



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

**DANILO NUNES DE SANTANA**

**A EXPOSIÇÃO DE OVOS DE PODOCNEMIS UNIFILIS AO HERBICIDA  
ROUNDUP®:  
UMA VISÃO BROMATOLÓGICA E SOCIOAMBIENTAL**

**PALMAS, TO  
2026**

**Danilo Nunes de Santana**

**A EXPOSIÇÃO DE OVOS DE *Podocnemis unifilis*  
(TESTUDINES:PODOCNEMIDIDAE): AO HERBICIDA ROUNDUP®:  
UMA VISÃO BROMATOLÓGICA E SOCIOAMBIENTAL**

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

Orientadora: Dr<sup>a</sup> Kellen Lagares Ferreira Silva (UFT)  
Coorientadoras: Dr<sup>a</sup> Ana Beatriz Nunes Ribeiro (UEAP)  
Dr<sup>a</sup> Jamille da Costa Araújo (EMBRAPA/AP)

**Palmas, TO  
2026**

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

---

S232e     Santana, Danilo Nunes de.  
            A EXPOSIÇÃO DE OVOS DE PODOCNEMIS UNIFILIS AO HERBICIDA  
            ROUNDUP®: UMA VISÃO BROMATOLOGICA E SOCIOAMBIENTAL. /  
            Danilo Nunes de Santana. – Palmas, TO, 2026.  
            122 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 / Janille da Costa Araújo

            1. Bromatologia. 2. Glifosato. 3. Segurança alimentar. 4. Tracajá. 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).**

**Danilo Nunes de Santana**

**A exposição de ovos de *Podocnemis unifilis* (testudines: podocnemididae) ao herbicida  
roundup®:  
uma visão bromatológica e socioambiental**

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

Data de aprovação: 22 / 05 / 2026

Banca Examinadora

---

Prof. Dra. (Alana do Socorro Lima da Silva), UFRA

---

Prof. Dra. (Caroline Roberta Freitas Pires), UFT

---

Prof. Dra. (Lucimara Albieri de Oliveira), UFT

## AGRADECIMENTOS

A realização desta dissertação representa muito mais do que uma conquista acadêmica; simboliza anos de aprendizado, renúncias, amadurecimento e o apoio de inúmeras pessoas que tornaram esta caminhada possível. Por isso, expresso minha profunda gratidão a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta trajetória.

Primeiramente, agradeço à minha mãe, Erislene Floriano, por ser meu maior exemplo de força e dedicação. Obrigado por oferecer suporte em todas as esferas possíveis e “até nas impossíveis” como somente uma mãe é capaz de fazer. Sua presença, incentivo e amor incondicional sustentaram muitos dos meus passos ao longo desta jornada. Esta conquista também é sua.

À minha irmã, Aline Vitória, agradeço pelas conversas, pelos momentos compartilhados e por tornar esta trajetória mais leve nos períodos de maior dificuldade.

Ao meu padrasto, Dejaván, pela constante motivação para evoluir academicamente, pelo incentivo aos estudos e pela confiança depositada em meu potencial.

À minha esposa, Ana Beatriz Nunes Ribeiro “quando esta publicação for concluída, já estaremos casados” dedico palavras que talvez nunca expressem completamente o que sinto. Foi na academia que nos encontramos e, desde então, o sentimento que surgiu apenas cresceu com o tempo. Sempre admirei sua determinação, mas nos últimos anos minha admiração aumentou ainda mais ao observar a mulher forte, resiliente e inabalável que você é; alguém que continua seguindo em frente mesmo quando tudo parece impossível. Obrigado pelo amor, pela parceria, pelo apoio e por caminhar comigo. Eu te amo.

Às minhas orientadoras, Profa. Dra. Kellen Lagares, Profa. Dra. Jamile Araújo e Profa. Dra. Ana Beatriz Nunes, expresso minha sincera gratidão pelos ensinamentos, orientação, paciência, confiança e contribuições fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa e para minha formação como pesquisador.

À equipe da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amapá, meu profundo agradecimento pelo suporte técnico e acolhimento durante a execução deste trabalho. Em especial ao Seu Zé, Bacaba e Flávio, pela colaboração e dedicação em todas as etapas necessárias para a realização da pesquisa.

Faço um agradecimento especial aos vigilantes da instituição, que estiveram presentes durante as madrugadas de espera pela subida dos tracajás para desova, sempre dispostos a vigiar, auxiliar e compartilhar conversas que tornaram aqueles momentos mais humanos e memoráveis. Essas experiências permanecerão comigo para além da vida acadêmica.

Aos amigos construídos em Macapá, que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, especialmente Larissa, Zenária, Isabely e todos os estagiários da EMBRAPA, agradeço a amizade, apoio e convivência ao longo desse período.

Aos colegas, amigos e parceiros acadêmicos Caio, Rafael, Santos e Gabriela, agradeço pelas trocas de conhecimento, incentivo, apoio e companheirismo durante os períodos mais desafiadores da pós-graduação.

Ao Universidade Federal do Tocantins, especialmente ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente (PPGCiamb/UFT), agradeço a oportunidade de crescimento científico e pessoal. À universidade, minha gratidão por ter sido responsável pela minha formação como biólogo e, agora, pela concretização do título de mestre.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, agradeço a concessão da bolsa de estudos, cujo apoio financeiro tornou possível a execução desta pesquisa. Por fim, agradeço à ciência, à conservação ambiental e às populações tradicionais amazônicas, cuja existência, resistência e relação com a biodiversidade inspiram estudos comprometidos com justiça socioambiental, segurança alimentar e preservação dos recursos naturais.

Um agradecimento especial ao Jonatas Carvalho, cuja amizade surgiu de forma improvável, em meio a conflitos ideológicos e divergências que, durante o ensino médio no IFTO, nos colocaram quase como arquirrivais “em 3 anos, nunca trocamos uma palavra, mas já não se suportavam”. O tempo, porém, transformou diferenças em respeito, respeito em amizade e amizade em uma irmandade inabalável que atravessou a graduação, o mestrado e a própria vida.

São incontáveis os momentos em que fomos apoio um para o outro, compartilhando críticas sinceras, conselhos, preocupações e enfrentando juntos períodos difíceis. Em muitos desses momentos, encontramos soluções; em outros, apenas seguimos em frente, suportando os desafios como podíamos. Ainda assim, a certeza sempre foi a mesma: nenhum dos dois caminhava sozinho.

A dívida de gratidão que tenho por você é impossível de mensurar e dificilmente poderá ser quitada. Ao longo dessa trajetória, sua amizade foi abrigo, incentivo e força nos momentos em que tudo parecia mais difícil. No fim das contas, você foi uma das maiores bênçãos que surgiu em minha vida.

Sem sua presença nessa caminhada, muitas etapas teriam sido significativamente mais difíceis. Obrigado pela amizade, pela lealdade, pela parceria e por ser, em todos os sentidos, um verdadeiro irmão.

Concluir esta dissertação significa encerrar uma etapa importante, mas também reconhecer que nenhuma conquista é individual. Carrego comigo cada pessoa que contribuiu para que eu chegasse até aqui. Muito obrigado.

## RESUMO

O Brasil destaca-se como uma potência agrícola global, impulsionada pela intensificação do uso de tecnologias e agrotóxicos para o aumento da produtividade das lavouras. Entre esses compostos, o glifosato é o herbicida com maior uso registrado, embora apresente potenciais riscos ambientais e à fauna silvestre. A expansão agrícola, especialmente nos biomas Cerrado e Amazônia, tem promovido alterações nos ecossistemas, afetando espécies como *Podocnemis unifilis* (tracajá), de grande importância ecológica, econômica e cultural para comunidades tradicionais. A proximidade entre áreas agrícolas e locais de desova eleva o risco de contaminação por agrotóxicos, podendo resultar em bioacumulação e impactos na segurança e soberania alimentar das populações que utilizam o tracajá como recurso alimentar. Diante desse cenário, o presente estudo avaliou os efeitos da exposição ao glifosato em ovos de tracajá provenientes de biotério, sem exposição prévia ao herbicida, analisando sua composição nutricional. Foram coletados 83 ovos na EMBRAPA/AP. Desses, 48 foram incubados em condições seminaturais e submetidos a três tratamentos: controle, 65 µg/L e 6500 µg/L de glifosato, com coletas realizadas aos 20, 40 e 60 dias de incubação. Os 35 ovos restantes foram utilizados para a avaliação da composição bromatológica inicial, sem submissão aos tratamentos experimentais. Os resultados indicaram que a exposição ao glifosato promove alterações significativas na composição nutricional dos ovos, especialmente nos teores de cálcio, cobre, lipídios e manganês, sugerindo influência direta do herbicida sobre a qualidade bromatológica dos ovos de tracajá. Esses achados evidenciam potenciais riscos à segurança alimentar de povos tradicionais, tornando preocupante o consumo de ovos de tracajá devido à suscetibilidade à contaminação em ambientes naturais, decorrente da expansão das atividades agropecuárias em áreas próximas aos ambientes de reprodução da espécie. Dessa forma, o estudo demonstra que os impactos do glifosato vão além do controle de plantas daninhas, afetando espécies essenciais ao equilíbrio ecológico amazônico e à segurança alimentar de populações tradicionais. Além disso, a pesquisa está alinhada aos princípios da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), contribuindo para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS): 2 Fome Zero e Agricultura Sustentável, ao evidenciar a importância da qualidade e segurança dos recursos alimentares utilizados por comunidades tradicionais; ODS: 12 Consumo e Produção Responsáveis, ao destacar a necessidade de práticas agrícolas e de manejo ambiental mais sustentáveis; e ODS: 15 Vida Terrestre, ao fornecer subsídios para a conservação da biodiversidade amazônica e para a proteção de espécies de quelônios de relevância ecológica e socioeconômica.

**Palavras-chaves:** Bromatologia, Glifosato, Segurança Alimentar, Tracajá.

## ABSTRACT

Brazil stands out as a global agricultural powerhouse, driven by the intensified use of technologies and pesticides to increase crop productivity. Among these compounds, glyphosate is the most widely used herbicide, although it poses potential environmental risks to wildlife. Agricultural expansion, particularly in the Cerrado and Amazon biomes, has promoted changes in ecosystems, affecting species such as *Podocnemis unifilis* (yellow-spotted river turtle), which holds significant ecological, economic, and cultural importance for traditional communities. The proximity between agricultural areas and nesting sites increases the risk of pesticide contamination, potentially resulting in bioaccumulation and impacts on the food security and food sovereignty of populations that rely on this species as a food resource. In this context, the present study evaluated the effects of glyphosate exposure on eggs of *Podocnemis unifilis* obtained from captive breeding facilities, with no prior exposure to the herbicide, by analyzing their nutritional composition. A total of 83 eggs were collected at EMBRAPA/AP. Of these, 48 were incubated under semi-natural conditions and assigned to three treatments: control, 65 µg/L, and 6500 µg/L of glyphosate, with sampling conducted at 20, 40, and 60 days of incubation. The remaining 35 eggs were used for initial bromatological characterization and were not subjected to the experimental treatments. The results indicated that glyphosate exposure promoted significant changes in the nutritional composition of the eggs, particularly in calcium, copper, lipid, and manganese levels, suggesting a direct influence of the herbicide on the bromatological quality of *P. unifilis* eggs. These findings highlight potential risks to the food security of traditional communities, raising concerns regarding the consumption of turtle eggs due to their susceptibility to contamination in natural environments associated with the expansion of Brazilian agribusiness. Thus, the study demonstrates that the impacts of glyphosate extend beyond weed control, affecting species that are essential to Amazonian ecological balance and the food security of traditional populations. It is concluded that the use of pesticides in areas surrounding river basins contributes to environmental degradation and processes of social exclusion.

**Key-words:** Bromatology, Glyphosate, Food Security, Yellow-spotted River Turtle.

## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

|                                                                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Ilustração da produção de óleo e manteiga feitos com ovos de tartaruga amazônicas, por Indígenas.....                                                                                       | 38 |
| Figura 2 - Biotério de criação e manejo de quelônios – Embrapa/AP, in focu área de desova de tracajá.....                                                                                              | 42 |
| Figura 3 - Coleta de ovos de tracajá no biotério Embrapa/AP, 3A: localização do ninho e marcação dos ovos; 3B: ovos na basqueta de transporte para incubação.....                                      | 43 |
| Figura 4 - Processo de ovoscopia, 4A: visão horizontal; 4B: visão oblíqua.....                                                                                                                         | 44 |
| Figura 5 - Área experimental no Campo experimental de Fazendinha da Embrapa Amapá (Macapá, Amapá) .....                                                                                                | 44 |
| Figura 6 - confecção das incubadoras artificiais. 6A: adição de pedras lavadas; 6B: adição de areia comercial.....                                                                                     | 45 |
| Figura 7 - Isolamento da área experimental com sombrite 50% .....                                                                                                                                      | 46 |
| Figura 8 - Ilustração do delineamento experimental utilizado no presente trabalho.....                                                                                                                 | 47 |
| Figura 9 – Monitoramento de temperatura e umidade nos ninhos .....                                                                                                                                     | 48 |
| Figura 10 - Aplicação do glifosato com borrifador manual .....                                                                                                                                         | 50 |
| Figura 11 - Caixa d'água responsável pela coleta de água percorrida pelos tratamentos .....                                                                                                            | 51 |
| Figura 12 - Ovoscopia de integridade física realizada no Laboratório de Produção de Organismos Aquáticos da.....                                                                                       | 52 |
| Figura 13 - Biometria dos ovos, 12A: medição do comprimento; 12B: fotografia.....                                                                                                                      | 53 |
| Figura 14 - Pesagem e acondicionamento do conteúdo de ovos de tracajá em tubo Falcon....                                                                                                               | 54 |
| Figura 15 - Destilador de Nitrogênio.....                                                                                                                                                              | 56 |
| Figura 16 - Capela de exaustão.....                                                                                                                                                                    | 57 |
| Figura 17 - Amostras armazenadas em tubos falcon 25 ml, adição das cinzas à solução clorídrica, afim de realizar procedimentos bromatológicos .....                                                    | 59 |
| Figura 18 - Espectrofotômetro de absorção atômica - Ice 3000 series.....                                                                                                                               | 60 |
| Figura 19 - Gráfico de tendências de temperatura e umidade entre os tempos e tratamentos avaliados .....                                                                                               | 66 |
| Figura 20 - - Proteína bruta (%) média e desvio padrão em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500, com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) * e **.....                   | 70 |
| Figura 21 - Média e desvio padrão do teor de lipídios em ovos de tracajá submetidos a exposição de agrotóxico, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) (*, ** e ***)......                          | 73 |
| Figura 22 - Carboidratos (%) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500. Valores .....                                                                                      | 76 |
| Figura 23 - Cinzas (%) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500, em valores médios e desvio padrão e com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) .....                     | 77 |
| Figura 24 - Cálcio (%) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500. Valores expressos em média $\pm$ desvio padrão, com diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) ( * ) ..... | 80 |
| Figura 25 - Fósforo (%) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500. Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão, com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) .....      | 82 |
| Figura 26 - Cobre (%) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500, Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão, com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ( ** ) ..... | 84 |
| Figura 27 - Ferro (mg/Kg) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500. Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) .....    | 86 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 28 - Zinco (mg/L) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500. Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão, com diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) (*, **, ***) .....                                                                                                                                                                       | 87 |
| Figura 29 - Gráfico de barra referente ao teor de zinco.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 89 |
| Figura 30 - Acidez potencial do solo (cmolc/dm <sup>3</sup> ) nos tratamentos Controle, T65 e T6500 ao longo de 20, 40 e 60 dias. Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) .....                                                                                                                                                    | 90 |
| Figura 31 - Fósforo (mg/dm <sup>3</sup> ) presente no solo dos tratamentos Controle, T65 e T6500 ao longo de 20, 40 e 60 dias. Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) .....                                                                                                                                                       | 91 |
| Figura 32 - Parâmetros químicos do solo: pH (A) e matéria orgânica do solo (B) em função do tempo (20, 40 e 60 dias) nos tratamentos Controle, T65 e T6500. Valores expressos como média $\pm$ desvio padrão, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ).....                                                                                                                           | 92 |
| Figura 33 - Teor de lipídeos totais (%) em ovos de Podocnemis unifilis oriundos de diferentes ninhos (N1 a N5) mantidos sob condições controle. Os valores representam a média $\pm$ [erro padrão / desvio padrão] ( $n = X$ ovos/ninho). A ausência de sobrenotação indica que não houve diferença estatisticamente significativa entre os ninhos (ANOVA one-way, $p > 0,05$ ). .....  | 94 |
| Figura 34 - Teor de Proteína Bruta (%) em ovos de Podocnemis unifilis oriundos de diferentes ninhos (N1 a N5) mantidos sob condições controle. Os valores representam a média $\pm$ [erro padrão / desvio padrão] ( $n = X$ ovos/ninho). A ausência de sobrenotação indica que não houve diferença estatisticamente significativa entre os ninhos (ANOVA one-way, $p > 0,05$ ). .....   | 96 |
| Figura 35 - Teor de Umidade e Cinzas (%) em ovos de Podocnemis unifilis oriundos de diferentes ninhos (N1 a N5) mantidos sob condições controle. Os valores representam a média $\pm$ [erro padrão / desvio padrão] ( $n = X$ ovos/ninho). A ausência de sobrenotação indica que não houve diferença estatisticamente significativa entre os ninhos (ANOVA one-way, $p > 0,05$ ). ..... | 97 |
| Figura 36 - Teor de carboidratos (%) em ovos de Podocnemis unifilis oriundos de diferentes ninhos (N1 a N5) mantidos sob condições controle. Os valores representam a média $\pm$ [erro padrão / desvio padrão] ( $n = X$ ovos/ninho). A ausência de sobrenotação indica que não houve diferença estatisticamente significativa entre os ninhos (ANOVA one-way, $p > 0,05$ ). .....     | 97 |
| Figura 37 – Valor calórico em ovos de Podocnemis unifilis oriundos de diferentes ninhos (N1 a N5) mantidos sob condições controle. Os valores representam a média $\pm$ [erro padrão / desvio padrão] ( $n = X$ ovos/ninho). A ausência de sobrenotação indica que não houve diferença estatisticamente significativa entre os ninhos (ANOVA one-way, $p > 0,05$ ). .....               | 99 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Tabela de monitoramento de ninhos "temperatura e umidade" .....                                       | 65 |
| Tabela 2 - Valores médios e desvio padrão da composição centesimal dos ovos de tracajá "ecotoxicológico" .....   | 67 |
| Tabela 3 - Teor de umidade (%) em função do tempo (20, 40 e 60 dias) nos tratamentos Controle, T65 e T6500. .... | 68 |
| Tabela 4 - Composição centesimal de ovos de tracajá criadas em cativeiro .....                                   | 93 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |                                                            |
|---------|------------------------------------------------------------|
| 2,4-D   | Ácido 2,4-Diclorofenoxiacético                             |
| AMPA    | Ácido Aminometilfosfônico                                  |
| ANOVA   | Análise de variância                                       |
| ANVISA  | Agência Nacional de Vigilância Sanitária                   |
| AOAC    | Association of Official Analytical Chemists                |
| ATP     | Trifosfato De Adenosina                                    |
| Ca      | Cálcio                                                     |
| CEUA    | Comitê de Ética no Uso de Animais                          |
| Cl      | Cloro                                                      |
| Co      | Cobalto                                                    |
| CONAMA  | Conselho Nacional do Meio Ambiente                         |
| CZ      | Cinza                                                      |
| DHAA    | Direito Humano à Alimentação Adequada                      |
| DNA     | Ácido Desoxirribonucleico                                  |
| EDTA    | Ácido Etilenodiamino Tetra-Acético                         |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária                |
| EPI     | Equipamento de Proteção Individual                         |
| FAO     | Food and Agriculture Organization of the United Nation     |
| FB      | Fibra Bruta                                                |
| Fe      | Ferro                                                      |
| I       | Iodo                                                       |
| IAL     | Instituto Adolf Lutz                                       |
| IBAMA   | Instituto Brasileiro do Meio Ambiente de Recursos Naturais |
| IBGE    | Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística            |
| INCA    | Instituto Nacional De Câncer                               |
| K       | Potássio                                                   |
| MAPA    | Ministério Da Agricultura Pecuária E Abastecimento         |
| MM      | Material Mineral                                           |
| Mn      | Manganês                                                   |
| MS      | Matéria Seca                                               |
| Na      | Sódio                                                      |
| NRR     | Norma Regulamentadora Rural                                |

|        |                                                                 |
|--------|-----------------------------------------------------------------|
| ODS    | Objetivos De Desenvolvimento Sustentável                        |
| ONU    | Organização Das Nações Unidas                                   |
| PB     | Proteína Bruta                                                  |
| PVC    | Policloreto de Vinila                                           |
| RAN    | Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios |
| ICMBio | Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade         |
| RDC    | Resolução da Diretoria Colegiada                                |
| S      | Enxofre                                                         |
| Se     | Selênio                                                         |
| VDR    | Valor de Referência Diário                                      |
| WHO    | World Health Organizatio                                        |

## LISTA DE SÍMBOLOS

|                       |                                        |
|-----------------------|----------------------------------------|
| %                     | porcentagem                            |
| ~                     | aproximadamente)                       |
| °C                    | grau Celsius                           |
| µg                    | micrograma                             |
| µg mL <sup>-1</sup>   | micrograma por mililitro               |
| µg/L                  | micrograma por litro                   |
| cm                    | centímetro                             |
| cmolc/dm <sup>3</sup> | centimol de carga por decímetro cúbico |
| g                     | grama                                  |
| J                     | joule                                  |
| kcal                  | quilocaloria                           |
| kg                    | quilograma                             |
| kJ                    | quilojoule                             |
| L                     | litro                                  |
| m/v                   | massa por volume                       |
| mg                    | miligrama                              |
| mg/dm <sup>3</sup>    | miligrama por decímetro cúbico         |
| mg/kg                 | miligrama por quilograma               |
| mg mL <sup>-1</sup>   | miligrama por mililitro                |
| mmHg                  | milímetro de mercúrio                  |
| mol·L <sup>-1</sup>   | mol por litro (molaridade)             |
| n°                    | número                                 |
| nm                    | nanômetro                              |
| pH                    | potencial hidrogeniônico               |

## SUMÁRIO

|        |                                                                                                                                   |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.     | INTRODUÇÃO.....                                                                                                                   | 18 |
| 2.     | Qualidade Nutricional de Alimentos: Pressão Antrópica.....                                                                        | 22 |
| 2.1.   | Agrotóxicos no Brasil: contexto histórico, regulatório e impactos socioambientais em ecossistemas e populações tradicionais ..... | 22 |
| 2.2.   | A ampliação do conceito de segurança e a consolidação da segurança alimentar e nutricional.....                                   | 28 |
| 2.3.   | Composição bromatológica de alimentos.....                                                                                        | 30 |
| 2.4.   | Limites de tolerância e qualidade nutricional: o papel da Anvisa.....                                                             | 33 |
| 2.5.   | Soberania alimentar, movimentos camponeses e críticas ao modelo agroalimentar hegemônico.....                                     | 35 |
| 2.6.   | Consumo Tradicional de Quelônios Amazônicos e os Riscos da Contaminação por Agrotóxicos nas Cadeias Alimentares .....             | 37 |
| 3.     | Objetivos.....                                                                                                                    | 41 |
| 3.1.   | Objetivo Geral .....                                                                                                              | 41 |
| 3.2.   | Objetivos Específicos .....                                                                                                       | 41 |
| 4.     | Metodologia.....                                                                                                                  | 42 |
| 4.1.   | Coleta dos Ovos.....                                                                                                              | 42 |
| 4.1.1. | Coleta: experimento ecotoxicológico .....                                                                                         | 42 |
| 4.1.2. | Coleta: composição bromatológica .....                                                                                            | 42 |
| 4.2.   | Incubação.....                                                                                                                    | 45 |
| 4.3.   | Delineamento experimental.....                                                                                                    | 47 |
| 4.4.   | Coletas e transporte dos ovos .....                                                                                               | 51 |
| 4.5.   | Triagem dos ovos .....                                                                                                            | 52 |
| 4.6.   | Bromatologia .....                                                                                                                | 54 |
| 4.6.1. | liofilização .....                                                                                                                | 54 |
| 4.6.2. | Umidade .....                                                                                                                     | 55 |
| 4.6.3. | Material mineral (Cinzas).....                                                                                                    | 55 |
| 4.6.4. | Proteína bruta.....                                                                                                               | 56 |
| 4.6.5. | Lipídios totais .....                                                                                                             | 57 |
| 4.6.6. | Determinação de carboidratos .....                                                                                                | 58 |
| 4.6.7. | Valor Calórico Total (VCT). .....                                                                                                 | 58 |
| 4.7.   | Micronutrientes.....                                                                                                              | 59 |
| 4.7.1. | Teor de fósforo .....                                                                                                             | 60 |
| 4.7.2. | Teor de cálcio .....                                                                                                              | 61 |
| 4.8.   | Tabela nutricional .....                                                                                                          | 61 |

|        |                                                                                      |     |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.9.   | Análise de solo .....                                                                | 62  |
| 4.9.1. | Teor de pH.....                                                                      | 62  |
| 4.9.2. | Teor de fósforo (P) .....                                                            | 62  |
| 4.9.3. | Acidez potencial ( $\text{h}^+ + \text{al}^{3+}$ ) .....                             | 63  |
| 4.10.  | Análise estatística .....                                                            | 63  |
| 5.     | RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                                         | 65  |
| 5.1.   | Condições de Incubadoras .....                                                       | 65  |
| 5.2.   | Análise centesimal.....                                                              | 67  |
| 5.2.1. | Umidade .....                                                                        | 67  |
| 5.2.2. | Proteína.....                                                                        | 69  |
| 5.2.3. | Lipídio .....                                                                        | 73  |
| 5.2.4. | Carboidrato .....                                                                    | 75  |
| 5.2.5. | Cinza.....                                                                           | 77  |
| 5.3.   | Macronutrientes .....                                                                | 78  |
| 5.3.1. | Cálcio.....                                                                          | 79  |
| 5.3.2. | Fósforo.....                                                                         | 81  |
| 5.4.   | Micronutrientes.....                                                                 | 83  |
| 5.4.1. | Cobre .....                                                                          | 83  |
| 5.4.2. | Ferro .....                                                                          | 85  |
| 5.4.3. | Manganês.....                                                                        | 87  |
| 5.4.4. | Zinco.....                                                                           | 88  |
| 5.5    | Parametros do solo .....                                                             | 89  |
| 5.4.5. | Análise química do solo .....                                                        | 90  |
| 5.5.   | Qualidade Nutricional: Ovo.....                                                      | 93  |
| 5.7    | A “Invisibilidade regulatória” e o conflito com a Soberania Alimentar na Amazônia .. | 99  |
|        | CONSIDERAÇÕES FINAIS .....                                                           | 101 |
|        | REFERÊNCIAS .....                                                                    | 102 |

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o Brasil se consolidou como uma potência agrícola global, consolidando sua competitividade em vastas áreas disponíveis para atender à demanda global de alimentos desde os anos 2000 (PACÍFICO, 2009; FAO, 2021). Neste cenário, o uso de tecnologias na cadeia produtiva se mostrou fundamental para reduzir custos de produção, o que levou à crescente utilização de agrotóxicos (COMPAGNOLLA, 2022). No entanto, Tavella e colaboradores (2011), relatam que para práticas agrícolas intensivas, o uso de compostos químicos é essencial para garantir a produtividade no cenário global atual. O que ocasiona o uso desordenado de agrotóxicos, a fim de combater “pragas” agrícolas, podendo essa prática gerar problemas ambientais e sociais (SERRA *et al.*, 2016; ALBUQUERQUE, 2022).

De acordo com a FAO (2021), o Brasil lidera o ranking dos países que mais consomem agrotóxicos, chegando à marca de 759,5 mil toneladas. Entre os agrotóxicos utilizados no país, se destaca os herbicidas (os mais consumidos), inseticidas e fungicidas, que representam 95% da compra desses agentes químicos para agricultura. Na justificativa de alavancar as práticas agrícolas, produtividade e expansão do cenário agrícola no país (AGROW, 2007; EMBRAPA, 2003). No entanto, o uso de herbicidas na eliminação de plantas infestantes nas lavouras (daninhas), pode gerar impactos ambientais negativos, devido à baixa adsorção no solo e alto potencial de lixiviação, afetando diferentes níveis tróficos em ecossistemas aquáticos e terrestres, podendo modificar a morfologia e função dentro dos ecossistemas (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018; BASSO *et al.*, 2021).

Entre os agrotóxicos mais consumidos no Brasil, se destaca o glifosato, um herbicida de baixo custo, alta permissividade e necessidade de uso constante para controle de plantas “daninhas”, essa permissividade permite altas dosagens em comparação a outros herbicidas, conforme estabelecido na Resolução CONAMA nº 357/2005 (SIMON-DELISO *et al.*, 2015; BECKIE *et al.*, 2020). Os impactos do glifosato na saúde humana e ambiental são amplamente discutidos, mas seus efeitos na fauna silvestre ainda são pouco compreendidos. Estudos laboratoriais têm mostrado distúrbios comportamentais em peixes, danos ao DNA de répteis e alterações histológicas e osteológicas em quelônios, além de efeitos adversos em anfíbios (OLIVEIRA, 2020; LOPES *et al.*, 2021). O alto fator de percolação glifosato em solos argilosos e sua alta lixiviação para águas superficiais resultam em uma degradação quase instantânea para ácido Aminometilfosfônico (AMPA), o que leva à persistência de resíduos do composto alterado no ambiente (CHAULET *et al.*, 2019).

