Testudines por Comunidades da Região Amazônica

O uso de Testudines por populações humanas na Amazônia remonta aos povos originários, estendendo-se historicamente a diferentes comunidades tradicionais ao longo do tempo. Registros históricos indicam que essas espécies foram exploradas desde o período colonial, tanto para consumo alimentar quanto para outros fins, refletindo sua importância sociocultural na região (ALHO *et al.*, 1979). Há registros de que, a partir do século XIX, os quelônios amazônicos passaram a ser explorados em escala comercial, com destaque para o uso de ovos na produção de óleo e manteiga, destinados à alimentação e à iluminação pública (COUTINHO, 1868). Estudos indicam que espécies como *Podocnemis unifilis* apresentam elevado valor nutricional, com teores significativos de proteínas, o que contribui para sua

importância alimentar entre comunidades tradicionais, especialmente em contextos de segurança alimentar limitada (RIBEIRO *et al.*, 2023).

Além do uso alimentar, os Testudines possuem valor simbólico e cultural para diversos povos indígenas da Amazônia. Práticas associadas a rituais, mitos e sistemas tradicionais de manejo evidenciam a relação histórica e culturalmente construída entre essas populações e os quelônios, reforçando sua importância para a identidade sociocultural regional (PRITCHARD; TREBBAU, 1984; GALLOIS, 2011).

Entre os quelônios de grande relevância cultural, se destaca o gênero *Podocnemis* que possui uma distribuição variada, abundante em território amazônico até o cerrado brasileiro. Nessas regiões as espécies mais comuns são *Podocnemis expansa*, tartaruga-da-amazônia, e *Podocnemis unifilis*, o tracajá, as maiores do gênero (VOGT, 2008). Embora o uso de Testudines por comunidades tradicionais seja reconhecido legalmente em contextos específicos de manejo sustentável, a exploração dessas espécies por populações não tradicionais configura prática ilegal, conforme estabelecido pela Lei nº 9.605/1998 (Lei de Crimes Ambientais). A exploração direta e indireta, quando realizada de forma não regulamentada, tem contribuído para o declínio populacional de diversas espécies (IBAMA, 2019).

Apesar das leis que garantem a proteção das espécies de quelônios amazônicos e das políticas que facilitam o acesso culturalmente relevante por populações locais, essas espécies continuam sendo amplamente exploradas, sendo os animais mais frequentemente comercializados ilegalmente, podendo ser encontrados em feiras, mercados e restaurantes da região (NASCIMENTO, 2009).

Estudos realizados em diferentes estados da Amazônia Legal, como Amapá, Tocantins e Mato Grosso, indicam que espécies do gênero *Podocnemis*, especialmente *P. unifilis* e *P. expansa*, figuram entre as mais exploradas para fins alimentares, tanto em contextos tradicionais quanto em atividades ilegais, evidenciando a pressão antrópica contínua sobre essas populações (RIBEIRO, 2012; ATAÍDES *et al.*, 2010; CARVALHO *et al.*, 2020).

No Tocantins, populações próximas ao rio Javaés, utilizam amplamente a *P. expansa* para fins alimentícios, medicinais e artesanais, devido à facilidade de captura e o tamanho dos espécimes (CARVALHO *et al.*, 2020). Sendo mais comum o uso desses animais por povos originários, mas comunidades ribeirinhas fazem o seu uso como fonte alternativa de alimento (ATAÍDES, *et al.*, 2010).

No estado do Amapá, em Macapá, os quelônios são os organismos oriundos da caça mais utilizados, sendo 2% do total de carne consumida pela população (JUNIOR, 2010). Silva (2014) realizou um estudo com comunidades no estado do Amapá e descreveu que a *P. unifilis*

(tracajá) e a *Rhinoclemmys punctularia* (perema), são as espécies mais utilizadas para finalidade alimentar na comunidade Tabaco e comunidade São Paulo, mostrando a importância dos quelônios nesta região. Para muitas comunidades ribeirinhas e povos originários, os quelônios representam uma fonte alternativa de proteína animal, especialmente em regiões com acesso limitado a outras fontes alimentares, o que reforça sua relevância socioambiental e a necessidade de estratégias de manejo sustentável (DIAS, 2004).

Dessa forma, o uso de Testudines na Amazônia envolve uma complexa interação entre aspectos culturais, alimentares, econômicos e legais. Embora essas espécies sejam fundamentais para a subsistência e identidade de comunidades tradicionais, a exploração não regulamentada e as pressões ambientais crescentes contribuem para a redução de suas populações naturais. Esse cenário reforça a importância de abordagens integradas que conciliem conservação, manejo sustentável e produção de conhecimento científico, especialmente no contexto de espécies amplamente consumidas, como *P. unifilis*.

3.2 Biologia e ecologia de *Podocnemis unifilis*

A espécie *Podocnemis unifilis* (Figura 3), popularmente conhecida como tracajá (fêmea) e zé-prego (macho), é uma das espécies mais amplamente distribuídas do gênero *Podocnemis*. Os indivíduos podem atingir até aproximadamente 50 cm de comprimento de carapaça e peso corporal em torno de 12,5 kg, dependendo das condições ambientais e disponibilidade de recursos (VOGT, 2008).

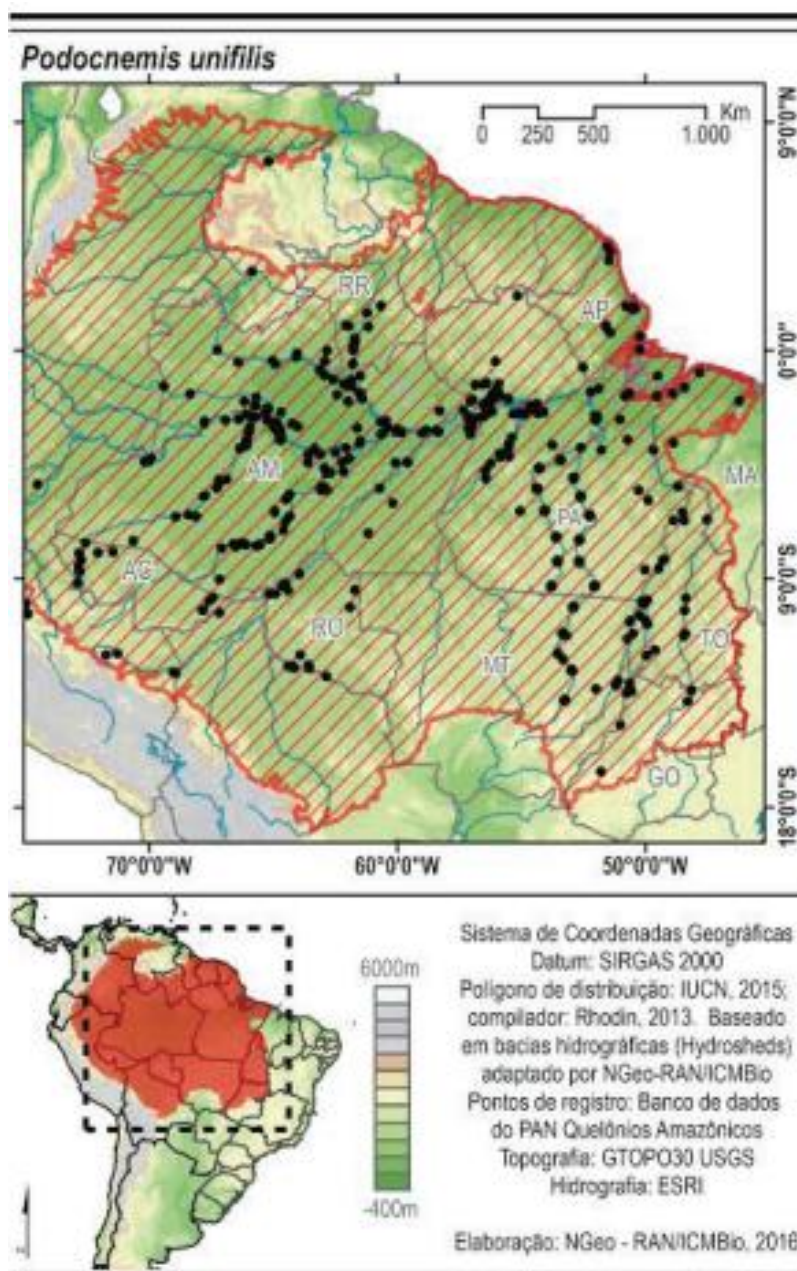
Figura 3 - Espécimes de *Podocnemis unifilis* do biotério da Embrapa Amapá



Fonte: Acervo pessoal

A espécie apresenta ampla distribuição na América do Sul, ocorrendo nas bacias dos rios Amazonas e Orinoco, com registros em países como Brasil, Colômbia, Peru, Equador, Venezuela, Guiana, Suriname, Guiana Francesa e Bolívia (FERRARA *et al.*, 2017). No Brasil (Figura 4), sua ocorrência abrange principalmente a região amazônica e áreas de transição com o Cerrado, incluindo os estados do Amapá, Pará, Acre, Rondônia, Maranhão, Tocantins, Goiás e Mato Grosso (VOGT, 2008). Habita predominantemente ambientes aquáticos continentais, como rios, lagos, igapós e áreas alagadas, apresentando preferência por águas pretas, claras e brancas. Esses ambientes exercem papel fundamental em seu ciclo de vida, influenciando aspectos como alimentação, crescimento, reprodução e termorregulação (FERRARA *et al.*, 2019).

Figura 4 - Área de ocorrência de *Podocnemis unifilis*



Fonte: Ferrara *et al.* (2019)

A espécie é considerada onívora oportunista, com dieta composta por material vegetal e animal, incluindo macrófitas aquáticas, frutos, sementes, algas, pequenos invertebrados e, ocasionalmente, peixes e crustáceos. No entanto, diversos estudos indicam predominância do consumo de itens vegetais, especialmente em ambientes naturais, caracterizando um padrão alimentar com tendência à herbivoria (GARCEZ, 2012; VOGT, 2008). O dimorfismo sexual em *P. unifilis* manifesta-se principalmente por diferenças no tamanho corporal e na coloração

da cabeça, sendo comum a perda gradual da coloração amarela nas fêmeas adultas, enquanto os machos tendem a mantê-la (Figura 5) (ALMONACID *et al.*, 2007 apud RIBEIRO, 2012).

Figura 5 - Espécimes de *Podocnemis unifilis* (fêmea à direita, fêmea em maturação no centro, e macho à esquerda)



Fonte: Acervo pessoal

No âmbito da conservação, *P. unifilis* é classificada como espécie Vulnerável na Lista Vermelha da IUCN (2022). No Brasil, embora a espécie não esteja atualmente incluída nas listas nacionais de espécies ameaçadas, sua exploração histórica e a pressão antrópica contínua justificam a adoção de medidas de manejo e conservação (BRASIL, 2022). A criação de *P. unifilis* em cativeiro é regulamentada no Brasil desde a Portaria nº 142/1992, que autoriza a implantação de criadouros comerciais a partir de filhotes provenientes de áreas naturais de desova, sob controle dos órgãos ambientais competentes. Essa prática tem sido considerada uma estratégia complementar para reduzir a pressão sobre populações naturais e promover o uso sustentável da espécie (BRASIL, 1992).

Em função de sua ampla distribuição, forte dependência de ambientes aquáticos, relevância socioeconômica e sensibilidade a alterações ambientais, *P. unifilis* configura-se

como uma espécie-modelo adequada para estudos ecotoxicológicos. A avaliação dos efeitos da exposição a contaminantes, como o glifosato, sobre aspectos fisiológicos, histológicos e de crescimento dessa espécie contribui para a compreensão dos riscos ambientais associados ao uso de agrotóxicos em ecossistemas aquáticos amazônicos.

3.3 A quelonicultura como prática de uso sustentável

A exploração de quelônios na Amazônia remonta ao período colonial, sendo historicamente marcada pelo uso intensivo de espécies do gênero *Podocnemis* para fins alimentares e comerciais. Estima-se que, no final do século XVIII, milhões de indivíduos tenham sido abatidos anualmente, o que contribuiu para o declínio acentuado das populações naturais (REBELO; PEZZUTI, 2000).

Diante da exploração excessiva, medidas iniciais de controle foram implementadas ainda no período colonial, incluindo restrições à coleta de ovos e à captura de fêmeas reprodutivas. No entanto, a ausência de fiscalização efetiva comprometeu a eficácia dessas iniciativas, resultando em exploração desordenada das populações naturais (IBDF, 1973).

Ao longo do século XX, o Brasil passou a incorporar dispositivos legais voltados à proteção da fauna silvestre, culminando na promulgação da Lei de Proteção à Fauna (Lei nº 5.197/1967), que proibiu a caça indiscriminada e estabeleceu diretrizes para a criação de animais silvestres em cativeiro. Essas normativas constituíram a base para a regulamentação posterior da quelonicultura como estratégia de uso sustentável (BRASIL, 1967).

O marco regulatório da quelonicultura no Brasil foi a Portaria nº 142/1992, que regulamentou a criação comercial de *P. expansa* e *P. unifilis*, estabelecendo critérios para implantação de criadouros e controle do plantel. Essa normativa introduziu a proposta de uso sustentável como alternativa à caça predatória, conciliando conservação e manutenção de práticas culturais tradicionais (MMA, 1992).

Em 1997, a Portaria nº118 normatizou o funcionamento de criadouros da fauna silvestres para fins comerciais de modo geral, gerando alterações na portaria anterior (Portaria nº 142/1992), pois estabeleceu uma padronização nacional, categorização do plantel a partir da definição de matrizes e reprodutores, proibindo a venda de animais retirados na natureza (somente os dos nascidos em cativeiro), instituiu o sistema de marcação e a necessidade de um plano de manejo para os criadouros (MMA, 1997).

Com o início da vigência da Lei de Crimes Ambientais (Lei nº9.605/1998), houve o combate da caça ilegal, pois foram estabelecidas punições mais severas às práticas associadas a caça, venda ou consumo de animais silvestres sem licença, o que reforçou a relevância das normativas anteriores sobre a criação da fauna silvestre para finalidades comerciais e culturais (BRASIL, 1998).

Somente em 2008, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), publicou a Instrução Normativa nº169 para instituir e normatizar as categorias de uso e o manejo da fauna silvestre em cativeiro, com o intuito de atender as finalidades socioculturais, de pesquisa científica, de conservação, de exposição, de comercialização, de criação, de reprodução, de abate e beneficiamento de produtos (IBAMA, 2008).

Atualmente, a Instrução Normativa mais importante é a nº 07 publicada em 2015 pelo IBAMA, que institui e normatiza as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro, e define, no âmbito do IBAMA, os procedimentos autorizativos para as categorias estabelecidas. Nela foram incluídas outras espécies de quelônios como a *Podocnemis sextuberculata* (iaçás) e a *Kinosternon scorpioides* (muçua) (IBAMA, 2015), para criação e exploração econômica destas espécies.

Na atualidade, os gêneros *Podocnemis* e *Kinosternon*, possuem um grande potencial para criação em cativeiro para fins comerciais, devido às suas especificidades como o tamanho, abundância e o alto valor econômico da carne e ovos, por já serem amplamente utilizada na culinária regional, principalmente amazônica (SÁ *et al.*, 2004; COSTA, 2016).

Na Amazônia, a criação comercial de quelônios representa uma das principais atividades de uso sustentável da fauna aquática, ocupando posição relevante entre os sistemas produtivos regionais. Estima-se a comercialização anual de aproximadamente 12 a 21 toneladas de carne de quelônios, com destaque para o estado do Amazonas, que concentra a maior parte dos criadouros legalizados (IPAAM, 2021; TRAJANO; CARNEIRO, 2019).

Avanços recentes incluem a publicação da Instrução Normativa nº 3/2022 do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), que regulamenta o manejo de quelônios em Unidades de Conservação, permitindo a participação direta de comunidades tradicionais em atividades como coleta de ovos, manutenção em berçários e abate controlado. Adicionalmente, a Portaria nº 01/2025 instituiu o segundo ciclo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Quelônios Amazônicos, reforçando a integração entre comunidades locais, poder público e academia (ICMBIO, 2022; IBAMA, 2025).

Apesar de seu potencial como estratégia de conservação e uso sustentável, a quelonicultura enfrenta desafios significativos, incluindo custos operacionais elevados, limitações nutricionais em cativeiro, falhas na fiscalização e riscos sanitários. Além disso, a criação em cativeiro não substitui integralmente a necessidade de conservação *in situ*, sendo fundamental que programas de manejo sejam acompanhados por monitoramento populacional e pesquisa científica contínua.

Nesse contexto, a quelonicultura configura-se como uma ferramenta relevante para a conservação e o uso sustentável dos quelônios amazônicos, desde que integrada a políticas públicas, saberes tradicionais e produção científica. Estudos que avaliem aspectos nutricionais, fisiológicos e sanitários das espécies criadas em cativeiro contribuem para o aprimoramento dessas práticas, fortalecendo estratégias que conciliem conservação ambiental, segurança alimentar e desenvolvimento regional.

3.3.1 Nutrição em *P. unifilis* de vida livre e criadas em cativeiro

A estrutura do sistema digestório está diretamente relacionada à dieta e às estratégias alimentares das espécies (HILDEBRAND; GOSLOW, 2006). Em *P. unifilis*, o trato digestório é composto por esôfago, estômago compartimentado, intestino delgado e intestino grosso, apresentando adaptações compatíveis com o consumo predominante de material vegetal (MAGALHÃES *et al.*, 2014).