A partir da década de 80, com a consolidação da alta tecnificação, e o avanço das tecnologias de correção de solo, tornou-se viável a exploração agrícola em larga escala no Cerrado. Apesar desse processo permitir que a região seja um dos maiores produtores do país, essa expansão gerou uma pressão ambiental que transcende os limites do Cerrado, afetando biomas vizinhos como a Amazônia. Essas tendências econômicas, associadas à expansão agrícola, refletiram nos últimos 40 anos uma conversão de aproximadamente 47% da cobertura natural do cerrado em função da expansão do agronegócio (MAPBIOMAS, 2025). Souza (2022) e MapBiomass (2025), destacam a influência da expansão agrícola para conversão do bioma amazônico para fim de atender as “necessidades” produtiva brasileira, que foram responsáveis pela perda de aproximadamente 50 milhões de hectares de sua cobertura natural, dos anos 1985 a 2023.

Nesse cenário, a expansão agrícola influencia em todo o ecossistema, com destaque para seus recursos como os quelônios (grupo que engloba as tartarugas, cágados e jabutis), grupo de répteis apresentam características específicas, como a carapaça (dorsal) e o plastrão (ventral) (POUGH *et al.*, 2003), essa ordem tem representantes nos ambientes aquáticos e terrestres, e apresentam diferentes funções ecossistêmicas, como a dispersão de sementes, ciclagem de nutrientes e pertencentes a diferentes níveis da cadeia alimentar, como predadores de pequenos invertebrados ou presa de outros animais e seres humanos, sendo amplamente utilizados por Comunidades Tradicionais para finalidades como ritos religioso, fins econômicos e alimentares (LIU *et al.*, 2004; FONSECA, *et al.*, 2020).

O consumo de quelônios pela população amazônica é datado desde o Período Imperial, na época além de utilizadas para fins alimentares pela comunidade local, os regimes coloniais faziam a coleta extensiva de ovos de quelônios para produção de óleos utilizado na iluminação pública (SMITH, 1974).

Atualmente há uma variedade de produtos derivados originados por esses animais, como óleo, banha e carne, tornando esse recurso de grande relevância comercial, sendo considerados iguais finas e fonte de renda das comunidades locais (FERRARINI, 1980; GILMORE, 1986). Esse modelo de exploração, pautado por critérios mercantis, resultou em uma redução drástica e constante declínio das populações desses animais ao longo dos últimos séculos (FERRARINI, 1980; BROAD *et al.*, 1988).

Entre as espécies de quelônios, se destaca a *Podocnemis unifilis*, popularmente conhecida como tracajá, e desempenha papel importante na segurança alimentar, na cultura e na economia de populações locais. A distribuição geográfica do tracajá é ampla e abrange rios das regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil e no que tange aos seus hábitos de nidificação, é

uma espécie generalistas, podendo fazer seus ninhos em diferentes locais, praia, ribanceira ou mesmo em áreas de lavouras (PRITCHARD, TREBBAU, 1984; IBAMA, 1989; RAN/ICMBio, 2016). Esse caráter generalista de nidificação da tracajá eleva interação da espécie com ambientes antropizados, tornando a espécie particularmente suscetível aos impactos decorrentes da expansão agrícola como a exposição à agrotóxicos, podendo o organismo incorporar elementos ao longo da cadeia trófica, sendo potencialmente acumulado nos organismos (MERTENS *et al.*, 2018; SILVA, 2018).

Sabe-se que o consumo de carne e ovos de tracajá por populações tradicionais e comunidades locais pode representar uma via indireta de exposição a esses compostos, levantando preocupações quanto à segurança e soberania alimentar desses grupos. Ademais, processos como a bioacumulação e biomagnificação podem intensificar a concentração de substâncias potencialmente tóxicas ao longo da cadeia alimentar, ampliando os riscos à saúde humana, especialmente em populações mais vulneráveis (DÓREA, 2008; BURGER; GOCHFELD, 2004).

Nesse contexto, este trabalho está alinhado ao desenvolvimento econômico brasileiro às metas estabelecidas pela ONU (Organização das Nações Unidas) para Agenda 2030, aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ao evidenciar um sistema de produção alimentar eficiente e nutritivo, em certo modo replicáveis em comunidades e potencial, bem como com o ODS 12 e o ODS 15, ao destacar práticas de manejo sustentável e representar uma forma de conservação da biodiversidade de quelônios amazônicos (DANTAS *et al.*, 2020), e por fim nossos achados correlacionam com o ODS 10, ao fomentar a identidade desses grupos no que tange à soberania alimentar e seus aspectos culturais, como forma de reduzir as desigualdades e o reconhecimento dos direitos desses povos (BRASIL, 2007; BRASIL, 2013).

Diante desse cenário, a expansão da fronteira agrícola no Cerrado e na Amazônia, especialmente no Estado do Tocantins, não se restringe a uma simples mudança na cobertura do solo; a sobreposição entre as monoculturas e os locais de desovas de *P. unifilis* impõe uma nova racionalidade econômica que ignora as dinâmicas ecossistêmicas preexistentes. Como pontua Lef (2021), a lógica do capital degrada os fundamentos ecológicos da vida em nome de uma produtividade de curto prazo.

Neste contexto, o uso intensivo de herbicidas à base de glifosato (como o Roundup®) emerge como um agente de desequilíbrio que transborda os limites das lavouras. O *Podocnemis unifilis* (tracajá), espécie emblemática da fauna amazônica e pilar da segurança alimentar de comunidades ribeirinhas, torna-se uma sentinela biológico de uma 'violência lenta' e, surge

como um risco à segurança alimentar e soberania alimentar de Comunidades Tradicionais, Considerando as metas da ODS 02 e da ODS 3 (saúde e Bem-estar), há a necessidade de investigar os impactos das monoculturas sobre a qualidade de recursos naturais consumidos. A contaminação de seus ovos se torna não apenas um evento ecotoxicológico, mas também indicador de injustiça ambiental, onde o ônus da degradação recai sobre os grupos sociais, sobretudo fragilizados e que dependem da biodiversidade para sua soberania alimentar.

## 2. Qualidade Nutricional de Alimentos: Pressão Antrópica

### 2.1. Agrotóxicos no Brasil: contexto histórico, regulatório e impactos socioambientais em ecossistemas e populações tradicionais

O uso de produtos fitossanitários na agricultura é datado do século XI, com a aplicação de compostos formulados com enxofre (sulfurados). No entanto, foi apenas no século XX que a eficiência do controle químico na produção vegetal ganhou reconhecimento, com a introdução do herbicida sintético Diclorofeniltricloroetano (DDT) por Muller em 1931. Desde então, a revolução verde, a partir de 1950, promoveu avanços significativos na agricultura tradicional através da sua modernização, impactando o meio ambiente e a saúde humana (CAMPAGNOLA, 2022). Na década de 60, o uso de inseticidas foi ampliado com a incorporação aos Programas de Saúde Pública para combater vetores e parasitas (KONRADSEN *et al.*, 2003). Este aumento na aplicação de agrotóxico demandou regulamentação, culminando na criação da Lei dos Agrotóxicos em 1989 (Lei 7.802, de 11 de julho de 1989), atualizada ao longo dos anos (Decreto-Lei 4.074, de 4 de janeiro de 2002).

No contexto da regulamentação, agrotóxicos, defensivos agrícolas, pesticidas e praguicidas são termos que se referem a substâncias químicas utilizadas no controle de pragas animais e vegetais (BRASIL, 2002; INCA, 2021). Essas substâncias são amplamente aplicadas em florestas, ambientes hídricos, urbanos, industriais e, principalmente, na agricultura e pastagens (INCA, 2022). De acordo com a Norma Regulamentadora Rural (NRR) nº 5 e a Lei Federal nº 7.802/1989, agrotóxicos são definidos como produtos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso em setores de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, pastagens, proteção de florestas e outros ecossistemas, além de ambientes urbanos, hídricos e industriais, com a finalidade de alterar a composição da flora ou fauna para preservá-las da ação danosa de seres vivos nocivos.

O Brasil, sendo uma potência agrícola, destacando-se pela competitividade e vastas áreas disponíveis para atender à demanda global por alimentos, fibras e energia renovável (BARROS *et al.*, 2019). Neste cenário, o uso de tecnologias na cadeia produtiva é fundamental para reduzir custos de produção, o que leva à crescente utilização de agrotóxicos (COMPAGNOLLA, 2022). No entanto, Tavella *et al.* (2011), destacam que práticas agrícolas intensivas, como remoção de plantas competitivas e monocultivo, tornam o controle químico essencial para garantir a produtividade (SERRA *et al.*, 2016). Por outro lado, o uso desordenado de agrotóxicos tem gerado crescentes preocupações sociais e ambientais (ALBUQUERQUE, 2022).

A regulamentação do uso de agrotóxicos é uma ferramenta crucial para o controle governamental dessas substâncias, visando minimizar riscos à saúde humana e ambiental (PERES *et al.*, 2003). Atualmente, o registro passa por três avaliações em órgãos nacionais, entre eles, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) responsável por avaliar características agronômicas, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a classificação toxicológica e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Em relação ao consumo de agrotóxicos, FAO (2021), o Brasil infelizmente manteve-se em primeiro lugar entre os países que mais consomem agrotóxicos, chegando à marca de 759,5 mil toneladas, uma média de 3,31 Kg por pessoa, l). Herbicidas, inseticidas e fungicidas representam 95% dos agrotóxicos utilizados no país, com os herbicidas sendo os mais aplicados devido aos benefícios proporcionado às lavouras, expansão agrícola e as práticas de cultivos, como o plantio direto (AGROW, 2007; EMBRAPA, 2003). No entanto, o uso de herbicidas na eliminação de plantas infestantes nas lavouras (daninhas), pode gerar impactos ambientais negativos, devido à baixa adsorção no solo e alto potencial de lixiviação, afetando diferentes níveis tróficos em ecossistemas aquáticos e terrestres, podendo adulterar a morfologia e função dentro dos ecossistemas (LOPES; ALBUQUERQUE, 2018; BASSO *et al.*, 2021).

O crescimento do mercado de agroquímicos no Brasil é notável, com aumento de 190% nos últimos 10 anos, mais que o dobro do crescimento global (93%) (SANTOS *et al.*, 2021). Em 2020, o Brasil aprovou o registro de 493 novos agrotóxicos, o maior número documentado pelo Ministério da Agricultura até então (Diário Oficial da União, 2021). Esse crescimento atribui aos agrotóxicos um papel central na produção agrícola, permitindo formas mais econômicas de plantio e colheita, aumentando a qualidade das safras e reduzindo perdas durante estocagem e transporte (HAYES JR., 1991; ZHANG *et al.*, 2019). Entretanto, seu uso irracional e excessivo tornou-os uma principal fonte de contaminantes orgânicos, com altas concentrações de resíduos poluindo o meio ambiente (MILLER *et al.*, 2019). Apenas cerca de 1% dos pesticidas aplicados são absorvidos pelas plantas, com o restante dispersando-se no ambiente e contaminando solo e águas subterrâneas, afetando organismos não-alvo (ZHANG *et al.*, 2011; LIMA *et al.*, 2022).

Esse uso constante e irracional de agrotóxicos tem levado a uma elevação da vulnerabilidade ambiental em ecossistemas e de povos que habitam próximos a lavouras agrícolas ou que de alguma forma possam ser atingidos por resíduos químicos devido suas propriedades contaminantes, concentração no ecossistema, a capacidade de bioacumulação da fauna e volatilidade dessas substâncias (AZEVEDO; CHASIN, 2003; MOZETO; ZAGATTO,

2006; IGNÁCIO, 2018). Os impactos são frequentemente associados à contaminação de corpos hídricos superficiais e subterrâneos por diversas vias, como carreamento pelas chuvas, dispersão pelo ar (“deriva”), acidentes durante o uso agrícola e efluentes industriais, por vezes gerando contaminação de seus utilizadores (ARIAS *et al.*, 2007; RIBEIRO *et al.*, 2024).

A relação entre comunidades tradicionais e meio ambiente é profunda, refletindo em suas práticas culturais, sociais e econômicas (ALENCAR, 2024). Essa conexão é fundamental para a sua identidade e sobrevivência, já que a terra não é apenas um espaço físico, mas um elemento central de sua cosmovisão e modo de vida. No entanto, essa relação é ameaçada por atividades que desconsideram os direitos e a forma de vida dos povos indígenas ou ribeirinhos, como a exploração de recursos naturais, expansão agrícola ou contaminação de seus alimentos (SILVA, 2021). A produção agrícola e as estratégias de expansão de terras não consideram o espaço geográfico dos povos tradicionais, bem nem os elementos que podem afetar influenciar diretamente seus costumes ou saúde (MENDES; GOMES, 2021; LIMA *et al.*, 2022).

A exposição a agrotóxicos, resultante da intensificação agrícola, representa um risco significativo para a saúde das comunidades tradicionais. Essas substâncias químicas estão associadas a diversos efeitos adversos, tanto agudos quanto crônicos, que afetam diretamente a saúde humana e a qualidade ambiental, mesmo o uso de agrotóxicos sendo inerente aos monocultivos, sua exposição em humanos causam impactos negativos imediatos e a longo prazo na saúde humana e bioacumulação ambiental (SILVA, 2022). Consequentemente, a saúde dos povos indígenas é comprometida não apenas pela contaminação direta, mas também pela degradação dos ecossistemas que sustentam suas práticas tradicionais, com a bioacumulação desses elementos em organismos não-alvo afetando seus hábitos alimentares (VIDAL, 2006).

Sendo os herbicidas os principais químicos utilizados globalmente, devido sua eficácia em controle de ervas daninhas que competem e reduzem a produtividade das monoculturas. Esses produtos não apenas reduzem os gastos e o tempo necessários para o controle manual ou mecânico das ervas daninhas que são recorrentes e “atacam” as plantações recorrentemente, mas também são aplicáveis em grandes áreas de cultivo por meio de técnicas de pulverização, o que os torna muito utilizados no agronegócio atual (VALDES, 2010; VIDAL, 2006). No entanto, a alta solubilidade em água dos herbicidas aumenta a susceptibilidade de causar impactos significativos em ecossistemas aquáticos e terrestres próximos a cursos d'água (HARTLEY *et al.*, 2001).

Dentre os herbicidas mais utilizados, destacam-se o glifosato e o ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), que são favorecidos por seu baixo custo e pela permissividade da legislação brasileira, que permite altas dosagens em comparação com outros herbicidas,

conforme estabelecido na Resolução CONAMA 357/2005 (SIMON-DELISO *et al.*, 2015; BECKIE *et al.*, 2020). O glifosato, conhecido quimicamente como N-(fosfonometil) glicina ( $C_3H_8O_5P$ ), é amplamente utilizado pós-emergencial em culturas como soja, milho e trigo (SZEPANOWSKI *et al.*, 2018; DUKE, 2020). Sua eficácia decorre da inibição da enzima 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintase, essencial na via do ácido chiquímico para a síntese de aminoácidos aromáticos em plantas (ANNETT *et al.*, 2014). Entretanto, o uso intensivo do glifosato tem levado ao surgimento de resistência nas plantas daninhas, especialmente em culturas transgênicas como a soja, levando a um aumento das doses aplicadas e seus efeitos ambientais e na saúde (CARNEIRO, 2015; VAN BRUGGEN *et al.*, 2018).

Embora o glifosato seja considerado "praticamente não-tóxico" em termo de toxicidade aguda, há preocupações sobre sua segurança. A Organização Mundial da Saúde classificou o glifosato como potencialmente carcinogênico para humanos (Grupo 2A) (WHO, 2009; IARC, 2015). Estudos têm demonstrado que o herbicida pode causar efeitos adversos em organismos aquáticos e terrestres, alterar na microbiota do solo e estar associado a doenças como câncer e problemas endócrinos, metabólicos e reprodutivos em humanos (CASTRO *et al.*, 2006; VAN BRUGGEN *et al.*, 2018; NIELSEN *et al.*, 2007; MLADINIC *et al.*, 2009; SLAGER *et al.*, 2010). Além disso, povos tradicionais que vivem perto das áreas de aplicação do glifosato são particularmente vulneráveis devido à sua dependência dos recursos naturais (BRASIL, 2015; ASMU *et al.*, 2016; GIULIVO *et al.*, 2017).

Os impactos do glifosato na saúde humana e ambiental são amplamente discutidos, mas os efeitos na fauna silvestre ainda são pouco compreendidos. Estudos laboratoriais têm mostrado distúrbios comportamentais em peixes, danos ao DNA de répteis e alterações histológicas e osteológicas em quelônios, além de efeitos adversos em anfíbios (BRIDI *et al.*, 2017; OLIVEIRA, 2020; SCHAUMBURG *et al.*, 2016; LOPES *et al.*, 2021). A rápida adsorção do glifosato no solo e sua alta lixiviação para águas superficiais resultam em uma degradação quase instantânea para ácido Aminometilfosfônico (AMPA), o que leva à persistência de resíduos do composto alterado no ambiente (CHAULET *et al.*, 2019). Aziz (2020) destaca a necessidade de reavaliações contínuas para equilibrar os riscos e benefícios do uso de glifosato, visando práticas agrícolas mais seguras e sustentáveis, de forma a respondendo a Resolução CONAMA 357/2005 que atribui um limite permitido de 65 µg/L em água superficial.

No Estado do Amapá, há o consumo aproximado de 80 toneladas de agrotóxicos, sendo 32 agrotóxicos formulados com princípio ativo do glifosato e 18 derivados do 2,4-D com uso permitido (DIAGRO, 2024). Já em Tocantins, o consumo de agrotóxicos é o mais alto do Brasil, totalizando mais de 9.715 toneladas ao ano. Isso reflete o expressivo desenvolvimento no setor

agrícola no estado, impulsionado pelo surgimento de novas tecnologias, técnicas agrícolas e investimentos direcionados à região (BOMBARDI, 2017).

As demandas agrárias do Brasil remontam ao período colonial, com a intensa exploração do território nacional com os cultivos de cana-de-açúcar, algodão e café, produzidos extensivamente com o apoio das políticas escravocratas vigentes na época, utilizando mão-de-obra indígena e negra (COSTA; WIZNIEWSKY, 2010). Com o crescimento do cultivo da soja a partir da década de 1960 e sua expansão associada ao pleno desenvolvimento científico no setor agrícola, as técnicas de cultivo foram adaptadas a diferentes regiões do país (VENCATO, 2016). Isso levou à criação de fronteiras agrícolas em diferentes biomas brasileiros, caracterizadas por regiões de áreas sujeitas ao avanço ocupacional destinado a práticas agropecuárias (PENA, 2017).

O Cerrado, uma das últimas fronteiras agrícolas, inicialmente apresentava baixa adaptação às técnicas de manejo do solo utilizadas na época de sua exploração agrícola, tornando-o pouco explorado. Com o avanço científico e tecnológico, o uso de agrotóxicos, o melhoramento genético das cultivares e técnicas para reduzir a acidez do solo permitiram que o Cerrado se tornasse um dos biomas com maior expansão agrícola, responsável pelo desmatamento diário de milhares de hectares (PENA, 2017). De acordo com MapBiomas (2022), as atividades agrícolas no Cerrado cresceram 508% nos últimos 34 anos, com a soja sendo a lavoura que mais cresceu, ocupando atualmente 10% da extensão do Cerrado e registrando um aumento de 1443% na produção.

O avanço do agronegócio no Cerrado tem impactado profundamente as comunidades tradicionais, tais como etnias indígenas, geraizeiros, ribeirinhos, babaqueiras, vazanteiros e comunidades quilombolas, que dependem dos recursos naturais desse bioma para sua sobrevivência. Essas comunidades fazem parte do patrimônio histórico e cultural do Brasil e possuem um conhecimento tradicional valioso sobre a biodiversidade do Cerrado (FREIRE, 2016; MMA, 2017).

Na Amazônia, a expansão agrícola reflete uma complexidade de dinâmicas históricas e socioeconômicas específicas da região. Este processo é marcado por uma clara diferenciação entre pequenos produtores e grandes empreendimentos agropecuários. Os pequenos agricultores muitas vezes organizados em redes de pequenos produtores que exploram a floresta de maneira diversificada, combinando a agricultura com a preservação da família como um objetivo microeconômico (ALMEIDA; REZENDE, 2022). Por outro lado, os grandes fazendeiros e empresas, adotam uma abordagem de apropriação de terras e formação de latifúndios, focando em monoculturas e especulação de terras (SOUZA, 2022).

A partir da década de 1970, a área ocupada por estabelecimentos agropecuários na Amazônia cresceu significativamente passando de 34,6 milhões de hectares em 1970 para 58,3 milhões de hectares em 1995, as grandes propriedades acima de 1.000 hectares, dominaram essa expansão, representando 51,9% da área agrícola da região em 1995, um aumento em relação aos 46,4% em 1970 (FOWEREKER, 1982; SOUZA, 2022). Com o início da mecanização, houve um crescimento exponencial na utilização de tratores, o que impulsionou a transição de pastagens para a agricultura mecanizada da soja, impulsionada por demandas internacionais e nacionais (IBGE- Censo Agrário). Essa substituição da produção pecuária por monocultura ajudou a evitar a derrubada direta da floresta (GIBBS *et al.*, 2015).

Para Chiacchio (2022), esse processo de expansão agrícola é um claro exemplo de acumulação de ativos, onde a terra se torna um recurso de capital valorizado ao longo do tempo. A entrada da agropecuária empresarial na Amazônia trouxe consigo uma série de problemas socioambientais, incluindo um êxodo rural-urbano acelerado, disputas por terra, crescimento urbano descontrolado, desemprego e deterioração da qualidade de vida (MELLO, 2006).

Após os anos de 1990, as fronteiras agrícolas expandiram-se para a região amazônica setentrional, com a cadeia produtiva de soja se tornando o pivô central dessa expansão agrícola. Com o apoio de Incentivos fiscais e territoriais aos produtores locais pertencentes ao Amapá, experimentalmente iniciaram seu processo agrícola no Estado com 200ha plantados de soja, onde atualmente dedica-se mais de 11,1 mil hectares, segundo Conab (2024).

A utilização de agrotóxicos em lavouras agrícolas gera danos ambientais e humanos, muitas vezes desconhecidos os efeitos da intoxicação direta pelo contato físico ou indiretamente pela ingestão de alimentos contaminados a longo prazo (SOARES; PORTO, 2007). A alta quantidade de agrotóxicos utilizada nas produções reflete diretamente na fragilidade dos ambientes ao redor e no risco alimentar da população. Foi apontado pela Human Rights Watch (2019) que o brasileiro consome, em média, 7,5kg de agrotóxicos ao ano, gerando riscos à saúde pública e perda da biodiversidade.

Essa situação gera por vezes insegurança alimentar em diferentes comunidades e etnias e contraria leis federais. A "política agrícola" (Lei 8.171/1991) visa proteger o meio ambiente, utilizando-o de forma racional e estimulando a recuperação dos recursos naturais, o que muitas vezes não é observado. Dependendo da interpretação, o uso de agrotóxicos poderia ser considerado crime ambiental devido aos seus efeitos. A Lei 6.938/1981 classifica como poluição qualquer degradação da qualidade ambiental que cause prejuízos à saúde, ao bem-estar, ao desenvolvimento da biota ou crie condições adversas às atividades sociais e econômicas.

## **2.2. A ampliação do conceito de segurança e a consolidação da segurança alimentar e nutricional**

O término da Guerra Fria foi um marco para o conceito de segurança em âmbito global, durante os conflitos interestatais esse conceito, estava diretamente associado a conflitos entre nações e à possibilidade de guerra. Diante disso, o termo segurança ficou atrelado com estudos estratégicos e mecanismos capazes de conter a escalada de tensões entre Estados e assegurar a soberania nacional (BUZAN; WAEVWE; WILDW, 1998; MENDES; GONÇALVES, 2023).

A partir da década de 1990, entretanto, o conceito de segurança passou por significativa ampliação incorporando temas anteriormente dissociados dessa agenda, como economia, meio ambiente e direitos humanos. Nesse contexto, a segurança deixou de ser entendida exclusivamente como a proteção do Estado diante de ameaças militares, passando a ser concebida como um processo de construção social que abrange diferentes dimensões da vida humana. Consequentemente o Estado militar deixou de ser o único objeto de referência da segurança, ganhando destaque questões relacionadas à estabilidade econômica, à integridade dos ecossistemas e à garantia da vida e da dignidade humana (BUZAN; WAEVWE; WILDW, 1998; MENDES; GONÇALVES, 2023).

Diante dessa ampliação conceitual, a dimensão alimentar foi integrada às agendas de segurança. Superando a simples disponibilidade de alimentos, o debate passou a concentrar-se na qualidade nutricional como ponto central para a promoção de condições adequadas de vida. Assim, a segurança e soberania alimentar se tornaram elementos essenciais de uma concepção abrangente de segurança, mobilizando Estados, organizações internacionais e a sociedade civil na busca pela garantia contínua do acesso universal a alimentos suficientes, seguros e nutritivos (HOUGH, 2004).

Em âmbito global, o conceito de segurança alimentar surgiu na Europa no período pós-Segunda Guerra Mundial, inicialmente relacionado à capacidade de produção e à disponibilidade de alimentos. Entretanto, somente a partir da segunda metade do século XX ocorreram avanços significativos em sua concepção, quando o termo deixou de se restringir às questões quantitativas de oferta alimentar e passou a englobar aspectos relacionados à qualidade sanitária, biológica e nutricional dos alimentos, bem como às suas dimensões sociais e culturais (VALENTE, 2002).

No Brasil, segurança alimentar e nutricional foi formalmente conceituada apenas em 2006, após a promulgação da Lei nº 11.346/2006, que dispõe sobre as definições, princípios,

diretrizes, objetivos e a composição do Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, sendo a definição de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN), descrita no artigo 3º:

“A segurança alimentar e nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis.” (BRASIL, 2006).

Essa definição evidencia que a segurança alimentar e nutricional transcende uma perspectiva meramente assistencialista ou limitada à disponibilidade de alimentos, ao reconhecer que o acesso à alimentação adequada não deve comprometer outras esferas da sobrevivência humana. Nesse sentido, o conceito exige que o sistema alimentar seja sustentável nos âmbitos ambiental, econômico e social, integrando a qualidade do alimento à preservação da saúde e à valorização da cultura alimentar. Dessa forma, atribui-se ao Estado e à sociedade a responsabilidade de assegurar que o alimento cumpra plenamente não apenas sua função biológica, mas também sua função social (BRASIL, 2006).

Corroborando essa perspectiva, Valente (2002) ao abordar o Direito Humano à Alimentação Adequada (DHAA), apresenta uma concepção científica e social da segurança alimentar, compreendendo-a como uma das bases da democracia e da soberania nacional. Segundo o autor, os desafios históricos e as conquistas relacionadas ao combate à fome passam pelo reconhecimento de que a alimentação deve ser nutritiva e livre de processos que comprometam a dignidade humana. A partir dessa perspectiva teórica, é possível compreender que a qualidade do alimento não é um dado isolado, mas o produto de um ambiente produtivo saudável e de políticas públicas que protegem a população contra a vulnerabilidade nutricional (VALENTE, 2002).

Em consonância com essa visão ampliada, a Lei nº 11.346/2006 estabelece, em seu artigo 4º, que a segurança alimentar e nutricional não se restringe à disponibilidade de alimentos, mas compreende um conjunto de dimensões inter-relacionadas. Neste sentido, destaca-se a sua abrangência, conforme o artigo 4º:

Art. 4º A segurança alimentar e nutricional abrange:

I - A ampliação das condições de acesso aos alimentos por meio da produção, em especial da agricultura tradicional e familiar, do processamento, da industrialização, da comercialização, incluindo-se os acordos internacionais, do abastecimento e da distribuição de alimentos, incluindo-se a água, bem como das medidas que mitiguem o risco de escassez de água potável, da geração de emprego e da redistribuição da renda; ([Redação dada pela Lei nº 13.839, de 2019](#))

II – A conservação da biodiversidade e a utilização sustentável dos recursos;

III – a promoção da saúde, da nutrição e da alimentação da população, incluindo-se grupos populacionais específicos e populações em situação de vulnerabilidade social;

- IV – A garantia da qualidade biológica, sanitária, nutricional e tecnológica dos alimentos, bem como seu aproveitamento, estimulando práticas alimentares e estilos de vida saudáveis que respeitem a diversidade étnica e racial e cultural da população;
- V – A produção de conhecimento e o acesso à informação; e
- VI – A implementação de políticas públicas e estratégias sustentáveis e participativas de produção, comercialização e consumo de alimentos, respeitando-se as múltiplas características culturais do País.
- VII - a formação de estoques reguladores e estratégicos de alimentos. [\(Incluído pela Lei nº 13.839, de 2019\).](#) (BRASIL, 2006).

Sob essa perspectiva, evidencia-se a necessidade de monitoramento contínuo da integridade dos ambientes produtivos. Ao determinar que a segurança alimentar e nutricional deve ser fundamentada em práticas sustentáveis e na garantia da qualidade biológica dos alimentos, a Lei nº 11.346/2006 reconhece que a saúde humana depende diretamente da manutenção de sistemas produtivos ambientalmente equilibrados (BRASIL, 2006)

Assim, fatores que comprometam a integridade ambiental, como a contaminação de ecossistemas por poluentes químicos, configuram potenciais ameaças à segurança alimentar e nutricional, uma vez que podem afetar a qualidade dos alimentos e, consequentemente, a saúde das populações que deles dependem.

### 2.3. Composição bromatológica de alimentos

Em ambientes degradados suscetíveis a bioacumulação e/ou biomagnificação, o alimento perde sua qualidade nutricional e soberana, ou seja, sem a preservação do solo e da água, o alimento deixa de cumprir sua função social e passa a ser um risco silencioso à saúde pública (AMORI, 2003).

Diante disso, a bromatologia atua como a sentinela técnica da segurança alimentar, uma vez que, a partir dela é possível fazer a análise química e físico-química, que torna possível materializar a “qualidade” assegurada pela Lei nº 11.346/2006. Para Cecchi (2003), a análise bromatológica é essencial para identificar alterações na composição dos alimentos, até mesmo ocasionados por contaminação do ecossistema, o que permite inferir possíveis contaminações a partir do valor nutricional.

O termo bromatologia vem do grego *bromatos* = alimentos e, *logos*= estudo, sendo denominado como o estudo dos alimentos (BOLZAN, 2013). Sabe-se que esses parâmetros químico-bromatológicos são essenciais para prever qual a atuação no organismo, a partir de dados como valor alimentício e calórico, e suas propriedades físicas, químicas e toxicológicas, podendo também verificar se houve alteração em sua composição devido contaminante e/ou fraudes (BOLZAN, 2013).

Essas análises permitem que os órgãos fiscalizadores verifiquem a eficiência dos processos e qualidade na produção, para se obter a composição nutricional (BOLZAN, 2013).

A partir dessas análises, se obtém os valores exatos e representativos dos elementos que constituem os alimentos, podendo ter numericamente os teores de cada nutriente (AZEVEDO, 2011).

A determinação da Matéria Seca (MS) é essencial para as análises bromatológicas, uma vez que, é a partir dela que ocorre a conservação dos alimentos, e torna viável o processamento como a moagem e permite a comparação nutricional entre diferentes ingredientes, sendo esses nutrientes quantificados com base na MS (SILVA; QUEIROZ, 2009).

Há diversas formas de obter essa Matéria Seca, mas entre essas formas se destacam a: Pré-secagem: Utilizada para a remoção de 85% a 90% da água, com a finalidade de prevenir a proliferação de microrganismos e permitir a moagem. Sendo executada comumente em estufa (55°C a 65°C), por 72 horas ou até as amostras chegarem a peso constante, este protocolo é usado com intuito de evitar a perda de voláteis e alterações químicas (PEREIRA *et al.*, 2005; DETMANN, 2012). Secagem definitiva: Essa etapa retira a umidade residual em estufa a 105°C pelo período de 12 horas ou até o peso constante (CLEEF *et al.*, 2010).

Além desses métodos, há métodos alternativos como a liofilização, que é a remoção de água por sublimação (vácuo e congelamento), esse método é o considerado mais preciso por não degradar compostos sensíveis a temperaturas mais elevadas, mas tem um alto custo operacional (CLEEF *et al.*, 2010).

E a parte inorgânica do alimento, é representada pelo material mineral ou cinzas, sendo obtido a partir do processo de combustão completa da amostra em forno mufla, que pode chegar de 500°C a 600°C, pelo período de quatro horas. Esta análise é usada para quantificar os minerais totais e estimar, pela diferença, a matéria orgânica e os carboidratos (SILVA; QUEIROZ, 2009).

Os minerais são classificados em macronutrientes e micronutriente, de acordo com a magnitude da exigência metabólica. Os macronutriente são os nutrientes, que devem estar em maiores concentrações no organismo, tendo funções estruturais, são eles o: cálcio (Ca), fósforo (P), magnésio (Mn), potássio (K), sódio (Na), cloro (Cl) e enxofre (S) (COZZOLINO, 2020).

Em contrapartida, os micronutrientes são requeridos em concentrações menores, esses atuam como cofatores enzimáticos e componentes de hormônios, sendo os micronutrientes: Ferro (Fe), zinco (Zn), Cobre (Cu), manganês (Mn), selênio (Se), iodo(I) e cobalto (Co) (COZZOLINO, 2020).

A proteína Bruta (PB) é quantifica a fração nitrogenada do alimento. Sabe-se que, as proteínas têm em média 16% de nitrogênio, sendo usado o fator de conversão 6,25 (GALVANI; GAERTNER, 2006). A fórmula base é, havendo três métodos de determinação de proteínas:

- Kjeldahl: Método tradicional, sendo realizado em três etapas - digestão ácida, destilação da amônia e titulação;
- Dumas (combustão): Transforma o nitrogênio em estado gasoso para quantificação, embora haja a necessidade de equipamentos mais caros, têm-se menos resíduos químicos (SOUZA *et al.*, 2015);
- NIRS: Espectroscopia de infravermelho próximo, método moderno e não destrutivo com precisão similar aos anteriores.

O Extrato Etéreo (EE) corresponde à fração lipídica do alimento e apresenta elevada relevância nutricional, uma vez que os lipídios fornecem aproximadamente 2,5 vezes mais energia que os carboidratos. Sua determinação é realizada mediante extração com solventes orgânicos, como hexano ou éter, empregando-se principalmente os métodos Soxhlet e Goldfish. O método Soxhlet realiza extrações intermitentes por refluxo e apresenta elevada eficiência, embora demande maior tempo de análise e maior consumo de reagentes. Já o método Goldfish realiza extração contínua por imersão, sendo mais rápido, porém sujeito à degradação de compostos devido ao aquecimento constante da amostra (SILVA; QUEIROZ, 2009; CARNEIRO, 2008).

#### **Frações de carboidratos**

As frações de carboidratos complementam a caracterização bromatológica dos alimentos. A Fibra Bruta (FB) corresponde aos resíduos resistentes aos processos de digestão ácida e básica diluída. Embora o método de Weende tenha sido desenvolvido para estimar a digestibilidade animal, apresenta limitações decorrentes da solubilização parcial da hemicelulose e da lignina, subestimando os teores reais de fibras (SILVA; QUEIROZ, 2009).

O método de determinação por diferença por sua vez, representa a fração constituída por carboidratos de fácil digestão, como amido, açúcares e pectinas, sendo determinado por cálculo residual, entre, proteína, lipídios, umidade e cinzas:

$$\text{Carboidrato} = 100 - (\%Pb + \%Um + \%Lp + \%Cz)$$

Portanto, a análise bromatológica pode-se ser observada como uma ferramenta integradora entre a ciência dos alimentos, a toxicologia ambiental e a segurança alimentar. Em recursos alimentares provenientes de ambientes submetidos à pressão antrópica e potencialmente contaminados por agrotóxicos, a caracterização bromatológica torna-se fundamental para compreender de que maneira a degradação ambiental pode repercutir sobre a qualidade nutricional dos alimentos (LIMA *et al.*, 2023).

## 2.4. Limites de tolerância e qualidade nutricional: o papel da Anvisa

A Lei nº 9.782/1999, dá a competência de regulação, controle e fiscalização de produtos e serviços que podem impactar a saúde pública, assim como alimentos e sua composição nutricional, a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) (BRASIL, 1999). Esse arcabouço jurídico estrutura o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária e dá a responsabilidade de definir normas e padrões voltadas à qualidade e à segurança dos alimentos.

Art. 1º O Sistema Nacional de Vigilância Sanitária compreende o conjunto de ações definido pelo § 1º do art. 6º e pelos arts. 15 a 18 da Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, executado por instituições da Administração Pública direta e indireta da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, que exerçam atividades de regulação, normatização, controle e fiscalização na área de vigilância sanitária. (BRASIL, 1999)

Art. 8º Incumbe à Agência, respeitada a legislação em vigor, regulamentar, controlar e fiscalizar os produtos e serviços que envolvam risco à saúde pública.

§ 1º Consideram-se bens e produtos submetidos ao controle e fiscalização sanitária pela Agência:

II - Alimentos, inclusive bebidas, águas envasadas, seus insumos, suas embalagens, aditivos alimentares, limites de contaminantes orgânicos, resíduos de agrotóxicos e de medicamentos veterinários; (BRASIL, 1999).

Quanto aos limites nutricionais, a legislação brasileira estabelece critérios para garantir a adequação e a segurança do consumo de nutrientes, ainda mais no que está relacionado à rotulagem e ao uso em alimentos e suplementos. Sob essa ótica, as Instruções Normativas complementam as resoluções da ANVISA ao detalhar valores de referência, limites de uso e condições para declaração de nutrientes. Essas normas vêm com o intuito de padronizar a apresentação das informações nutricionais, orientando e por conseguinte contribuindo para a qualidade e segurança alimentar, evitando tanto deficiências quanto excessos que possam ocasionar riscos à saúde.

As exigências para o setor de suplementos no Brasil ocorreram com a Instrução Normativa nº28/2018. Sendo a partir dela definido o que pode ser utilizado, e a quantidade conforme o descrito no art. N°1: “Art. 1º Esta Instrução Normativa estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares.” (ANVISA, 2018).

A implementação prática dos limites definidos nas Instruções Normativas nº28/2018 e a nº75/2020, assegura a viabilidade técnica e a segurança biológica dos alimentos comercializados no Brasil. A partir do estabelecimento de critérios para a composição centesimal e para o teor de minerais, a norma padroniza as formulações, contribuindo para a

segurança alimentar do consumidor. Os limites de uso diário e valores de referência para macronutrientes e minerais, estabelecidas pela ANVISA

Apesar dos avanços na definição dos limites desses parâmetros e a padronização deles, há falhas normativas no que se refere aos alimentos amplamente consumidos por Comunidades Tradicionais. Sabe-se que essas populações dependem e utilizam recursos naturais, principalmente oriundos da flora e fauna silvestres, onde as composições nutricionais e níveis de contaminantes não são estudados (FAO, 2021).

A escassez de dados bromatológicos e toxicológicos dos recursos alimentares dessas populações, tornam-nas mais susceptíveis a exposição à agentes xenobióticos, consolidando ciclos de bioacumulação. Em regiões onde há a incidência de contaminação por metais pesados e agrotóxicos, essa ausência de dados inviabiliza ações preventivas, perpetuando a exposição a agentes tóxicos, deixando essas comunidades expostas a riscos cumulativos e danos crônicos à saúde.

## **2.5. Soberania alimentar, movimentos camponeses e críticas ao modelo agroalimentar hegemônico**

A soberania alimentar está inserida em diversas agendas de movimentos sociais camponeses, em vários países do mundo, Via Campesina se destacando nessa área de discussão, elegendo esta temática como um de seus pilares centrais e eixo central de todas as lutas, essa via é composta por 164 organizações de camponeses, trabalhadores rurais, pescadores, entre outros grupos, que se mobilizam em defesa dos direitos dos povos do campo de 73 países, que (VIA CAMPESINA, 2011).

O movimento surgiu em um contexto de intensificação da globalização econômica e de expansão dos modelos agroindustriais, posicionando-se de forma crítica às políticas neoliberais e aos sistemas alimentares hegemônicos, caracterizados pela concentração fundiária, pela mercantilização dos alimentos e pela crescente dependência de insumos externos (DESMARAIS, 2007).

Em contraposição, a organização defende a reforma agrária, a agroecologia, a preservação da biodiversidade e o direito dos povos de definirem seus próprios sistemas de produção, distribuição e consumo de alimentos, consolidando-se como um dos principais atores internacionais na formulação e difusão do conceito de soberania alimentar (MARTÍNEZ-TORRES; ROSSET, 2010).

Sendo a soberania alimentar conceituada por essa via como:

“O direito dos povos a alimentos nutritivos e culturalmente adequados, acessíveis, produzidos de forma sustentável e ecológica, e o seu direito a decidir o seu próprio sistema alimentar e de produção. Este conceito não é apenas uma diretriz teórica, mas o eixo norteador das lutas territoriais e políticas que a organização realiza globalmente.” (VIA CAMPESINA, 2007).

Emergindo esse conceito política e social formulado por movimentos camponeses internacional, principalmente pela La Via Campesina), se opondo aos modelos hegemônicos de produção de alimentos. Sua consolidação foi a partir da Declaração de Nyéléni (2007), sendo a partir dele ampliado a discussão para além do acesso quantitativo aos alimentos, englobando dimensões como autonomia, sustentabilidade e justiça social (ALTIERI; NICHOLLS, 2017).

Esse conceito, proposto por movimentos camponeses surgiu após o conceito de segurança alimentar e nutricional ser considerado insuficiente, uma vez que tal conceito não englobava a dinâmica do sistema agroalimentar global que é a própria causa da fome e da miséria. Diante disso, houve a necessidade de outro conceito baseado na Soberania Alimentar desde o surgimento da Via Campesina, em 1993.

Assim, a Soberania Alimentar surge como uma diretriz fundamental para os movimentos camponeses que buscavam solucionar diversas lacunas que atingem as populações em escalas globais, como as mudanças climáticas, a precarização da qualidade dos alimentos e a crise nos preços. Complementarmente, defende o modelo de desenvolvimento pautados na valorização dos saberes e práticas tradicionais, não se opondo ao comércio agrícola, mas propondo que este mercado se baseie nos direitos humanos e não no capitalismo. Surgindo assim, os movimentos camponeses como protagonista desse debate (HOYOS; D'AGOSTINI, 2017; SANTOS; SANTOS, 2017).

Embora a segurança alimentar e a soberania alimentar sejam conceitos complementares relacionando-se ao direito humano à alimentação adequada, eles se distinguem quanto ao seu enfoque. Enquanto a segurança alimentar está centrada na garantia do acesso físico e econômico a alimentos suficientes e de qualidade, a soberania alimentar enfatiza quem controla os sistemas alimentares e de que forma os alimentos são produzidos (SANTOS; SANTOS, 2017).

Dessa maneira, a soberania alimentar propõe o fortalecimento de uma agricultura mais justa e inclusiva, baseada nos direitos humanos, incentivando modelos produtivos menos centralizados e orientados não apenas pela produção de alimentos, mas também pelo controle social sobre os meios de produção, a escala produtiva e as técnicas empregadas (SANTOS; SANTOS, 2017).

Sob essa perspectiva, a discussão sobre soberania alimentar torna-se particularmente relevante no contexto brasileiro, cuja trajetória de desenvolvimento agrícola foi marcada pela consolidação de um modelo produtivo altamente tecnológicos fortemente integrado às demandas do mercado global (PIGNATI *et al.*, 2017)

A expansão desse modelo baseou-se no uso intensivo de insumos químicos, especialmente fertilizantes e agrotóxicos, visando o aumento da produtividade e da competitividade econômica. Entretanto, embora tenha proporcionado ganhos expressivos em escala de produção e rentabilidade, esse padrão de desenvolvimento também tem sido associado à geração de impactos e degradação ambiental, incluindo processos de contaminação de ecossistemas, além de representar potenciais riscos à saúde humana (CARNEIRO *et al.*, 2015; PIGNATI *et al.*, 2017)

## **2.6. Consumo Tradicional de Quelônios Amazônicos e os Riscos da Contaminação por Agrotóxicos nas Cadeias Alimentares**

Nesse contexto, as comunidades tradicionais que utilizam recursos naturais de origem faunística e florística para fins de subsistência, bem como para práticas culturais, medicinais e ritualísticas, apresentam potencial vulnerabilidade à exposição por agrotóxicos em decorrência do avanço das fronteiras agrícolas (RAGULINA, 2023). Essa exposição pode ocorrer por meio da contaminação dos ecossistemas e da transferência de poluentes ao longo das cadeias alimentares, especialmente pelo processo de biomagnificação, definido como o aumento progressivo da concentração de contaminantes persistentes nos organismos à medida que se avança nos níveis tróficos de uma cadeia alimentar (STARK *et al.*, 2022).

Nesse cenário, destaca-se o consumo tradicional de quelônios por comunidades indígenas e ribeirinhas, que realizam a caça, a pesca e a coleta de ovos desses animais como práticas associadas tanto à alimentação quanto à manutenção de suas tradições culturais (ATAÍDES; SILVA; MALVASIO, 2021). Segundo Redford e Robinson (1991), há um uso histórico de quelônios na alimentação de populações amazônicas, incluindo o consumo de carne e ovos.

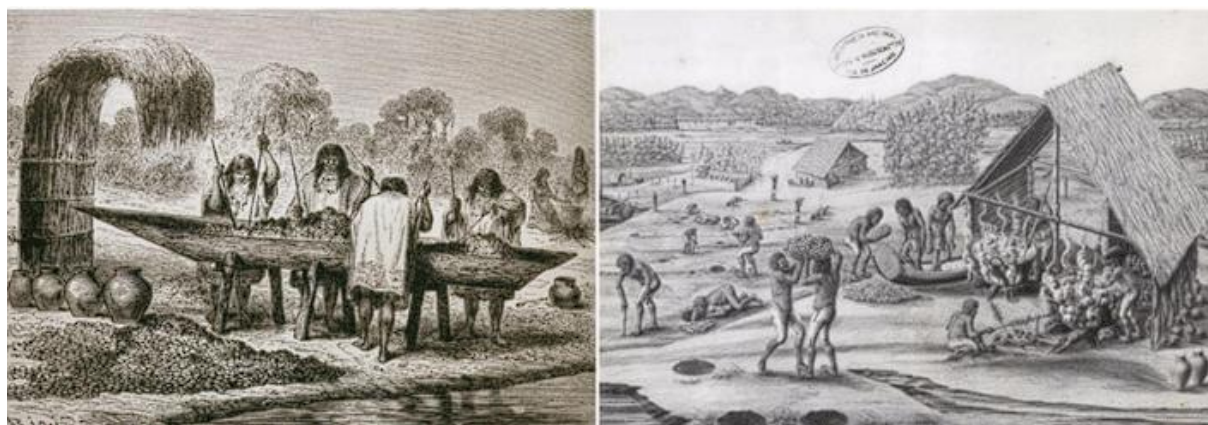
Os quelônios, pertencentes à ordem Testudines, constituem o grupo mais antigo entre os répteis atuais e preservam diversas características primitivas ao longo de sua história evolutiva, destacando-se a presença de carapaça e plastrão (POUGH *et al.*, 2008). Os representantes dessa ordem, jabutis, as tartarugas marinhas e as tartarugas dulcícolas, habitam ambientes terrestres e aquáticos. Além de sua ampla distribuição ecológica, os quelônios desempenham importantes funções ecossistêmicas, atuando na dispersão de sementes, na ciclagem de nutrientes e em diferentes níveis tróficos das cadeias alimentares (LIU *et al.*, 2004; FONSECA *et al.*, 2020).

A relação entre as populações humanas e os quelônios na Amazônia possui caráter histórico e sociocultural. Segundo Rebêlo e Pezzuti (2000), a utilização desses animais pode ser destacada em quatro fases históricas. A primeira, compreendida entre 1700 e 1860, foi marcada pela intensa exploração de ovos para a fabricação de óleo, estimando-se a coleta de aproximadamente 12 a 48 milhões de ovos. Na segunda fase, entre 1870 e 1897, ocorreu um declínio na produção, reduzindo-se para cerca de 1,5 milhão de ovos por ano. A terceira fase foi caracterizada por uma diminuição ainda mais acentuada, alcançando aproximadamente 300 mil ovos anuais (SMITH, 1974). Por fim, na quarta fase, correspondente ao período de 1976 a 1988, as estimativas de produção variaram entre 18 mil e 1,6 milhão de filhotes, evidenciando

a persistência da exploração dos quelônios, embora em padrões distintos dos observados nos períodos anteriores (IBAMA, 1989).

Registros históricos indicam que os antigos habitantes da Amazônia já praticavam a coleta de ovos de quelônios (Figura 1) e realizavam pescarias coletivas associadas a grandes festivais muito antes da chegada dos europeus, demonstrando que a utilização desses animais transcende a dimensão alimentar e integra práticas sociais e culturais profundamente enraizadas na região amazônica (GILMORE, 1986).

Figura 1 - Ilustração da produção de óleo e manteiga feitos com ovos de tartaruga amazônicas, por Indígenas



Fonte: MARCOY, 1875

Com o início da colonização europeia, houve uma intensificação significativa no comércio de ovos e animais adultos. Produtos derivados, como óleo, banha e carne, passaram a ser valorizados comercialmente, tornando-se fontes de renda e benefícios diversos (GILMORE, 1986). Esse modelo de exploração, pautado por critérios mercantis, resultou em uma redução drástica e constante declínio das populações desses animais ao longo dos últimos séculos (FERRARINI, 1980; LUXMOORE, 1988). Estudos e diagnósticos recentes revelaram que, mesmo com a imposição de regras e a tentativa de organização das atividades de captura e coleta, essas práticas continuaram a ser predatórias e sistemáticas, ocorrendo em toda a área de distribuição das espécies afetadas (FAO; PNUMA, 1985; IBAMA, 1989).

No contexto atual, o gênero *Podocnemis* destaca-se entre os quelônios amplamente consumidos por povos amazônicos, especialmente em sua alimentação (RIBEIRO, 2023). Santos e Fiori (2020) evidenciam um histórico amplo na exploração e consumo de sua carne, gordura e ovos das espécies *Podocnemis unifilis* (tracajá) e a *Podocnemis expansa* (tartaruga-da-Amazônia), devido a ampla distribuição das espécies, alta elasticidade de habitats e tamanho superior quando comparado às outras espécies pertencentes ao gênero (ATAÍDES *et al.*, 2010; MALVASIO, 2018; ARAÚJO, OLIVEIRA, 2022).

Entre as espécies destacadas, a *P. unifilis*, popularmente conhecida como tracajá, apresenta características notáveis. Assim como as demais representantes da ordem, apresenta uma carapaça revestindo seu dorso para proteção e com formato hidrodinâmico que aumenta a eficiência de seu nado, facilitando a fuga de predadores em água. A dieta da *P. unifilis* é essencialmente herbívora a base de frutas, folhas, caules e sementes, podendo alimentar-se de pequenos invertebrados e peixes (IBAMA, 1989; POUGH, *et al.*, 2003). Sua ampla distribuição geográfica abrange rios das regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil (ERNST, BARBOUR, 1989; IBAMA, 1989; RAN/ICMBio, 2016). Durante a estação chuvosa, o tracajá busca refúgio em ambientes aquáticos calmos, como lagos e florestas inundadas (PRITCHARD, TREBBAU, 1984).

Com relação à reprodução, a carapaça do tracajá atinge cerca de 68 cm de comprimento, e seu peso é aproximadamente 12,5 kg, o que classifica a espécie como de médio porte (ERNST; BARBOUR, 1989; FARIA; MALVASIO, 2018). A fêmea realiza a desova de 15 a 25 ovos por postura, com formato alongados e casca rígida (MALVASIO, *et al.*, 2001). O período de postura varia conforme a localização, embora ocorra predominantemente no mês de agosto a outubro (MALVASIO *et al.*, 2002). Após a desova, o tempo de incubação dos ovos é estimado entre 50 e 60 dias. Vale ressaltar que a *P. unifilis* enfrentam riscos consideráveis ao construir seus ninhos devido ao comportamento generalista de seleção de locais de nidificação, podendo fazê-los próximos a zonas agrícolas ou mesmo dentro de plantações, levando ao risco de contaminação por agrotóxicos (PRITCHARD; TREBBAU, 1984; LIMA, 2023).

Considerando que os quelônios são ovíparos, as características e mudanças no ambiente de nidificação e nas proximidades dos locais de postura dos ovos podem influenciar significativamente as taxas de sobrevivência e as características de seus embriões, devido a constante interação que os ovos têm com o meio (FÉLIX-SILVA, 2009; PIGNATI, 2011). tornando uma espécie vulnerável às pressões ambientais oriundas da expansão agrícola.

A expansão agrícola tem provocado modificações ambientais em áreas próximas a zonas protegidas, especialmente com o avanço de grandes lavouras, resultando em alterações nas dinâmicas populacionais e nos nichos tróficos de espécies do mesmo gênero que a *P. unifilis*, como a *P. expansa* (PEREIRA *et al.*, 2023). Essas mudanças impactam diretamente a viabilidade dos ovos e o desenvolvimento dos filhotes, além de influenciar a disponibilidade de recursos alimentares e a estrutura das comunidades ecológicas nas quais essas espécies estão inseridas.

No entanto, as avaliações de risco associadas ao uso de agrotóxicos frequentemente desconsideram as espécies da fauna e flora não-alvo. Os efeitos negativos sobre o ambiente são

cada vez mais evidentes, resultantes da deriva durante a pulverização dos químicos, da deposição nos solos e do carreamento para corpos hídricos (ARIAS *et al.*, 2007). Voutsas (2002) relatou a bioacumulação de contaminantes orgânicos e inorgânicos em organismos vivos, comparando as concentrações desses contaminantes nos organismos com os presentes no ambiente. Para espécies como *Podocnemis unifilis*, esses contaminantes são considerados emergentes, pois há pouca ou nenhuma informação sobre seus efeitos no decorrer do desenvolvimento ósseo na fase embrionária da espécie e toxicidade no ambiente e na própria espécie. A exposição contínua pode levar à bioacumulação ao longo do desenvolvimento dos animais, à magnificação através das teias alimentares e à introdução de contaminantes na dieta humana (SORENSEN *et al.*, 2015).

### **3. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Avaliar os efeitos da exposição experimental ao glifosato sobre a composição bromatológica de ovos de *Podocnemis unifilis*, considerando os potenciais impactos à segurança alimentar, à soberania alimentar e à conservação de recursos utilizados por comunidades tradicionais amazônicas.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar a composição bromatológica de ovos de tracajá (*Podocnemis unifilis*) provenientes de cativeiro;
- Avaliar os efeitos da exposição ao glifosato sobre a composição bromatológica dos ovos;
- Avaliar os efeitos da exposição ao glifosato sobre as características físico-químicas do solo durante a incubação;
- Elaborar a tabela de composição nutricional de ovos de tracajá (*Podocnemis unifilis*) provenientes de cativeiro.

## 4. Metodologia

### 4.1. Coleta dos Ovos

Para a realização do presente trabalho foram coletados 83 ovos de *Podocnemis unifilis*, utilizados em duas avaliações: experimental e composição bromatológica em condições de cativeiro, ambos coletados do sistema de reprodução de quelônios e biotério da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de Macapá (EMBRAPA/AP), localizado no Campo Experimental da Fazendinha Macapá, Amapá (figura 2A e 2B).

Figura 2 - Biotério de criação e manejo de quelônios – Embrapa/AP, in focu área de desova de tracajá



Fonte: Acervo do autor, 2025.

#### 4.1.1. Coleta: experimento ecotoxicológico

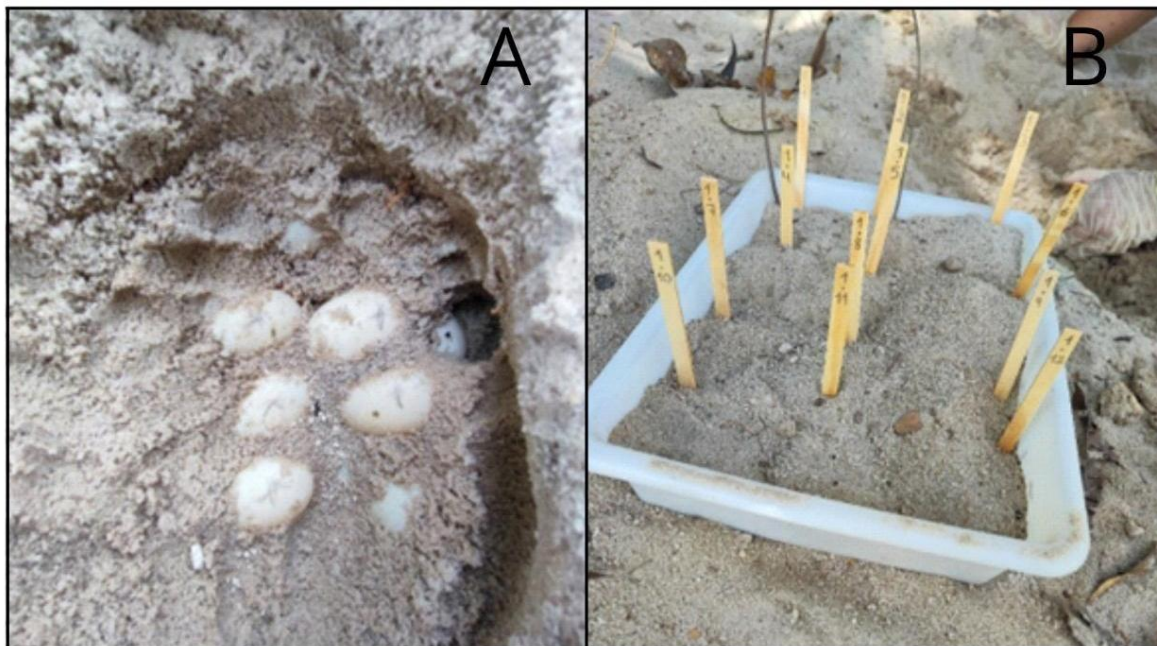
Para o experimento ecotoxicológico, foram coletados 48 ovos provenientes de 2 ninhos recentes, com tempo de postura inferior a 12 horas, após notificação de colaboradores noturnos vinculados à EMBRAPA/AP e confirmação por meio de videomonitoramento do processo de desova dos espécimes de *Podocnemis unifilis*, para fins de experimentos ecotoxicológicos.

#### 4.1.2. Coleta: composição bromatológica

Já para o estudo sobre a composição bromatológica dos ovos de cativeiro foram coletados 35 ovos oriundos de cinco ninhos distintos, não refletindo necessariamente uma postura recente, uma vez que o objetivo do estudo foi determinar a composição de ovos de tracajá oriundos de cativeiro, contemplando a variabilidade natural do processo reprodutivo.

Todas as coletas ocorreram pela manhã, a partir das varreduras manuais do recinto com o uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), especificamente luvas de látex. Após a localização (Figura 3A), os ovos foram cuidadosamente coletados e acondicionados em basquetas 15 cm x 30 cm contendo areia, sendo devidamente identificados por meio de etiquetas de madeira, de acordo com a numeração correspondente ao ninho e à ordem dos ovos (figura 3B) (VERDADE *et al.*, 1993).