Em ambiente natural, *P. unifilis* apresenta dieta predominantemente herbívora, composta por macrófitas aquáticas, folhas, frutos, sementes, flores e outros materiais vegetais, podendo incluir ocasionalmente itens de origem animal, como moluscos, crustáceos e insetos. Essa plasticidade alimentar reflete a disponibilidade de recursos ao longo do ciclo hidrológico (FACHÍN-TERÁN *et al.*, 1995; GARCEZ, 2012). Estudos indicam que a composição da dieta de *P. unifilis* varia sazonalmente, com maior diversidade alimentar durante o período de cheia, quando há maior oferta de recursos vegetais e alóctones, evidenciando um comportamento alimentar oportunista associado às condições ambientais (GARCEZ, 2012). Cunha (2013) descreveu que as folhas apresentam uma grande representatividade na dieta de *P. unifilis* da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uatumã, Amazonas, apresentando baixa quantidade de material de origem animal, corroborando com os outros autores que descrevem a espécie como herbívora.

Apesar do avanço da criação em cativeiro, ainda não existem rações comerciais específicas formuladas para atender às exigências nutricionais de quelônios aquáticos. Como

alternativa, criadouros e projetos de pesquisa frequentemente utilizam rações destinadas a peixes, com teores proteicos entre 25% e 30%, prática que pode não atender plenamente às necessidades fisiológicas e metabólicas dos quelônios em todo período de desenvolvimento (ANDRADE, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2020). A exemplo, Andrade (2008) indica que recém-eclodidos devem ser alimentados com fígado bovino moído ou gema de ovo, nas primeiras semanas de vida na proporção de 10% da biomassa total. Durante o primeiro ano de vida, devem ser alimentados com ração para peixes na proporção de 5% da biomassa total. Após o segundo ano de vida, podem ser alimentados com ração para peixes com 25 a 30% de proteína bruta na proporção de 3% da biomassa, e a partir do terceiro ano podem ser alimentados com 1% do peso total do espécime. O autor sugere ainda que os animais sejam alimentados entre 10h e 16h, para facilitar a digestão, já que o metabolismo acelera em horários mais quentes.

Cabe ressaltar que a ração comercial para peixes apresenta um alto custo operacional para a produção local, principalmente para criadouros em áreas afastadas devido à ausência da produção local. Com os insumos em altos valores e, por vezes, de qualidade reduzida, representando maior percentual de despesas dos criadouros (ANSELMO, 2008; GARCEZ *et al.*, 2020), se mostra conveniente a necessidade de suplementação que atenda necessidades dos animais para alimentação e possam diminuir os custos de produção. Conforme Feiden e colaboradores (2005), com o avanço da aquicultura houve necessidade da busca por ingredientes de qualidade para a formulação de ração para as espécies aquáticas em geral. Diante disso, a substituição ou a complementação com fontes alternativas de menor custo torna-se relevante para a produção de espécies aquáticas, podendo proporcionar bom rendimento e ter custos reduzidos (BOSCOLO *et al.*, 2002; BOSCOLO *et al.*, 2004).

Nesse contexto, a utilização de ingredientes vegetais como fontes alternativas ou complementares na alimentação de organismos aquáticos tem sido amplamente investigada, sobretudo em regiões tropicais. Estudos em peixes demonstram o potencial de frutos e sementes nativas, como araçá-boi, jenipapo, camu-camu, acerola, baru, castanha-da-amazônia e buriti (*Mauritia flexuosa*), na formulação de dietas com menor custo e bom desempenho nutricional (BOSCOLO *et al.*, 2002; OISHI, 2007; BRAZ, 2021).

A suplementação à base de *Mauritia flexuosa* foi testada em *P. unifilis* com intuito de testar sua viabilidade nutricional, não houve nenhuma alteração nos parâmetros zootécnicos convencionais, mostrando-se inofensiva para a fisiologia dos espécimes. Entretanto, a literatura a cerca da interação desse suplemento com agentes xenobióticos como os agrotóxicos permanece inexplorada (COSTA *et al.*, 2024). O que o torna uma alternativa promissora para mitigar as possíveis alterações ocasionadas pela exposição ao glifosato.

Em ambiente natural, os quelônios possuem hábitos alimentares variáveis, desde onívoros a herbívoros oportunistas, com um alto consumo de material vegetal durante o ciclo de vida (GARCEZ, 2012). Sendo assim, e diante da ausência de rações específicas para quelônios aquáticos e das limitações associadas ao uso de dietas formuladas para peixes, a suplementação alimentar com ingredientes vegetais nativos surge como uma alternativa promissora. A incorporação de recursos regionais com potencial nutricional e bioativo pode contribuir para a melhoria do desempenho zootécnico e da saúde dos animais em cativeiro, além de fortalecer estratégias de uso sustentável e valorização da biodiversidade amazônica.

3.3.2 *Mauritia flexuosa* – O buritizeiro

O buriti (*Mauritia flexuosa* L.f.) é uma palmeira amplamente distribuída na América do Sul, com ocorrência predominante nos biomas Amazônia e Cerrado, onde se desenvolve principalmente em áreas alagadas, como veredas e igapós. A espécie apresenta elevada importância ecológica, econômica e cultural, especialmente para comunidades tradicionais que dependem de seus recursos para subsistência (Figura 6) (SAMPAIO; CARAZZA, 2012). A distribuição geográfica de *M. flexuosa* abrange diversos países da América do Sul, incluindo Brasil, Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa, sendo considerada uma das palmeiras mais representativas de áreas úmidas tropicais (SAMPAIO; CARAZZA, 2012).

Figura 6 - Área de Ocorrência de *Mauritia flexuosa*



Fonte: Sampaio e Carazza, 2012.

A palmeira (Figura 7) apresenta ampla versatilidade de uso, com aproveitamento de diferentes partes vegetais. O tronco, as folhas e as fibras são utilizadas na construção, no artesanato e na confecção de utensílios, enquanto o fruto é amplamente empregado na alimentação humana, na forma de polpas, óleos e farinhas. Adicionalmente, partes da planta são utilizadas na medicina tradicional, conferindo elevado valor etnobotânico à espécie (SAMPAIO; CARAZZA, 2012).

Figura 7 - Palmeira de *Mauritia flexuosa* com frutos



Fonte: Acervo pessoal

A composição nutricional do fruto de *M. flexuosa* pode variar conforme a região de coleta, condições ambientais e estágio de maturação. De modo geral, a polpa apresenta elevados teores de minerais, como cálcio, potássio, ferro e magnésio, além de vitaminas lipossolúveis e hidrossolúveis, destacando-se as vitaminas A, C e E (KOOLEN *et al.*, 2018; MILANEZ *et al.*, 2018). O fruto do buriti destaca-se pelo elevado teor de carotenoides e compostos fenólicos, metabólitos secundários reconhecidos por sua atividade antioxidante. Os carotenoides, precursores da vitamina A, desempenham papel relevante na neutralização de espécies reativas de oxigênio, contribuindo para a proteção celular frente a processos oxidativos (SILVA *et al.*, 2009; KOOLEN *et al.*, 2018). A polpa do fruto é a parte mais utilizada, devido ela ser a base para a extração de óleo – muito utilizado para fins medicinais – e farinha – para fins alimentícios –, essa parte é rica em ácidos graxos monoinsaturados com altos níveis de carotenos que apresentam propriedades antioxidantes (MARTINS *et al.*, 2012).

Estudos experimentais demonstram a atividade antioxidante do buriti tanto em modelos *in vitro* quanto *in vivo*. Romero *et al.* (2015) observaram efeitos antioxidantes significativos

após a ingestão da polpa do fruto em ratos Wistar, enquanto Lage *et al.* (2018), ao avaliarem modelos de diabetes experimental, relataram elevada atividade antioxidante *in vitro*, sem alterações significativas no perfil glicêmico *in vivo*. Esses resultados indicam que os efeitos biológicos do buriti podem variar conforme o modelo experimental e o contexto fisiológico avaliado.

A exposição a agrotóxicos, incluindo o glifosato, tem sido associada ao aumento do estresse oxidativo, inflamação e alterações metabólicas em organismos não-alvo. Nesse contexto, a utilização de suplementos alimentares ricos em compostos antioxidantes pode representar uma estratégia potencial para mitigar danos celulares e teciduais decorrentes dessa exposição (SIDTHILAW *et al.*, 2025; BRANCO *et al.*, 2025; SAJAD, 2024).

Diante de sua ampla disponibilidade regional, elevado valor nutricional e riqueza em compostos bioativos com potencial antioxidante, *Mauritia flexuosa* apresenta-se como uma alternativa promissora para suplementação alimentar de quelônios mantidos em cativeiro. A utilização da farinha do fruto como estratégia mitigadora frente aos efeitos do estresse oxidativo induzido por agrotóxicos, como o glifosato, fundamenta-se tanto em evidências experimentais quanto em sua relevância socioambiental, reforçando a pertinência de sua aplicação no presente estudo.

5. OBJETIVOS

5.1 Geral

Avaliar os efeitos da exposição ao produto à base de glifosato (Roundup®) na dose permitida pela legislação brasileira, sobre a taxa de crescimento e os parâmetros histológicos hepáticos de juvenis de *Podocnemis unifilis*, e os efeitos de interação causados pela ingestão de suplementação alimentar à base de *Mauritia flexuosa*.

5.2 Específicos

- Quantificar a taxa de crescimento dos juvenis de *P. unifilis* ao longo do período experimental (10, 20 e 30 dias);
- Comparar a taxa de crescimento entre os grupos expostos e não expostos ao produto à base de glifosato (Roundup®);
- Avaliar o efeito da suplementação alimentar à base *Mauritia flexuosa* sobre a taxa de crescimento dos juvenis;
- Descrever as alterações histológicas observadas nos animais dos diferentes grupos experimentais;
- Avaliar os efeitos da ingestão de suplementação à base do buriti em *P. unifilis* em animais expostos ao produto à base de glifosato (Roundup®).

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Seleção de espécimes

Foram selecionados 60 espécimes juvenis de *P. unifilis* oriundos do Biotério da Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária (EMBRAPA) no estado do Amapá. O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Fazendinha (Figura 08), local onde se encontra o biotério, com a autorização a Comissão de Ética para o Uso de Animais (CEUA) - EMBRAPA/AP, sob o número de protocolo 029-CEUA/Embrapa Amapá (Anexo 01).

Figura 8 - Local de origem dos espécimes e área experimental



Fonte: Google Maps (Adaptado)

Os espécimes foram coletados de um tanque viveiro (Figura 9 – A), por meio de rede de arrasto adaptada (Figura 9 – B) conforme metodologia descrita por Portelinha (2014) e Balestra *et al.* (2016). O procedimento consistiu na condução da rede (tipo malhadeira) por dois operadores ao longo do tanque, formando um semicírculo, de modo a concentrar e permitir a retirada dos animais.

Figura 9 - Tanque viveiro de manutenção dos espécimes de *Podocnemis unifilis* utilizados no experimento(A); e método de captura dos animais por rede de arrasto (B)



Fonte: Acervo pessoal

6.2 Biometria, marcação e aclimatação

Foram selecionadas prioritariamente fêmeas com comprimento ≤ 35 cm, classificadas como juvenis conforme Fachín-Terán e Vogt (2004). A sexagem baseou-se em características morfológicas, como tamanho corporal e coloração da cabeça, considerando o dimorfismo sexual da espécie, onde as fêmeas apresentam tamanho maior (Pritchard; Trebbau, 1984 apud Ribeiro, 2012) e filhotes, juvenis e machos apresentam a coloração da cabeça amarela, característica ausente em fêmeas após a maturação (VOGT, 2008).

Anterior ao início do experimento, os espécimes passaram por biometria onde foram mensurados a largura e comprimento curvilíneo da carapaça com fita métrica e pesagem com balança digital com precisão de 1 g (Ribeiro, 2012) (Figura 10). Os espécimes selecionados tiveram como comprimento da carapaça médio $21,34 \pm 2,43$ cm o peso médio de $1129,5 \pm 340,43$ g.

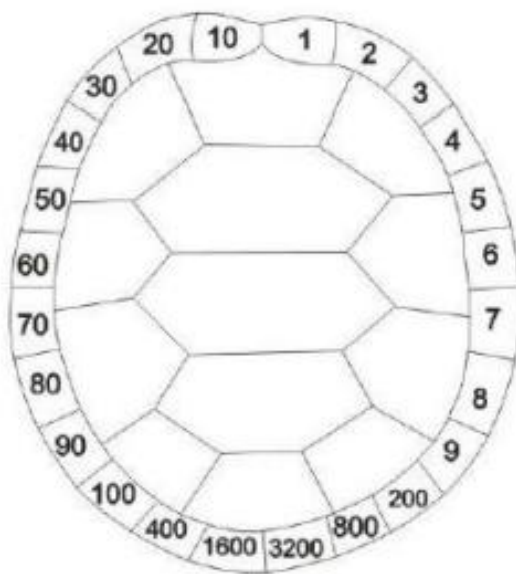
Figura 10 - Medida curvilínea da carapaça (A) e pesagem (B) de *Podocnemis unifilis* na seleção dos espécimes experimentais



Fonte: Acervo pessoal

Após a biometria, os espécimes foram marcados conforme o descrito por Haller (2002) apud Ribeiro (2012), que consiste na marcação dos escudos marginais da carapaça de *Podocnemis* spp., que não ocasionam danos ao animal e permite a contagem de mais de 6 mil exemplares (Figura 11 e 12).

Figura 11 - Esquema de marcação do gênero *Podocnemis*



Fonte: Haller (2002)

Figura 12 - Espécime de *Podocnemis unifilis* com marcação nos escudos marginais



Fonte: Acervo pessoal

Posteriormente, os espécimes foram aclimatados pelo período de 10 dias (Brasiliense, 2019), sendo distribuídos cinco animais em 12 tanques de 500 L, com 150 L de água e rampa de madeira (Figura 13). Durante o período de aclimatação, os espécimes foram alimentados

com ração extrusada para peixes com 28% de proteína bruta, todos os dias, e foram realizadas trocas de água a cada 48 horas.

Figura 13 - Local do experimento



Fonte: Acervo pessoal

6.3 Delineamento experimental

O experimento foi constituído por quatro tratamentos, com três repetições cada, e cinco espécimes em cada unidade experimental (Figura 14). O tempo total de experimento foi de 30 dias. Esse período foi definido com base em estudos realizados com: peixes-zebra, tilápia e lagartos do gênero *Podarcis* (DE SOUZA TEIXEIRA *et al.*, 2025; ZHANG *et al.*, 2025; SCUDIEIRO *et al.*, 2025). Os tratamentos foram definidos por dois fatores: alimentação e exposição ao glifosato, conforme o descrito abaixo.

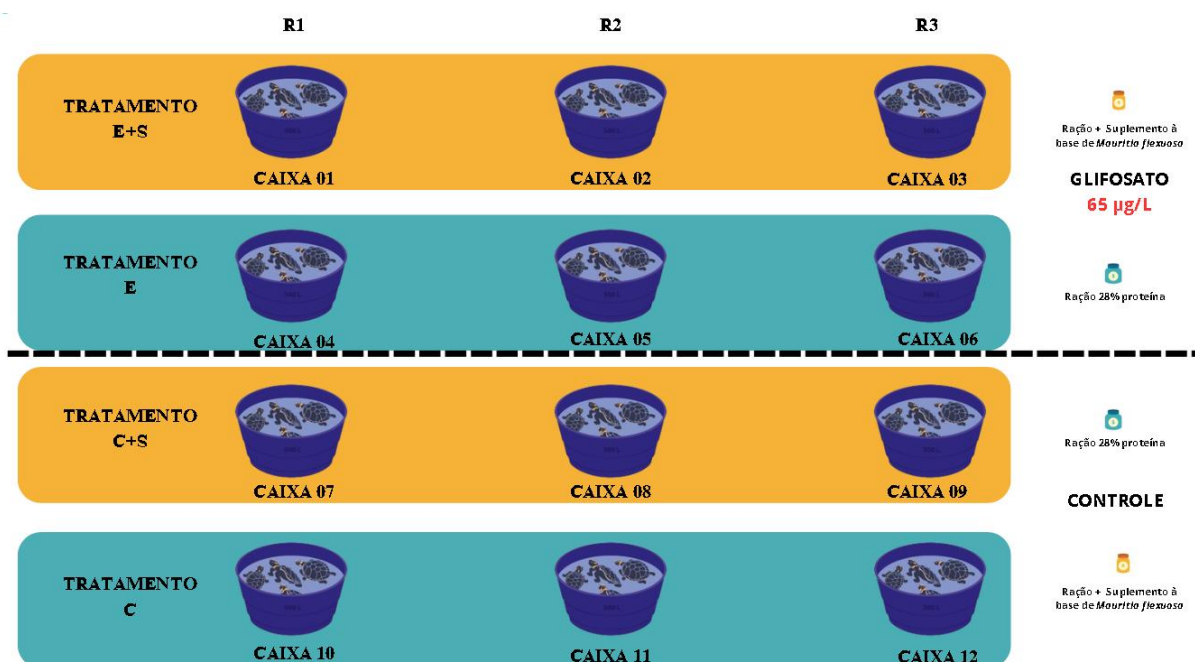
Tratamento C - Animais alimentados apenas com ração extrusada.

Tratamento C+S - Animais alimentados com ração extrusada + Suplementação com *Mauritia flexuosa*

Tratamento E - Animais alimentados apenas com ração extrusada e expostos à **dose limite permitida** (65 µg/L) de glifosato.

Tratamento E+S - Animais alimentados com ração extrusada + suplementação e expostos à **dose limite permitida** (65 µg/L) de glifosato.