Figura 3 - Coleta de ovos de tracajá no biotério Embrapa/AP, 3A: localização do ninho e marcação dos ovos; 3B: ovos na basqueta de transporte para incubação

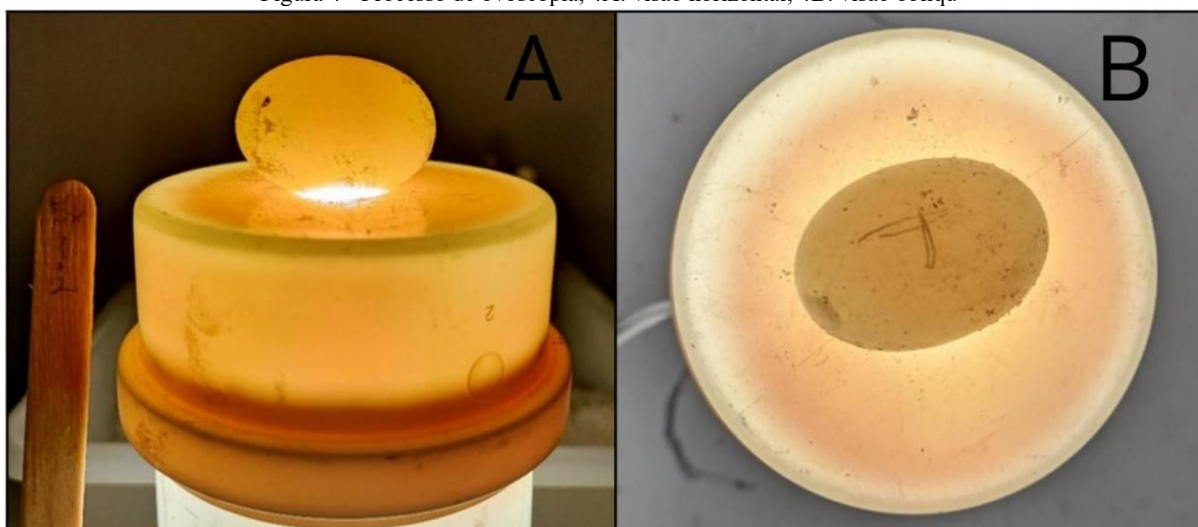


Fonte: Autor, 2025

Para a marcação, foi utilizado lápis com ponta de carbono, a fim de indicar a porção superior de cada ovo em relação à superfície do ninho, mantendo-o na posição de postura, para as etapas subsequentes como: coleta, transporte, ovoscopia e translocação para as incubadoras, mantendo a integridade dos ovos (VERDADE *et al.*, 1993).

Posteriormente à coleta no biotério, os ovos foram transportados à sala de ovoscopia em condições de baixa luminosidade, com o objetivo de favorecer a realização do procedimento com o uso de ovoscópio artesanal confeccionado por colaboradores da EMBRAPA (Figura a e B). Tal procedimento foi conduzido para confirmar o status de recém-postura dos ninhos, com base na ausência de desenvolvimento embrionário visível. Posteriormente, os ovos foram conduzidos às incubadoras (figura 5) a uma distância aproximada de 70 metros.

Figura 4 - Processo de ovoscopia, 4A: visão horizontal; 4B: visão oblíqua



Fonte: autor, 2025

Figura 5 - Área experimental no Campo experimental de Fazendinha da Embrapa Amapá (Macapá, Amapá)



Fonte: autor, 2025

#### 4.2. Incubação

Após a ovoscopia, os ovos foram imediatamente translocados para incubadoras seminaturais, confeccionadas pelos pesquisadores com base nas incubadoras já utilizadas no biotério. Essas incubadoras foram construídas a partir de caixas d'água com capacidade de 100 L, nas quais foram dispostos 30 cm de camada de pedras lavadas de granulometria média (Figura 6A), destinadas à drenagem, e 50 cm de areia comercial (Figura 6B), utilizada como substrato de incubação.

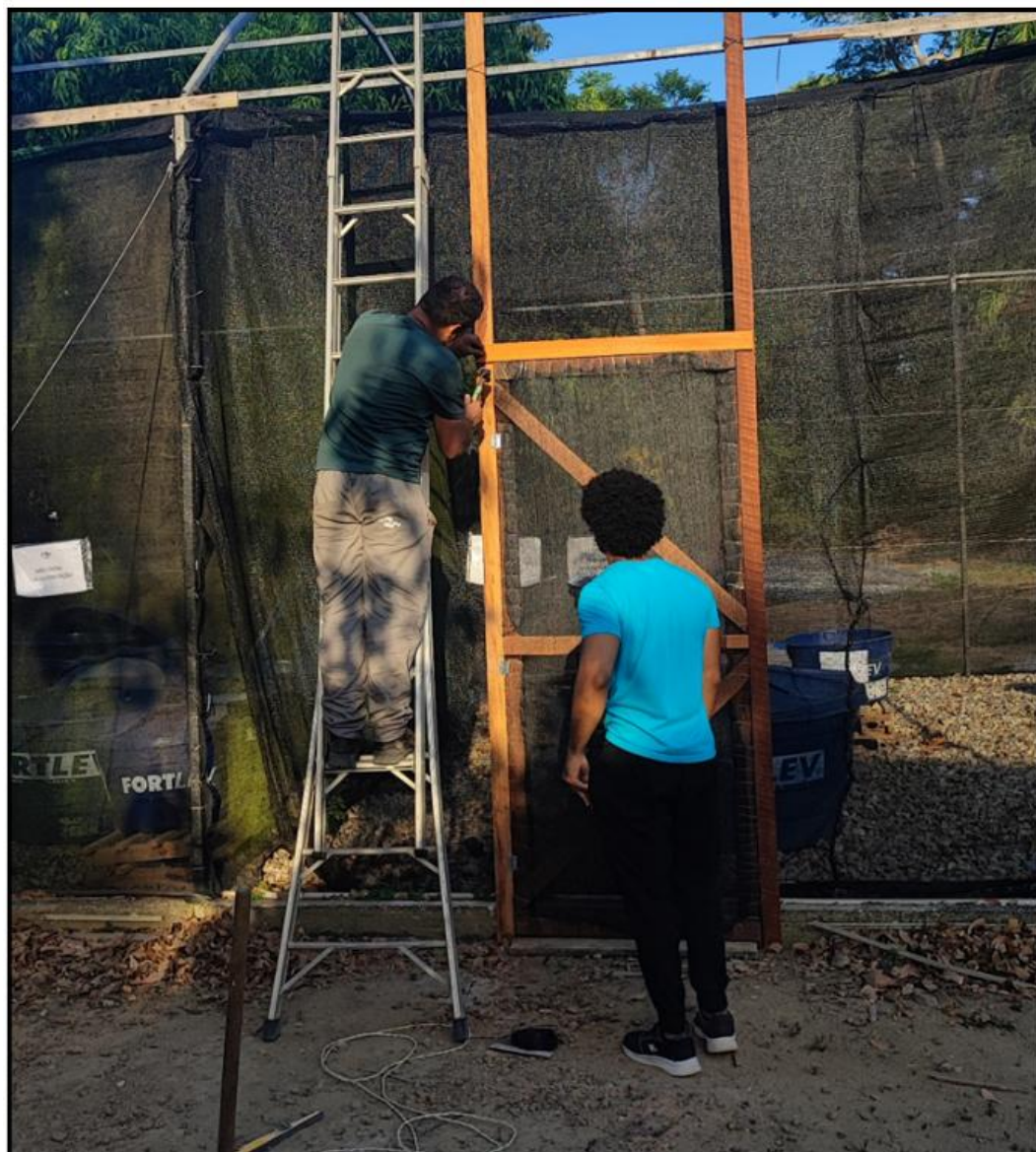
Figura 6 - confecção das incubadoras artificiais. 6A: adição de pedras lavadas; 6B: adição de areia comercial



Fonte: autor, 2025

As incubadoras estavam instaladas em uma estrutura separada das demais incubadoras da EMBRAPA, sendo o ambiente revestido por telas de sombreamento (sombrite) com 50% de retenção luminosa (Figura 7) e cobertas com tela “tipo mosquiteiro de coloração verde”, com a finalidade de evitar a predação dos ovos por larvas de insetos, formigas e outros organismos, como lagartos, aves e serpentes (BATISTELLA, 2003), ao mesmo tempo em que permitiam a incidência de luz solar necessária à incubação *Podocnemis unifilis*.

Figura 7 - Isolamento da área experimental com sombrite 50%



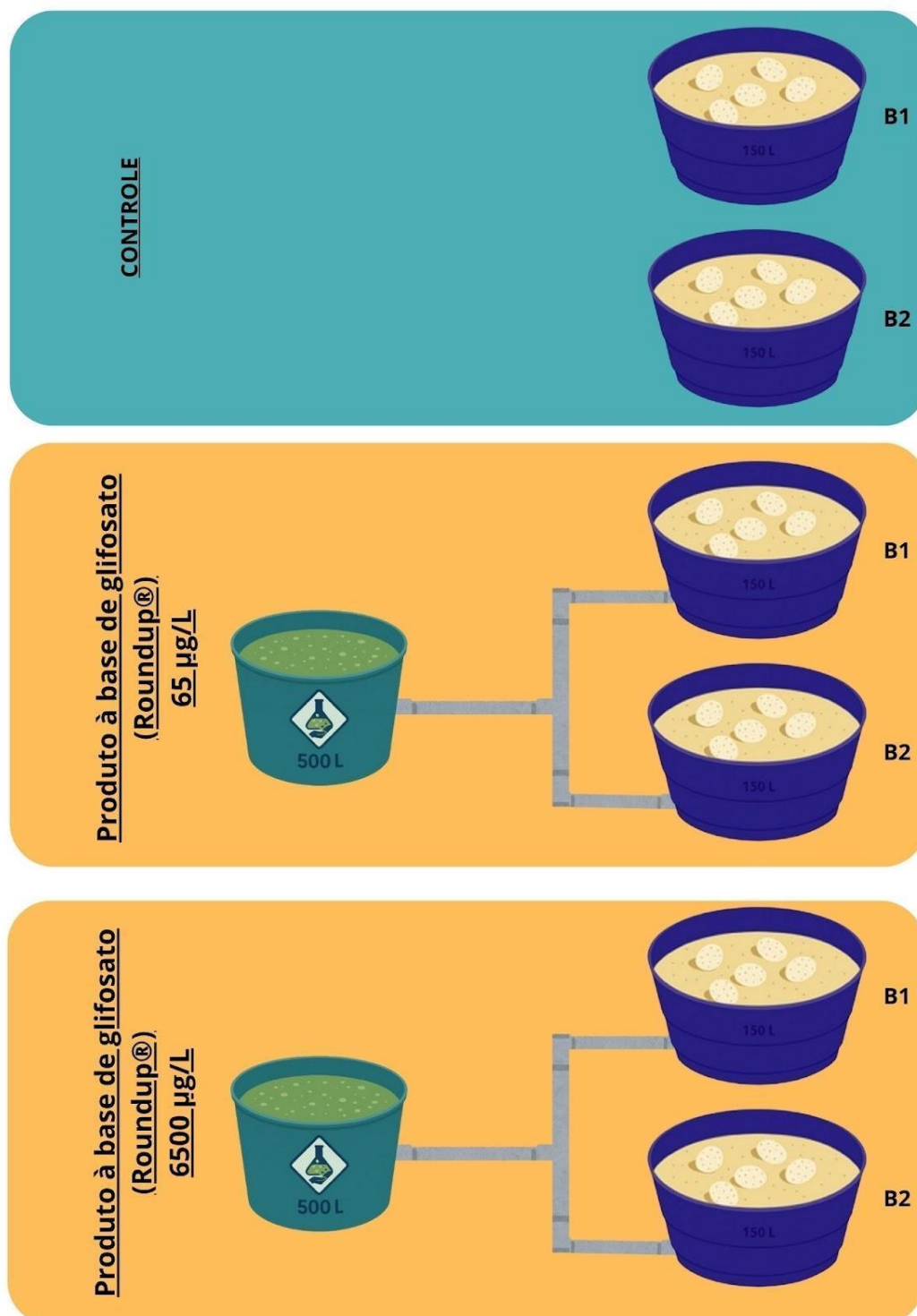
Fonte: autor, 2025

Adicionalmente, as incubadoras foram interconectadas por meio de tubulações PVC, com o objetivo de drenar a água percolada através do substrato até uma caixa d'água central coletora (Figura 8). O escoamento da água ocorreu por ação da força gravitacional, sendo viabilizado pelo desnível estrutural entre as incubadoras e a caixa d'água receptora da água pluvial e resíduos dos agrotóxicos. Esse desnível foi estabelecido pelo posicionamento das incubadoras sobre paletes de madeira, enquanto a caixa coletora foi mantida em nível inferior, garantindo a eficiência do sistema de drenagem.

#### 4.3. Delineamento experimental

O experimento foi organizado em um único bloco com distribuição aleatória dos ovos, estruturado com base em três tratamentos experimentais distintos, sendo um tratamento controle (T0) e dois tratamentos com exposição ao herbicida glifosato (T65 e T6500) (Figura 8).

Figura 8 - Ilustração do delineamento experimental utilizado no presente trabalho



Todas as incubadoras receberam oito ovos provenientes de cada ninho, totalizando 16 ovos por tratamento, o que resultou em uma amostragem total de 48 ovos. Os tratamentos foram monitorados ao longo de 60 dias consecutivos para cada bloco temporal, sendo realizadas três coletas do conteúdo dos ovos (albúmen e vitelo) ou “clara e gema” em intervalos de 20 dias, sendo na primeira coleta, foram utilizados dois ovos, enquanto na segunda e terceira coletas foram utilizados três ovos cada, havendo o monitoramento diário acerca da temperatura e umidade das incubadoras, a partir de termo-higrômetro digital (figura), tomando como base temperatura entre 28 a 31°C e umidade de 80% a 100%, conforme recomendado por Verdade e colaboradores (1992) para incubadoras em sistema controlado.

Figura 9 – Monitoramento de temperatura e umidade nos ninhos



Fonte: autor, 2025

Os ovos de tracajá (*Podocnemis unifilis*) foram submetidos a diferentes níveis de exposição ao herbicida glifosato (formulação comercial Roundup®), com o objetivo de simular condições ambientais de contaminação por agrotóxicos. O tratamento controle (T0) consistiu na incubação em substrato isento de glifosato, simulando condições ambientais não contaminadas, sendo umedecido exclusivamente com 300 ml de água destilada.

As concentrações utilizadas neste estudo foram definidas com base nos limites estabelecidos pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005) que dispõe sobre a classificação e o controle da qualidade das águas superficiais no Brasil. Para o glifosato, o limite máximo permitido é de 65 µg/L, sendo a concentração de 6500 µg/L (dez vezes superior ao valor regulamentar) adotada para simular um cenário de contaminação ambiental elevada. Essa abordagem permitiu a avaliação dos efeitos do herbicida em diferentes níveis de exposição, considerando que, conforme descrito por Hirano e colaboradores (2019), a água constitui a principal via de contaminação de ninhos em ambientes naturais.

A aplicação do glifosato foi realizada com a utilização de pulverização manual, utilizando borrifador doméstico (Figura 9), sendo o herbicida previamente dosado em micropipeta eletrônica e diluído em 300 ml de água destilada. A solução foi aplicada diretamente sobre o substrato de incubação, a uma altura máxima de 20 cm (evitando o efeito de deriva), com intervalos de dois dias ao longo de todo o período experimental. Esse protocolo foi desenvolvido para reproduzir condições ambientais realistas, nas quais o glifosato pode atingir os ninhos por deriva aérea ou escoamento superficial (MENDONÇA, 2021).

Figura 10 - Aplicação do glifosato com borrifador manual



Fonte: autor, 2025

Os parâmetros experimentais foram adaptados de protocolos previamente descritos na literatura, especialmente aqueles apresentados por Pereira de Oliveira (2020) e Mendonça (2021), garantindo padronização metodológica e reprodutibilidade dos resultados. As incubadoras foram equipadas com sistemas de encanamento e drenagem, com o objetivo de controle de escoamento de efluentes (Figura 10).

Figura 11 - Caixa d'água responsável pela coleta de água percorrida pelos tratamentos



Fonte: autor, 2025

Para os tratamentos com exposição ao glifosato, a água pluvial percolada após a aplicação do herbicida foi direcionada para uma caixa d'água com capacidade de 500 L, onde foi armazenada temporariamente e posteriormente destinada ao descarte controlado, em conformidade nº 4.074 (BRASIL, 2002). Esse sistema de coleta hídrica possibilitou o gerenciamento adequado dos resíduos gerados durante o experimento, minimizando riscos de contaminação ambiental adicional e assegurando a integridade do ambiente de pesquisa.

#### 4.4. Coletas e transporte dos ovos

Após os períodos de exposição de 20, 40 e 60 dias, ocorreu a retirada dos ovos com a utilização de EPI's, como uso de luvas de látex, assegurando condições adequadas de assepsia, integridade do material biológico e proteção contra contato direto com solo exposto ao Glifosato e jaleco, os ovos foram cuidadosamente manipulados e mantidos na mesma orientação em que se encontravam nos ninhos experimentais.

Posteriormente, os espécimes foram acondicionados em basquetas contendo areia, sendo então translocados do Campo experimental da Fazendinha (EMBRAPA/AP) ao Laboratório de Produção Animal da EMBRAPA/AP, utilizando-se veículo de transporte particular. Ressaltando que durante o processo de transporte, buscou-se minimizar perturbações

físicas que pudessem comprometer a estrutura interna e externa dos ovos, conforme (VERDADE *et al.*, 1993).

Já no laboratório, os ovos foram submetidos a uma segunda triagem prévia, antecedendo a coleta do conteúdo interno, destinada à realização de análises de micronutrientes.

#### 4.5. Triagem dos ovos

Ao chegarem ao Laboratório de Alimentos, os ovos passaram por uma segunda análise por ovoscopia (figura 11), com o objetivo de verificar se houve desenvolvimento embrionário durante o período experimental. Esse procedimento também permitiu validar os resultados da ovoscopia inicial, bem como confirmação da integridade estrutural dos ovos.

Figura 12 - Ovoscopia de integridade física realizada no Laboratório de Produção de Organismos Aquáticos da

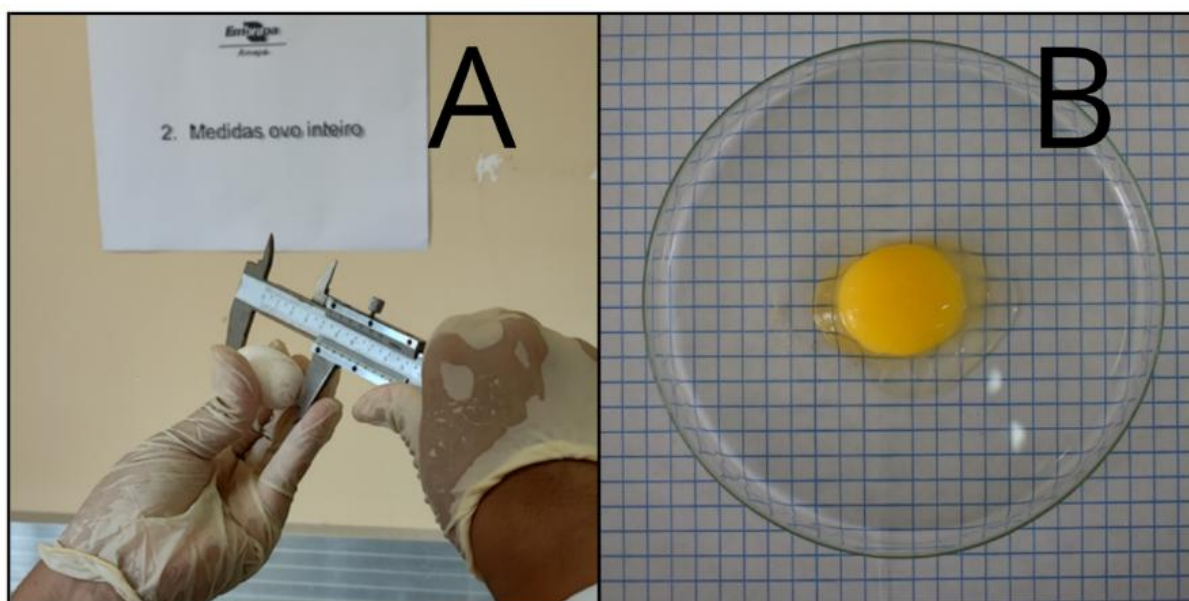


Fonte: autor, 2025

Após a realização da ovoscopia, os ovos foram encaminhados para os procedimentos de coleta do conteúdo interno, mediante a bateria de triagem, aferindo métrica, como, peso, comprimento, diâmetro, aspectos visíveis e posteriormente espessura da casca, após abertura dos ovos.

A pesagem ocorreu em balança analítica e balança de precisão ( $\pm 0,001$  g) (peso integral do ovo, clara + gema e casca), tidas métricas de comprimento, diâmetro e espessura da casca, por meio de paquímetro manual com precisão de  $\pm 0,01$  mm (Figura 1A), registros fotográficos do conteúdo interno dos ovos foram feitos com câmera Nikon D3400 (Figura 12B) e abertura dos ovos o auxílio de bisturi cirúrgico e tesoura estéril, respeitando rigorosamente condições assépticas.

Figura 13 - Biometria dos ovos, 12A: medição do comprimento; 12B: fotografia



Fonte: autor, 2025

Após a obtenção do conteúdo interno dos ovos, estes foram pesados e devidamente acondicionados em tubos Falcon de 50 ml, organizados conforme o tempo de exposição e o delineamento experimental (figura 13), da seguinte forma:

- Falcon 1: 20 dias de exposição, contendo o conteúdo combinado de 2 ovos;
- Falcon 2: 40 dias de exposição, contendo o conteúdo combinado de 3 ovos;
- Falcon 3: 60 dias de exposição, contendo o conteúdo combinado de 3 ovos.

Figura 14 - Pesagem e acondicionamento do conteúdo de ovos de tracajá em tubo Falcon



Fonte: autor, 2025

Todos os tubos foram imediatamente armazenados em freezer a  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ , visando à conservação das amostras. Ao término do período experimental de 60 dias, o material foi encaminhado ao Laboratório de Alimentos da EMBRAPA/AP, onde foi submetido ao processo de liofilização em liofilizador Enterprise I (Terroni), acoplado a bomba de vácuo, pelo período de 7 dias. Esse procedimento teve como finalidade a remoção completa da umidade, garantindo a estabilidade e a integridade das amostras para posteriores análises bromatológicas e de composição mineral.

#### 4.6. Bromatologia

##### 4.6.1. liofilização

As amostras contendo a clara + gema dos ovos de tracajá, totalizando 18 tubos Falcon, foram submetidas à liofilização para remoção da umidade e preservação de suas características físico-químicas, seguindo protocolo adaptado de Silva (2009).

Em sequência as amostras foram transferidas para o liofilizador modelo Enterprise I (figura 14), localizado no Laboratório de Alimentos da EMBRAPA/AP, onde permaneceram sob condições controladas de temperatura e vácuo por aproximadamente sete dias, processo

que promoveu a remoção da água por sublimação, preservando os constituintes nutricionais das amostras (FELLOWS, 2006; PEDRO; NUNES, 2011).

Ao término da liofilização, as amostras foram acondicionadas em recipientes herméticos, devidamente identificadas e armazenadas em freezer até a realização das análises bromatológicas subsequentes.

#### 4.6.2. Umidade

A análise de umidade é um dos parâmetros bromatológicos diretamente relacionada à qualidade, estabilidade e conservação dos alimentos, além de influenciar na concentração de nutrientes (SALMAN *et al.*, 2017). Assim a determinação do teor de umidade das 18 amostras, distribuídas entre os tratamentos Controle, T65 e T6500 e os períodos de exposição, foi realizada por meio da diferença entre a massa inicial ( $M_i$ ), obtida anterior à liofilização, e a massa final ( $M_f$ ), correspondente à massa seca após o processo de liofilização, sendo os resultados expressos em porcentagem conforme adaptada de Souza e colaboradores (1998).

#### 4.6.3. Material mineral (Cinzas)

A determinação do teor de material mineral (cinzas) foi realizada em amostras previamente liofilizadas, seguindo metodologia adaptada da AOAC (1990) e Silva (2012). A utilização de amostras liofilizadas dispensou a correção para umidade, permitindo que a quantificação fosse baseada exclusivamente no resíduo mineral remanescente após a combustão da matéria orgânica.

Inicialmente, cadinhos de porcelana foram previamente calcinados em mufla a 550 °C (figura 14) e pesados para obtenção da massa inicial ( $M_1$ ). Em seguida, aproximadamente 1 g de amostra liofilizada foi adicionado aos cadinhos, registrando-se a massa da amostra ( $M_2$ ). As amostras foram submetidas à incineração em mufla a 550 °C até a completa eliminação da matéria orgânica e obtenção de resíduo mineral. Após resfriamento os cadinhos foram novamente pesados para obtenção da massa final do conjunto cadinho e resíduo mineral ( $M_3$ ).

A determinação do teor de cinzas permite estimar o conteúdo total de minerais presentes no alimento, constituindo um importante indicador da composição nutricional e da qualidade bromatológica das amostras (Salman *et al.*, 2017), assim o teor de cinzas foi expresso em porcentagem, calculado pela relação entre a massa do resíduo mineral obtido e a massa inicial da amostra (SOUZA *et al.*, 1998).

#### 4.6.4. Proteína bruta

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de Kjeldahl, conforme adaptação do Instituto Adolfo Lutz (2008), baseado na quantificação do nitrogênio total presente nas amostras e extraída por destilador de nitrogênio (figura ). Inicialmente, foram utilizadas proximamente 1 grama de amostra liofilizada e acondicionada em tubos de digestão, sendo também realizado o ensaio em branco para controle analítico. Em seguida, adicionado 2 gramas de substância catalisadora e ácido sulfúrico concentrado, promovendo a digestão da matéria orgânica em bloco digestor até a completa conversão do nitrogênio em formas mensuráveis (NOGUEIRA *et al.*, 2005).

Figura 15 - Destilador de Nitrogênio



Fonte: autor, 2025

Após o resfriamento, as amostras foram submetidas à etapa de destilação, na qual a adição de hidróxido de sódio possibilitou a liberação da amônia, posteriormente condensada e coletada em solução receptora. Essa etapa teve como objetivo isolar o nitrogênio dos demais compostos presentes na amostra.

Na sequência, realizou-se a titulação da solução coletada utilizando ácido padronizado, permitindo a determinação da quantidade de nitrogênio total a partir da diferença entre os volumes consumidos pela amostra e pelo branco. Por fim, o teor de proteína bruta foi estimado mediante a aplicação do fator de conversão 6,25, considerando a proporção média de nitrogênio presente nas proteínas (SOUZA; NOGUEIRA, 2005). Dessa forma, o método possibilitou a quantificação indireta do conteúdo proteico das amostras conforme Instituto Adolfo Lutz (2008).

#### 4.6.5. Lipídios totais

O teor de lipídios foi determinado pelo método de extração contínua em aparelho Soxhlet (figura), conforme adaptações das metodologias do Instituto Adolfo Lutz (1985) e da AOAC (1995), já que devido a liofilização das amostras, a etapa de secagem prévia foi dispensada. Inicialmente, balões de extração foram higienizados, pesados e tiveram suas massas registradas e adicionado 1 g de amostra liofilizada, sendo realizada nova pesagem para obtenção da massa inicial do sistema.

Posteriormente, os balões foram acoplados ao extrator Soxhlet (figura) e submetidos à extração com éter de petróleo sob refluxo contínuo ininterruptos, promovendo a solubilização e remoção da fração lipídica das amostras. Ao final do processo, o solvente foi recuperado, permanecendo apenas o extrato lipídico nos balões.

Figura 16 - Capela de exaustão.



Na sequência, os balões contendo os lipídios extraídos foram secos em estufa a 105 °C para remoção de resíduos de solvente, resfriados em dessecador e pesados em balança analítica. O procedimento de secagem, resfriamento e pesagem foi repetido até a obtenção de massa constante, garantindo a estabilidade gravimétrica das amostras. Por fim, o teor de lipídios foi calculado pela diferença de massa antes e após a extração, sendo expresso em porcentagem da massa inicial da amostra, conforme descrito por Souza e colaboradores (1998).

#### 4.6.6. Determinação de carboidratos

A determinação do teor de carboidratos totais foi realizada pelo método indireto “por diferença”, baseando-se na estimativa indireta do conteúdo de carboidratos, considerando que a soma dos constituintes proximais da amostra corresponde a 100%. Conforme descrito por AOAC (2008) e Filho e colaboradores (2018), o teor de carboidratos é obtido por subtração de 100%, pelos valores previamente determinados de umidade, proteínas, lipídios e cinzas.

Dessa forma, antes da determinação dos carboidratos, foram quantificados os teores de umidade, proteína bruta, lipídios e matéria mineral (cinzas) das amostras. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) na base úmida, sendo calculados individualmente para cada amostra e seus respectivos tratamentos experimentais

#### 4.6.7. Valor Calórico Total (VCT).

A determinação do Valor Calórico Total (VCT) das amostras foi realizada com base nos princípios da calorimetria nutricional indireta, a partir da composição centesimal previamente obtida. A energia contida nos alimentos é tradicionalmente expressa em quilocalorias (kcal), unidade que representa a quantidade de energia liberada durante a oxidação metabólica dos macronutrientes (FILHO *et al.*, 2018). Embora o Sistema Internacional adote o joule (J) como unidade padrão de energia, a quilocaloria permanece amplamente utilizada em estudos de composição de alimentos, sendo equivalente a 4,184 kJ.

A estimativa do valor energético fundamenta-se nos fatores de Atwater, os quais estabelecem que, em média, cada grama de lipídios fornece 9,0 kcal, enquanto proteínas e carboidratos fornecem aproximadamente 4,0 kcal por grama durante o metabolismo celular, conforme Atwater (1910). Dessa forma, a partir dos teores percentuais de proteína, lipídios e carboidratos previamente determinados nas análises bromatológicas, foi possível estimar o VCT das amostras.

Assim o VCT foi calculado individualmente para cada amostra e tratamento experimental, sendo expresso em quilocalorias (kcal).

#### 4.7. Micronutrientes

A determinação dos micronutrientes cobres (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) foi realizada conforme metodologia adaptada de Silva (2009). A extração dos elementos foi efetuada a partir da solução de ácido clorídrico + sulfúrico + cinzas de cada tratamento (figura), aproximadamente 1 g de cinza seca foi submetido à extração química.