Figura 14 - Delineamento experimental com juvenis de *Podocnemis unifilis*, distribuídos em quatro tratamentos (E+S, E, C+S e C), com ou sem exposição ao glifosato (65 µg/L) e suplementação com *Mauritia flexuosa*, em triplicata (12 caixas)



Fonte: O autor.

Os tanques foram monitorados diariamente e limpos a cada 48 horas, conforme necessidade. A higienização foi feita com auxílio de uma esponja e após limpeza, os tanques foram reabastecidos com 150 L de água e foi diluído o glifosato (formulação comercial Roundup®) na dosagem estabelecida pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 357/2005 e n° 20/1986, que estabelece o valor máximo de contaminação em água de superfície.

6.4 Alimentação dos juvenis de *P. unifilis*

Os animais foram alimentados com ração comercial contendo 28% de proteína bruta, na proporção de 0,5%, entre o período de 10h e 12h - período mais quente do dia - horário em que o metabolismo está mais acelerado, o que aumenta a busca por alimento (LUZ, 2005; ANDRADE, 2008) (Figura 15).

Figura 15 - Espécimes de *Podocnemis unifilis*, sendo alimentados



Fonte: Acervo pessoal

6.5 Preparo da suplementação de *Mauritia flexuosa*

O suplemento peletizado à base do fruto de buriti (*M. flexuosa*) foi preparado a partir da obtenção da farinha da polpa do fruto, conforme como descrito por Santos e colaboradores (2011), essa metodologia foi adaptada após um pré-teste.

Na obtenção da farinha os frutos foram selecionados, e passaram por um processo de higienização que consiste na lavagem em água clorada (5 ppm), onde permaneceram por 30 minutos. Posteriormente, foram lavados em água corrente para a retirada de resíduo do cloro. Após higienizados, os frutos passaram por cocção sendo submetidos à estufa a 100 °C por três horas. Em seguida, o fruto foi separado em: casca, polpa, fibra e sementes (MELO, 2008).

Para a elaboração desse suplemento foi utilizada a polpa, que após serem separadas do fruto, permaneceram na estufa a 60°C por 72 horas, para desidratação. Após a secagem, a polpa foi moída e a farinha foi obtida após ser peneirada. Posteriormente, esta farinha foi misturada com água a 60°C e realizou-se a peletização em máquina de moer carne elétrica. Em seguida, os péletes foram secos em estufa de circulação forçada por 72 horas, resfriados e guardados em ambiente seco (ARAÚJO *et al.*, 2024).

6.6 Taxa da de crescimento dos juvenis de *Podocnemis unifilis*

Para a avaliação do padrão de crescimento, e a obtenção da taxa de crescimento dos espécimes foram realizadas medidas como: comprimento da carapaça (CC), largura da carapaça (LC), comprimento do plastrão (CP), largura do plastrão (LP) e altura (A), nos dias 0 e dia 30. Além disso, os espécimes foram pesados com balança digital nos dias 0, 10, 20 e 30.

A partir do peso, a taxa de crescimento específico foi calculada conforme Araújo *et al.* (2024), sendo a fórmula:

$$TCE (\%) = \left[\frac{(\ln \ln \text{ peso final} - \ln \ln \text{ peso inicial})}{\text{tempo de experimento (dias)}} \right] \times 100$$

Foram calculadas as médias para o dia 10, 20 e 30, sendo essas taxas para avaliar o crescimento dos espécimes durante o tempo de exposição.

6.7 Análise estatística

Os dados obtidos a partir da fórmula para a taxa de crescimento, foram submetidos à análise estatística pelo *software* GraphPad Prisma versão 8.0.1. As taxas de crescimento foram avaliadas por meio do teste de Shapiro-Wilk para verificar a normalidade dos dados. Após, foram submetidas à análise variância trifatorial (Three-way ANOVA). A análise de variância trifatorial foi adotada para avaliar os efeitos principais e as interações entre tempo de exposição, suplementação alimentar e exposição ao glifosato.

A variável sexo não foi considerada na análise estatística devido à limitação na separação proporcional de machos e fêmeas, bem como à predominância de fêmeas juvenis no plantel experimental. O teste de comparações múltiplas de Tukey foi aplicado quando observadas diferenças significativas. O nível de significância adotado foi de $p < 0,05$.

6.8 Seleção dos espécimes para análise histológica

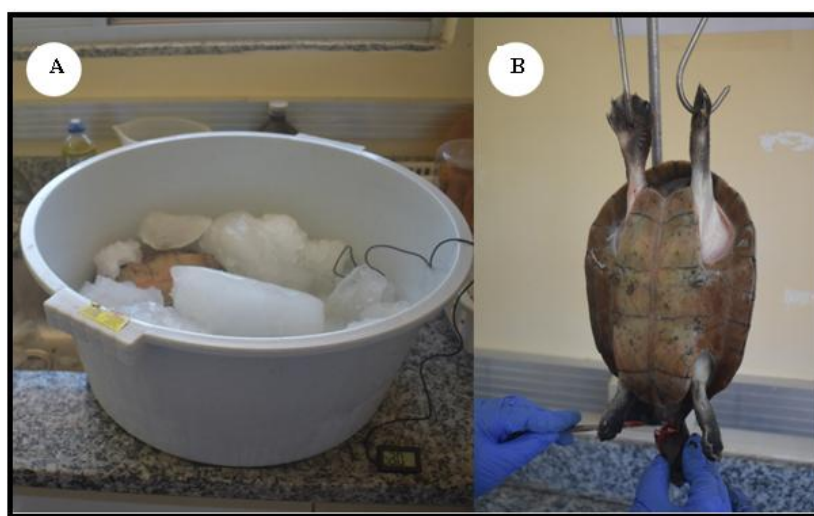
Foram selecionados 36 espécimes dos espécimes provenientes do experimento de taxa de crescimento, sendo utilizados três indivíduos por caixa d'água para análise histológica do fígado. Sendo selecionados 36 espécimes (n=36).

6.9 Eutanásia

Para as análises histológica do fígado e baço, a eutanásia foi realizada por meio da dessensibilização em água e gelo (0° C a -2° C), até a a perda total de consciência, avaliada a

partir da perda do reflexo corneal e motor. Posteriormente, ao atordoamento procedeu-se a decapitação e perfuração craniana (Figura 17). Este método foi descrito pela Resolução Normativa CONCEA nº 37/2018, sendo o método aceito com restrição “...se plenamente justificados para o objetivo científico, ou seja, forem insubstituíveis por outros métodos que comprometam os resultados experimentais...”.

Figura 17 - Eutanásia dos espécimes A) Dessensibilização; B) Decapitação



Fonte: Acervo pessoal

Embora existam poucos estudos sobre os efeitos de anestésicos em répteis, algumas pesquisas relataram alterações em sistemas hepáticos e renal em grupos taxonômicos próximos, como as aves (CARVALHO *et al.*, 2007). E sabe-se que, esses fármacos tendem a ser metabolizados principalmente pelo fígado (TRAVOR; MILIER, 2002), órgão que foi analisado no presente estudo.

Após a decapitação foi realizada a separação da carapaça e plastrão com auxílio de uma serra mármore (Figura 18) e, posteriormente, a evisceração, a toailete e a retirada do fígado.

Figura 18 - Abertura do casco com serra mármore para o acesso às vísceras dos animais experimentais



Fonte: Acervo pessoal

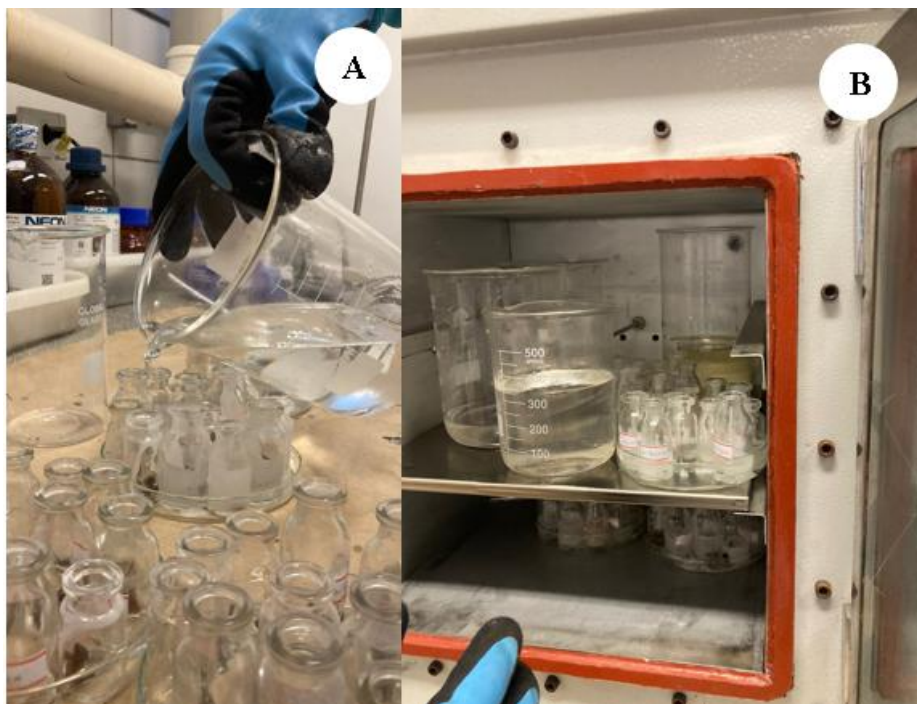
6.10 Microscopia de luz

Após a coleta, os fragmentos do tecido hepático foram acondicionados por 72 horas em frascos de vidros contendo formol a 10% tamponado em tampão fosfato, para fixação, para preservar os tecidos, evitando sua degradação (SANTOS *et. al.*, 2021). Após o processo de fixação, o fixador foi substituído por álcool 70%, sendo mantido neste material até o processo de inclusão, conforme o descrito por Carvalho (2012).

Para a inclusão em parafina (Figura 19 -A), os fragmentos foram desidratados em álcool em ordem crescente de concentração (álcool 70% - álcool 95% I - álcool 95% II - álcool absoluto I - álcool absoluto II), permanecendo por 60 minutos em cada concentração, conforme o descrito por Souza e colaboradores (2024).

Após desidratadas, as amostras foram diafanizadas em duas etapas: Xilol 100% I e Xilol 100% II, onde as amostras ficaram submersas por 60 minutos. Posterior à diafanização, as amostras foram impregnadas em duas parafinas a 60°C por 60 minutos em cada (Figura 19 -B)

Figura 19 - A) Inclusão em parafina; B) Impregnação em parafina



Fonte: Acervo pessoal

Os fragmentos foram incluídos em parafina durante o processo de emblocamento, que consistiu em blocos de papel preenchidos com parafina e paraplast, na proporção de 1:1. Os blocos de parafina obtidos foram refrigerados por 24 horas (Figura 20 – A), e após a refrigeração, foram desbastados em micrótomo rotativo semi-motorizado modelo RM2245 (Leica, Wetzlar - GER) (Figura 20 – B).

Figura 20 - A) Blocos histológicos de parafina; B) Micrótomo



Fonte: Acervo pessoal

Após o desbaste, os fragmentos foram cortados na medida de 4 μm . Os cortes foram colocados em lâminas com adesivo de *Haupt*, e esticados com auxílio de formalina a 5% e chapa aquecedora. As lâminas foram acondicionadas em suporte de madeira por aproximadamente dois dias.

Posteriormente, as lâminas foram coradas com Hematoxilina de Harris e Eosina (HE) (Souza *et al.*, 2024). O processo de coloração seguiu as seguintes etapas:

- 1) Desparafinização: Foram submersas em Xilol I e Xilol II, por 10 minutos em cada.
- 2) Hidratação: Foram banhadas em ordem decrescente de álcool (álcool absoluto I – álcool absoluto II – álcool 95% I – álcool 95% II -álcool 70%).
- 3) Lavagem em água: Permaneceram por dois minutos em água corrente.
- 4) Coloração em Hematoxilina de Harris: As lâminas foram submersas na Hematoxilina por 2 minutos, após esse período foram lavadas por 10 minutos em água corrente para a retirada do excesso do corante. Nessa etapa, foram corados roxo-azulado as partes ácidas das células.
- 5) Coloração em Eosina: As lâminas foram submersas em eosina por um minuto e lavadas em água corrente. Sendo corado a parte básica da célula em rosa-alaranjado.

As lâminas coradas passaram por processo de desidratação em série alcoólica (álcool 70% - álcool 95% II - álcool 95% II - álcool absoluto I - álcool absoluto II), e diafanizadas em xilol 100% I e xilol 100% II. Após a diafanização, foram montadas lâminas permanentes com o auxílio de lamínulas e bálsamo-do-Canadá (sintético).

Para cada espécime, foram confeccionadas quatro lâminas histológicas com quatro cortes em cada, todas foram submetidas à avaliação microscópica. A análise levou em consideração o conjunto das lâminas por espécime, sendo relatado como alterações associadas à exposição somente aquelas ausentes no grupo controle (que não foi exposto).

Após secas, as lâminas foram fotografadas e analisadas em um microscópio óptico nas objetivas de 4x, 10x, 40x e 100x, microscópio do modelo Leica DM500, com câmera Leica ICC 50HD acoplada (Leica, Wetzlar-GER) e foram processadas no software específico da Leica LAS EZ.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Taxa de crescimento em juvenis de *Podocnemis unifilis* sob exposição ao glifosato e suplementação com *Mauritia flexuosa*

7.1.1 Padrões gerais de crescimento no período experimental

Foram utilizados 60 juvenis de *P. unifilis*, sendo 49 fêmeas e 11 machos. Os espécimes apresentaram aumento do peso corporal ao longo do período experimental, evidenciado principalmente pelo ganho de massa corporal. Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao peso e ao comprimento da carapaça, que se manteve estável durante todo o experimento (Tabela 1). Quanto ao crescimento da carapaça, estas se mantiveram iguais independente da exposição ao glifosato e da suplementação alimentar à base de *M. flexuosa*.

Tabela 1 -Peso, comprimento e taxa de crescimento específico de *Podocnemis unifilis* submetidos a diferentes dietas, e exposições ao glifosato

Variáveis	Tratamentos			
	C	C+S	E	E+S
Peso médio inicial (g)	1020 ± 429,89	1232,6 ± 393,42	1160 ± 271,17	1129 ± 227,73
Peso médio final (g)	1034 ± 445,18	1259,4 ± 387,17	1138 ± 275,77	1174 ± 243,00
CCAR média inicial (cm)	20,5 ± 2,58	20,8 ± 2,27	20,9 ± 2,43	20,9 ± 2,40
CCAR média final (cm)	20,5 ± 2,58	20,8 ± 2,27	20,9 ± 2,43	20,9 ± 2,40
TCE peso (%)	0,035	0,082	0,047	0,084

C = controle; C+S = controle com suplemento; E=exposto ao glifosato; E+S= exposto ao glifosato com suplemento; TCE: taxa de crescimento específico; CCAR= Comprimento curvilíneo da carapaça

O padrão de crescimento corporal corroborou com a história de vida do grupo estudado, que apresentam uma alta taxa de crescimento após a eclosão, seguidos por um período de crescimento mais lento do comprimento e largura da carapaça, sendo o ganho energético usado para o aumento do peso (BATTAUS, 1998).

Wilbur e Morin (1988) defendem a hipótese de que a relação entre tamanho corporal e taxa de crescimento em Testudines está associada à maturação sexual. À medida que os indivíduos se aproximam da maturidade, ocorre redirecionamento do orçamento energético do crescimento para a reprodução (DUHAN; GIBBONS, 1990). Defende-se também que a alta taxa de crescimento da carapaça em filhotes é devido a alta vulnerabilidade desses indivíduos (WILBUR; MORIN, 1988; SPENCER, 2002).

O aumento da carapaça mais acentuado em filhotes que adultos, foi observado nas espécies de cágados não submetidas a estresse ambiental, sendo elas: *Kinosternon scorpioides* (CASTRO, 2006), *Hydromedusa maximiliani* (MARTINS, 2008), *Phrynosops geoffroanus*

(SANTANA, 2012), *Podocnemis erythrocephala* (BERNARDES, 2011) e *Acanthochelys spixii* (FRAXE NETO *et al.*, 2011).

Legler (1960) descreveu que as fêmeas de Testudines podem apresentar peso superiores às dos machos, característica associada a estratégias reprodutivas, condições ambientais e fatores genéticos. Esses aspectos reforçam a importância de estudos que considerem ambos os sexos, considerando as peso em ambos os espécimes expostos e não expostos ao glifosato.

A ausência de aumento significativo da carapaça indica que, esse parâmetro apresenta baixa sensibilidade como biomarcador de exposição ao glifosato em *P. unifilis* durante o período experimental testado, nesta fase de desenvolvimento do animal.

7.2 Variação da massa corporal ao longo do tempo

A massa corporal dos espécimes analisados apresentou um aumento significativo ao longo do tempo, com diferenças significativas quanto ao tempo de exposição, conforme a Tabela 02 e Gráfico 01. Não houve diferença significativa entre os grupos expostos e não exposto ao produto comercial à base de glifosato, nem entre os grupos suplementados e não suplementados com o buriti.

O aumento da massa corporal dos indivíduos analisados mostra o crescimento esperado nos juvenis sob condições experimentais. Não houve efeito sobre a taxa de crescimento específico nos animais submetidos aos diferentes tratamentos, evidenciando que, nessas condições, a exposição ao glifosato no limite máximo permitido pelo CONAMA e a suplementação à base de buriti não foram determinantes para mudanças no crescimento dos espécimes, mostrando que o tempo foi o principal fator.

Tabela 2 - Comparação das diferenças médias da taxa de crescimento entre os períodos de 10, 20 e 30 dias de experimento, evidenciando o efeito do tempo sobre o crescimento dos animais, com IC 95% e valores de *p* do teste de Tukey

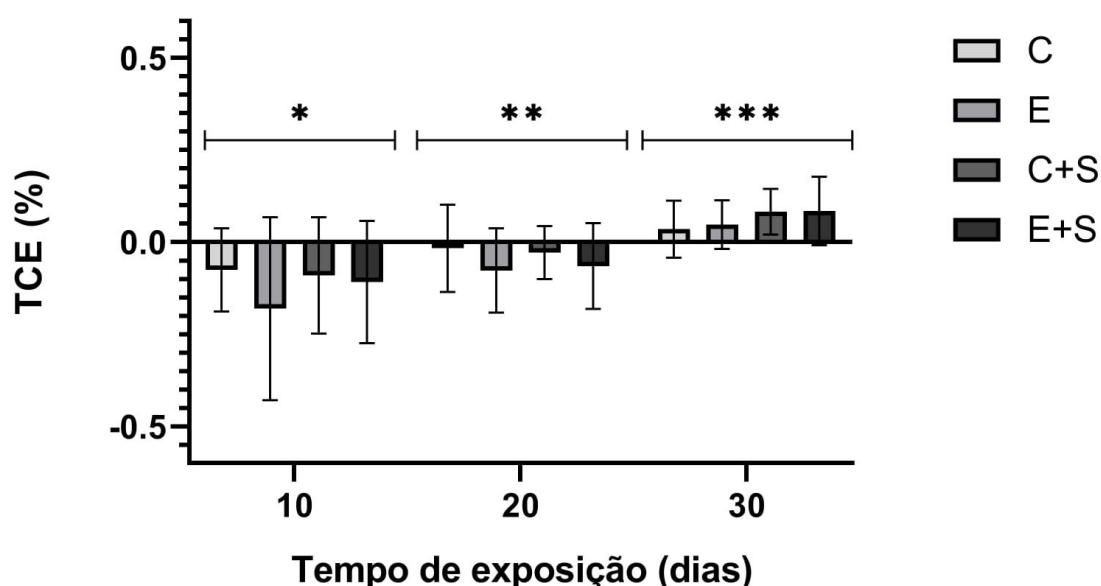
Comparação	Diferença média	IC 95%	p (Tukey)
10 vs 20 dias	-0.06713	-0.06713 a -0.02578	0.007
10 vs 30 dias	-0.1764	-0.2245 a -0.1283	<0.0001
20 vs 30 dias	-0.1093	-0.1363 a -0.08222	<0.0001

Battaus (1998) em seu estudo sobre a estimativa de parâmetros populacionais de *Podocnemis expansa*, descreve que o tamanho corporal está associado a dois fatores, sendo eles: a idade e o tipo de alimentação. Neste trabalho, ele defende que os Testudines, em geral,

apresentam taxas de crescimento distintas ao longo da vida, sendo essa taxa maior em filhotes quando comparado com juvenis e adultos, esses achados corroboram os resultados do presente estudo, uma vez que a avaliação ocorreu em um período relativamente curto (30 dias), quando comparado com a estimativa de vida e a idade dos espécimes estudados.

Iverson (1979) realizou um estudo com espécie *Kinosternon subrubum*, cágado endêmico do Estados Unidos a, e descreveu que a taxa de crescimento diminui quando a espécie atinge a maturidade (entre quatro e seis anos), mas que apesar de serem mais lentas os espécimes apresentaram crescimento médio de um centímetro por ano.

Gráfico 1 - Evolução da taxa de crescimento específica (TCE) de *Podocnemis unifilis* durante o período experimental (10, 20 e 30 dias).



Legenda: C: Controle; E: Expostos ao Glifosato; C+S: Controle c/ suplementação; E+S: Exposto ao Glifosato c/ suplementação. A análise foi feita por ANOVA, seguida pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, sendo as diferenças significativas indicadas pelo *

Castro e colaboradores (2022) avaliaram o crescimento de filhotes de *P. unifilis* e *P. expansa* alimentados com diferentes subprodutos e resíduos, durante o período de 150 dias, sendo observadas diferenças significativas tanto no peso final, quanto no comprimento retilíneo da carapaça, reforçando a hipótese que a taxa de crescimento é inversamente proporcional a idade dos espécimes.

Atualmente, poucos trabalhos descreveram sobre o crescimento específicos de espécies brasileiras de cágados, sendo essa ausência justificada por causa da necessidade de longos períodos de acompanhamentos populacionais e uma considerável taxa de recaptura, havendo a

necessidade de um modelo que descrevam a relação entre o tamanho e a idade de animais de vida longa, que apresentam crescimento lento (SPENCER, 2002).

7.1.2 Ausência dos efeitos dos tratamentos e suas implicações ecotoxicológicas

A análise de variância tri-fatorial não evidenciou diferenças significativas entre os tratamentos, nem interações significativas entre as variáveis analisadas: tempo, exposição e suplementação, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Comparações múltiplas entre os tratamentos, da taxa de crescimento de *P. unifilis*, obtidas pelo teste de Tukey, com diferenças médias, intervalos de confiança de 95% (IC95%) e valores de p.

Comparação	Diferença média	IC 95%	p (Tukey)
C vs E	0.0512	-0.03404 a 0.1361	0.3863
C vs C+S	-0.007158	-0.06406 a 0.04974	0.9868
C vs E+S	0.01069	-0.04826 a 0.06964	0.9622
E vs C+S	-0.05818	-0.1514 a 0.03501	0.3531
E vs E+S	-0.04033	-0.1273 a 0.04662	0.6062
C+S vs E+S	0.01785	-0.05384 a 0.08953	0.9098

C: controle; E: Glifosato; C+S: controle c/ suplementação; E+S: exposto c/ suplementação

A partir dos resultados, o crescimento corporal foi considerado um biomarcador de baixa sensibilidade para efeitos de exposição ao glifosato, quando os espécimes são expostos ao limite máximo permitido pelo CONAMA nº357 de 2005, já que o crescimento pode não mostrar efeitos subletais iniciais, que podem se manifestar em níveis histológicos, hematológicos e fisiológicos.

Simonetti (2014) avaliou de dados biométricos de espécimes de *P. unifilis* intoxicados por chumbo por 60 dias, e não obteve diferenças significativas para o peso e tamanho dos espécimes nos três grupos avaliados (Controle, 300 mg Pb/kg e 600 mg Pb/kg). Apesar de ser um período maior que o deste estudo, ele corroborou com a hipótese que espécimes que atingiram a maturidade têm taxa de crescimento corpóreo reduzido, e que, a espécie é resistente a estresses ambientais associadas à contaminação e/ou exposição.

A ausência de diferenças significativas entre os tratamentos demonstra que, avaliações ecotoxicológicas baseadas em parâmetros de crescimento são complexas, ainda mais com

organismo com uma alta longevidade, principalmente em períodos experimentais curtos e com doses permitidas ambientalmente. Esses resultados, sugerem que a *P. unifilis* possui algum mecanismo compensatórios diante da exposição à poluente químico.

Venancio e colaboradores (2013) realizaram uma análise bioquímica de biomarcadores de contaminação em *Phrynops geoffroanus* (cágado-de-barbicha) em área urbana contaminada por efluentes domésticos e industriais, e obteve como resultado que essa espécie de quelônio de água doce aumenta suas defesas antioxidantes para se proteger da contaminação ambiental.

Colson e colaboradores (2021) ao expor uma espécie de tartaruga (*Chelydra serpentina*) a bifenilos policlorados (PCBs), descreveram que os espécimes metabolizaram as baixas concentrações do poluente. Corroborando com o atual estudo, quanto à hipótese acerca dos mecanismos compensatórios do grupo estudado, principalmente em baixas concentrações de poluentes químicos.

Diante disso, a falta de diferenças significativas entre os dados, não pode ser interpretada como a ausência de impactos, mas a limitações associadas ao tempo de exposição, principalmente nesta espécie de vida longa, à concentração do glifosato e a ausência de dose letal para a espécie. Assim, tornam-se necessários estudos com períodos mais longos e que levem em consideração exposição contínua similar ao que ocorre em vida livre.

7.1.3 Exposição em biotério *versus* exposição ambiental: possíveis implicações para populações de vida livre

Neste estudo, os espécimes apresentaram TCE não significativas entre os tratamentos expostos ao produto comercial à base de glifosato e a suplementação à base de *Mauritia flexuosa*, o que mostrou que a variável crescimento apresentou baixa sensibilidade para detectar efeitos em curto prazo em espécimes *P. unifilis* deste agrotóxico. Outro estudo, mostrou que parâmetros biométricos de espécimes de *P. unifilis* expostos a contaminantes, possuem baixa sensibilidade para detectar efeitos ocasionados por exposição ou contaminação em curto prazo (SIMONETTI, 2014).

Os Testudines apresentam metabolismo lento, elevada longevidade e estratégias fisiológicas que os tornam resistentes a estressores, podendo ser essas características responsáveis por atenuar respostas imediatas a poluentes (SIMONETTI, 2014; PIGNATI, 2017; CAPRONI, 2023). Essas características reforçam a hipótese de que esses organismos podem ter mecanismos compensatórios ou armazenar esses contaminantes em tecidos específicos, reduzindo impactos sobre o crescimento em curtos períodos de exposição.

Apesar de não terem sido detectados efeitos na taxa de crescimento dos espécimes, ainda há risco ambiental, uma vez que contaminantes como o glifosato podem desencadear efeitos cumulativos, podendo ser percebidos apenas sob exposição contínua (BAIRD, 2002). Vale ressaltar que, os espécimes deste estudo foram oriundos de biotério e não tiveram contato com nenhum contaminante prévio, e que os espécimes de vida livre estão susceptíveis a contaminação em maiores concentrações a partir da bioacumulação, uma vez que essa espécie se alimenta de organismos-vivos menores (PIGNATI, 2017).

Com a bioacumulação, mesmo se organismo estiver em um ambiente com baixa concentração de algum contaminante, a concentração deste composto pode aumentar ao longo do nível trófico. Cabe mencionar que, os Testudines como diversos animais que participam de uma teia alimentar, podem também participar de outra, tornando a contaminação mais grave.

Esse fenômeno coloca em risco as comunidades tradicionais que fazem o uso de recursos que podem ter acumulado esses contaminantes no decorrer do tempo, tornando-a susceptíveis à insegurança alimentar (NUNES *et al.*, 2023). Sabe-se que os Testudines apresentam grande relevância cultural, principalmente na região amazônica que abrigam: povos originários, caiçaras, ribeirinhos, quilombolas, pescadores, babaqueiros entre outros (SALERA, 2005; DIEGUES, 2000).

Nesse sentido, os resultados evidenciam a necessidade de avaliar mais parâmetros em experimentos em longos períodos com organismos de alta longevidade. Apesar de não haver diferenças significativas nas taxas de crescimento, os espécimes expostos podem ter tido alterações em outros parâmetros, como: histológicos e fisiológicos, como o descrito com: *Colossoma macropomum* (tambaqui), *Carnegiella strigata* (peixe-borboleta), *Hemigrammys rhodostomus*, *Paracheirodon axelrodi* (cardinal tetra), *Corydoras schwartzi* (SOUZA-BASTOS *et al.*, 2017), *Brycon amazonicus* (MORAES *et al.*, 2013), *Prochilodus lineatus* (curimbatá) (LANGIANO; MARTINEZ, 2008).

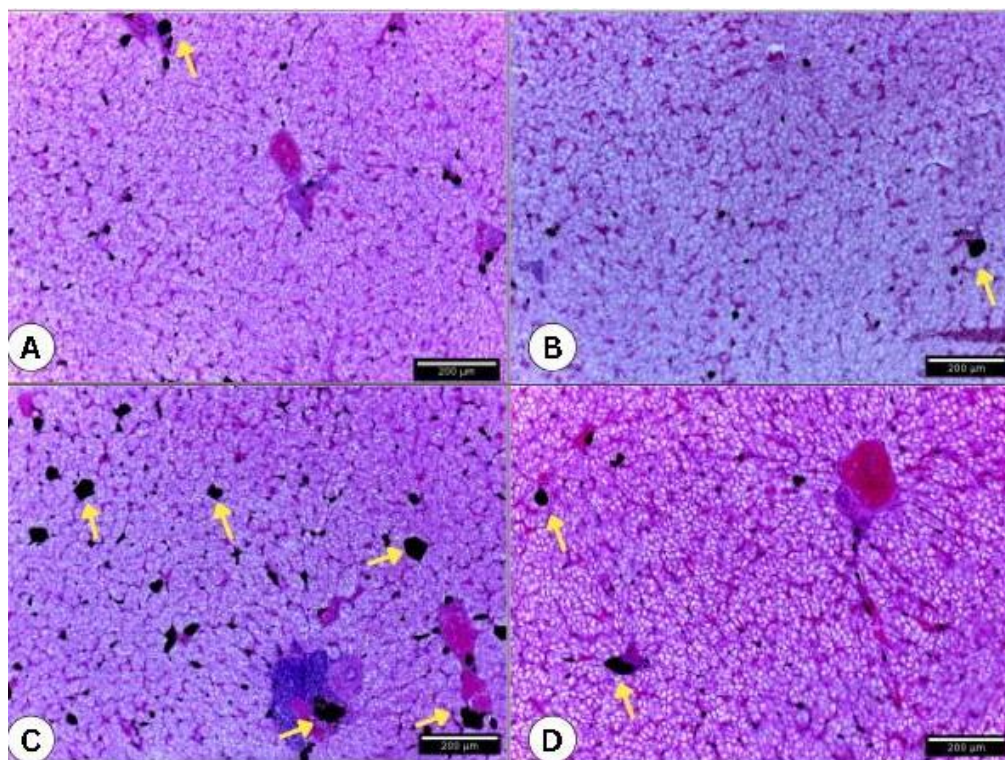
7.2 Alterações histológicas hepáticas em *Podocnemis unifilis* expostos ao glifosato e o efeito atenuante de *Mauritia flexuosa*

O estudo histopatológico do fígado de *Podocnemis unifilis* apresentou diferenças morfológicas entre os tratamentos, evidenciando respostas teciduais associadas à exposição ao glifosato e à suplementação alimentar. O fígado apresentou alterações compatíveis com respostas inflamatórias e mecanismos de estresse fisiológico.

Nos espécimes pertencentes ao grupo controle (não foram expostos a nenhum contaminante ou suplementação) e o controle com suplementação com *M. flexuosa*, as amostras dos fígados apresentaram os cordões de hepatócitos organizados, com sinusoides bem delimitados e não foram observadas alterações inflamatórias relevantes. Foi observada a presença de melanomacrófagos, mas de forma restrita conforme a fisiologia normal da espécie (Figura 21 – A e B).

Em contrapartida, os espécimes do tratamento exposto ao glifosato com suplementação apresentaram maior número de centro de melanomacrófagos (Figura 21 – C), quando comparados ao grupo exposto sem suplementação (Figura 21 –D).

Figura 21- Cortes Histológicos do Fígado de espécimes de *Podocnemis unifilis* expostos e não expostos ao glifosato



Legenda: a) Controle sem suplemento; b) Controle com suplemento de buriti; c) Exposto ao glifosato com suplemento buriti; d) Exposto ao glifosato sem suplemento; (□) = Melanomacrófagos

A presença de melanomacrófagos é uma característica comum em vertebrados ectotérmicos. O fígado exerce papel central nos processos de biotransformação e detoxificação de xenobióticos, envolvendo tanto hepatócitos, quanto melanomacrófagos, sendo estes considerados biomarcadores de estresse ambiental (LUCIA *et al.*, 2010; BACH *et al.*, 2018). Trata-se de uma célula fagocítica que produz e armazena melanina, e podem absorver e neutralizar radicais livres, cátions e outros agentes tóxicos (RIBEIRO *et al.*, 2011; ZUASTI *et al.*, 1989).

Fenoglio *et al.* (2008) descrevem que a melanina apresenta função antioxidante. Assim, o aumento de melanomacrófagos observado nos animais expostos ao glifosato e com suplementação pode estar associado à intensificação de mecanismos antioxidantes (Figura 21 – C). Larsson (1993) relata que a melanina pode adsorver toxinas e liberá-las gradualmente em concentrações menos tóxicas. No entanto, o acúmulo excessivo desses compostos pode levar à degeneração dos melanomacrófagos, ou seja, os espécimes que foram expostos ao agrotóxico, podem ter concentrado o glifosato no tecido, fazendo com que diminuísse a quantidade melanomacrófagos. Fanali (2020) descreveu comportamento similar em *Physalaemus cuvieri* (Anura) exposto em curto período ao contaminante benzo[a]pireno.

Diante disso, o aumento de melanomacrófagos observado nos espécimes expostos ao glifosato e alimentados com suplementação à base de *M. flexuosa* pode estar associado a uma resposta adaptativa do tecido hepático frente ao estresse oxidativo, evidenciando que a resposta dos melanomacrófagos só ocorreu quando a suplementação aconteceu em conjunto com a exposição.

Ledic-Neto e colaboradores (2014) ao avaliar a influência da suplementação de ração com própolis sobre os parâmetros hematológicos e os centros de melanomacrófagos no rim e baço de tilápia do Nilo, verificou um aumento de melanomacrófagos nos grupos suplementados, como neste estudo, e descreveu que, não houve diferença significativa quanto às alterações renais desses organismos, evidenciando que, o própolis é uma alternativa fisiológica viável na suplementação de rações para tilápias. Quanto aos parâmetros hematológicos, após 21 dias, as tilápias apresentaram menores números de leucócitos e linfócitos e o aumento no número de eritrócitos, indicando uma possível modulação da resposta inflamatória e melhora nos parâmetros fisiológicos, sugerindo benefícios associados à suplementação.