Figura 17 - Amostras armazenadas em tubos falcon 25 ml, adição das cinzas à solução clorídrica, afin de realizar procedimentos bromatológicos



Fonte: autor, 2025

As concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn foram determinadas por Espectrofotometria de Absorção Atômica, utilizando o equipamento Ice 3000 Series (Thermo Scientific) (figura) e soluções-padrão específicas para cada elemento. As concentrações dos micronutrientes nas amostras foram obtidas a partir de curvas de calibração geradas pelo software SOLAAR (versão 11.10) e expressas conforme a Equação 7, descrita por Nogueira e colaboradores (1998).

Figura 18 - Espectrofotômetro de absorção atômica - Ice 3000 series



Fonte: autor 2025

A determinação desses micronutrientes constitui uma importante ferramenta para a caracterização nutricional das amostras, uma vez que cobre, ferro, manganês e zinco desempenham funções essenciais em processos metabólicos, enzimáticos e antioxidantes, sendo indicadores relevantes da qualidade nutricional dos ovos de tracajá.

#### 4.7.1. Teor de fósforo

A determinação do teor de fósforo nas amostras coletadas foi realizada por meio da espectrofotometria, utilizando o método do complexo fosfovanadomolibdico, conforme metodologias descritas pela AOAC (1995) e adaptadas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008) baseando-se na reação do fósforo inorgânico com o reagente vanado-molibdato de amônio, formando um complexo de coloração amarela, cuja intensidade é proporcional à concentração de fósforo presente na amostra.

As amostras previamente incineradas foram submetidas à solubilização ácida das cinzas, obtendo-se extratos posteriormente analisados em espectrofotômetro UV/Vis com leitura em comprimento de onda de 420 nm.

A concentração de fósforo em porcentagem foi determinada por meio de curva de calibração elaborada a partir de soluções-padrão e calculada por interpolação dos valores de absorbância, com as devidas correções dos fatores de diluição (NOGUEIRA *et al.*, 1998).

#### 4.7.2. Teor de cálcio

A determinação do teor de cálcio nas amostras foi realizada por titulação complexométrica com ácido etileno-di-amino tetra-acético (EDTA) em meio alcalino, método indicado para composição de alimentos que contenha magnésio, o procedimento baseia-se na formação de complexos estáveis entre o EDTA e os íons cálcio presentes na solução, permitindo sua quantificação por titulação, metodologia adaptada de AOAC (2008).

As amostras previamente incineradas foram submetidas à solubilização ácida das cinzas, obtendo-se uma solução mineralizada utilizada na análise. Uma alíquota dessa solução foi transferida para Erlenmeyer, diluída em água destilada e ajustada para meio alcalino, sendo posteriormente adicionada a solução indicadora apropriada. A titulação foi realizada com solução padrão de EDTA  $0,01 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  até a mudança de coloração indicativa do ponto final da reação. Paralelamente, foi conduzido um ensaio em branco para correção dos resultados.

A concentração de cálcio nas amostras foi determinada com base no volume de EDTA consumido na titulação, descontando-se o volume correspondente ao branco, conforme Equação 9. A determinação desse mineral é relevante para a caracterização nutricional das amostras, uma vez que o cálcio desempenha funções essenciais na formação e manutenção de tecidos mineralizados e em diversos processos metabólicos e fisiológicos.

#### 4.8. Tabela nutricional

A elaboração da tabela nutricional foi realizada com base na composição centesimal das amostras, obtida por análises bromatológicas, incluindo a determinação de umidade, proteínas, lipídios, cinzas e carboidrato. O cálculo do valor energético foi baseado no fator de conversão, que atribui o valor energético para carboidratos (4kcal/g), Proteínas (4kcal/g) e lipídios (9kcal/g),

A organização e expressão das informações nutricionais seguiram as diretrizes estabelecidas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária, conforme a RDC nº 429/2020 e a

Instrução Normativa nº 75/2020, sendo os resultados expressos por porção e acompanhados dos respectivos valores diários de referência (%VD)

#### **4.9. Análise de solo**

As amostras de solo foram coletadas nas incubadoras experimentais submetidas à exposição ao glifosato e no tratamento controle (T0), utilizando a técnica de amostragem de solo não perturbado, de forma a preservar as características originais do material. Aproximadamente 500 g de solo foram coletados em cada unidade experimental, adotando-se cuidados para evitar a perturbação dos ovos presentes nas incubadoras a uma profundidade de 30 cm.

As coletas foram realizadas em intervalos de 20 dias após a aplicação do glifosato, contemplando os tratamentos T0, T65 e T6500, conforme descrito por Filizola (2006) e Tavares *et al.* (2021). Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em recipientes devidamente identificados e transportadas ao Laboratório de Solos da EMBRAPA/AP (figura), onde permaneceram em condições adequadas de conservação até a realização das análises.

##### **4.9.1. Teor de pH**

O potencial hidrogeniônico (pH) do solo foi determinado em suspensão solo-água, sendo utilizado como indicador da acidez ou alcalinidade do solo e da disponibilidade de nutrientes e elementos potencialmente tóxicos. A determinação foi realizada em amostras de terra fina seca ao ar, utilizando-se uma relação solo: água de 1:2,5 (m/v), conforme adaptações de Tavares e colaboradores (2021).

Após homogeneização e período de estabilização da suspensão, as leituras foram realizadas diretamente por potenciometria, utilizando pHmetro previamente calibrado com soluções tampão padrão. Os resultados foram expressos em unidades de pH e interpretados conforme as classes de acidez do solo estabelecidas na literatura com adaptações de Tavares (2021).

##### **4.9.2. Teor de fósforo (P)**

A determinação do fósforo disponível no solo foi realizada por espectrofotometria de absorção molecular, baseada na formação do complexo fosfomolibdênico de coloração azul, conforme metodologia descrita por Kangussú (2011). Inicialmente as amostras de solo foram secas ao ar (TFSA) foram submetidas à extração com solução de Mehlich-1 ( $\text{HCl } 0,05 \text{ mol L}^{-1}$

+  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,0125 mol  $\text{L}^{-1}$ ), obtendo-se um extrato utilizado para a determinação do fósforo disponível.

Para o desenvolvimento da reação colorimétrica, alíquotas do extrato receberam solução de molibdato de amônio em meio ácido e ácido ascórbico, promovendo a formação do complexo azul característico, assim as leituras de absorbância foram realizadas em fotocolorímetro no comprimento de onda de 660 nm.

A concentração de fósforo disponível foi determinada por meio de curva de calibração construída com soluções padrão submetidas ao mesmo procedimento analítico, sendo os resultados corrigidos pelo fator de diluição da amostra e expressos em  $\text{mg dm}^{-3}$ , conforme Silva (2002).

#### **4.9.3. Acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ )**

A acidez potencial do solo ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ) foi determinada como indicador da reserva de acidez do solo, correspondendo à soma dos íons hidrogênio e alumínio associados aos coloides do solo, de modo que extração ocorreu com solução de acetato de cálcio 0,5 mol  $\text{L}^{-1}$  tamponada a pH 7,0, seguido de titulação volumétrica com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH), utilizando fenolftaleína como indicador, conforme adaptações de Tavares (2001).

A análise foi realizada em amostras de terra fina seca ao ar (TFSA), submetidas à extração com a solução tamponada e posterior titulação do extrato obtido. Paralelamente, foi conduzido um ensaio em branco para correção dos resultados. Os valores de acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ) foram calculados a partir do volume de titulante consumido e expressos em  $\text{cmolc dm}^{-3}$ .

A determinação da acidez potencial constitui um importante parâmetro da fertilidade do solo, pois permite estimar a reserva de acidez e o potencial de liberação de íons  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  para a solução do solo, influenciando a disponibilidade de nutrientes e o desenvolvimento vegetal.

#### **4.10. Análise estatística**

Os dados obtidos foram processados no software GraphPad Prism 8.0, sendo usado o nível de significância de  $P < 0,05$ , os dados foram planilhados e o método de análise foi escolhido após o teste de normalidade, conforme o descrito nos tópicos a seguir:

Para o perfil bromatológicos dos ovos de ninhos em condições de biotério, foi aplicado o teste de normalidade (Teste de Shapiro-Wilk), onde houve a ausência de normalidade devido ao baixo número amostral ( $n = 3$ ), sendo assim utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, posteriormente passou pelo pós-teste de Dunnett.

Para o experimento com a exposição dos ovos, foi utilizado o teste de Shapiro Wilk, e houve normalidade nos dados. Com isso, foi usado a ANOVA de um fator (one-way) com pós-teste de Dunnett, onde os grupos T65 e T6500 foram comparados com o grupo controle.

Em contrapartida, para a análise do solo foi utilizada a ANOVA de duas vias (Two-way ANOVA) após teste de normalidade, sendo avaliados os efeitos isolados e a interação entre os fatores dose e tempo, sendo submetidas posteriormente, aos testes de Tukey para comparações múltiplas entre os tratamentos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Condições de Incubadoras

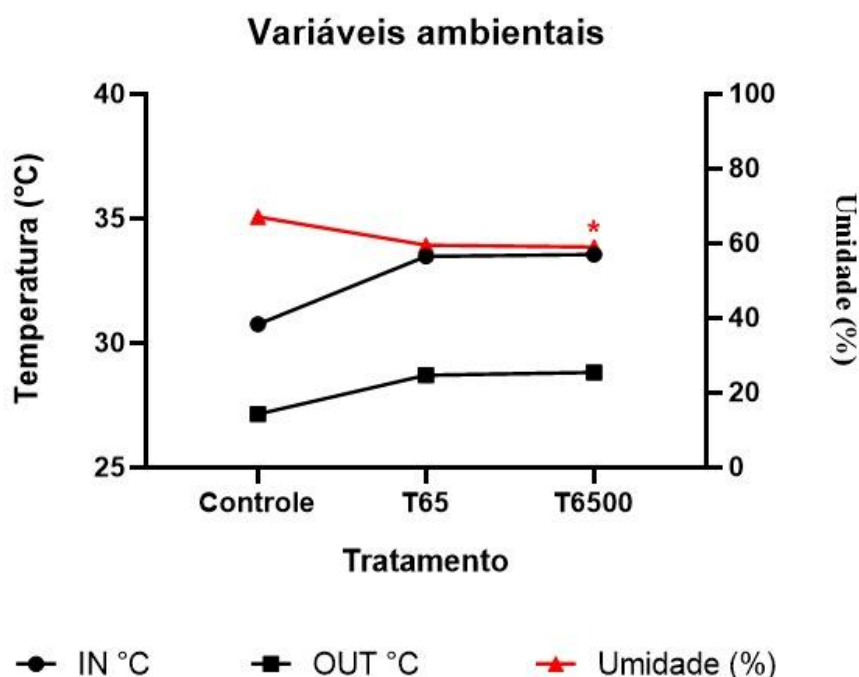
Ao comparar as incubadoras utilizadas no experimento quanto aos parâmetros ambientais monitorados de temperatura interna (IN), temperatura externa (OUT) e umidade relativa Tabela, em relação a suas médias ao longo do tempo de experimento, verificou-se que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos T65, T6500 e o grupo controle para as temperaturas interna e externa em nenhum dos períodos avaliados ( $p > 0,05$ ). Esses resultados evidenciam que as incubadoras mantiveram condições térmicas homogêneas durante todo o experimento, assegurando a padronização da incubação entre os grupos experimentais.

Tabela 1 - Tabela de monitoramento de ninhos "temperatura e umidade"

| Tratamentos |     | Temperatura (°C) |               | Umidade (%) |               |
|-------------|-----|------------------|---------------|-------------|---------------|
|             |     | Média            | Desvio Padrão | Média       | Desvio Padrão |
| controle    | In  | 30,80            | 2,52          | 66,50       | 10,64         |
|             | Out | 27,20            | 1,35          |             |               |
| T65         | In  | 31,0             | 4,98          | 60,50       | 16,61         |
|             | Out | 28,05            | 2,75          |             |               |
| T6500       | In  | 31,45            | 4,96          | 61,00       | 15,50         |
|             | Out | 28,20            | 3,06          |             |               |

Em relação à umidade relativa das incubadoras, observamos a diferença estatisticamente significativa apenas entre o tratamento T6500 e o grupo controle (Figura ), caracterizada por uma redução na média de 4,5% ( $p < 0,05$ ). Apesar dessa diferença, os valores permaneceram dentro da faixa operacional estabelecida para a incubação, indicando que a variação observada foi pequena e insuficiente para comprometer a uniformidade das condições experimentais e ambientais, e a mediada que ressalvada as proporções das incubadoras e suas características que mais as semelhassem com condições em ambientes naturais, quando comparado a outros trabalhos votados a incubação e exposição de ovos de quelônios à agrotóxicos que foram realizados em sistemas fechados e incubadoras artificiais como em, Magalhães (2016) e Hirano (2019), assim divergência de parâmetros como temperatura são esperado, diferentes ninhos estão sujeitos a diferentes intempéries.

Figura 19 - Gráfico de tendências de temperatura e umidade entre os tempos e tratamentos avaliados



Fonte: 2025

Dessa forma, os resultados demonstram que as incubadoras apresentaram elevada homogeneidade quanto aos principais parâmetros ambientais, minimizando a influência de fatores ambientais sobre os ovos incubados, de modo que, eventuais alterações observadas nas análises nutricionais dos ovos podem ser atribuídas com maior segurança à exposição ao glifosato, uma vez que este constituiu a principal variável experimental que diferenciou os tratamentos (T65 e T6500) do grupo controle (ausência de exposição).

Portanto, a manutenção de condições ambientais semelhantes entre as incubadoras reduz potenciais fatores de confusão, aumentando a confiabilidade dos resultados e permitindo que as diferenças observadas sejam atribuídas ao fator experimental investigado, neste caso, a exposição ao glifosato.

## 5.2. Análise centesimal

A análise da composição centesimal dos ovos submetidos ao ensaio ecotoxicológico mostrou-se variações no perfil nutricional no decorrer dos períodos de exposição (20, 40 e 60 dias) e entre os tratamentos avaliados (controle, T65 e T6500) (Tabela 2). Com 20 dias, os valores mantiveram homogêneos entre os grupos com umidade em torno de 81,14% a 81,65%, proteína bruta entre 8,57% e 8,91%, e lipídeos oscilando entre 6,39% e 6,73%. No entanto, foram observadas variações entre os tratamentos no período de 40 dias, onde o grupo controle obteve menor teor de umidade e maior número de matéria seca, enquanto os tratamentos expostos tiveram maiores teores hídricos e menores frações proteica.

Tabela 2 - Valores médios e desvio padrão da composição centesimal dos ovos de tracajá "ecotoxicológico"

| Dias | Tratamento | Umidade (%) | Proteína Bruta (%) | Lipídios (%) | Cinza (%) | Carboidrato (%) |
|------|------------|-------------|--------------------|--------------|-----------|-----------------|
| 20   | Controle   | 81,14       | 8,91               | 6,73         | 1,16      | 0,39            |
|      | T65        | 81,64       | 8,84               | 6,44         | 1,14      | 0,36            |
|      | T6500      | 81,65       | 8,57               | 6,39         | 1,18      | 0,41            |
| 40   | Controle   | 76,72       | 11,13              | 8,34         | 1,48      | 0,54            |
|      | T65        | 83,09       | 7,92               | 5,98         | 1,08      | 0,33            |
|      | T6500      | 82,00       | 8,69               | 6,09         | 1,04      | 0,39            |
| 60   | Controle   | 79,24       | 9,62               | 7,27         | 1,35      | 0,52            |
|      | T65        | 81,10       | 8,97               | 6,78         | 1,14      | 0,38            |
|      | T6500      | 81,35       | 9,19               | 6,22         | 1,11      | 0,40            |

De modo geral, os dados indicaram que os grupos expostos tiveram alterações no padrão normal de maturação e metabolismo dos ovos, com ênfase para inibição do acúmulo de matéria seca com ponto crítico no tempo 40. Essas alterações indicam que o agrotóxico utilizado apresenta potencial efeito ecotoxicológico sobre o aporte e a retenção de reservas nutricionais.

A seguir, as alterações observadas na composição centesimal dos ovos avaliados são detalhadas e discutidas individualmente para cada parâmetro avaliado, correlacionando os efeitos dos tratamentos (T65 e T6500) e o tempo de exposição (20, 40 e 60 dias) com as respostas fisiológicas e ecotoxicológicas observadas.

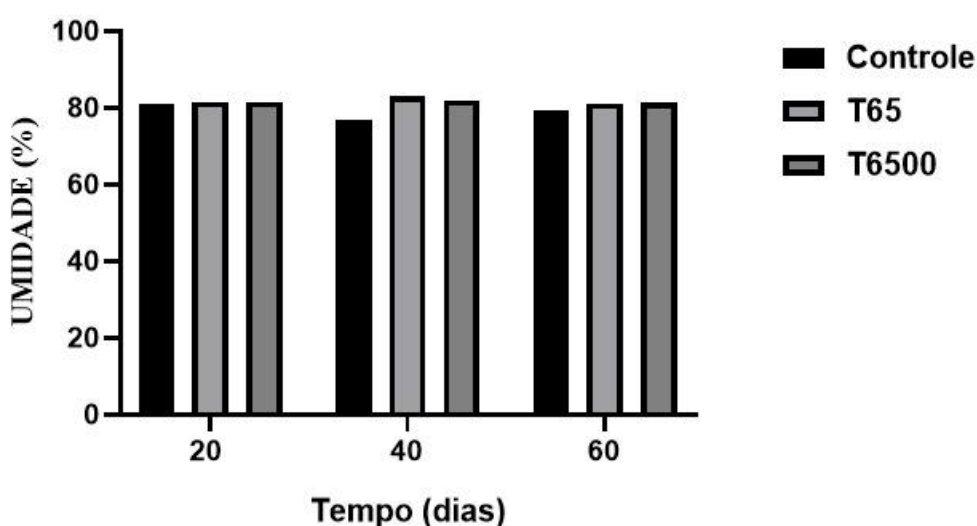
### 5.2.1. Umidade

Os teores de umidade dos ovos de tracajá permaneceram elevados durante todo o período experimental, variando entre aproximadamente 77% e 82% (Figura X). Após os primeiros 20 dias de incubação/exposição, não foram observadas variações aparentes de valores entre o grupo Controle e os tratamentos T65 e T6500. No tempo de 40 dias, verificamos uma discreta redução da umidade no grupo Controle em comparação aos tratamentos expostos ao

glifosato, que apresentaram valores próximos a 82%. Ao término do experimento, 60 dias os três grupos voltaram a apresentar valores semelhantes, em torno de 80%.

De modo geral a análise estatística demonstrou que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos Controle, T65 e T6500 em nenhum dos tempos avaliados, indicando que a exposição ao glifosato não alterou o teor de umidade dos ovos durante o período experimental.

Tabela 3 - Teor de umidade (%) em função do tempo (20, 40 e 60 dias) nos tratamentos Controle, T65 e T6500.



Fonte: autor, 2025

Mendonça (2021), ao avaliar ovos de *Podocnemis expansa* expostos a dois agrotóxicos (glifosato e fipronil), evidenciou redução significativa no teor de umidade em todos os tratamentos analisados, resultado que contrasta com os achados do presente estudo, no qual foram observadas variações significativas nesse parâmetro.

Na natureza a umidade é reconhecida como um fator fundamental para o desenvolvimento embrionário dos quelônios, uma vez que a água presente no ovo participa nos processos metabólicos e energéticos. Podendo sua redução ocasionar o não desenvolvimento do embrião, variação na taxa de eclosão e ocorrência de malformações ósseas (FERREIRA *et al.*, 2016; HIRANO *et al.*, 2019).

Uma possível hipótese para a ausência de diferenças significativas no teor de umidade está relacionada às condições experimentais adotadas. Estudos anteriores utilizaram sistemas menores e fechados, enquanto no presente estudo foram empregadas caixas d'água de 100 L,

configurando incubadoras seminaturais que possibilitam maior interação com fatores ambientais externos, como temperatura e umidade, além de favorecerem a percolação do glifosato (HIRANO *et al.*, 2019; MENDONÇA, 2021).

Nesse contexto, tais condições podem ter influenciado a dinâmica de exposição ao contaminante, contribuindo para a manutenção dos teores de umidade entre os grupos avaliados. Além disso, destaca-se que o modelo experimental utilizado apresenta maior similaridade com as condições naturais enfrentadas por populações de vida livre, tornando os resultados potencialmente mais representativos dos processos ecológicos e ambientais que ocorrem no ambiente natural. De modo que, embora haja diferenças metodológicas em relação a estudos anteriores possam influenciar comparações diretas, o presente delineamento experimental amplia a aplicabilidade ecológica dos achados.

Ressaltamos ainda que, em substratos arenosos o glifosato, apresenta o maior valor de percolação (PEREIRA, 2009), fator esse que reduziu a acumulação do ingrediente ativo ao longo do período experimental. Em contraste, as incubadoras fechadas tendem a limitar a lixiviação, promovendo o acúmulo progressivo do contaminante a cada aplicação (DE OLIVEIRA GUIMARÃES, 2017), embasando o aumento da umidade no decorrer do tempo, principalmente nos tratamentos com maiores concentrações.

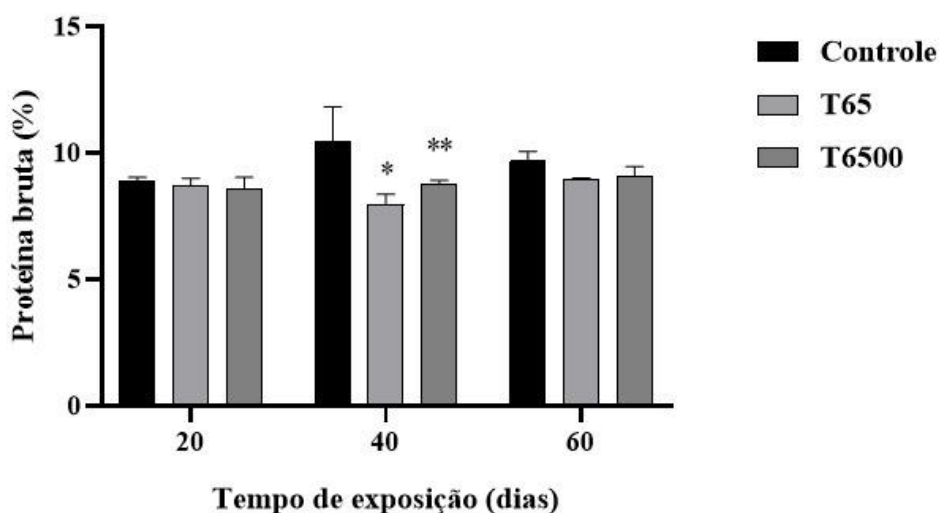
Adicionalmente, o uso combinado de área e substratos distintos, como a vermiculita relatado nos estudos anteriores, podem ter atuado na retenção e adsorção do glifosato (HIRANO *et al.*, 2019; MENDONÇA, 2021), alterando sua disponibilidade, e consequentemente, seus efeitos sobre a umidade dos ovos e o desenvolvimento embrionário.

### **5.2.2. Proteína**

As análises bromatológicas demonstraram que de proteína bruta (%) dos ovos de *Podocnemis unifilis* demonstrou que houve diferença significativa apenas no tempo de exposição de 40 dias, demonstrando que a interação entre o glifosato mesmo no limite permitido pelo CONAMA, nesse período os grupos expostos (T65 e T6500) apresentaram redução significativa no teor de proteína bruta em relação ao grupo controle, sendo essa diferença indicada por \* (T65;  $p < 0,05$ ) e \*\* (T6500;  $p < 0,01$ ) (figura ). Embora ambos os tratamentos tenham apresentado valores inferiores ao controle, o tratamento T65 exibiu uma diferença estatisticamente mais acentuada em vista que evidenciada pelo maior nível de redução no teor de proteína. Já nos tempos de 20 e 60 dias de exposição, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos e o grupo controle ( $p > 0,05$ ), indicando que

o efeito do glifosato sobre o teor de proteína bruta foi transitório e restrito ao período intermediário de exposição.

Figura 20 -- Proteína bruta (%) média e desvio padrão em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500, com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) \* e \*\*



Fonte: autor, 2025

A proteína constitui um dos principais componentes nutricionais dos ovos de répteis, desempenhando papel fundamental no fornecimento de aminoácidos necessários para a organogênese, formação dos tecidos, síntese enzimática e produção de proteínas estruturais durante todo o desenvolvimento embrionário e mesmo em neonatos, em especial nos quelônios (SARTORI, 2016). Diferentemente dos mamíferos placentários, os embriões de quelônios dependem exclusivamente das reservas nutricionais presentes no ovo até a eclosão, tornando a composição química do vitelo um fator determinante para o sucesso do desenvolvimento (PACKARD; PACKARD, 1988; DEMING, 2004). Dessa forma, alterações na disponibilidade de proteínas em qualquer quantia podem comprometer processos fisiológicos essenciais, refletindo diretamente na sobrevivência e na viabilidade de neonatos.

A partir do nosso trabalho, constatamos a redução significativa da proteína bruta dos ovos de *Podocnemis unifilis* aos 40 dias de exposição tanto no tratamento T65 (CONAMA) quanto no T6500, demonstrando que mesmo concentrações de glifosato consideradas ambientalmente seguras pela legislação brasileira (CONAMA nº 357/2005) foram capazes de

alterar a composição nutricional dos ovos. Embora esse efeito não tenha permanecido aos 60 dias, muito ligado aos aspectos individuais dos ovos, sua ocorrência durante uma fase intermediária do desenvolvimento sugere que o herbicida interfere temporariamente na disponibilidade de nutrientes em um período crítico da embriogênese. Se considerarmos que o crescimento embrionário ocorre de forma contínua e depende das reservas energéticas acumuladas antes da postura, alterações transitórias podem produzir efeitos biológicos permanentes, sobretudo quando coincidem com fases de intensa diferenciação celular (DEEMING, 2004).

A redução da proteína observada neste estudo é biologicamente relevante porque as proteínas representam a principal fonte de aminoácidos destinados à síntese de músculos, tecidos conjuntivos, órgãos e enzimas metabólicas durante o desenvolvimento dos répteis (PACKARD; PACKARD, 1988). Além disso, proteínas vitelínicas, como a vitelogenina, constituem a principal reserva nutricional dos ovos ovíparos, sendo responsáveis pelo fornecimento de nitrogênio, fósforo e diversos aminoácidos essenciais ao crescimento embrionário (SPERRY; WEATHERHEAD, 2009). Assim, qualquer redução na disponibilidade proteica pode limitar a taxa de crescimento fetal, reduzir a eficiência metabólica e comprometer o desempenho dos filhotes após a eclosão.

Embora o presente estudo não tenha avaliado diretamente parâmetros morfológicos dos embriões, evidências disponíveis na literatura sugerem que alterações na composição nutricional dos ovos estão associadas à redução do desempenho embrionário. Mendonça *et al.* (2021), ao avaliarem ovos de *Podocnemis expansa* expostos ao glifosato, fipronil e suas associações, observaram menor biomassa corporal, atraso no desenvolvimento e malformações ósseas nos embriões. Da mesma forma, estudos conduzidos por Martins (2025) demonstraram que concentrações ambientalmente relevantes de glifosato induzem alterações histopatológicas hepáticas em filhotes de *P. expansa*, evidenciando que esse herbicida pode comprometer processos metabólicos importantes mesmo em concentrações permitidas pela legislação ambiental. Considerando que o fígado desempenha papel central no metabolismo de proteínas e aminoácidos, tais resultados reforçam a hipótese de que a redução da proteína observada nos ovos possa representar uma manifestação precoce de distúrbios metabólicos induzidos pelo glifosato.

Os resultados também encontram suporte em pesquisas envolvendo a composição química da casca dos ovos de quelônios. Ferreira e colaboradores (2016) verificaram que ovos de *P. expansa* incubados em ambiente livre de contaminantes apresentaram concentrações de proteína compatíveis com condições fisiológicas normais, enquanto estudos realizados em

ambientes contaminados evidenciaram redução significativa da proteína da casca, com redução média de até 14% de proteína bruta de tratamentos com base na resolução CONAMA nº 357/2005, em comparação ao seu grupo controle (MENDONÇA, 2021), sugerindo que a presença de contaminantes interfere negativamente na disponibilidade de compostos nitrogenados durante o desenvolvimento embrionário. Embora este trabalho tenha avaliado a proteína do conteúdo do ovo, e não da casca, ambos os estudos convergem ao indicar que o glifosato pode alterar o metabolismo proteico em diferentes compartimentos do ovo.

Sob uma perspectiva ecológica, esses achados são particularmente preocupantes. Espécies do gênero *Podocnemis* apresentam desenvolvimento embrionário inteiramente dependente das reservas nutricionais maternas, de modo que pequenas alterações na composição química dos ovos podem reduzir a geração de neonatos saudáveis, ao diminuir sua capacidade locomotora, retardar o crescimento e aumentar a susceptibilidade à predação durante os primeiros meses de vida, fase considerada crítica para o recrutamento das populações naturais, já que trabalhos de Lucélia (2008) e Mendonça (2021), Embora a exposição de ovos aos agrotóxicos não tenha inviabilizado o desenvolvimento embrionário, observou-se uma alta frequência de malformações nos neonatos, principalmente alterações no sistema esquelético, indicando que o desenvolvimento ocorreu sob condições de comprometimento morfofuncional (Janzen *et al.*, 2000; Booth, 2006). Em quelônios, a sobrevivência dos filhotes já é naturalmente reduzida devido às elevadas taxas de predação, de forma que alterações adicionais na qualidade nutricional dos ovos podem comprometer ainda mais o sucesso reprodutivo das populações (FERRARA *et al.*, 2016).