Assim, a presença de melanomacrófagos não pode ser interpretada exclusivamente como um indicativo de estresse, podendo refletir tentativas do organismo em restabelecer a homeostase hepática. Ou seja, a suplementação pode ter aumentado a atividade metabólica, intensificando a produção endógena de reativos de oxigênio que, consequentemente, ampliou

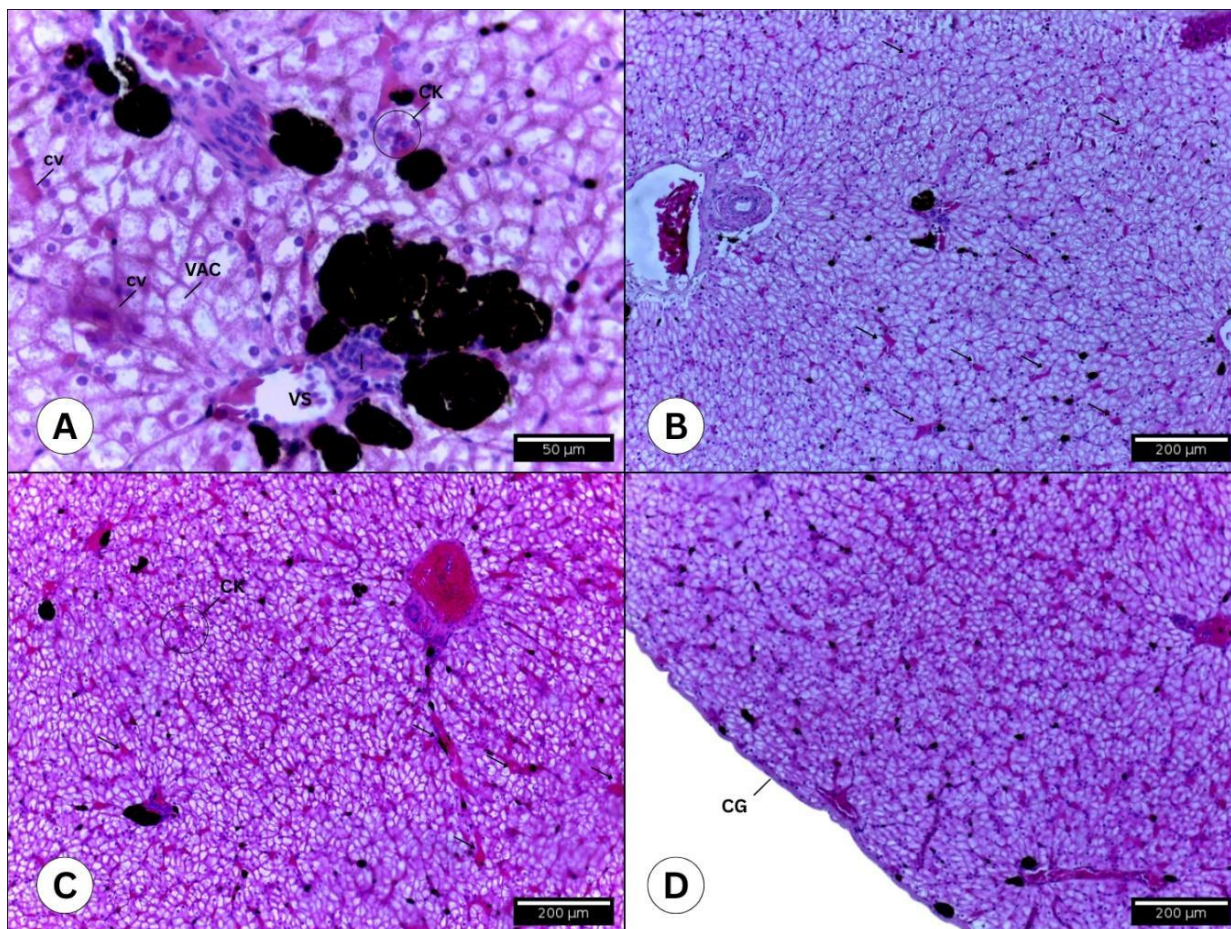
o estresse oxidativo sistêmico, fazendo com que houvesse maior mobilização de mecanismos antioxidantes.

Arciuli e colaboradores (2017) avaliaram as respostas de melanomacrófagos com a administração de ração enriquecida com polifenóis para robalo de cultivo (*Dicentrarchus labrax* L.), e defendem que o aumento da atividade de melanomacrófagos está associada à estimulação de funções citoprotetoras contra estímulos antigênicos e patógenos, como expressão de uma resposta imune adaptativa robusta e protetora.

Além dos melanomacrófagos, foi observada neste presente estudo, de forma pontual, em um indivíduo do grupo controle com suplementação, a presença de hepatócitos com citoplasma vacuolizado. E, entre os hepatócitos, foram observados sinusóides irregulares, com células de *Kupffer* evidentes. Nas proximidades de um vaso, tem um agregado de melanomacrófagos evidenciando que está ocorrendo um processo inflamatório (Figura 22 – A, B e C).

Figura 22 - Cortes histológicos do fígado de *Podocnemis unifilis* expostos ao glifosato, com (A e B) e sem (C e D) a ingestão de suplemento alimentar à base de fruto de buriti

A e B) exposto ao glifosato com suplemento de buriti; C) exposto ao glifosato sem suplemento



de buriti; D) exposto sem suplemento;

Legenda: CV: congestão vascular, CK: Células de Kupffer. Vs: Vaso sanguíneo, VAC: hepatócitos vacuolizados, I: Processo inflamatório; (□) Congestão vascular; CG: Cápsula de Glisson.

Alterações hepáticas associadas a processos inflamatórios também foram descritas em estudos com organismos expostos ao glifosato como: em peixes *Cyprinus carpio* (carpa comum) e *Oreochromis niloticus* (tilápia do Nilo), sendo observadas hepatotoxicidade com geração de respostas anti-inflamatórias (MOURA, 2009; ZHENG *et al.*, 2021), em ratos *Wistar* foram observadas alterações histológicas (esteatose, inflamação e fibrose) (REUS *et al.*, 2016).

Congestão vascular no parênquima hepático dos espécimes expostos ao glifosato, caracterizada pela dilatação dos sinusoides e acúmulo de hemácias (Figura 22 – C) foram observadas. Não foram observadas congestões vasculares nos grupos controles, com e sem suplementação de buriti. Além disso, a cápsula de Glisson permaneceu íntegra e bem delimitada em todos os tratamentos, sem evidências de espessamento. Não foram observadas alterações associadas à degeneração e/ou necrose.

Mendonça *et al.* (2023) observaram congestão vascular no fígado de filhotes de *P. unifilis* expostos ao glifosato e ao fipronil com doses superiores à administradas deste estudo. Essas congestões ocorrem em função do aumento do fluxo sanguíneo de fora para o local, e a redução do fluxo sanguíneo que sai do tecido. Kumar *et al.* (2010) descrevem que esse processo está associado à estase de eritrócitos e ao acúmulo de hemoglobina desoxigenada, resultando em edema.

Os resultados histológicos indicam que a exposição ao glifosato na concentração máxima permitida pela legislação foi capaz de induzir respostas hepáticas subletais detectáveis em nível histológico. Esses achados reforçam a importância do uso de biomarcadores histológicos como ferramentas sensíveis para a detecção precoce de impactos ecotoxicológicos, especialmente em organismos de longa longevidade, como os Testudines, nos quais respostas morfométricas podem demandar períodos mais longos para se manifestarem.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A taxa de crescimento de juvenis de *Podocnemis unifilis* – aumento de peso corporal por dia - apresentou diferença significativa na variável tempo, sem diferenças significativas entre os tratamentos com glifosato e a suplementação à base de *Mauritia flexuosa*. Esses dados indicam que o peso corporal possui uma baixa sensibilidade para detectar efeitos subletais em curto prazo (30 dias). Da mesma forma, não houve alterações no comprimento da carapaça, corroborando com a história de vida da espécie, que apresenta crescimento acelerado nas fases iniciais que vai desacelerando de forma progressiva ao longo do tempo. Diante disso, há uma necessidade de abordagens que englobam múltiplos biomarcadores e períodos de exposição prolongados, a fim de resultados mais robustos à cerca dos impactos do glifosato.

Por outro lado, a análise histológica apresentou alterações hepáticas associadas à exposição ao glifosato, mostrando respostas inflamatórias como congestão vascular, ativação de células de Kupffer e alterações na densidade de melanomacrófagos. Essas alterações indicam ocorrência de estresse fisiológicos associadas com a função hepática de biotransformação e detoxificação, sendo o fígado considerado um órgão sensível para avaliações ecotoxicológicas.

Adicionalmente, o aumento dos centros de melanomacrófagos avaliados nos espécimes expostos e suplementados com *Mauritia flexuosa*, indica uma possível modulação da resposta hepática relacionada à suplementação sendo um possível atenuante. Assim, o estudo destaca a importância dos biomarcadores histológicos na ecotoxicologia, e sugere a necessidade de investigação mais aprofundada sobre a relação do glifosato com o potencial mitigador do buriti.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE-VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). *Cartilha sobre agrotóxicos*. Série Trilhas do Campo. Brasília: Anvisa, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt/br/centraisdeconteudo/publicacoes/agrotoxicos/publicacoes/cartilha-sobre-agrotoxicos-serie-trilhas-do-campo-1.pdf>. Acesso em: 24 de janeiro de 2026.
- ALBERGONI, Leide; PELAEZ, Victor. Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas. **Revista de Economia**, v. 33, n. 1, p. 31-53, 2007.
- ALHO, Cleber; DE CARVALHO, Alberto.; DE PÁDUA, Luiz. Ecologia da tartaruga da Amazonia e avaliacao de seu manejo na reserva biologica do Trombetas [Brasil]. **Brasil Florestal**, v. 9, 1979.
- ALMEIDA, Mirella Dias *et al.* A flexibilização da legislação brasileira de agrotóxicos e os riscos à saúde humana: análise do Projeto de Lei nº 3.200/2015. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 33, p. e00181016, 2017.
- ALMONACID, José Vicente Rueda *et al.* **Las tortugas y los cocodrilianos de los países andinos del trópico**. Conservacion Internacional. 2007. 538p.
- AMARANTE JÚNIOR Ozelito Possidônio *et al.* Breve revisão de métodos de determinação de resíduos do herbicida ácido 2, 4-diclorofenoxiacético (2, 4-D). **Química Nova**, v. 26, p. 223-229, 2003.
- ANDRADE, Paulo César Machado. **Criação e Manejo de Quelônios no Amazonas**. Projeto diagnósticos da criação de quelônios no Estado do Amazonas Manaus - IBAMA, Pró-Varzea/Aquabio: il. Color.; Manaus, 528 p., 2008.
- ANSELMO, André Albuquerque dos Santos. **Resíduos de frutos amazônicos como ingredientes alternativos em ração extrusadas para juvenis de tambaqui *Colossoma macropomim***. 2008. Dissertação (Mestrado em Biologia aquática e pesca de interior) – Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Biologia Aquática e Pesca de Interior, Manaus, Amazonas, 2015. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/11274> . Acesso em 19 mar. 2025.
- ANTONELLI, Alexandre *et al.* Amazonia is the primary source of neotropical biodiversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 115, n. 23, p. 6034-6039, 2018.
- ARANTES, Muryel Moraes; ALMEIDA, Maria Geralda. O saber fazer do povo Kalunga na conservação da biodiversidade do Cerrado em Goiás (Brasil). Élisée, **Rev. Geo. UEG - Goiânia**, v.1, n.2, p.51- 70, jul./dez. 2012. Disponível em:< www.revista.ueg.br >. Acesso em:13 de junho de 2024.
- ARAÚJO, Isaac Moura *et al.* Phytochemical characterization, toxicity and pharmacological profile of the central effects of the fixed fruit pulp oil of *Mauritia flexuosa* LF (buriti). **Fitoterapia**, v. 180, p. 106303, 2025.
- ARAÚJO, Jamile Costa *et al.* Crescimento e eficiência alimentar de tracajás (*Podocnemis unifilis*) juvenis em cativeiro. **REVISTA DELOS**, v. 16, n. 49, p. 3938-3947, 2023.

ARAÚJO, Jamile Costa *et al.*; Carcass yield, meat and fat color of yellow-spotted river turtles (*Podocnemis unifilis*) fed with *Mauritia flexuosa* fruit-based supplement. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 13, p. e6982, 2024.

ARCIULI, Marcella *et al.* Administration of a polyphenol-enriched feed to farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): Kidney melanomacrophages response. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 68, p. 404-410, 2017.

ARRUDA BERTONI, José Eduardo *et al.* Flora arbórea e arbustiva do cerrado do Parque Estadual de Porto Ferreira (SP). **Revista do Instituto Florestal**, v. 13, n. 2, p. 169-188, 2001.

ATAÍDES, Marcos Augusto Marques; DA SILVA, Wellington Ribeiro. DA PRESERVAÇÃO E DA DESTRUIÇÃO DO CERRADO: PARADIGMAS EM QUESTÃO. **Building the way-Revista do Curso de Letras da UEG/Itapuranga**, v. 8, n. 1, 2018.

BACH, Nadia C. *et al.* Effects of glyphosate and its commercial formulation, Roundup® Ultramax, on liver histology of tadpoles of the neotropical frog, *Leptodactylus latrans* (amphibia: Anura). **Chemosphere**, v. 202, p. 289-297, 2018.

BAIRD, Colin. **Química ambiental**. Porto Alegre: Bookman, 2002, p.403-439.

BALENSIEFER, Deisi Cristiane; VOGT, Richard C. Dieta de *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) durante a estação seca na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas, Brasil. **Chelonian Conservation and Biology**, v. 5, n. 2, p. 312-317, 2006.

BALESTRA, Rafael Antônio Machado *et al.* Roteiro para inventários e monitoramentos de quelônios continentais. **Biodiversidade Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 114-152, 2016.

BATALHA, Marco Antônio. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotropica**, v. 11, p. 21-24, 2011.

BATAUS, Yeda Soares Lucena **Estimativa de parâmetros populacionais de *Podocnemis Expansa* (tartaruga-da-Amazônia) no rio Crixás-Açu (GO) a partir de dados biométricos**. 1998. Dissertação (Mestrado em Biologia), Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Biologia, Goiânia, 58p.

BATISTA, Jael Soares *et al.* Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L. **Ciência Rural**, v. 42, p. 136-141, 2012.

BEGOSSI, Alpina *et al.* Comunidades Pesqueiras, Etnoecologia, Ecologia Humana e Segurança Alimentar: uma revisão de conceitos, modelos e ensino. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 22, n. 1, p. 574-590, 2015.

BERNARDES, Virginia Campos Diniz **Estrutura populacional de *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemididae) no rio Unini, Amazonas, Brasil**. 2011. Dissertação (Mestrado em Biologia Aquática e Pesca de Interior), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Biologia Aquática e Pesca de Interior Manaus, Amazonas, 2011. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/11248>. Acesso em: 13 nov. 2026.

BERTI, Alessandra Paim *et al.* Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleos e agrotóxicos. **SaBios-Revista de saúde e biologia**, v. 4, n. 1, 2009.

BOMBARDI, Larissa Mies. **Agrotóxicos e colonialismo químico**. Editora Elefante, 2023.

BOMBARDI, Larissa Mies. **Geografia do uso de agrotóxicos no Brasil e conexões com a União Europeia**. FFLCH – USP, São Paulo, 2017, 296p.

BOSCOLO, Wilson Rogério *et al.* Digestibilidade aparente da energia e proteína das farinhas de resíduo da filetagem da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e da corvina (*Plagioscion squamosissimus*) e farinha integral do camarão canela (*Macrobrachium amazonicum*) para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 8-13, 2004.

BRAIBANTE, Mara Elisa Fortes; ZAPPE, Janessa Aline. A química dos agrotóxicos. **Química nova na escola**, v. 34, n. 1, p. 10-15, 2012.

BRANCO, Sara R. *et al.* Critical Review of Glyphosate-Induced Oxidative and Hormonal Testicular Disruption. **Antioxidants**, v. 14, n. 9, p. 1036, 2025.

BRASIL, **Lei nº 7.802 de 11 de julho de 1989. “Lei dos agrotóxicos”**. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7802.htm. Acesso em 13 de setembro de 2025.

BRASIL. **Decreto nº 23.672, de 2 de janeiro de 1934**. Aprova o Código de Caça e Pesca. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/445259/publicacao/15696184>. Acesso em: 18 dez. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 23.979, de 8 de março de 1934**. Aprova regulamento e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-23979-8-marco-1934-499088-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 18 dez. 2025.

BRASIL. **Decreto nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007**. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, Seção 1, 8 fev. 2007. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2007/decreto-6040-7-fevereiro-2007-550693-norma-pe.html>. Acesso em: 18 dez. 2025.

BRASIL. **Lei nº 5.197, de 3 de janeiro de 1967**. Dispõe sobre a proteção à fauna. Disponível em: <https://www.congressonacional.leg.br/legislacao/portal-legis/publicacao-portal-legis>. (*link genérico do Portal da Legislação – substitua pelo DOU, se tiver*). Acesso em: 18 dez. 2025.

BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre sanções penais e administrativas por condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm. Acesso em: 18 dez. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. *Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA*. Diretriz da prática de eutanásia para animais utilizados em procedimentos científicos. Resolução Normativa nº 37, de 15 de fevereiro de 2018. Brasília, DF: MCTI/CONCEA, 2018. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/legislacao/Arquivos/Anexo_Res_Norm_37_2018_CONCEA_Pratica_Eutanasia.pdf. Acesso em: 23 de agosto de 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano1.cfm?codlegitipo=3&ano=2005>. Acesso em: 2 de maio de 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 148, de 7 de junho de 2022**. Altera os anexos das Portarias MMA nº 443, 444 e 445, de 2014, e atualiza a lista de espécies ameaçadas de extinção. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 8 jun. 2022. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Portaria/2020/P_mma_148_2022_altera_anexos_P_mma_443_444_445_2014_atualiza_especies_ameacadas_extincao.pdf. Acesso em: 09 de julho de 2024.

BRASIL. **Portaria nº 142, de 30 de dezembro de 1992**. Normatiza a criação em cativeiro das espécies de quelônios *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis*, em criadouros com finalidade comercial, partindo de filhotes, nas áreas de distribuição geográfica. Diário Oficial da União. Brasília, n. 14, p. 922-923, 21.01.1992.

BRASIL. **Portaria nº 118, de 15 de outubro de 1997**. Normaliza o funcionamento de criadouros de fauna silvestre para fins comerciais. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?legislacao=100635&view=legislacao>. Acesso em: 18 dez. 2025.

BRASILIENSE, Alexandre Renato Pinto. Respostas fisiológicas de *Podocnemis unifilis* (tracajá), em fase juvenil, alimentados com rações comerciais em diferentes níveis proteicos. 2012. **Dissertação** (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical, Macapá, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unifap.br/bitstreams/9f682969-4cbe-4e65-89b3-ec818567099e/download>. Acesso: 18 jun 2025.

BRAZ, Aline Jordane. **Desenvolvimento e utilização de ração para tilápias-do-nylo a base de fruto nativo do Cerrado**. 2021. Dissertação (Mestrado em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado) – Universidade Federal do Goiás, Programa de pós-graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado, Urutaí, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/prefix/1822>. Acesso em: 2 dez. 2025.

BRIGHENTI, A. M.; DE OLIVEIRA, M. F. Biologia de plantas daninhas. 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/904874/1/Biologiaplantasdaninhas.pdf>. Acesso em: 09 de julho de 2024.

BRITO, Elizângela Silva *et al.* Diversidade de Quelônios Continentais e Crocodilianos no Brasil. In: Brito, E. S. Quelônios Continentais e Crocodilianos do Brasil. Ed. 01., Agência Estadual de Meio Ambiente do Estado de PE, Recife: 2025, p. 24-31.

CANDIDO, Silvio Eduardo Alvarez; SOULÉ, Fernanda V.; PIRES, Maurício B. Desenvolvimento e implantação de mini fábricas de produtos florestais não madeireiros em comunidades ribeirinhas da Amazônia: A experiência do núcleo de apoio à população ribeirinha da Amazônia. **Encontro Nacional**. 2008.

CAPRONI, Anderson. **A Avaliação de metais em fêmeas e filhotes de *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812) (Testudines: Podocnemididae) em um trecho do médio rio Araguaia.**

2023. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade, Ecologia e Conservação), Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Ecologia e Conservação, Porto Nacional. Disponível em: Acesso em: <https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/7695/1/Andersom%20Alves%20Caproni%20-%20Disserta%20a7%20a3o.pdf> 13 jan 2026.

CARNEIRO, Fernando Ferreira *et al.* **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão popular, 2015.

CARVALHO, Aluisio Vasconcelos *et al.* Importância social de *Podocnemis expansa*, tartaruga-da-amazônia, no rio Javaés, Tocantins, Brasil. **Amazônica - Revista de Antropologia**, v. 12, n.2, p. 609-620, 2021.

CARVALHO, Haley Silva *et al.* Anatomia do sistema porta renal e suas implicações no emprego de agentes anestésicos na contenção de avestruzes (*Struthio camelus*). **Ciência Rural**, v. 37, p. 1688-1694, 2007.

CARVALHO, Leonardo Bianco. **Herbicidas**. 1 ed. Lages, SC: Edição do Autor, 2013. 62 p.

CARVALHO, Yuri. Karacas. **Estudo histomorfofuncional de fígado de primatas (*Callithrix jacchus*) criados em cativeiro**. 2012. Tese (Doutorado em Anatomia dos Animais Doméstico e Silvestre) – Universidade de São Paulo. Faculdade de medicina veterinária e zootecnia, São Paulo, 2013. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10132/tde-09102012-110428/publico/YURI_KARACCAS_CARVALHO.pdf Acesso em: 15 nov. 2025.

CASTRO, André Bezerra. **Biologia reprodutiva e crescimento do muçã *Kinosternon scorpioides* (Linnaeus, 1776) em cativeiro**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal Rural da Amazônia, Pós-graduação em Ciência Animal Belém, Pará. 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/server/api/core/bitstreams/9b676f25-34e0-4c32-afe9-b01b2b1345ae/content>. Acesso em: 01 jan. 2026.

CASTRO, Ingrid Campos *et al.* Uso de subprodutos e resíduos na elaboração de ração artesanal para filhotes de tartarugas (*Podocnemis expansa*) e tracajás (*Podocnemis unifilis*) em sistemas de criação comunitária no médio Juruá. **Revista Agroecossistemas**, v. 14, n. 2, p. 22-44, 2022.

COLSON, Tash-Lynn L *et al.* Bioacumulação e respostas fisiológicas da tartaruga *Chelydra serpentina* exposta a bifenilos policlorados durante os estágios iniciais de vida. **Chemosphere**, v. 263, p. 128146, 2021.

COSTA Carla; TEIXEIRA, João Paulo. Efeitos genotóxicos dos pesticidas. **Revista de Ciências Agrárias**. v.35, n.2, p. 19-31, 2012.

COSTA, Liliana Nascimento. **CARACTERIZAÇÃO DO CERRADO AMAPAENSE QUANTO AOS DIFERENTES MODO DE USO: Um estudo de caso da agrícola Cerrado, visando o desenvolvimento agrícola sustentável**. 2014. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional). Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Macapá. 2014. Disponível em: <https://repositorio.unifap.br/srv-unifap-s01/api/core/bitstreams/6a3bac1c-1d51-4948-acf1-dccd77359329/content> Acesso em: 16 ago. 2025.

COUTINHO, João Martins da Silva. Sur lês tortues de l'Ama-zone. **Bulletin de la Société Zoologique d'Aclimatation**, Paris, v. 5, p. 147-166, 1868.

COUTINHO, Leopoldo Magno. O conceito de bioma. **Acta botânica brasílica**, v. 20, n. 1, p. 13-23, 2006.

CREMONESE, Cleber *et al.* Exposição a agrotóxicos e eventos adversos na gravidez no Sul do Brasil, 1996-2000. **Caderno de Saúde Pública**, v. 28, p. 1263-1272, 2012.

CUNHA, Elton José da; CALLOU, Angelo Brás Fernandes. Políticas públicas e capital social para o desenvolvimento local da pesca e da aquicultura no Vale do Piancó, Paraíba. **Interações (Campo Grande)**, v. 14, p. 237-250, 2013.

DA ROCHA ROMERO, Amanda Batista *et al.* In vitro and in vivo antioxidant activity of Buriti fruit (*Mauritia flexuosa* Lf). **Nutrición Hospitalaria**, v. 32, n. 5, p. 2153-2161, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/3092/309243320034.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2025.

DA SILVA, Júlia Lize Alves; MOREIRA, Carolina Gomes Benevenuto. Desenvolvimento e Avaliação de uma Formulação Fotoprotetora e Antioxidante com Óleo de Buriti (*Mauritia flexuosa* L.). **Journal of Interdisciplinary Lifestyle Studies**, v. 13, n. 1, p. e1859-e1859, 2025.

DA SILVA, Tainan Filipe; BARP, Elisete Ana; ARMILIATO, Neide. Avaliação da toxicidade celular do glifosato sobre as gônadas de Danio rerio (Cyprinidae). **Saúde e meio ambiente: revista interdisciplinar**, v. 6, n. 1, p. 85-95, 2017.

DE ARAÚJO, Esmeralda Pereira; OLIVEIRA, Sandy Flora Barbosa. Percepções sobre duas espécies de quelônios na região de Cocalinho (MT), médio Rio Araguaia. **Revista Geoaraguaia**, v. 12, n. 2, p. 47-63, 2022.

DE FARIA, Vailton Alves; MALVÁSIO, Adriana. Aspectos sobre a caça, comercialização e consumo de quelônios na região do Corredor Ecológico Araguaia Bananal no Estado do Tocantins. **Revista Ouricuri**, v. 8, n. 2, p. 026-048, 2018.

DE MORAES, Fernanda Dias *et al.* Toxicidade aguda de inseticidas à base de piretroides no peixe de água doce neotropical Brycon amazonicus. **Ecotoxicologia e Contaminação Ambiental**, v. 8, n. 2, p. 59-64, 2013.

DE OLIVEIRA, Giovanni Resende *et al.* Restrição alimentar na piscicultura: fisiologia, metabolismo e sustentabilidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 28224-28244, 2020.

DE OLIVEIRA, Gustavo Ribeiro; ROMANO, Pedro Seyferth R. Histórico dos achados de tartarugas fósseis do Brasil. **Arquivos do Museu Nacional**, v. 65, n. 1, p. 113-133, 2007.

DE OLIVEIRA, M. F.; BRIGHENTI, A. M. Comportamento dos herbicidas no ambiente. **Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, p. 10-138, 2011.

DE SOUSA TEIXEIRA, Júlia Robert *et al.* Chronic exposure to low concentration of diflufenuron and pyriproxyfen induces brain oxidative stress and inflammation and alters locomotion in zebrafish (*Danio rerio*). **Environmental Research**, v. 264, p. 120278, 2025.

DELGADO, Guilherme Costa. Questão agrária e capital financeiro na agricultura brasileira. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 4, n. 42, p. 286-305, 2020.

DIAS, Teresa Cristina Albuquerque. **Gestão participativa: Uma alternativa de eco desenvolvimento para a Reserva Biológica do Lago Piratuba/AP**. 2004. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento sustentável). Universidade Federal do Amapá. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável, Macapá, 2004. Disponível em: Acesso em: 14 set. 2025.

DIEGUES, Antônio Carlos *et al.* **Biodiversidade e Comunidades Tradicionais no Brasil**. São Paulo: MMA/COBIO/NUPAUB. 2000. 211p.

DO CARMO LANGIANO, Vivian; MARTINEZ, Cláudia BR. Toxicidade e efeitos de um herbicida à base de glifosato no peixe neotropical *Prochilodus lineatus*. **Bioquímica e Fisiologia Comparativas Parte C: Toxicologia e Farmacologia**, v. 147, n. 2, p. 222-231, 2008.

DONG, Huirong *et al.* Generation of imidazolinone herbicide resistant trait in *Arabidopsis*. **PLoS One**, v. 15, n. 5, p. e0233503, 2020.

DOS SANTOS FILHO, Francisco Moraes *et al.* Avaliação de biomarcadores histológicos em peixes coletados a montante e a jusante da mancha urbana. **Atas de Saúde Ambiental-ASA (ISSN 2357-7614)**, v. 2, n. 1, p. 09-22, 2014.

DOS SANTOS, Maria Itamara *et al.* Avaliação de contaminantes antrópicos (microbiológicos e glifosato) e hidroquímica de águas subterrâneas rasas em Sergipe, Brasil. **Scientia Plena**, v. 21, n. 11, 2025.

DOS SANTOS, Oselania da Silva Melo *et al.* O BURITI COMO ELEMENTO DE RESISTÊNCIA: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA PARA RESSIGNIFICAR A BOTÂNICA EM TEMPOS DIFÍCEIS. **Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, p. 478-497, 2025.

DUTRA, Lidiane Silva; FERREIRA, Aldo Pacheco. Associação entre malformações congênitas e a utilização de agrotóxicos em monoculturas no Paraná, Brasil. **Saúde em Debate**, v. 41, p. 241-253, 2017.

DUTRA, Rodrigo Marciel Soares; SOUZA, Murilo Mendonça. O Cerrado, revolução verde e evolução do consumo de agrotóxicos. **Sociedade & Natureza**, v. 29, p. 473-488, 2022.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Contando Ciência: Bioma Cerrado**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>. Acesso em: 15 de setembro de 2025.

FACHÍN-TERÁN, Augusto; VOGT, Richard C. Estrutura populacional, tamanho e proporção sexual em *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae) no rio Guaporé (RO), norte do Brasil. **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, v. 1, pág. 29-42, 2004.

FANALI, Lara Zácari. **Alterações morfofuncionais nos melanomacrófagos hepáticos de peixes e anfíbios induzidas ao contaminante benzo[a]pireno**. 2020. Tese (Mestrado em Biologia Animal). Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, São José do Rio Preto, São Paulo. 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/cf4ce163-df2b-4942-a5ff-41563e037798/content>. Acesso em: 6 jan 2026.

FEIDEN, Aldi *et al.* Farinha de resíduos da filetagem de tilápia em rações para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 2, p. 249-256, 2005.

FENOGLIO, Ivana *et al.* Structural defects play a major role in the acute lung toxicity of multiwall carbon nanotubes: physicochemical aspects. **Chemical research in toxicology**, v. 21, n. 9, p. 1690-1697, 2008.

FERRARA, Camila Rudge *et al.* História natural e biologia dos quelônios amazônicos. **Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos**, p. 15-28, 2016.

FERRARA, Camila Rudge *et al.* **Quelônios amazônicos: guia de identificação e distribuição**. Manaus: Wildlife Conservation Society Brasil, 2017. 182 p.

FERREIRA, Giulia D.'Alonso. Primavera Silenciosa Brasileira: A Realidade dos Agrotóxicos no Brasil. **Práticas Educativas na Educação Básica**, v. 1, n. 1, p. 1-14, 2025.

FERREIRA, Laerte G. *et al.* DINÂMICA AGRÍCOLA E DESMATAMENTOS EM ÁREAS DE CERRADO: UMA ANÁLISE A PARTIR DE DADOS CENSITÁRIOS E IMAGENS DE RESOLUÇÃO MODERADA. **Revista Brasileira de Cartografia**, [S. l.], v. 61, n. 2, 2009. DOI: 10.14393/rbcv61n2-44842. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44842>. Acesso em: 20 jul. 2024.

FIELDING, Sarah; MARTILL, David M.; NAISH, Darren. SOLNHOFEN-STYLE SOFT-TISSUE PRESERVATION IN A NEW SPECIES OF TURTLE FROM THE CRATO FORMATION (EARLY CRETACEOUS, APTIAN) OF NORTH-EAST BRAZIL. **Palaeontology**, v. 48, n. 6, p. 1301-1310, 2005.

FLORES, P. C.; ATA, A. P.; HUPFFER, H. M. A atualidade as denúncias de Rachel Carson na Obra Primavera Silenciosa em relação ao uso do Glifosato no Brasil. **Os desafios jurídico-ambientais do uso de agrotóxicos. Sao Leopoldo, Casa Leiria**, p. 13-48, 2019.

FRANZ, J. E.; MAO, Michael K.; SIKORSKI, J. A. **Glyphosate: a unique global herbicide**. Washington, DC: American Chemical Society, 1997. 678p.

FRIEDRICH, Karen *et al.* Situação regulatória internacional de agrotóxicos com uso autorizado no Brasil: potencial de danos sobre a saúde e impactos ambientais. **Cadernos de saúde pública**, v. 37, p. e00061820, 2021.

FURLEY, Peter A.; RATTER, James A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, p. 97-108, 1988.

GALEB, L. A. G. Avaliação dos efeitos toxicológicos da deltametrina em uma espécie de peixe fluvial nativo jundiá (*Rhamdia quelen*). Curitiba, 2010. **Dissertação** (Mestrado em Ciência Animal) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2010. Disponível em: <https://archivum.grupomarista.org.br/pergamumweb/vinculos/tede/luciano3amaral4gurgelgaleb.pdf> Acesso em: 09 jan 2026.

GALLOIS, Dominique Tilkin. **Terra Indígena Wajãpi: da demarcação às experiências de gestão territorial** / Dominique Tilkin Gallois. -- São Paulo : Iepé, 2011. -- (Coleção ensaios ; 1). 130p.

GALT, Ryan E. Beyond the circle of poison: significant shifts in the global pesticide complex, 1976–2008. **Global Environmental Change**, v. 18, n. 4, p. 786-799, 2008.

GARCEZ, Jânderson Rocha *et al.* Composição da dieta de três espécies de quelônios (*Podocnemis* spp.) no rio Juruá, Amazonas. **Revista de Educação e Tecnologia do IFAM**, v. 14, n. 1, p. 60-72, 2020.

GARCEZ, Jânderson Rocha *et al.* Impacto da dieta alternativa com vegetais in natura no crescimento e custos da criação de tracajás (*Podocnemis unifilis*). **Revista Sociedade Científica**, v. 7, n. 1, p. 3307-3332, 2024.

GARCEZ, Jânderson Rocha. **Alimentação de tracajá (*Podocnemis unifilis*), Iaçá (*Podocnemis sextuberculata*) e tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*) no rio Juruá, Amazonas**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciências Pesqueiras nos Trópicos) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Ciências Pesqueiras nos Trópicos, Manaus, 2012. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/4080>. Acesso em: 14 ago. 2024.