Outro aspecto relevante é que os efeitos foram observados na concentração de 65 µg/L, correspondente ao limite permitido para águas superficiais pela Resolução CONAMA nº 357/2005, o que evidencia que valores considerados seguros sob a perspectiva regulatória podem não ser suficientes para proteger organismos não alvo, especialmente durante fases sensíveis do ciclo de vida, como o desenvolvimento embrionário. Esse resultado reforça uma preocupação crescente da ecotoxicologia contemporânea: concentrações ambientalmente relevantes podem produzir efeitos subletais que não ocasionam mortalidade imediata, mas comprometem características fisiológicas fundamentais para a manutenção das populações ao longo das gerações (RELYEA, 2005; BRÜHL; ZALLER, 2019).

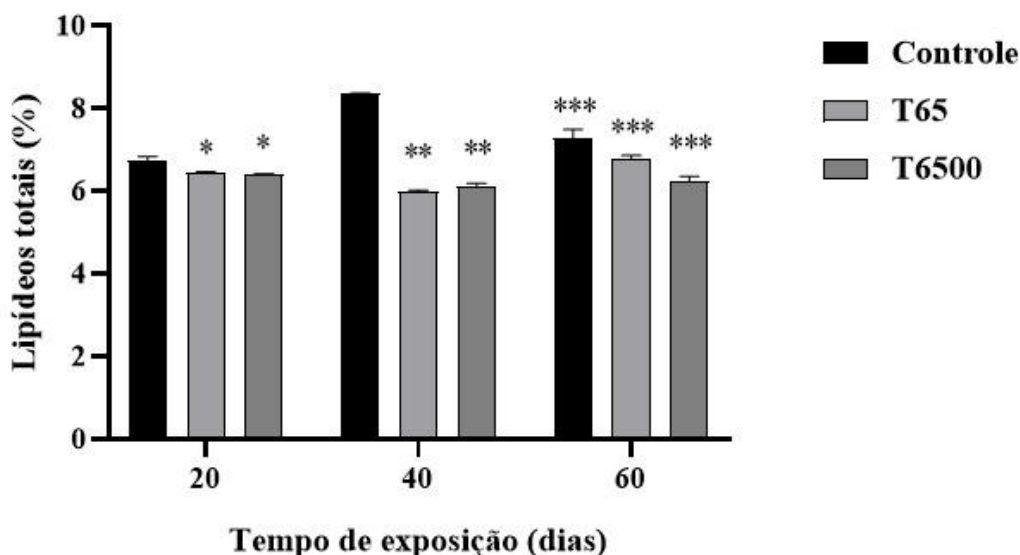
Dessa forma, a redução da proteína bruta observada nos ovos de *Podocnemis unifilis* deve ser interpretada não apenas como uma alteração bromatológica, mas como um potencial biomarcador de comprometimento da qualidade nutricional dos ovos (VANDER OOST, 2003). Em ambientes naturais, onde as populações já enfrentam pressões decorrentes da perda de

habitat, mudanças climáticas, coleta ilegal de ovos e contaminação ambiental, reduções na disponibilidade de nutrientes essenciais podem diminuir o sucesso reprodutivo e o recrutamento populacional, tornando as populações mais vulneráveis ao declínio ao longo do tempo.

### 5.2.3. Lipídio

Aa análises do teor de lipídios dos ovos de *Podocnemis unifilis* evidenciou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos expostos ao glifosato e o grupo controle em todos os tempos avaliados (20, 40 e 60 dias) ( $p < 0,05$ ). Tanto o tratamento T65 quanto o T6500, conforme a figura (), apresentando redução na sua média durante todo o período experimental, aos 20 dias redução média de 4,31% e 5,05%, aos 40 dias de 28,30% e ao término do experimento redução de 6,74% e 14,44% respectivamente nos tratamentos T65e T6500. Demonstrando que a exposição ao herbicida promoveu alterações consistentes na composição lipídica dos ovos, independentemente do tempo de exposição.

Figura 21 - Média e desvio padrão do teor de lipídios em ovos de tracjá submetidos a exposição de agrotóxico, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) (\*, \*\* e \*\*\*)



Fonte: autor 2025

A redução do teor lipídico observada nos ovos de *Podocnemis unifilis* sugere que a exposição ao glifosato compromete processos relacionados à deposição ou à manutenção das reservas energéticas destinadas ao desenvolvimento embrionário da espécie. Um dado

alarmante uma vez que ambos os tratamentos (T65 e T6500) apresentaram redução significativa comparados ao controle que persistiu ao longo de todo período experimental, indicando uma resposta independente da intensidade e tempo da exposição. Sob a perspectiva ecotoxicológica, as alterações consistentes e persistente na composição lipídica representam um possível biomarcador bioquímico de efeito, uma vez que refletem modificações no metabolismo energético desencadeadas por contaminantes ambientais, neste caso do agrotóxico Roundup (ANDRÉA, 2008).

Os lipídios constituem a principal fonte de energia durante o desenvolvimento embrionário dos répteis ovíparos (Deeming, 2004). Em quelônios, grande parte da energia necessária para a organogênese, diferenciação tecidual e crescimento fetal é proveniente da oxidação dos lipídios armazenados no vitelo, sendo essas reservas também fundamentais para sustentar os neonatos durante os primeiros dias após a eclosão, período em que o saco vitelínico continua sendo absorvido e representa a principal fonte nutricional até o início da alimentação exógena (PACKARD; PACKARD, 1988; FERREIRA *et al.*, 2016). Dessa forma, alterações quantitativas nessas reservas podem reduzir a disponibilidade energética durante fases críticas da embriogênese, comprometendo o crescimento, a formação dos tecidos e a capacidade de sobrevivência dos filhotes.

Diversos estudos demonstram que o glifosato é capaz de promover alterações metabólicas por meio da indução de estresse oxidativo, disfunção mitocondrial e alterações na homeostase energética, mecanismos que aumentam a demanda por lipídios como substrato energético e favorecem sua mobilização e degradação (MESNAGE *et al.*, 2015; GOMES; JUNEAU, 2016). Nessas condições de trabalhos anteriores, foi apontado que parte das reservas lipídicas foram desviadas para suprir processos de manutenção celular e defesa antioxidante, reduzindo a quantidade de energia disponível para o desenvolvimento embrionário. Assim, a diminuição observada no presente estudo pode representar não apenas uma alteração bromatológica, mas uma resposta fisiológica decorrente da exposição ao herbicida.

Além do papel energético, os lipídios exercem funções estruturais essenciais, participando da formação das membranas celulares, da síntese de hormônios esteroides e do desenvolvimento do sistema nervoso, especialmente por meio da incorporação de ácidos graxos poli-insaturados durante a embriogênese (SPEAKE; THOMPSON, 2000). Dessa forma, reduções persistentes nessas reservas podem comprometer processos celulares fundamentais, refletindo em alterações morfológicas e funcionais dos embriões.

Em espécies de ciclo de vida longo, como *Podocnemis unifilis* e outros quelônios, o sucesso reprodutivo depende não apenas da eclosão dos ovos, mas também da qualidade

fisiológica dos neonatos, a redução das reservas lipídicas podem resultar em uma menor disponibilidade energética para o período pós-eclosão, reduzindo o desempenho locomotor, aumentando a vulnerabilidade à predação e diminuindo a capacidade de estabelecimento dos indivíduos nas populações naturais (JANZEN *et al.*, 2000; BOOTH, 2006).

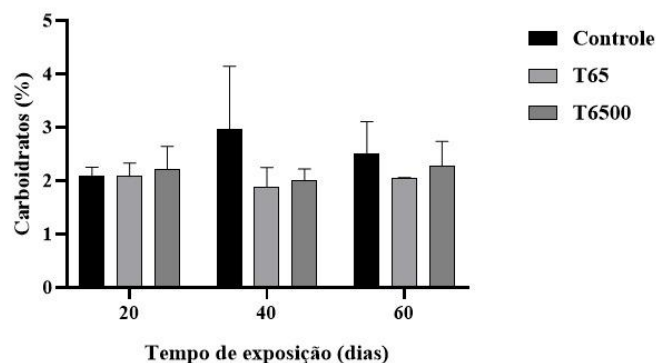
Dessa forma, alterações na composição bromatológica dos ovos podem repercutir em processos ecológicos de longo prazo, contribuindo para a redução do recrutamento e para o declínio populacional em ambientes sujeitos à contaminação crônica por herbicidas.

Nossos resultados assim reforçam, portanto, o potencial do teor lipídico como biomarcador bioquímico de efeito em estudos ecotoxicológicos com quelônios amazônicos. Além de refletir sobre alterações metabólicas precoces induzidas pelo glifosato, parâmetro que apresenta elevada relevância ecológica e social por estar diretamente relacionado à qualidade nutricional dos ovos, ao sucesso do desenvolvimento embrionário e à sobrevivência inicial dos neonatos, aspectos fundamentais para a conservação de espécies que já enfrentam pressões decorrentes da degradação ambiental e da intensificação do uso de agrotóxicos em bacias hidrográficas amazônicas.

#### **5.2.4. Carboidrato**

Para analisar os potenciais impactos e alterações na composição nutricionais associadas ao tempo de exposição e das diferenças de concentrações dos tratamentos (T65 e T6500), foram avaliadas a quantificação do teor de carboidratos em três intervalos (20, 40 e 60 dias). Apesar de apresentar teores menores em ovos, quando comparado com lipídeos e proteínas, esses desempenham papel crucial como fonte primária de energia metabólica e substrato para processos biológicos essenciais (GONÇALVES *et al.*, 2013). A variação percentual média dos carboidratos em relação aos grupos e ao controle encontra-se na figura x.

Figura 22 - Carboidratos (%) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500. Valores



Fonte: 2025

A análise desse teor de carboidratos mostra que no início da exposição não houve variações expressivas entre os tratamentos (controle, T65 e T6500). Contudo, no decorrer do tempo (40 e 60 dias), foram observadas uma redução expressiva nos teores percentuais nos grupos expostos aos tratamentos em comparação ao controle.

Apesar de não ter diferenças significativas, essa redução nos grupos expostos, principalmente sob a exposição prolongada ao glifosato, sugere uma possível mobilização metabólica compensatória de carboidratos (como o glicogênio) para fazer frente ao estresse bioenergético induzido pela exposição contínua.

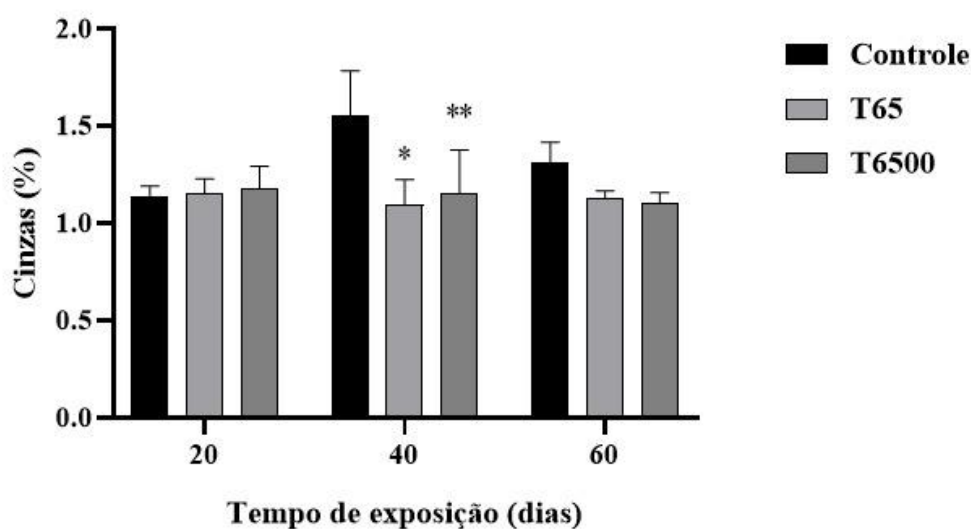
Sokova e Solova (2021) corroboram com essa ideia, ao enfatizar que a exposição a xenobióticos como contaminantes, impõe ao organismo um elevado custo bioenergético, forçando o organismo a consumir suas reservas de carboidratos antes de recorrer a outros componentes como proteínas e lipídeos.

Outros autores como De Cohen e Janssen (1997), fortalece essa hipótese ao relatar a depleção ou alteração no teor de carboidratos como uma resposta fisiológica primária de gasto energético para processos de desintoxicação e manutenção da homeostase, o que impacta diretamente a reserva e a qualidade nutricional da matriz analisada.

### 5.2.5. Cinza

O teor de cinzas (%) correspondendo ao material mineral contida nos ovos do tracajá, que por sua vez permaneceram em níveis semelhante entre os grupos aos 20 e 60 dias de exposição, com valores próximos de 1,13 a 1,18% e  $\approx 1,31\%$ , respectivamente, não sendo observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, indicando uma tendência de estabilização do conteúdo mineral ao início e final do período experimental. Entretanto, aos 40 dias, o grupo controle apresentou o maior teor de cinzas ( $\approx 1,55\%$ ), enquanto os tratamentos T65 ( $\approx 1,09\%$ ) e T6500 ( $\approx 1,15\%$ ) que representaram redução significativa ( $p < 0,05$ ) em relação ao controle (figura).

Figura 23 - Cinzas (%) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500, em valores médios e desvio padrão e com diferença significativa ( $p < 0,05$ )



Fonte: autor, 2025

Embora tenha sido observada uma redução significativa no teor de cinzas aos 40 dias nos grupos expostos ao glifosato, essa diferença não persistiu aos 60 dias de exposição, sugerindo que o herbicida, nas concentrações avaliadas, não promovendo alterações permanentes na composição mineral dos ovos. Dessa forma ao longo do experimento, a composição mineral permaneceu relativamente estável, evidenciando que a deposição de minerais na matéria seca dos ovos foi pouco afetada pela exposição crônica ao glifosato.

Na biologia dos répteis os minerais presentes nos ovos desempenham papel essencial para o desenvolvimento embrionário, participando da formação e mineralização do esqueleto, da regulação do equilíbrio osmótico e de diversos processos metabólicos e fisiológicos indispensáveis ao crescimento do embrião (HIRANO *et al.*, 2019). Assim, a manutenção do teor de cinzas observada na maior parte do experimento pode indicar que os mecanismos de barreira natural, como a própria casca, podem ter atuado na disposição mineral nos ovos, de modo a preservá-los até mesmo diante da exposição ao herbicida.

Ao encontramos valores de cinzas variando aproximadamente entre 1,09 e 1,55%, destacamos sua proximidade aos descritos por Mizumoto (2008) na avaliação química de ovos de galinha submetidos a diferentes tratamentos, como, convencional-vermelho (0,88%), convencional-branco (0,82), semi-orgânico (0,87%) e orgânico (77,70%). Embora o objetivo do estudo tenha sido avaliar os efeitos de diferentes sistemas de produção e não da exposição a contaminantes ambientais, a proximidade entre os valores reforçam a equidade nutricional e mineral que ovos de tracajá, um alimento muito difundido entre as comunidades tradicionais (REBÊLO; PEZZUTI, 2000)

### **5.3. Macronutrientes**

A adequada disponibilidade de macro e micronutrientes constitui um dos principais fatores determinantes para o sucesso do desenvolvimento embrionário e da reprodução em organismos ovíparos (PACKARD; PACKARD, 1988). Nos quelônios, esses nutrientes são integralmente disponibilizados pela mãe durante a vitelogênese, sendo posteriormente utilizados pelo embrião ao longo da incubação, embora haja teses que levantam a hipótese da transposição de elementos ambiental ao interior de ovos (CAPRONI, 2023). Dessa forma, a composição mineral do ovo representa um importante indicador da qualidade nutricional materna e do potencial de desenvolvimento embrionário (DEEMING, 2004).

Entre os minerais, o cálcio (Ca) destaca-se como um dos elemental ao desenvolvimento do embrião, esse mineral participa diretamente da mineralização do esqueleto, da formação das placas ósseas do casco e do desenvolvimento adequado da musculatura e do sistema nervoso (PINTO, 2013; CAMPOS, 2013). Durante a incubação, grande parte do cálcio requerido pelo embrião é mobilizada da casca do ovo, funcionando esta como um reservatório mineral indispensável ao crescimento fetal. Estudos apontam que, à medida que o embrião se desenvolve, ocorre intensa reabsorção do cálcio da casca para atender às elevadas demandas da osteogênese, sendo esse processo fundamental para a eclosão de filhotes viáveis e com

adequada formação esquelética (PACKARD; PACKARD, 1988; DEEMING, 2004; MILLER, 1985).

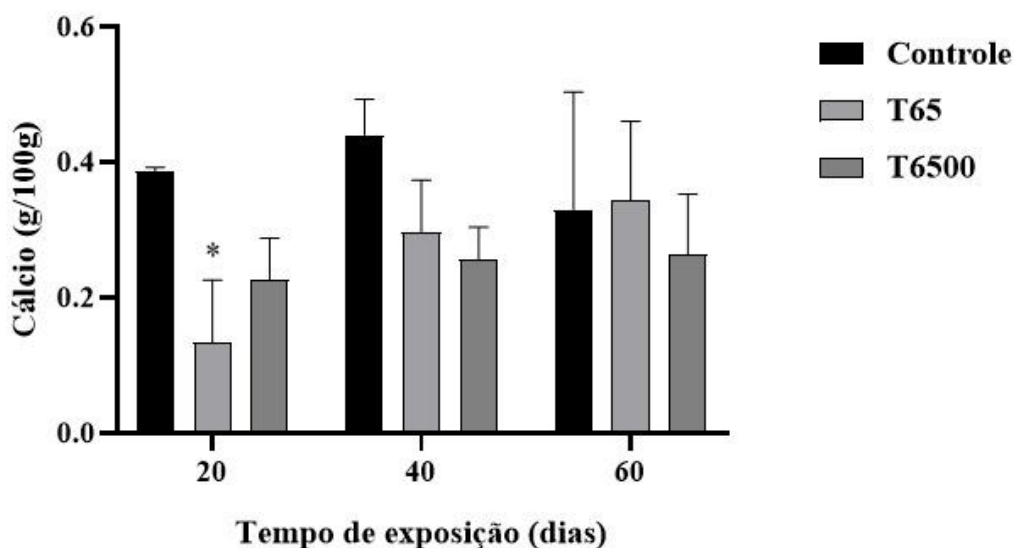
Além do cálcio, o Fosforo (P) atua sinergicamente ao cálcio, constituindo o principal componente mineral da hidroxiapatita, responsável pela resistência e mineralização dos tecidos ósseos (LUTZ; MUSICK, 1997). Além de sua função estrutural, o fósforo participa diretamente do metabolismo energético, integrando moléculas como ATP, ADP e AMP, fundamentais para a manutenção das atividades celulares durante o intenso crescimento embrionário, à medida que a adequada relação entre cálcio e fósforo é considerada indispensável para o desenvolvimento normal do esqueleto, do metabolismo celular e para o sucesso da incubação (DEEMING, 2004; SOUZA, 2017)

### **5.3.1. Cálcio**

A exposição ao glifosato promoveu alteração nos teores de cálcio apenas no período inicial da incubação. Aos 20 dias de exposição, o tratamento T65 apresentou redução significativa em relação ao grupo controle ( $p < 0,05$ ). Nos tempos de 40 e 60 dias, embora tenham sido observadas variações nas médias entre os tratamentos, o método utilizado diferenças estatísticas, indicando que o efeito da exposição foi restrito à fase inicial do desenvolvimento embrionário.

Considerando todo o período experimental, o grupo controle apresentou maior concentração média de cálcio (0,38 g/100 g), enquanto os tratamentos expostos ao glifosato, T65 e T6500, apresentaram médias semelhantes entre si (0,25 g/100 g), embora não apontado diferença estatisticamente significativa ao longo de toda a incubação, a menor concentração média observada nos tratamentos expostos sugere uma tendência de redução dos teores de cálcio em decorrência da exposição ao herbicida, principalmente nas fases iniciais da incubação.

Figura 24 - Cálcio (%) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500. Valores expressos em média  $\pm$  desvio padrão, com diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) ( \* )



Fonte: autor, 2025

Como já apresentada a disponibilidade do cálcio e seus componentes são em grande parte por seu presente na casca, em grande parte, as características ambientais e nutricionais das áreas de nidificação, podendo variar em função da disponibilidade mineral do solo e das condições fisiológicas das fêmeas (PACKARD *et al.*, 1984; RODRIGUES, 2015). Nesse contexto, os resultados obtidos neste estudo corroboram essa relação, uma vez que foram observadas variações nos teores de cálcio entre os tratamentos T65 logo ao início do experimento (20 dias), ressaltando a redução do cálcio nos limites de glifosato no ambiente permitido pela resolução CONAMA nº 357/2005.

As diferenças observadas sugerem que a exposição ao glifosato pode influenciar a dinâmica desse mineral durante as fases iniciais do desenvolvimento embrionário. Esse achado é particularmente relevante, pois as primeiras semanas de incubação correspondem ao período de maior atividade metabólica, intensa proliferação celular e diferenciação tecidual, tornando os embriões mais suscetíveis aos efeitos de agentes físicos e químicos presentes no ambiente (GILBERT; SINGER, 1949; BEASLEY; LEVENGOOD, 2012). Embora tenha sido observada uma tendência de estabilização dos teores de cálcio aos 60 dias de incubação, alterações

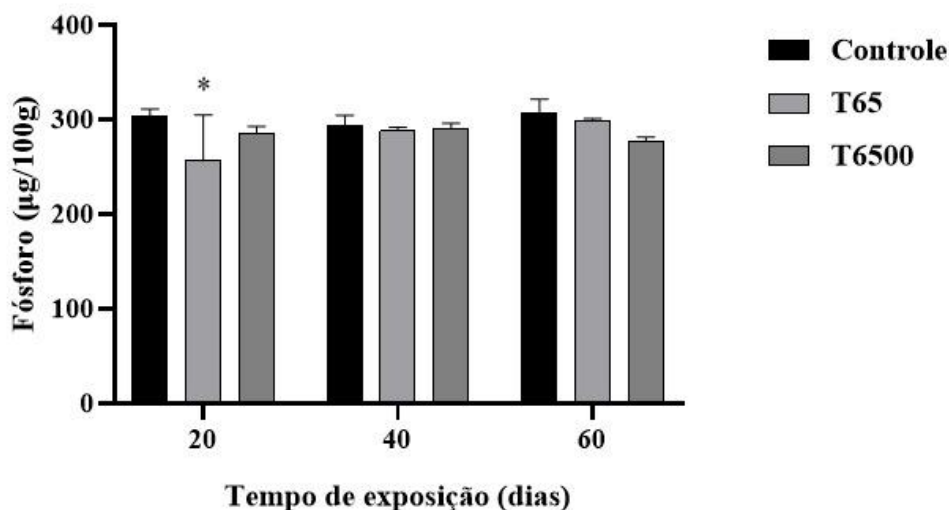
ocorridas nas fases iniciais podem desencadear efeitos persistentes sobre o desenvolvimento embrionário, comprometendo a mineralização óssea e favorecendo alterações morfológicas que podem persistir após a eclosão, conforme descrito por Hirano (2019).

Estudos demonstram que a casca dos ovos constitui a principal reserva de cálcio para embriões de aves, crocodilianos e quelônios, sendo esse mineral progressivamente mobilizado durante a incubação para suprir as elevadas demandas da osteogênese e da formação do casco (PACKARD *et al.*, 1984; SAHOO *et al.*, 1998; DEEMING, 2004). Dessa forma, espera-se que ocorra uma transferência contínua de cálcio da casca para os tecidos embrionários ao longo do desenvolvimento. Entretanto, a redução significativa dos teores de cálcio observada nos tratamentos T65 e T6500 sugere que a exposição ao glifosato pode ter alterado a dinâmica de mobilização ou a disponibilidade desse mineral para o embrião. Embora os mecanismos envolvidos não tenham sido investigados neste estudo, é possível que o herbicida tenha interferido em processos fisiológicos relacionados ao transporte de minerais ou ao metabolismo embrionário, hipótese que merece investigação em estudos futuros. Esses resultados reforçam o potencial do glifosato em afetar processos fisiológicos essenciais ao desenvolvimento embrionário, especialmente aqueles relacionados à formação e mineralização do esqueleto em quelônios.

### **5.3.2. Fósforo**

Para os teores de fósforo encontramos valores estáveis ao longo do tempo experimental, com variações discretas entre os tratamentos, com a redução significativa ( $p < 0,05$ ) do elemento fósforo com valor médio de 256 ug/100g no tratamento T65 no tempo de 20 dias, quando comparado ao controle, que apresentou média deste mesmo intervalo de 303 ug/100g no mesmo intervalo. Observando correlação sinérgica de cálcio e fósforo com descrita por Berterchimi (2004).

Figura 25 - Fósforo (%) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500. Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão, com diferença significativa ( $p < 0,05$ )



Fonte: autor, 2025

Bertérchini (2004) demonstrou que os teores de fósforo presentes no conteúdo dos ovos de galinhas poedeiras apresentam estreita relação com o metabolismo do cálcio, evidenciando que ambos os minerais atuam de forma integrada na formação e mineralização do tecido ósseo durante o desenvolvimento embrionário, com a interação ocorre principalmente através da formação da hidroxiapatita, principal componente mineral dos ossos, tornando o equilíbrio entre cálcio e fósforo indispensável para o desenvolvimento normal do embrião.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram essa relação, uma vez que foi observada redução concomitante nos teores de cálcio e fósforo nos ovos expostos a dosagem de glifosato pela legislação vigente em águas superficiais, em um intervalo de tempo curto desde a incubação e exposição dos ovos. Esse comportamento sugere que a exposição ao herbicida pode ter interferido na dinâmica de ambos os minerais, sugerindo possíveis comprometendo processos fisiológicos relacionados à sua mobilização ou utilização durante o desenvolvimento embrionário, quando estes ovos estejam fecundados.

Embora o glifosato seja quimicamente denominado N-(fosfonometil)glicina e possua um grupo fosfonato em sua estrutura molecular, o fósforo presente nessa molécula não constituiu uma fonte biodisponível para os organismos. Assim, é mais plausível que as

alterações observadas estejam relacionadas aos efeitos reais do herbicida sobre a disponibilidade de fósforo já presentes nos ovos ou sobre mecanismos de transporte e homeostase de cálcio e fósforo, e não ao aporte de fósforo proveniente da molécula do glifosato (AMARANTE *et al.*, 2002). A partir disso, a redução simultânea desses minerais reforça a hipótese de que a exposição ao glifosato pode comprometer processos fundamentais da mineralização embrionária, hipótese que merece ser investigada em estudos futuros que investiguem esses parâmetros em ovos de vida livre.

#### **5.4. Micronutrientes**

Além dos macronutrientes, os micronutrientes, como ferro (Fe), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn), desempenham funções ao pleno desenvolvimento embrionário, atuando como cofatores enzimáticos, reguladores metabólicos e componentes estruturais de proteínas e enzimas, a partir da atuação direta em processos fundamentais, como respiração celular, síntese de DNA, defesa antioxidante, formação de tecidos e diferenciação celular (MCDOWELL, 2003). Dessa forma, a deficiência ou o desequilíbrio desses elementos podem comprometer o crescimento embrionário, a competência imunológica, a reprodução e a sobrevivência dos organismos, sem contar que presença de metais pesados em concentrações fora do aceitável pode representar diferentes graus intoxicação, desde embriões, neonatos ou espécimes adultos (CAPRONI; FAO, 2023).

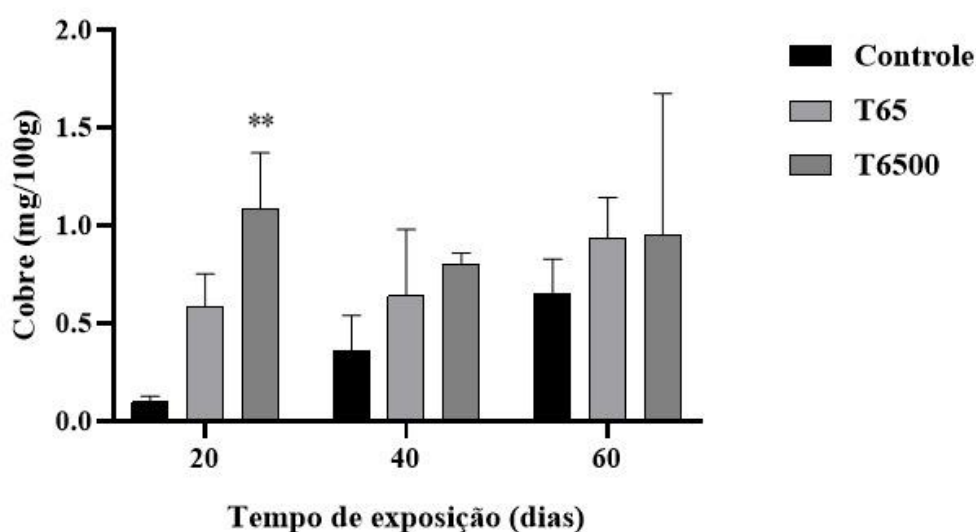
Nesse cenário, alimentos de origem animal, como, ovos, destacam-se por sua notória disponibilidade nutricional, constituindo importante fonte não apenas de proteínas de alto valor biológico, mas também de minerais essenciais, como ferro, cobre, zinco e manganês, que expressam a possibilidade de desenvolvimento saudável de embriões e uma fonte de alimento rica em nutriente (FAO, 2023). Nos quelônios essa disponibilidade nutricional está ligada aos aspectos maternos capazes de transferi-los através da vitelogênese e representam a principal forma de deposição mineral ao embrião durante toda a incubação, embora aspectos ambientais possam influenciar no aumento da concentração metais, como, o manganês (DEEMING, 2004; CAPRONI, 2023).