GAZZIERO, Dionísio Luiz Pisa. *et al.* A Era Glyphosate: Agricultura, Meio-Ambiente e Homem. **Embrapa Milho**, 2016. In: MESCHADE, D. K.; GAZZIERO, D. I. P. (Org). **A era glyphosate: agricultura, meio ambiente e homem**. Londrina: Midiograf II, 2016. Cap. 1, p. 11-21.

GOELDI, Emílio. Chelonios do Brazil. **Boletim do Museu Goeldi**, Pará-Brasil, 4 (1-4): 699-756.1906.

GONÇALVES, Glaciene Mary da Silva *et al.* Uso de agrotóxicos e a relação com a saúde na etnia Xukuru do Ororubá, Pernambuco, Brasil. **Saúde & Sociedade**, v. 21, p. 1001 – 1012, 2012.

GOODLAND, Roberto. A physiognomic analysis of the Cerrado vegetation of Central Brasil. **The Journal of Ecology**, p.411-419, 1971.

HALL, Richard J.; GUBBINS, Simon; GILLIGAN, Christopher A. Invasion of drug and pesticide resistance is determined by a trade-off between treatment efficacy and relative fitness. **Bulletin of Mathematical Biology**, v. 66, n. 4, p. 825-840, 2004.

HALLER, Erica Cristina Padovani. **Aspectos da biologia reprodutiva de *Podocnemis sextuberculata* (Cornalia, 1849) e *Podocnemis unifilis* (Tröschel, 1848) (Testudinata: Pelomedusidae) na Região da Reserva Biológica do Rio Trombetas, Pará**. 2002. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências, Departamento de Zoologia, Universidade de São Paulo. 2002. 69 p.

HILDEBRAND, M.; GOSLOW, G. E.; HILDEBRAND, V. **Análise da estrutura dos vertebrados**. Atheneu, 2006.

HODGSON Ernest. A textbook of modern toxicology. 4 ed. **North Carolina: Wiley**, 2010.

HORVAT, Renata; WATANABE, Melissa; YAMAGUCHI, Cristina Keiko. Fertilizer consumption in the region MATOPIBA and their reflections on Brazilian soybean production. **International Journal of Agriculture and Forestry**, p. 52-59, 2015.

HOSHINO, Ana Cristina Hiromi *et al.* Estudo da ototoxicidade em trabalhadores expostos a organofosforados. **Rev Bras Otorrinolaringologia**, v. 74, p. 912-918, 2008.

HUESPE, Ivan et al. Melanomacrófagos hepáticos y actividad de la enzima Glutation S-Transferasa en *Leptodactylus chaquensis* (Anura, Leptodactylidae) como biomarcadores de estrés oxidativo por la exposición a clorpirifos. **Acta Biológica Colombiana**, v. 22, n. 2, p. 234-237, 2017.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - 1989a. **Projeto Quelônios da Amazônia** - 10 anos. IBAMA. Brasília, 119p.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - 1989b. **Projeto Quelônios da Amazônia: Manual Técnico**/IBAMA. Brasília: O Instituto, xi, 125p.

IBAMA. Plano De Ação Nacional Para a Conservação Dos Quelônios Amazônicos. Santarém: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2019. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/PANqueloniosamazonicos.pdf>. Acesso em 14 de setembro de 2025.

IBAMA. Plano De Ação Nacional Para a Conservação Dos Quelônios Amazônicos. Santarém: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 2019. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/PANqueloniosamazonicos.pdf>. Acesso em 14 de setembro de 2025.

IBDF. Preservação da Tartaruga Amazônica. Belém: **IBDF**, 1973. 110 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de biomas do Brasil**. 2004. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>. Acesso em: 21 jul. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Instrução Normativa nº 169, de 20 de fevereiro de 2008**. Dispõe sobre uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?legislacao=77530>. Acesso em: 18 dez. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Instrução Normativa nº 7, de 30 de abril de 2015**. Estabelece procedimentos para autorização de empreendimentos de fauna silvestre. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/biodiversidade/fauna-silvestre/empreendimentos-utilizadores-de-fauna-silvestre>. Acesso em: 18 dez. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Portaria nº 1, de 2 de janeiro de 2025**. Aprova o Segundo Ciclo do Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Quelônios Amazônicos. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/biodiversidade/fauna-silvestre/quelonios-pqa>. Acesso em: 18 dez. 2025

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Relatórios de comercialização de agrotóxicos: os 10 ingredientes ativos mais vendidos. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/quimicos-e-biologicos/agrotoxicos/relatorios-de-comercializacao-de-agrotoxicos>. Acesso em: 13 jun. 2024.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Instrução Normativa nº 3, de 31 de março de 2022**. Dispõe sobre diretrizes de conservação e manejo de fauna silvestre. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-icmbio-n-3-de-31-de-marco-de-2022-443528881>. Acesso em: 18 dez. 2025.

IPAAM. INSTITUTO DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO AMAZONAS. 2021. Disponível em: <http://www.ipaam.am.gov.br>. Acesso em: 11 de junho de 2024.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-1**. Disponível em: <<https://www.iucnredlist.org>> . Acesso em 12 de junho de 2025.

IVERSON, John. Reproduction and growth of the mud turtle, *Kinosteron subrubrum* (Reptilia, Testudines, Kinosternidae), in Arkansas. **Journal of Herpetology**, p. 105-111, 1979.

JÚNIOR, Giovanni Salera. **Avaliação da biologia reprodutiva, predação natural e importância social em quelônios com ocorrência na bacia do Araguaia**. 2005. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente), Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, Universidade Federal de Tocantins, Palmas. 2005.

JÚNIOR, Miguel Benedito Ferreira Dias. **Fauna silvestre ex situ no estado do Amapá: Utilização, apreensão e destinação**. 2010. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical). Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical Macapá. Amapá. 2010. 115p.

KOOLEN, Hector HF *et al.* Fruto do buriti – *Mauritia flexuosa*. **Frutas exóticas**. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803138-4.00004-6>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/chapter/edited-volume/abs/pii/B9780128031384000046>. Acesso em: 01 jan. 2026.

KRUSE, Nelson D.; TREZZI, Michelangelo M.; VIDAL, Ribas A. Herbicidas inibidores da EPSPS: revisão de literatura. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, DF, v. 1, n.2, p. 139-146, 2000.

KUMAR V *et al.* **Patologia: bases patológicas das doenças**. 8ª ed. Elsevier, Rio de Janeiro. 2010. 1480p.

LAGE, Nara Nunes *et al.* Potencial antioxidante da farinha de polpa de Buriti (*Mauritia flexuosa*) em ratos diabéticos. **Arquivos Latinoamericanos de Nutrição**, v. 1, 2018. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/09/1016815/art-6.pdf>. Acesso em 12 dez. 2025.

LANGIANO, Vivian; MARTINEZ, Cláudia. Toxicity and effects of a glyphosate-based herbicide on the Neotropical fish *Prochilodus lineatus*. **Comp. Biochem. Physiol. C** 147, 222–231. 2008

LANGIANO, Vivian; MARTINEZ, Claudia. Toxicity and effects of a glyphosatebased herbicide on the Neotropical fish *Prochilodus lineatus*. **the neotropicalochemistry and Physiology**, part C 147, p. 222-231, 2008

LARSSON, Bengt S. Interaction between chemicals and melanin. **Pigment Cell Research**, v. 6, n. 3, p. 127-133, 1993.

LATORRE, María Agustina *et al* Effects of in vivo exposure to Roundup on immune system of *Caiman latirostris*. **J Immunotoxicol**, v.10, n.4, p. 349-354

LEDIC-NETO, Jerko *et al*. Haematology and melanomacrophage centers of Nile tilapia fed supplemented diet with propolis. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 36, n. 3, p. 263-269, 2014.

LEGLER, J. M. A simple and inexpensive device for trapping aquatic turtles. **Proceedings of the Utah Academy of Science, Arts, and Letters**, v. 37, p. 63-66, 1960.

LEMELL, Patrick *et al*. Feeding in turtles: understanding terrestrial and aquatic feeding in a diverse but monophyletic group. In: **Feeding in vertebrates: Evolution, morphology, behavior, biomechanics**. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 611-642.

LIMA, Hemelyni Cecília Gonçalves *et al*. O impacto do uso de agrotóxico na agricultura e os problemas de saúde pública: uma revisão. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 5, n. 5, p. 1491-1500, 2023.

LINS, José Augusto Pereira Navarro *et al*. Uso de peixes como biomarcadores para monitoramento ambiental aquático. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 8, n. 4, p. 469-484, 2010.

LOVICH, Jeffrey E. *et al*. Where have all the turtles gone, and why does it matter?. **BioScience**, v. 68, n. 10, p. 771-781, 2018.

LUCIA, Magali *et al*. Effect of dietary cadmium on lipid metabolism and storage of aquatic bird *Cairina moschata*. **Ecotoxicology**, v. 19, n. 1, p. 163-170, 2010.

LUZ, V. L. F.; REIS, I. J. **Criação comercial de tartaruga e tracajá**. Cuiabá: SEBRAE, 2005. 72 p.

MADUREIRA, Ronaldo; RAETANO, Carlos; CAVALIERI, Jhonatan. Interação pontas-adjuvantes na estimativa do risco potencial de deriva de pulverizações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 180-185, 2015.

MAGALHÃES, Marcela S. *et al*. Morfologia do tubo digestivo dos Podocnemididae na Amazônia brasileira. **Herpetológica**, v. 70, n. 4, pág. 449-463, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1655/HERPETOLOGICA-D-13-00061>. Disponível em: <https://meridian.allenpress.com/herpetologica/article-abstract/70/4/449/196490/Morphology-of-the-Digestive-Tube-of-the>. Acesso em: 23 nov 2025.

MAKAME, Khadija Ramadhan *et al*. Genotoxic activity of glyphosate and co-formulants in glyphosate-based herbicides assessed by the micronucleus test in human mononuclear white blood cells. **Toxicology Reports**, p. 102063, 2025.

MALVASIO, Adriana *et al.* Biologia populacional e reprodutiva de *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis* no Parque Nacional do Araguaia, Tocantins: um histórico entre os anos de 2004 e 2012. p. 77-102. In: PINHEIRO, Biodiversidade na região da ilha do Bananal/Cantão [recurso eletrônico] / Renato Torres Pinheiro. Tocantins: EDUFT, 2019. 150p.

MANCUSO, Mauricio Antonio Cuzato; NEGRISOLI, Eduardo; PERIM, Lucas. Efeito residual de herbicidas no solo (â€œCarryoverâ€œ). **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 2, p. 151-164, 2011.

MARTINS, Fernando; SOUZA, Franco. Estimates of growth of the Atlantic rain forest freshwater turtle *Hydromedusa maximiliani* (Chelidae). **Journal of Herpetology**, v. 42, n. 1, p. 54-60, 2008.

MARTINS, Renata C.; FILGUEIRAS, Tarciso S.; DE ALBUQUERQUE, Ulysses P. Ethnobotany of *Mauritia flexuosa* (Arecaceae) in a maroon community in central Brazil. **Economic Botany**, v. 66, n. 1, p. 91-98, 2012.

MARTINS, Victor Hugo Cunha. **Efeitos da exposição ao glifosato em concentrações ambientalmente relevantes sobre biomarcadores morfológicos, neurotóxicos de mutagenicidade em filhotes de tartaruga-da-amazônia**. 2025. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Programa de Pós-Graduação em Biologia de Água Doce e Pesca Interior. Manaus, Amazonas. 2025. Disponível em: https://w2files.solucaoatrio.net.br/atrio/inpa-badpi_upl//THESIS/285/versao_final_dissertao_victor_hugo_20250630144333768.pdf
Acesso em: 13 jan. 2026.

MELO, Wellington Santos. **Avaliação Tecnológica da Potencialidade do fruto Buriti (*Mauritia flexuosa*)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimento, Belém, 2008. Disponível em: <https://ppgcta.propesp.ufpa.br/ARQUIVOS/dissertacoes/2008/WELLINGTON%20MELO.pdf>
f. Acesso em: 13 ago. 2025.

MÉNDEZ GALARZA, Sabrina *et al.* Melanomacrophage centers in *Gymnotus carapo* as environmental bioindicators: histological and morphometric analysis in kidney, liver, and spleen. **Journal of Molecular Histology**, v. 56, n. 2, p. 85, 2025.

MENDONÇA Juliana Dos Santos *et al.* Mutagenicity, hepatotoxicity, and neurotoxicity of glyphosate and fipronil commercial formulations in Amazon turtles neonates (*Podocnemis expansa*). **Sci Total Environ**. 2023. 13 p.

MILANEZ, Jessica Tosin *et al.* Compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de buriti, durante o período pós-colheita, colhidos em diferentes estágios de maturação. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 10-21, 2018.

MOLL, D.; MOLL, E. **The ecology, exploitation and conservation of river turtles**. Oxford University Press, 2004. 420p.

MOLL, Don; JANSEN, Kevin P. Evidence for a Role in Seed Dispersal by Two Tropical Herbivorous Turtles. **Biotropica**, v. 27, n. 1, p. 121, 1995.

MONTANHA, F. P. et al. Efeitos clínicos, bioquímicos e hematológicos em *Rhamdia quelen* expostos à cipermetrina. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 66, p. 697-704, 2014.

MORAES, Rosana *et al.* Pesticide Residues in Rivers of a Brazilian Rain Forest Reserve: Assessing Potential Concern for Effects on Aquatic Life and Human Health. **Ambio** 32, 258-263. 2003

MOURA, Emerson Eduardo Silva. **Determinação da toxicidade aguda e caracterização de risco ambiental do herbicida Roundup (glifosato) sobre três espécies de peixe**. 2009. Dissertação (Mestrado em Bioecologia Aquática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Bioecologia Aquática, Natal. 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/23024d4f-48ee-49bf-b78c-57e7270b1489/content> . Acesso em: 15 set. 2025.

MUÑOZ-BAUTISTA, Jesús Martín *et al.* Environmental and health impacts of pesticides and nanotechnology as an alternative in agriculture. **Agronomy**, v. 15, n. 8, p. 1878, 2025.

MYERS, Norman. "Threatened biotas:" hot spots" in tropical forests. **Environmentalist**, v. 8, n. 3, p. 187-208, 1988.

NASCIMENTO, Carlos Augusto Rodrigues. **Histórico Oficial do Comércio Ilegal de Fauna no Amazonas**. 2009. Dissertação, (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia, Manaus, Amazonas. 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/server/api/core/bitstreams/23024d4f-48ee-49bf-b78c-57e7270b1489/content>. Acesso em: 13 abr. 2025.

NASCIMENTO, Luciano; MELNYK, Anastasiia. A química dos pesticidas no meio ambiente e na saúde. **Revista Manguio Acadêmico**, v. 1, n. 1, p. 54-61, 2016.

NETO, Habib J. Fraxe *et al.* Demography of *Acanthochelys spixii* (Testudines, Chelidae) in the brazilian cerrado. **Chelonian Conservation and Biology: Celebrating 25 Years as the World's Turtle and Tortoise Journal**, v. 10, n. 1, p. 82-90, 2011.

NETO, Ladislau Martin *et al.* **Instrumentação avançada em ciência do solo**. Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007. 438 p.

NEVES, Pedro Dias Mangolini; BELLINI, Marcella. Intoxicação por agrotóxicos na mesorregião norte central paranaense, Brasil-2002 a 2011. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.18, p. 3147-3156, 2013.

NEWTON, Michael *et al.* Dissipation of glyphosate and amino methyl phosphonic acid in North American forest. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.42, p. 1795-1802, 1994.

NIMMO, D.R. Pesticides. In: RAND, G.M.; PETROCELLI, S.R., (eds.). **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications**. New York: **Hemisphere**, p. 335-373, 1985.

NUNES, Nina Lys; ABREU, Regina; COSTA, Joseane. Alimentando a tradição e valorizando o conhecimento tradicional na Amazônia: o caso da castanha-da-amazônia na Terra Indígena Mãe Maria. **Horizontes Antropológicos**, v. 29, n. 66, p. e660412, 2023.

OISHI, César Augusto. **Resíduo da castanha da Amazônia (*Bertholletia excelsa*) como ingrediente em rações para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Biologia Aquática e Pesca de Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Biologia Aquática e Pesca de Interior. Disponível em: <https://repositorio.inpa.gov.br/bitstreams/0f90b251-be66-43ad-93d4-0ef5c51756f5/download> Acesso em: 02 fev. 2025.

PARRA-ARROYO, Lizeth *et al.* Highly hazardous pesticides and related pollutants: Toxicological, regulatory, and analytical aspects. **Science of The Total Environment**, v. 807, p. 151879, 2022.

PELOSI, Mariana Silva *et al.* Avaliação físico-química e capacidade antioxidante do extrato de buriti (*Mauritia flexuosa* L.) e atividade antitumoral em linhagem celular de câncer de mama MDA-MB-231. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 17493-17515, 2020.

PIETROBON, Carla Bruna; SENEM, Jéssica Vencatto. Avaliação dos efeitos toxicológicos do herbicida glifosato sobre o estômago de ratos Wistar machos. **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, n. 2, p. 47-58, 2015.

PIGNATI, Marina Teófilo *et al.* Avaliação da concentração de mercúrio em tartarugas (*Podocnemis unifilis*) na bacia do rio Xingu, Brasil. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 6, p. 1185, 2018.

PIGNATI, Marina Teófilo. **Contaminação em *Podocnemis unifilis* (Testudines: Podocnemididae) por agrotóxicos e mercúrio na bacia do Rio Xingu, Brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Zoologia) - Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-Graduação em Zoologia Belém. 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpa.br/server/api/core/bitstreams/4171b7b5-f45a-48be-ad2c-2f12ebca247e/content> Acesso em: 03 set 2025.

PIRES, Nayara Luiz. Expansão da fronteira agrícola e presença de glifosato e ampa em amostras de água da região de santarém (PA): desafios analíticos para o monitoramento ambiental. **Master en Environnement et Développement Rural, Universidade de Brasília**, 2015.

PORTELINHA, Thiago Costa Gonçalves. **Estrutura populacional e alometria reprodutiva de *Podocnemis expansa* (Testudines, Podocnemididae) no entorno do Parque Nacional do Araguaia, Tocantins**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada). Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Piracicaba. 2010. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-21062010-081308/publico/Thiago_Portelinha.pdf Acesso em: 25 mar. 2025.

PRADO, David. **Poluentes orgânicos persistentes: A dúzia suja da convenção de estocolmo e a realidade brasileira**. Editora Dialética, 2021. 344p.

PRITCHARD CP, TREBBAU P. **The Turtles of Venezuela**. Society for the Study of Amphibians and Reptiles. Caracas, Venezuela. 360 pp. 1984.

RAGULINA, Milana. Traditional use of natural resources, ecological consciousness and cultural landscape. In: **E3S Web of Conferences**. EDP Sciences, v.420, p.04025, 2023.

REBÊLO, George; PEZZUTI, Juarez. Percepções sobre o consumo de quelônios na Amazônia: sustentabilidade e alternativas ao manejo atual. **Ambiente & Sociedade**, p. 85-104, 2000.

REUS Veronica et al. Efectos de um herbicida as base de glifosato sobre la generación de alteraciones metabólicas sistêmicas y câmbios histológicos hepáticos en un modelo animal de insulinoresistencia. **Revista de la Sociedad Argentina de Diabetes**. 2016, p. 7 – 16.

RHODIN, Anders GJ *et al.* Global conservation status of turtles and tortoises (order Testudines). **Chelonian conservation and biology**, v. 17, n. 2, p. 135-161, 2018.

RIBAS, Priscila Pauly; MATSUMURA, Aida Terezinha Santos. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149-158, 2009.

RIBEIRO, Ana Beatriz Nunes *et al.* Composição centesimal da carne de *Podocnemis unifilis* (Troschel, 1848) de ambiente natural dos rios Tocantins e Javaés, Amazônia Oriental, Brasil. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES, [S. l.]**, v. 16, n. 6, p. 5198–5212, 2023.

RIBEIRO, Ana Beatriz Nunes. **Captura e implicações da pressão antrópica para o tracajá (*Podocnemis unifilis* Troschel, 1848) na região lagos do município de Pracuúba, Amazônia, Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical). Fundação Universidade Federal do Amapá, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Tropical, Macapá. 2012. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/941660/1/Dissertacao-ANA-BEATRIZ-NUNES-RIBEIRO.pdf> Acesso em: 06 jan 2025.

RIBEIRO, H. J. et al. Functional dissimilarity of melanomacrophage centres in the liver and spleen from females of the teleost fish *Prochilodus argenteus*. **Cell and tissue research**, v. 346, n. 3, p. 417-425, 2011.

ROCHA, Janaína Sobreira et al. Bioacumulação de metais pesados em peixes: impactos sobre a saúde humana e meio ambiente. **Ciência Animal**, v. 33, n. 1, p. 40-43, 2023.

RODRIGUES, L. C. **Estudo das Glutation S-Transferases hepáticas solúveis do peixe *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Pacu)**. 2003. Tese de Doutorado. Thesis. UERJ, RJ, Brazil.

RODRÍGUEZ-CARO, Roberto C. *et al.* Anthropogenic impacts on threatened species erode functional diversity in chelonians and crocodilians. **Nature Communications**, v. 14, n. 1, p. 1542, 2023.

RUDORFF, Bernardo *et al.* Análise geoespacial da dinâmica das culturas anuais no bioma Cerrado: 2000 a 2014. Relatório Síntese. Florianópolis: **Agrosatélite Geotecnologia**, p.27, 2015.

RUEDA-ALMONACID, José Vicente *et al.* **Las tortugas y los crocodylia de los países andinos del Trópico: Manual para su identificación**. Conservation International, Bogotá, Colômbia, 2007. 270p.

SAJAD, Mabil *et al.* Role of nutraceutical against exposure to pesticide residues: Power of bioactive compounds. **Frontiers in Nutrition**, v. 11, p. 1342881, 2024.

SALERA, Giovanni. **Avaliação da biologia reprodutiva, predação natural e importância social em quelônios com ocorrência na bacia do Araguaia**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente). Universidade Federal do Tocantins, Palmas. 2005, 203p.

SALISBURY, David; WEINSTEIN, Ben. Cultural diversity in the Amazon borderlands: Implications for conservation and development. **Journal of Borderlands Studies**, v. 29, n. 2, p. 217-241, 2014.

SAMPAIO, M. B.; CARAZZA, L. R. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto e da Folha do Buriti (*Mauritia flexuosa*)**. Brasília, DF, 2012. 76 p.

SANTANA, Daniel Oliveira. **Dieta, dinâmica populacional e ectoparasitas de *Phrynops geoffroanus* (Schweigger, 1812) (Testudinata, Chelidae) do baixo São Francisco, Poço Redondo, SE**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Universidade Federal de Sergipe, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação. São Cristóvão. 2012, Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/4457> Acesso em: 06 out 2025.

SANTOS, Cintieley Araújo *et al.* Elaboração de biscoito de farinha de buriti (*Mauritia flexuosa* L. f) com e sem adição de aveia (*Avena sativa* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. v. 05, n. 01. 262-273. 2011.

SANTOS, Geraldo Mendes; SANTOS, Ana Carolina Mendes Sustentabilidade da pesca na Amazônia. **Estudos avançados**, v. 19, p. 165-182, 2005.

SANTOS, Gilsonley Lopes *et al.* Degradation of the Brazilian Cerrado: Interactions with human disturbance and environmental variables. **Forest Ecology and Management**, v. 482, p. 118875, 2021.

SANTOS, Katharine Raquel Pereira *et al.* Manual de técnicas histológicas de rotina e de colorações. 2021.

SANTOS, MAT dos; AREAS, Miguel Arcanjo; REYES, Felix Guillermo Reyes. Piretróides—uma visão geral. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 18, n. 3, p. 339-349, 2008.

SAYRE, Roger *et al.* Terrestrial Ecosystems of South America. In: Campbell, J.C.; Jones, K.B.; Smith, J.H.; Koeppel, M.T. (Eds.). **THE NORTH America Land Cover Summit**. Washington: American Association of Geographers, p. 131-152. 2008.

SCUDIERO, Rosaria *et al.* Risk Assessment Arising from the Exposure of Terrestrial Vertebrates to Soil Contamination: Learning from Field Lizards of the Podarcis Genus. **Journal of Xenobiotics**, v. 15, n. 1, p. 21, 2025.

SHAFFER, H. Bradley *et al.* Phylogenomic analyses of 539 highly informative loci dates a fully resolved time tree for the major clades of living turtles (Testudines). **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 115, p. 7-15, 2017.

SHEKHAR, Chander *et al.* A systematic review of pesticide exposure, associated risks, and long-term human health impacts. **Toxicology Reports**, p. 101840, 2024.

SIDTHILAW, Sutthinee *et al.* Effects of exposure to glyphosate on oxidative stress, inflammation, and lung function in maize farmers, Northern Thailand. **BMC Public Health**, v. 22, n. 1, p. 1343, 2022.

SILVA, Cristinete Mira Nascimento. **Consumo de proteínas de origem animal em comunidades da reserva biológica do Lago Piratuba, Amapá, Brasil**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Ciências Ambientais. Universidade Federal do Amapá, Macapá. 2014. Disponível em: <https://www2.unifap.br/cambientais/files/2014/08/CONSUMO-DE-PROTE%C3%8DNA-DE-ORIGEM-ANIMAL-EM-COMUNIDADES-DA-RESERVA-BIOL%C3%93GICA-DO-LAGO-PIRATUBA-%E2%80%93-AMAP%C3%81-BRASIL-.pdf> Acesso em: 05 mar. 2025.

SILVA, Edson Cabral da *et al.* Aproveitamento do nitrogênio (¹⁵N) da crotalaria e do milho pelo milho sob plantio direto em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Ciência Rural**, v. 36, p. 739-746, 2006.

SILVA, Simone M *et al.* Characterization of oil extracted from buriti fruit (*Mauritia flexuosa*) grown in the Brazilian Amazon region. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.86, n.7, p. 728-737, 2016.

SIMONETTI, Luciana Medeiros. **Avaliação de dados biométricos em tracajás (*Podocnemis unifilis*) intoxicados por chumbo através da ração durante 60 dias**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Vila Velha, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. Vila Velha, Espírito Santo. 2014. Disponível em: <https://repositorio.uvv.br/server/api/core/bitstreams/79b2ebdc-ff1c-425c-be7c-ae467d35e2c6/content> Acesso: 11 mar. 2025.

SOARES, Daniel Vitor Soares. **Efeitos do glifosato em concentrações permitidas por lei em respostas oxidativas e histopatológicas de filhotes de tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*)**. 2024. Dissertação (Mestrado em Biologia Aquática e Pesca de Interior). Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas (INPA), Programa de Pós-Graduação em Biologia Aquática e Pesca de Interior, Manaus, Amazonas. 2024. 42 p.

SOUZA, Andressa *et al.* Avaliação do impacto da exposição a agrotóxicos sobre a saúde de população rural: Vale do Taquari (RS, Brasil). **Ciência & Saúde Coletiva**, v.16, p. 3519-3528, 2011.

SOUZA, Jonatas Carvalho *et al.* HISTOLOGIA E MORFOMETRIA DAS BRÂNQUIAS CLOACAIS DE *Podocnemis unifilis* (TESTUDINES, PODOCNEMIDIDAE). **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 11, n. 3, p. 16, 2024.

SOUZA, Thayana Cruz de. **Toxicidade aguda de agrotóxicos e Curva de Sensibilidade de espécies para peixes amazônicos**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade Amazônia, Manaus, 2014. 65 p.

SOUZA-BASTOS, Luciana R.; VAL, Adalberto Luis; WOOD, Chris M. Os peixes amazônicos são mais sensíveis à amônia? Toxicidade da amônia para onze espécies nativas. **Hydrobiologia**, v. 789, n. 1, p. 143-155, 2017.

SPENCER, R. J.. Growth patterns of two widely distributed freshwater turtles and a comparison of common methods used to estimate age. **Australian Journal of Zoology**, v. 50, n. 5, p. 477-490, 2002.

STANFORD, Craig B. *et al.* Turtles and tortoises are in trouble. **Current biology**, v. 30, n. 12, p. R721-R735, 2020.

TELES, Eliana *et al.* POVOS E COMUNIDADES TRADICIONAIS NO DELTA DO RIO AMAZONAS: DIFERENTES OBSERVAÇÕES SOBRE EFEITOS DE MUDANÇA CLIMÁTICA. **Margens**, v. 18, n. 30, p. 89-109, 2024.

TERAN, Augusto Fachin; VOGT, Richard C.; GOMEZ, Maria de Fátima Soares. Food habits of an assemblage of five species of turtles in the Rio Guapore, Rondonia, Brazil. **Journal of Herpetology**, p. 536-547, 1995.

TERAN, Augusto Fachin; VOGT, Richard C.; GOMEZ, Maria de Fátima Soares. Hábitos alimentares de uma assembleia de cinco espécies de tartarugas no Rio Guaporé, Rondônia, Brasil. **Revista de Herpetologia**, p. 536-547, 1995.

THOMSON, Scott A. Turtles of the world: annotated checklist and atlas of taxonomy, synonymy, distribution, and conservation status. **Phyllomedusa: Journal of Herpetology**, v. 20, n. 2, p. 225-228, 2021.

TOMITA, R. Y.; BEYRUTH, Z. Toxicologia de agrotóxico em ambiente aquático. **Biológico**, v. 64, n. 2, p. 135-142, 2002.

TOMITA, Rúbia Yuri. **Toxidade de Mistura de agrotóxicos em ambiente aquático – reflexos na saúde pública da exposição simultânea aos herbicidas atrazina e diuron**. 2004. Tese (Mestrado em Saúde Pública). Universidade de São Paulo, Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública, São Paulo. 2004. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-11012021-133708/publico/DR_673_Tomita_2004.pdf Acesso em: 06 jan 2026.

TONI, Luis RM; SANTANA, Henrique de; ZAIA, Dimas AM. Adsorção de glifosato sobre solos e minerais. **Química Nova**, v. 29, p. 829-833, 2006.

TRAJANO, M. C. E.; CARNEIRO, L. P. **Diagnóstico da Criação Comercial de Animais Silvestres no Brasil**. Brasília: Ibama, 2019. 56 p.

TRAVOR, A. J.; MILLER, R. D. Anestésicos gerais. In: KATZUNG, B. G. **Farmacologia Básica e Clínica**. 8 ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S., 2002. p. 367-380.

TRIANA Velásquez Teófila *et al.* Efectos letales y subletales del glifosato (Roundup® Activo) en embriones de anuros colombianos. **Acta Biológica Colombiana**, v. 18, n. 2, p. 271-278, 2013.

TUDI, Muyesaier *et al.* Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. **International journal of environmental research and public health**, v. 18, n. 3, p. 1112, 2021.

TUREK, Juliane *et al.* Efeitos citotóxicos de um herbicida a base de glifosato no peixe *Astyanax altiparanae*. **Luminária**, v. 19, n. 02, 2017.

van Dijk PP, Iverson JB, Rhodin AGJ *et al* (2014) Turtles of the world, 7th edition: annotated checklist of taxonomy, synonymy, distribution with maps, and conservation status. In: Rhodin AGJ, Pritchard PCH, van Dijk PP, *et al.* (eds) Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: a compilation project of the IUCN/SSC tortoise and freshwater turtle specialist group. **Chelonian Research Monographs**, vol 5(7), pp 329-479. doi:[10.3854/crm.5.000.checklist.v7.2014](https://doi.org/10.3854/crm.5.000.checklist.v7.2014)

VEIGA, Marcelo Motta. Agrotóxicos: eficiência econômica e injustiça socioambiental. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 145-152, 2007.

VELINI, E. D. *et al.* Modo de ação do glyphosate. In: VELINI, E. D. *et al.* (Org). **Glyphosate: uso sustentável**. Botucatu: FEDAF, 2012, p.39-66.

VENANCIO, Larissa Paola Rodrigues et al. Pollution-induced metabolic responses in hypoxia-tolerant freshwater turtles. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 97, p. 1-9, 2013.

VIEIRA, Vanessa Petronilo *et al.* Avaliação do desempenho produtivo de linhagens de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) em Maringá-PR. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 3, n. 3, p. 19-26, 2005.

VOGT, R. C. **Tartarugas da Amazônia**. Lima, Peru, 2008. 104 p.

WILBUR, Henry M.; MORIN, Peter J. Life history evolution in turtles. **Biology of the Reptilia**, v. 16, p. 387-439, 1988.

XAVIER, Leonardo Pereira *et al.* Soberania alimentar: proposta da via campesina para o sistema agroalimentar. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 7, p. 4454-4466, 2018.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: Princípio e aplicações**. 2a ed. São Carlos. Rima editora, 2008. 472p.

ZHANG, Qin et al. The Effects of Cadmium Exposure on Biochemical Indexes, Antioxidant Responses, Inflammation, and Anti-Stress Responses of Juvenile GIFT Tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Environmental Toxicology**, v. 40, n. 12, p. 1401-1416, 2025.

ZHENG, Tao et al. Effects of chronic glyphosate exposure on antioxidative status, metabolism and immune response in tilapia (GIFT, *Oreochromis niloticus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology**, v. 239, p. 108878, 2021.

ZHOU, Wei; LI, Mengmeng; ACHAL, Varennyam. A comprehensive review on environmental and human health impacts of chemical pesticide usage. **Emerging Contaminants**, v. 11, n. 1, p. 100410, 2025.

ZUASTI, Adelina et al. Occurrence of melanin granules and melanogenesis in the kidney of *Sparus auratus*. **Pigment Cell Research**, v. 2, n. 2, p. 93-99, 1989.

ZUG, George R.; VITT, Laurie; CALDWELL, Janallee P. **Herpetology: an introductory biology of amphibians and reptiles**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2001. 630 p.

ANEXO I – COMITÊ DE ÉTICA COM USO DE ANIMAIS – EMBRAPA/AP

Comissão de Ética para o Uso de Animais (CEUA) – Embrapa Amapá

Resultado de Solicitação de Protocolo

Número do protocolo: 029-CEUA/Embrapa Amapá

Processo SEI: 21157.001949/2024-07

Data da Entrada: 10/07/2025

Período do Projeto: 11 de agosto de 2025 a 31 de abril de 2026.

Título do Projeto: Análise do Protocolo 029/2025-CEUA/Embrapa Amapá: Uso de ração à base de *Mauritia flexuosa* para mitigação dos efeitos da exposição de *Podocnemis unifilis* ao glifosato (Roundup®).

Prezado (a) pesquisador (a),

Em relação ao protocolo de pesquisa sob sua responsabilidade a CEUA deliberou o seguinte:

- APROVADO, para o período solicitado e de acordo com a proposição do uso de animais na metodologia apresentada no projeto.

- Por ocasião do término desse protocolo, DEVERÁ SER APRESENTADO RELATÓRIO detalhado relacionado ao uso de animais no projeto desenvolvido.

Macapá, 12/08/2025.

Dr. Marcos Tavares Dias
Presidente da CEUA – Embrapa Amapá