##### **5.4.1. Cobre**

As análises de cobre revelaram teores que apresentaram tendências de aumento em todos os tratamentos expostos ao glifosato ao longo do período experimental. Logo no início, 20 dias de exposição, o tratamento T6500 apresentou concentração média de aproximadamente 1,08 mg/100 g, valor significativamente superior ao observado no grupo controle (0,10 mg/100 g) ( $p < 0,01$ ), enquanto o tratamento T65 apresentou média intermediária (0,58 mg/100 g), sem diferença estatística em relação ao controle, mas já superando seu valor médio de cobre.

Aos 40 dias de incubação, observou-se manutenção dessa tendência, com médias de aproximadamente 0,36 mg/100 g no controle, 0,64 mg/100 g no T65 e 0,80 mg/100 g no T6500. Entretanto, situação que se assemelha ao observado em 60 dias, quando os tratamentos expostos permaneceram apresentando maiores concentrações médias de cobre (0,94 e 0,95 mg/100 g para T65 e T6500, respectivamente) em comparação ao controle (0,65 mg/100 g), porém sem diferença estatística entre os grupos.

Figura 26 - Cobre (%) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500, Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão, com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ( \*\* )



Fonte: autor, 2025

As alterações observadas nos teores de cobre apontam possível impacto sobre o processo de homeostase desse mineral conteúdo dos ovos de *Podocnemis unifilis*. O cobre sendo um micronutriente essencial na atuação como cofator de diversas metaloenzimas envolvidas em atividades celulares, defesa antioxidante e metabolização do ferro (LINDER; HAZEGH-AZAM, 1996). Entre essas enzimas destaca-se a ceruloplasmina, que apresenta atividade ferroxidase, promovendo a oxidação do ferro ferroso ( $\text{Fe}^{2+}$ ) para a forma férrica ( $\text{Fe}^{3+}$ ), etapa indispensável para o transporte e a utilização do ferro na síntese de hemoglobina (COLLINS *et al.*, 2010).

Além de sua participação no metabolismo do ferro, o cobre exerce papel fundamental na formação do tecido conjuntivo por atuar como cofator da enzima lisil-oxidase, responsável pela estabilização das fibras de colágeno e elastina, assim sua alteração de disponibilidade pode

comprometer a formação adequada da matriz extracelular e posteriores, do tecido ósseo (BERTECHINI, 2006).

Apesar de ser um elemento essencial, o cobre apresenta estreita faixa entre sua exigência fisiológica e a toxicidade, umas concentrações elevadas, esse metal pode catalisar a formação de espécies reativas de oxigênio, promovendo estresse oxidativo, peroxidação lipídica, danos ao DNA e alterações hepáticas e renais em animais e seres humanos (DORSEY, 2004; WHO, 2004; GAETKE; CHOW, 2003). Assim, ao evidenciarmos uma tendência progressiva de aumento da concentração do cobre nos tratamentos expostos ao glifosato, apontamos um sinal de alerta, uma vez que desequilíbrios na concentração desse micronutriente podem comprometer processos fisiológicos e representam um potencial risco ecológico para populações naturais de quelônios, e de outros organismos que venham a consumir ovos exposto ao agrotóxico em vida livre, sejam animal ou populações tradicionais que em sua cultura tem esses ovos como fonte alimentar.

Considerando aí que o glifosato apresenta capacidade de formar complexos com íons metálicos, incluindo o próprio cobre, alterações na dinâmica desse elemento podem estar relacionadas às propriedades quelantes do agrotóxico que atua acumulando metais que entre em contato com ele, modificando assim a disponibilidade de micronutrientes no ambiente de incubação (SHEALS *et al.*, 2000). Embora essa capacidade esteja intimamente ligada às características físico-químicas do solo, associado principalmente a solos argilosos, nos resultados sugerem possível ação quelante do glifosato mesmo em solos arenosos, tais como o utilizado para incubação dos ovos (YAMADA, 2007)

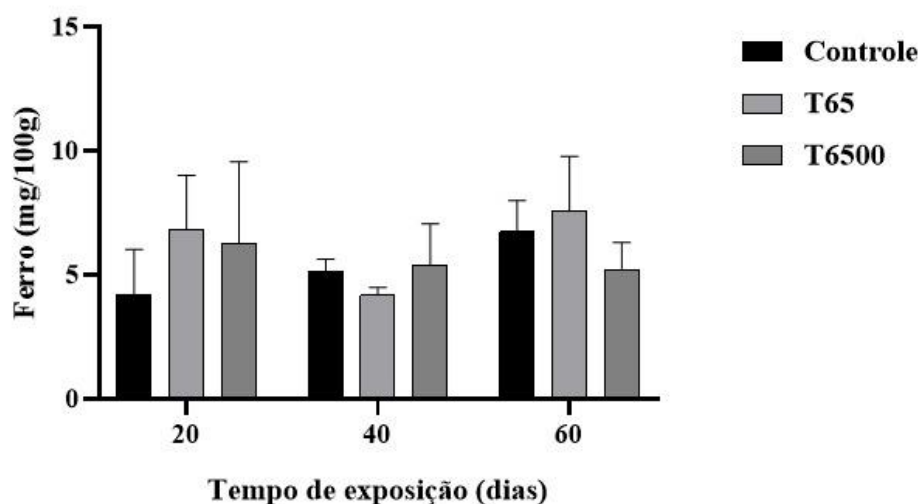
#### **5.4.2. Ferro**

Os teores de ferro encontrados nos avos, a partir das análises bromatológicas apresentaram oscilações entre os tratamentos ao longo do período de incubação, porém sem diferenças estatisticamente significativas nos períodos analisados ( $p > 0,05$ ). Com 20 dias de exposição, o grupo controle apresentou concentração média de aproximadamente 3,58 mg/100 g, enquanto os tratamentos T65 e T6500 apresentaram médias superiores, de aproximadamente 6,15 mg/100 g e 7,28 mg/100 g, respectivamente, embora a tendência aponte para uma concentração superior nos grupos expostos ao glifosato, essa variabilidade não foi detectada diferencia estatística.

Já no tempo intermediário do experimento aos 40 dias de incubação, observamos a redução na concentração média de ferro no tratamento T65 (4,15 mg/100 g) em relação ao controle (5,0 mg/100 g) e ao tratamento T6500 (5,5 mg/100 g).

Aos 60 dias, a tendência das médias repetiu padrões semelhantes ao observada no período inicial do experimento, como o tratamento T65 apresentou maior média (6,45 mg/100 g), seguida do Controle (6,12 mg/100 g) e o T6500 (5,32 mg/100 g). Embora tenham sido observadas oscilações temporais nas médias, os resultados indicam que a exposição ao glifosato, nas concentrações avaliadas, não promoveu alterações significativas estatísticas nos teores de ferro nos ovos de *Podocnemis unifilis* durante o período de incubação.

Figura 27 - Ferro (mg/Kg) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500. Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ )

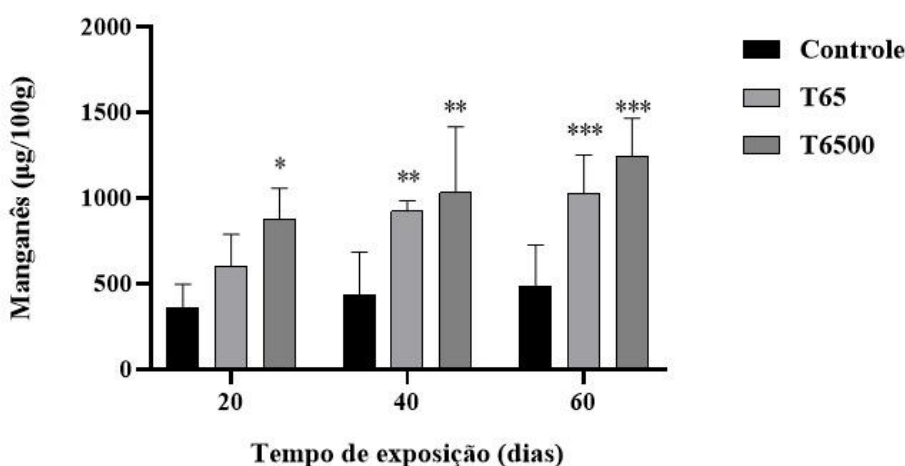


A ausência de diferenças significativas nos teores de ferro sugere que esse micronutriente não constitui um biomarcador eficiente da exposição ao glifosato nas condições avaliadas neste estudo (VAN DER OOST, 2003). Uma possível explicação está relacionada ao comportamento ambiental do herbicida, cuja adsorção, persistência e capacidade de complexação de metais são fortemente influenciadas pelas propriedades do solo, em solos arenosos, como o utilizado no presente experimento, o glifosato apresenta menor retenção e menor tempo de meia-vida, reduzindo sua interação com íons metálicos e, consequentemente, sua influência sobre a disponibilidade de elementos como o ferro (PRATA, 2002; TONI *et al.*, 2006).

### 5.4.3. Manganês

Os teores de manganês aumentaram progressivamente nos tratamentos expostos ao glifosato durante todo o período experimental, o T6500 apresentou as maiores concentrações em todos os tempos avaliados, conforme a Figura ( ), diferindo significativamente do controle aos 20 dias ( $p < 0,05$ ), enquanto aos 40 e 60 dias ambos os tratamentos (T65 e T6500) apresentaram valores superiores estatisticamente superior ao controle ( $p < 0,05$ ), evidenciando um aumento dependente do tempo de exposição e da concentração do herbicida).

Figura 28 - Zinco (mg/L) em função do tempo de exposição nos tratamentos Controle, T65 e T6500. Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão, com diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) (\*, \*\*, \*\*\*)



Fonte: autor, 2026

O aumento progressivo dos teores de manganês observado nos tratamentos expostos ao glifosato está em consonância com a literatura, que descreve esse elemento como um metal passível de bioacumulação em organismos expostos a ambientes contaminados. Embora o glifosato não aumente diretamente a concentração de manganês no solo, sua elevada afinidade por íons metálicos pode modificar a dinâmica geoquímica desse elemento, alterando sua disponibilidade e mobilidade no ambiente. Além disso, o herbicida pode interferir nos processos microbiológicos e na química do solo, favorecendo mudanças na especiação e na absorção do manganês pelos organismos (PEREIRA, 2009; SHEALS *et al.*, 2000).

Essas alterações ambientais representam um potencial risco ecológico, uma vez que o aumento da biodisponibilidade do manganês favorece sua incorporação à cadeia trófica e seu acúmulo em alimentos consumidos por animais silvestres e populações humanas. Embora o

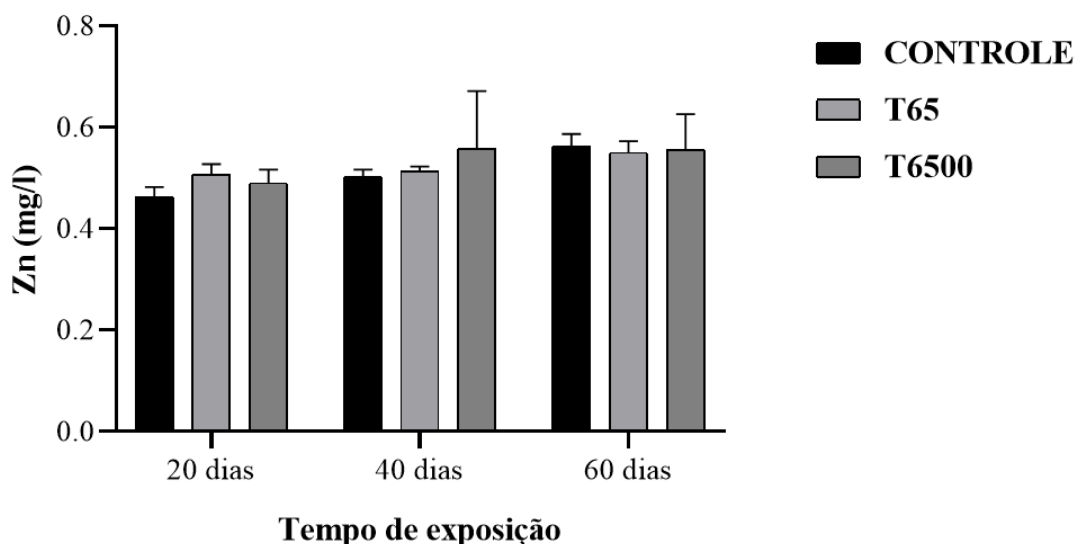
manganês seja um micronutriente essencial, concentrações elevadas podem desencadear efeitos tóxicos, como alterações neurológicas, estresse oxidativo e distúrbios metabólicos, decorrentes do desequilíbrio da homeostase desse metal (WHO, 2004; FAROON et al., 2012).

A tendência de acúmulo observada neste estudo também encontra respaldo em pesquisas realizadas com quelônios amazônicos. Caproni (2023), ao investigar a presença de metais em fêmeas e filhotes de *Podocnemis expansa*, verificou elevadas concentrações de manganês no fígado de neonatos, demonstrando que esse elemento pode ser transferido durante o desenvolvimento embrionário e acumular-se em tecidos dos filhotes. De forma semelhante, estudos conduzidos por Frossard, Lourenço e Henringer (2021) e Barbieri (2009) registraram a presença de manganês em ovos, tecidos e neonatos de *Podocnemis expansa* e *Chelonia mydas*, evidenciando que a bioacumulação desse metal resulta tanto da transferência materna quanto da exposição ambiental. Em conjunto, esses achados reforçam que alterações na disponibilidade ambiental de manganês, potencialmente influenciadas pela presença do glifosato, podem favorecer seu acúmulo em ovos de quelônios e representar um risco ao desenvolvimento embrionário e à qualidade desse recurso alimentar para populações humanas que tradicionalmente consomem ovos de quelônios

#### **5.4.4. Zinco**

A análise das concentrações de zinco (Zn) nos ovos expostos e no controle não teve alterações estatisticamente significativas entre os grupos no decorrer do tempo estudado (20, 40 e 60 dias) (Figura X). As concentrações médias se mantiveram próximos em todos os períodos analisados, tendo uma variação de 0,46 a 0,51 mg/L aos 20 dias, de 0,50 a 0,56 mg/L aos 40 dias e de 0,55 a 0,56 mg/L aos 60 dias, mostrando um perfil de retenção constante deste micronutriente.

Figura 29 - Gráfico de barra referente ao teor de zinco



A falta de diferenças significativas nas concentrações de zinco mostra que a exposição aos tratamentos T65 e T6500 não comprometeu a regulação homeostática nem ocasionou o acúmulo ou a depleção desse mineral dos ovos. Por ser um micronutriente fundamental, que atua como cofator de diversas enzimas metabólicas, antioxidantes e processos de desenvolvimento embrionário (SELTZER; BERRY, 2005). Ademais, foi observado uma tendência de elevação de zinco em todos os tratamentos com o decorrer do tempo, o que pode estar associado à dinâmica natural de maturação e perda progressiva de umidade do ovo, o que tende a aumentar levemente a fração mineral sem que isso se mostre um efeito direto de toxicidade do agente testado (FROSSARD *et al.*, 2021).

### 5.5 Parametros do solo

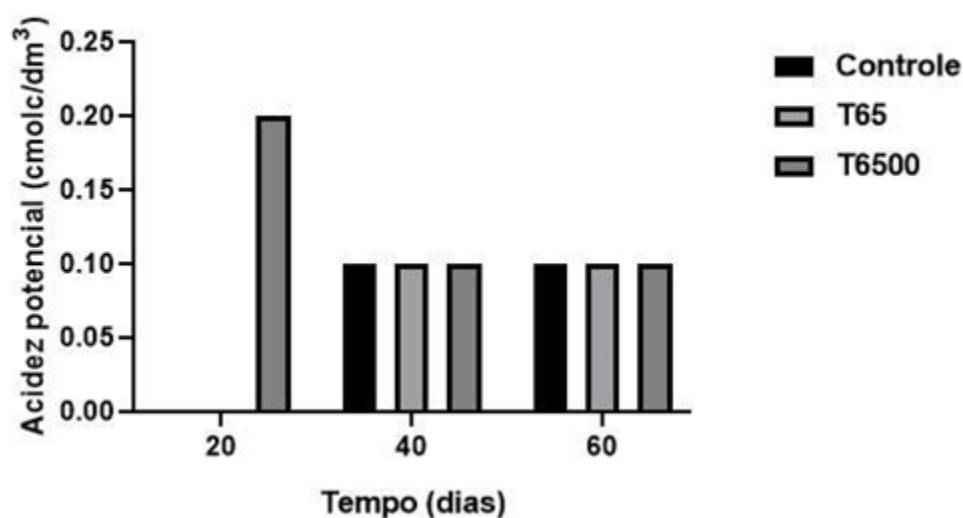
Como sabemos o solo presente a áreas de nidificação de quelônios podem sofrer diferentes influências, sejam elas naturais ou antrópicas. Segundo Scarda (2004), a prática da agricultura em áreas de várzea ou praias de desova promovem alterações nas características físicas do substrato, como a compactação e movimento do solo. Além disso, essas alterações influenciam variáveis ambientais determinantes para a sobrevivência de quelônios, como a temperatura e a umidade, que influencia a razão sexual desses grupos (FACHIN-TERAN, 2003). Tais interferências de modelos agrícolas podem impactar indiretamente a dinâmica química do solo e afetar a disponibilidade de nutrientes no solo.

Neste contexto, foram analisados parâmetros físico-químicos do solo utilizado nos ninhos do experimento, a fim de simular a presença do glifosato em ambiente natural, com intuito de inferir alterações associadas à exposição desse princípio ativo em ambientes de nidificação, que de todo modo influenciam o micro-habitat dos ninhos e por consequência o desenvolvimento dos embriões e qualidade nutricional dos ovos.

#### 5.4.5. Análise química do solo

A análise química dos solos dos diferentes ninhos evidenciou variações nos parâmetros edáficos em função aos tratamentos (controle, T65, T6500), mostrando que a exposição do glifosato afeta a dinâmica química do substrato arenoso das incubadoras. A acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ) apresentou elevação acentuada no tratamento T6500 aos 20 dias com média de 0,20  $cmolc/dm^3$  (Figura 36), seguindo de uma estabilização nos demais períodos de exposição (40 e 60 dias) se mantendo 0,10  $cmolc/dm^3$  para os três tratamentos avaliados (controle, T65 e T6500), sem diferença estatística ( $p > 0,05$ ).

Figura 30 - Acidez potencial do solo ( $cmolc/dm^3$ ) nos tratamentos Controle, T65 e T6500 ao longo de 20, 40 e 60 dias. Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ )

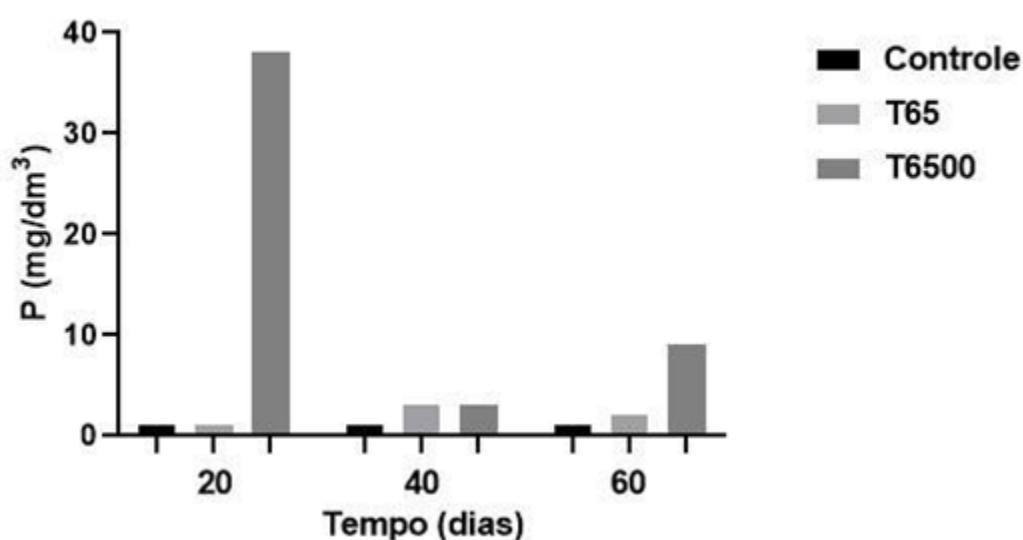


Fonte: autor, 2025

Já ao analisarmos o fósforo disponível no solo, apresentou uma variação expressiva visualmente no tratamento T6500 aos 20 dias, com média de ~35  $mg/dm^3$  dos

demais grupos, nos tempos 40 e 60 dias houve redução acentuada no tratamento T6500 e um decréscimo nos demais grupos, mantendo a média entre os grupos em entre 0 e 10 mg/dm<sup>3</sup> (Figura 38), sem diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). Ainda que não tenha havido significância estatística, notamos a uma tendência de elevação inicial do fósforo nos tratamentos mais concentrados, o que é coerente com o fato de o glifosato ser um herbicida organofosforado, corroborando escritos de Amarante (2002).

Figura 31 - Fósforo (mg/dm<sup>3</sup>) presente no solo dos tratamentos Controle, T65 e T6500 ao longo de 20, 40 e 60 dias. Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ )



Fonte: autor, 2025

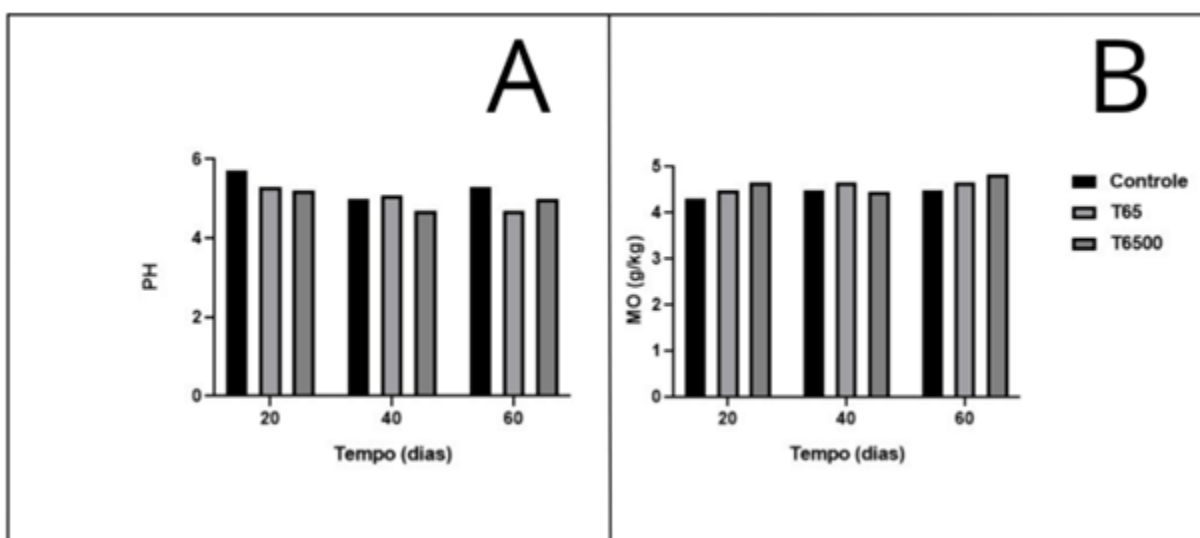
Logo associamos as elevações do fósforo ao glifosato, por ser um composto organofosforado, sendo uma variação temporal da molécula do glifosato em solos arenoso, que apresentam menor tempo de residência e maior percolação no solo, que limitam sua disponibilidade ao longo do tempo (SILVA, 2021; CICILINSKI, 2025).

Esse aumento do fósforo no solo estar associado a rota de degradação da molécula de glifosato, a rota mais comum é a conversão do glifosato em ácido aminometilfosfônico (AMPA), sendo o seu principal metabólito, ocasionado pela ativação de enzimas como oxiredutases e trasaminases e do ácido glioxílico, que clivam a molécula em ligações diferentes a existentes entre o carbono e o fósforo (OBOJSKA *et al.*, 2002; TEJADA, 2009; ANDRIGHETTI *et al.*, 2014).

O pH do solo manteve-se relativamente estável, com valores médios variando entre 4,5 e 5,5, sem diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) (Figura 39A), da

mesma foram se comportou a matéria orgânica (MO) não havendo diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) e mantendo os valores médios entre aproximados 3,5 e 4,5 g/kg (Figura 39B), sugerindo que a atividade microbiana e os processos de decomposição não foram significativamente afetados no período avaliado.

Figura 32 - Parâmetros químicos do solo: pH (A) e matéria orgânica do solo (B) em função do tempo (20, 40 e 60 dias) nos tratamentos Controle, T65 e T6500. Valores expressos como média  $\pm$  desvio padrão, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ )



Fonte: autor, 2025

Em conjunto, os resultados das análises de solos indicam que, embora muitos parâmetros não apresentem diferenças estatisticamente significativas, há tendências consistentes de alteração na química do solo, especialmente nos tratamentos com maior concentração de glifosato (T6500), por este apresentar maiores alterações visuais.

Esses achados corroboram estudos de Navarro (2021) que na avaliação com neonatos *Podocnemis expansa* (tartaruga-da-amazônia), observou que o substrato de incubação apresentou uma composição química dinâmica ao analisar diferentes áreas de nidificação, tendo variações de cálcio e fósforo em áreas próximas a lavouras. Além disso, estudos como o de Mendonça (2023) evidenciaram que contaminantes utilizados na agricultura quando presentes no solo podem alterar a composição dos ovos, fortalecendo a hipótese que há conexão entre ambiente edáfico e respostas biológicas.

Do ponto de vista ecológico, as variações observadas podem estar associadas à capacidade do glifosato de interagir com partículas do solo e complexar cátions metálicos,

influenciando a disponibilidade de nutrientes e a dinâmica biogeoquímica (BELTRÃO, 2010). Ainda que as diferenças não sejam sempre significativas ( $p > 0,05$ ), as tendências observadas, especialmente para fósforo e acidez potencial, sugerem que o herbicida pode modificar o microambiente dos ninhos, levando em consideração os diferentes comportamentos que o glifosato apresenta em diferentes substratos. Em solos com maiores teores de argila o herbicida apresenta um maior índice de adsorção (capacidade de fixar em superfícies sólidas). Em contrapartida, em substratos arenosos o glifosato tem uma menor adsorção e maior efeito de percolação (escoamento horizontal no solo) e menor tempo de permanência estável no ambiente, com redução de 68%, equivalendo a um decréscimo de aproximadamente dois terços do tempo, conforme levantado em Toni (2006) e Queiroz (2011)

Com isso trabalhos bromatológicos e edáficos já apresentaram resultados semelhantes, ao indicarem como as alterações na composição química do substrato, podem impactar processos como retenção de umidade, trocas gasosas e disponibilidade de nutrientes, sendo esses fatores essenciais para a incubação e para a qualidade bromatológica dos ovos e para o desenvolvimento dos embriões. A ausência de diferenças significativas, e o desenvolvimento estão associadas ao tipo de solo utilizado, uma vez que, substratos arenosos influenciam diretamente a permanência do herbicida no solo.

### 5.5. Qualidade Nutricional: Ovo

Quando avaliado a qualidade nutricional dos ovos de *Podocnemis unifilis* (o tracajá) criadas em cativeiro, foram observadas variações importantes em sua composição centesimal entre os diferentes ninhos analisados (Tabela 04). Os teores de umidade variaram entre 54,08% e 72%, enquanto o conteúdo proteico e lipídico teve destaque expressivo no ninho 1, que registrou valores maiores, o que refletiu diretamente no seu Valor Calórico Total (VCT). Em contrapartida, os demais ninhos apresentaram valores homogêneos, demonstrando o expressivo valor nutritivo e energético dessa fonte alimentar.

Por se destacar de forma substancial, o Ninho 1 comportou-se como outlier nas análises centesimais. Esse perfil nutricional pode ser explicado por fatores biológicos e ambientais das fêmeas matrizes em cativeiro, onde a nutrição e variações como idade, tamanho ou ordem de postura podem resultar em ovos com menor retenção de água, e consequentemente na maior densidade de nutrientes (BRUNO *et al.*, 2025)

Tabela 4 - Composição centesimal de ovos de tracajá criadas em cativeiro

| Amostras | Umidade | Cinza | Proteína | Lipídios | Carboidrato | VCT |
|----------|---------|-------|----------|----------|-------------|-----|
|----------|---------|-------|----------|----------|-------------|-----|

|         |       |      |       |       |      |        |
|---------|-------|------|-------|-------|------|--------|
| Ninho 1 | 54,08 | 2,83 | 20,10 | 17,77 | 2,38 | 261,20 |
| Ninho 2 | 70,18 | 1,85 | 13,17 | 11,21 | 1,09 | 168,11 |
| Ninho 3 | 68,05 | 1,88 | 14,25 | 12,49 | 1,07 | 182,73 |
| Ninho 4 | 66,25 | 2,17 | 14,57 | 12,24 | 1,63 | 187,85 |
| Ninho 5 | 72,00 | 1,79 | 12,43 | 10,58 | 0,91 | 157,93 |

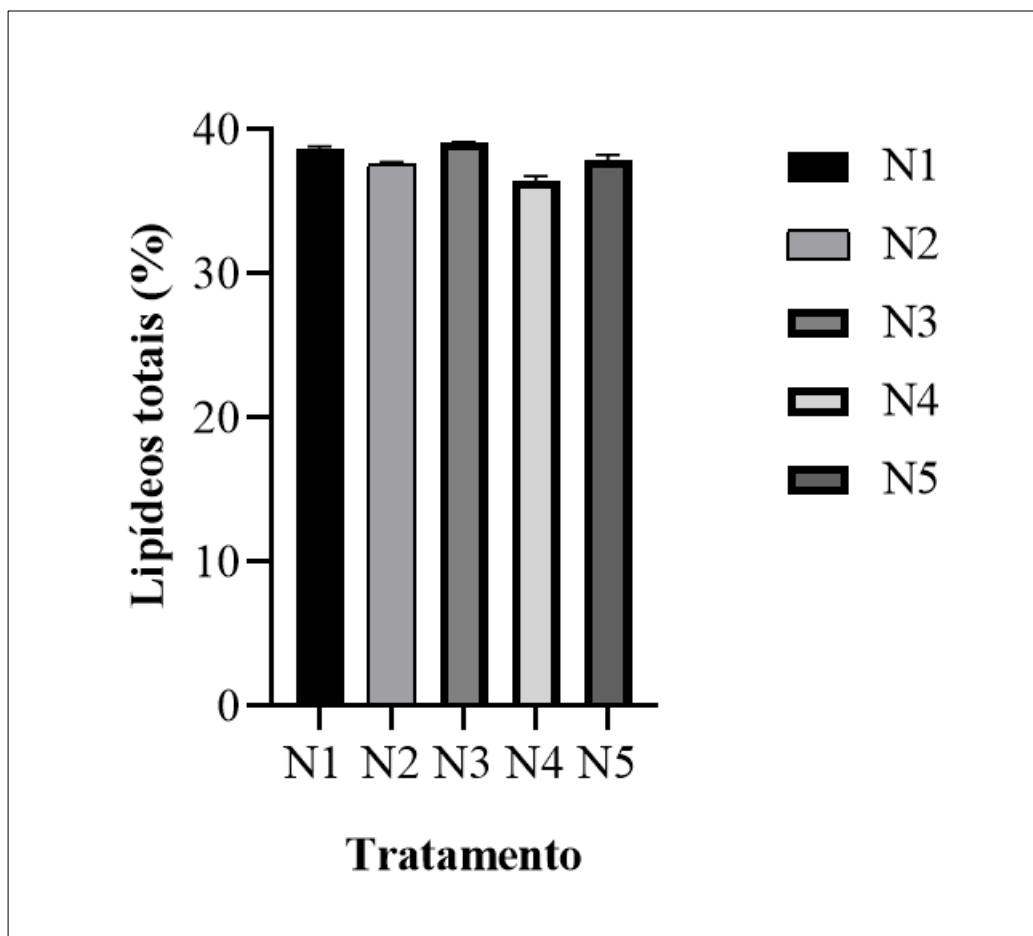
A caracterização bromatológica do conteúdo dos ovos em *pool* (clara + gema) de tracajá (*Podocnemis unifilis*) oriundo de 5 ninhos (N1 a N5) coletados em cativeiro do Biotério da EMBRA/AP Polo Fazendinha, revelou uma composição nutricional bastante rica que refletem diretamente dieta e manejo fêmeas reprodutoras (LEESON; CASTON, 2004), tendo valores comparáveis até mesmo com ovos de galinhas caipira e granja (ARAÚJO, 1996; SOARES, 2021), tornando-o uma boa alternativa alimentar para as Comunidades Tradicionais.

Ao analisarmos a composição centesimal dos ovos, houve uma maior representatividade para os valores de umidade, com medias variando ente 54% a 72% do conteudo dos ovos composto por água, em seguidas sendo expressivos os valores de Lipídios Totais (LP) e Proteína Bruta (PB), Identificamos para os lipídios podem correspondo medias que variam de aproximadamente 10% a 17%, já a proteína com medias de 12% a 20% do conteúdo dos ovos nos diferentes ninhos de tracajá de cativeiro, refletindo estes nos principais componentes energéticos dos ovos. (Figura ), não houve diferença significativa entre os ninhos analisados, ( $P < 0,05$ ) quando comparado aos demais.

A tendência desses valores elevados refletem diretamente a história biológica de animais ovípara, com destaque aos répteis como defendido por Thompson (2002), de modo que em quelônios além dos lipídios comporem quase a totalidade da gema do ovo, essa mesma estrutura se converte na formação do saco vitelínico nos ovos, apêndice embrionário responsável pela nutrição dos embriões e levando até 15 dias para ser completamente absorvidos em neonatos em diferentes espécies (WILLETTE, 2005; IBAMA, 2016).

Figura 33 - Teor de lipídeos totais (%) em ovos de *Podocnemis unifilis* oriundos de diferentes ninhos (N1 a N5) mantidos sob condições controle. Os valores representam a média  $\pm$  [erro padrão / desvio

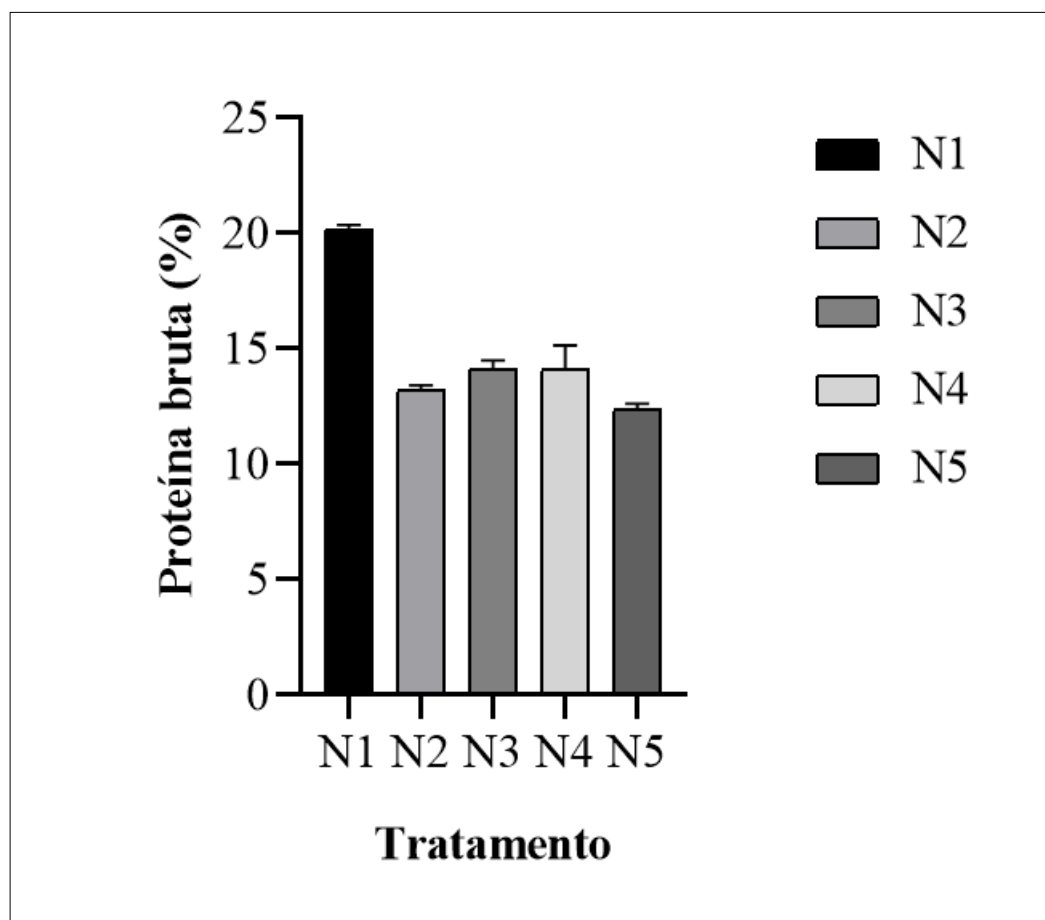
padrão] ( $n = X$  ovos/ninho). A ausência de sobrenotação indica que não houve diferença estatisticamente significativa entre os ninhos (ANOVA one-way,  $p > 0,05$ ).



Um comportamento similar foi observado com a proteína bruta (Figura ), Nossos resultados corroboram com trabalhos anteriores como, realizados por Aguiar (1996), que ao analisar ovos de tracajá coletados em feiras populares na cidade de Manaus relatou um teor de proteína em níveis de 16% da composição centesimal, se diferenciando deste estudo que apontou, que os valores da proteína bruta de ovos de origem de cativeiro apresentam níveis semelhantes entre os ninhos analisados, embora o ninho 1 tenha apresentado valores superior a 20%, superando o teor encontrado em ovos coletados em ambiente natural, podendo essa diferença estar associada ao manejo e alimentação das fêmeas matrizes em sistema de cativeiro podendo os ovos do estudo de Aguiar (1996) provenientes de ambiente natural com espécimes sujeitos a pressões ambientais e diferentes estresse fisiológicos, onde os quelônios apresentam maior gasto energético para busca de alimentos, migração e reprodução, a ausência de marcos legais

para criação de quelônios em cativeiro no ano de 1996, fortalece a hipótese sobre a origem (IBAMA, 2015).

Figura 34 - Teor de Proteína Bruta (%) em ovos de *Podocnemis unifilis* oriundos de diferentes ninhos (N1 a N5) mantidos sob condições controle. Os valores representam a média  $\pm$  [erro padrão / desvio padrão] ( $n = X$  ovos/ninho). A ausência de sobrenotação indica que não houve diferença estatisticamente significativa entre os ninhos (ANOVA one-way,  $p > 0,05$ ).

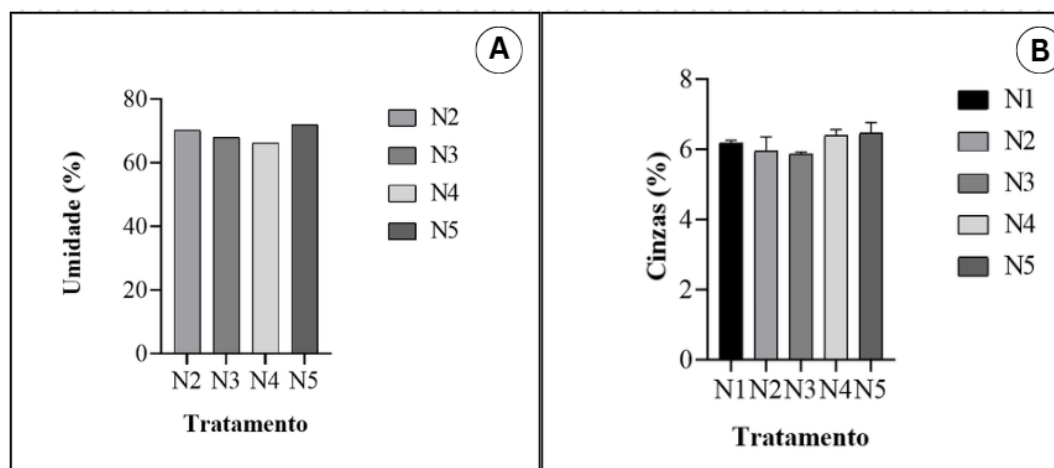


Esses elevados teores de lipídeos e proteínas, são fundamentais para o desenvolvimento embrionário e corroboram com a literatura para ovos de quelônios em geral, sugerindo uma reserva energética eficiente e adequada fornecida pela mãe em ambiente controlado, já variação observada nos lipídeos do N4 pode estar atrelada a fatores fisiológicos individuais da fêmea matriz, já que alimentação e as condições das fêmeas são padronizadas, sendo alimentadas com ração para peixes com 28% de proteína, conforme o recomendado para quelônios em cativeiro (ANDRADE, 2008).

Aas análises de umidade (água livre) e cinza (matéria inorgânica/mineral) apresentaram uniformidade entre as amostras, com a umidade situada na faixa aproximada de 54% a 72% (Figura A), enquanto os teores cinza que indicam o conteúdo mineral presente nos ovos,

mantiveram-se próximo de 1,8% e 2,8% (Figura B). A estabilidade desses parâmetros reforça a hipótese de um manejo homogêneo das fêmeas e um processamento padronizado das amostras de pool de ovos.

Figura 35 - Teor de Umidade e Cinzas (%) em ovos de *Podocnemis unifilis* oriundos de diferentes ninhos (N1 a N5) mantidos sob condições controle. Os valores representam a média  $\pm$  [erro padrão / desvio padrão] ( $n = X$  ovos/ninho). A ausência de sobrenotação indica que não houve diferença estatisticamente significativa entre os ninhos (ANOVA one-way,  $p > 0,05$ ).



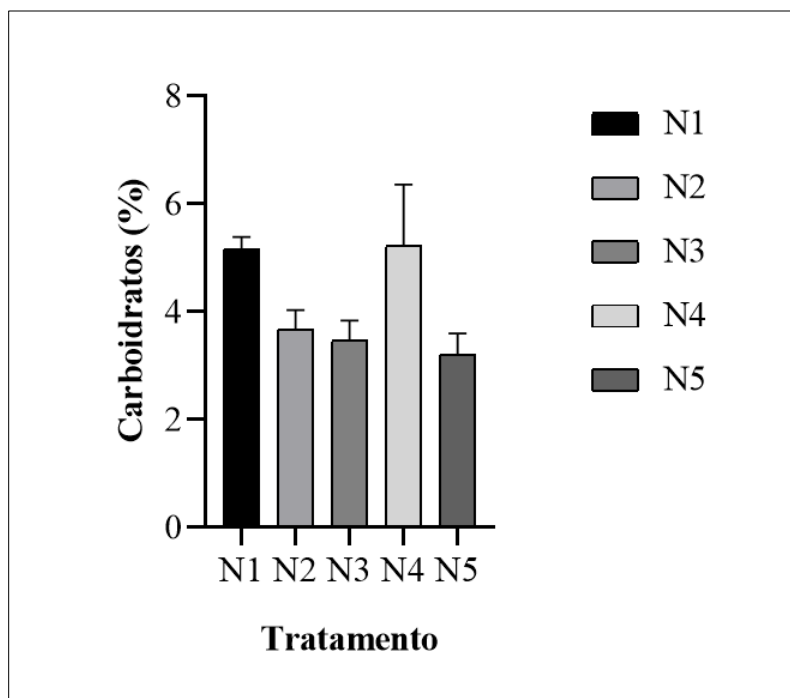
Ao fato que a relação: umidade e cinza, apresentaram baixa variação entre as amostras, sugere alto grau de uniformidade na composição dos ovos conforme AOC (2019), observarmos estabilidade na umidade, que sugere condições semelhante entre os grupos e equilíbrio hídrico, fator essencial para o desenvolvimento embrionário, já que, a água desempenha papel central no metabolismo embrionário e nas trocas gasosas (PACKARD; PACKARD, 2019).

Complementarmente, as cinzas refletem diretamente no conteúdo mineral como o cálcio, fundamental para o desenvolvimento, mineralização do esqueleto e funcionamento metabólico do embrião, em condições típicas, dependendo exclusivamente dos minerais disponíveis no ovo (THOMPSON;SPEAKE, 2002). Além da consistência dos padrões bromatológicos, esses dados podem estar associados ao manejo alimentar padronizado das fêmeas, visto que a composição nutricional dos ovos é diretamente influenciada pela dieta materna (SURAI, 2002).

Estabelecemos a fração do carboidrato através do método por diferença, conforme AOC (2019) sendo um método indireto de quantificar os carboidratos, a partir da subtração em 100% das somas dos teores de Umidade, Proteína Bruta, Lipídios e Cinza. Dessa forma os ninhos avaliados apresentaram concentrações médias variadas, de 0,90% a 2,4% (Figura ),

Figura 36 - Teor de carboidratos (%) em ovos de *Podocnemis unifilis* oriundos de diferentes ninhos (N1 a N5) mantidos sob condições controle. Os valores representam a média  $\pm$  [erro padrão / desvio padrão]

( $n = X$  ovos/ninho). A ausência de sobrenotação indica que não houve diferença estatisticamente significativa entre os ninhos (ANOVA one-way,  $p > 0,05$ ).



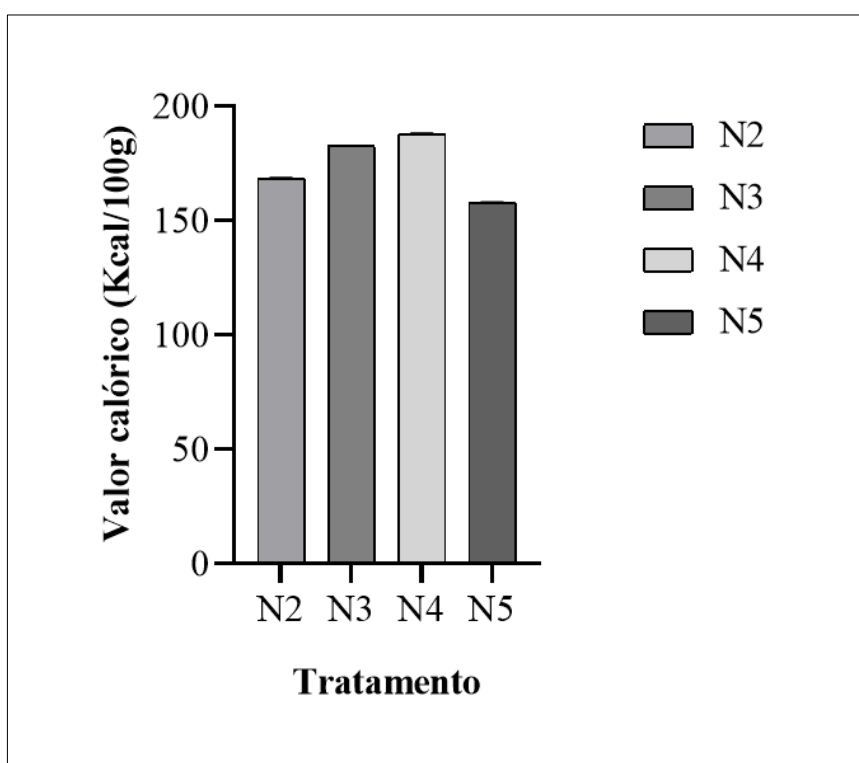
A diferença significativa observada no ninho 4, se justifica pelo comportamento inerente ao método de cálculo dos carbohidratos por diferença. Já que, os carbohidratos são obtidos pela subtração da soma de umidade, proteínas, lipídios e cinzas de 100%, variações nos demais constituintes influenciam diretamente seu valor estimado. Nesse contexto, como N4 apresentou teores reduzidos de umidade, lipídios e proteína bruta em comparação aos demais grupos, seria esperado um aumento proporcional no teor de carbohidratos.

Esse comportamento inversamente proporcional é característico de métodos indiretos de determinação e reforça que o valor de carbohidratos reflete, em grande parte, as variações acumuladas dos outros componentes da análise centesimal (CECCHINI; FAO, 2003; AOC, 2019).

Rodrigues e colaboradores (2021), ao traçar uma linha evolutiva dos alimentos mais consumidos no Brasil evidencia o consumo de ovo de galinha em um *rank* significativo, estando entre os 15 alimentos mais consumidos no país. Essa popularidade no que tange o consumo do hoje não está restrita somente pelo baixo custo do alimento, mas também pelo seu rico valor nutricional fornecendo até 13g de proteína e em especial a rica fonte de energia, liberando até 170 Kcal em 100g gramas de ovo consumido (LIMA, 2006; SIQUEIRA *et al.*, 2020).

Nesse contexto , ao calcularmos o valor calórico total (VCT) dos ovos de tracajás criados em cativeiro obtivemos baixa variação entre os ninhos analisados mantendo-se na faixa de 540 a 570 Kcal/100g (Figura 44). Demonstrando uma homogeneidade entres os ninhos, com redução significativa ( $P < 0,05$ ) do ninho 4 (N4) quando comparado aos demais ninhos.

*Figura 37 – Valor calórico em ovos de Podocnemis unifilis oriundos de diferentes ninhos (N1 a N5) mantidos sob condições controle. Os valores representam a média  $\pm$  [erro padrão / desvio padrão] ( $n = X$  ovos/ninho). A ausência de sobrenotação indica que não houve diferença estatisticamente significativa entre os ninhos (ANOVA one-way,  $p > 0,05$ ).*



### 5.7 A “Invisibilidade regulatória” e o conflito com a Soberania Alimentar na Amazônia

A ecotoxicologia une discussão sobre a degradação ambiental e a saúde das populações tradicionais (CARNEIRO *et al.*, 2015; FENNER *et al.*, 2018). Ademais, os quelônios amazônicos como o tracajá (*Podocnemis unifilis*) são espécies de vida longa e que possuem uma forte relação com ecossistemas de fundos e têm papel fundamental na cadeia trófica (MALVASIO *et al.*, 2013). Quando agrotóxicos oriundos de grandes lavouras e/ou metais pesados se dispersam para os recursos hídricos, deflagra-se o processo de bioacumulação e biomagnificação (ROCHA *et al.*, 2023; LEMOS *et al.*, 2025).

Sabe-se que os lipídios e as proteínas, exercem papel fundamental no período de ovogênese, sendo mobilizados para a formação dos ovos. Contaminantes lipofílicos, como os agrotóxicos organoclorados, e metais como o mercúrio podem ligar-se às matrizes lipídicas e

proteicas, transferindo a carga tóxica diretamente para a gema e o albúmen dos ovos (RUSSEL *et al.*, 1999; HOPKINS *et al.*, 2013; MUÑOZ; VERMEIREN, 2020). Sendo assim, os ovos dos quelônios podem atuar como bioindicador de poluição ambiental e, ao mesmo tempo, ser um vetor de exposição a xenobióticos para os organismos que os consomem, como as populações tradicionais.

É a partir dessa ótica que a ecotoxicologia pode ser correlacionada com a estrutura jurídica e regulatório, mostrando a relação entre os danos ambientais ocasionados e os instrumentos legais que disciplinam o uso dessas substâncias, como a Lei nº 9.782/1999, que confere à ANVISA o papel de fiscalizar e padronizar os limites permitidos nos alimentos. Ademais, as resoluções e Instruções Normativas, IN nº28/2018 e IN nº75/2020, foram feitas sob a dinâmica de expansão da indústria de alimentos ultraprocessados, suplementos alimentares e da produção agroindustrial em escala (BRASIL, 2018; 2020).

Com isso, torna-se evidente a invisibilidade normativa em relação aos recursos da fauna silvestre e à dieta das Comunidades Tradicionais. Ao não ter parâmetros bromatológicos e limites máximos de contaminantes para recursos que são amplamente consumidos por essas populações, como os ovos de quelônios, o Estado não acompanha a complexidade dos riscos envolvidos, mostrando uma lacuna regulatória. As Comunidades Tradicionais, ao fazer o uso desses recursos, absorvem doses crônicas e cumulativas de substâncias tóxicas sem qualquer respaldo, monitoramento ou alerta do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária.

A contaminação dos ovos de quelônios evidencia as contradições do modelo agroindustrial, que defende o uso massivo de insumos químicos (PIGNATI *et al.*, 2017; CARNEIRO *et al.*, 2015), sendo o agronegócio exportador um dos principais motivos que degradam os territórios aquáticos, externalizando os custos ambientais para as comunidades tradicionais, tornando-o o território dessas comunidades com o que Acserald (2004) define como “Zonas de Sacrifícios”.

A Via Campesina (2007;2011) defende a Soberania Alimentar que garanta os direitos dos povos a alimentos nutricionalmente adequados, sustentáveis e culturalmente apropriados. Assim, o consumo dos ovos de quelônios deixa de ser uma prática alimentar e torna-se um ato cultural, territorial e de autonomia alimentar. Ademais, quando os rios são contaminados por agrotóxicos violam-se dois pilares da soberania alimenta: a autonomia dos povos e a justiça socioambiental

A ausência de parâmetros toxicológicos da ANVISA para alimentos da fauna silvestre, não evidência somente a inexistência de risco, mas sim a marginalização das dietas tradicionais nas políticas públicas de saúde. Quando é rastreado a presença de contaminantes em ovos de

quelônios, evidencia-se que, o modelo produtivo agroindustrial passou as fronteiras das lavouras, invadindo os ecossistemas não alvos e violando a soberania alimentar dos povos que dependem da natureza para perpetuar sua vida e cultura.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho analisou os efeitos da exposição ao glifosato sobre o microambiente de incubação, os parâmetros do solo e a composição nutricional de ovos de *Podocnemis unifilis* (Tracajá). Os resultados mostraram que, apesar que o solo arenoso favoreça a percolação e limite a persistência de longo prazo da molécula do glifosato no solo, a presença do herbicida (mesmo em concentrações permitidas em ambiente aquático) altera a dinâmica e a disponibilidade de nutrientes essenciais para o conteúdo dos ovos.

No solo, foram observadas alterações temporárias na acidez potencial e picos nos teores de fósforo disponível, ocorrido devido a degradação da molécula do organofosforado. Essas alterações podem influenciar diretamente na bromatologia dos ovos. Ademais, a caracterização dos ovos oriundos do biotério mostrou-se com alto valor nutricional e energético, fortalecendo sua relevância histórica para a dieta das populações amazônicas.

Em síntese, os achados deste trabalho evidenciam uma importante lacuna no âmbito do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, que ainda não estabelece limites máximos de resíduos nem parâmetros ecotoxicológicos específicos para alimentos provenientes da fauna silvestre. Essa realidade mostra uma fragilidade regulatória diante dos riscos associados à contaminação ambiental. A presença de contaminante em áreas de nidificação demonstra impactos que vai além das áreas agrícolas, alcançando ecossistemas naturais e convertendo esses territórios em verdadeiras zonas de sacrifício. Por consequente, compromete a segurança e a soberania alimentar, além da saúde das comunidades tradicionais que dependem desses recursos para fins de subsistência.

Diante disso, recomenda-se estudos que explorem mecanismos moleculares do transporte iônico na casca do ovo, avaliem a histopatologia e a taxa de inclusão de filhotes expostos *in situ*, e forneçam políticas públicas de vigilância e proteção socioambiental na Amazônia.

## REFERÊNCIAS

- ACKERMAN, R. A. The nest environment and the embryonic development of sea turtles. In: *The Biology of Sea Turtles*. Edited by Peter L. Lutz and John A. Musick. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 83–106.
- ACSELRAD, Henri. *O que é justiça ambiental*. Rio de Janeiro: Garamond, 2004.
- AGROW. **Complete guide to generic pesticides**. 2007. Disponível em: <[http://www.agrow.com/multimedia/archive/00053/DS258\\_58994a\\_53150a.pdf](http://www.agrow.com/multimedia/archive/00053/DS258_58994a_53150a.pdf)>. acesso em: 04 de abril de 2026.
- AGUIAR, J.P.L. Tabela de composição de alimentos da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 26, n. 1-2, p. 121-126, 1996.
- ALBUQUERQUE, P.C.C.D., LIRA, P.V.R.D.A., GURGEL, I.G.D., ROCHA, G.A.D. Vigilância em saúde de populações expostas a agrotóxicos: agroecologia e participação social. **Saúde em Debate**, v. 46, n. 01, p. 527-541, 2022.
- ALBUQUERQUE, P.C.C.D., LIRA, P.V.R.D.A., GURGEL, I.G.D., ROCHA, G.A.D. Vigilância em saúde de populações expostas a agrotóxicos: agroecologia e participação social. **Saúde em Debate**, v. 46, n. 01, p. 527-541, 2022.
- ALENCAR, A.F., OLIVEIRA, E. A.G., MAGALHÃES, A.P.T. Ciências da natureza e ciências indígenas: uma revisão de literatura: Natural science and indigenous science: a review of literature. **Revista Cocar**, v. 20, n. 38, 2024, 21p.
- ALMEIDA, H.P.N., REZENDE, M.G.G. A agricultura familiar e estratégias de conservação na comunidade de Novo Remanso: família, trabalho e saber. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 44, n. 3, p. 7-14 2022.
- ALTIERI, M.A., NICHOLLS, C.I. Agroecologia: uma ciência para a soberania alimentar e resiliência às mudanças climáticas. **Tecnologia & Cultura**, 2017.
- AMARANTE JUNIOR, O.P.D., SANTOS, T.C.R.D., BRITO, N. M., & RIBEIRO, M.L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Química nova**, v. 25, p. 589-593, 2002.
- AMORIM, L. C. A. Os biomarcadores e sua aplicação na avaliação da exposição aos agentes químicos ambientais. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 6, p. 158-170, 2003.
- ANDRÉA, M. M. **Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos**. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. (org.). *Ecotoxicologia Aquática: princípios e aplicações*. 2. ed. São Carlos: Rima, 2008.
- ANNETT, R., HABIBI, H.R., HONTELA, A. Impact of glyphosate and glyphosate-based herbicides on the freshwater environment. **J Appl Toxicol**. v. 34, n. 05, p. 458–479, 2014.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods Of Analysis**., Washington, D.C., ed. 13, 1980, 1040p.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists.**, Arlington, ed. 16, v. 2, p. 2 1995.

ARAÚJO BURGOS, M.G.P., ALMEIDA RIBEIRO, M., MELO FILHO, S.C., CABRAL, P.C., Composição centesimal de ovo de galinha, carne de boi e de frango consumidos na área metropolitana do Recife, nordeste brasileiro. **Revista de Nutrição**, v. 9, n. 2, 1996.

ARAÚJO, J.D.C., RODRIGUES, P.B., PALHA, M.D.D.C., LOGATO, P. V. R., FREITAS, R.T.F.D., MURGAS, L.D.S., RIBEIRO, P.A.P. **Parâmetros produtivos e qualidade de ovos de muçuãs (*Kinosternon scorpioides*) submetidos a manejo alimentar diferenciado**. Dissertação (Mestrado em Nutrição de Monogástricos). Lavras: UFLA, Minas Gerais, Brasil 2009, 94p.

ARIAS, A.R.L., BUSS, D.F., ALBURQUERQUE, C., INÁCIO, A.F., FREIRE, M.M., EGLER, M., MUGNAI, R., BAPTISTA, D.F. Use of bioindicators for assessing and monitoring pesticides contamination in streams and rivers. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, n. 01, p. 61-72, 2007.

ATAÍDES, A.G., MALVASIO, A., PARENTE, T.G. Percepções sobre o consumo de quelônios no entorno do Parque Nacional do Araguaia, Tocantins: conhecimentos para conservação. **Gaia Scientia**, v. 04, n. 01, p. 7-20, 2010

ATWATER, W.O., WOODS, C.D., & BRYANT, A.P. **The chemical composition of American food materials**. US government printing office. n. 28, 1906, 87p.

AVARES, S.R.L., AMARAL, F.C.S., BOTELHO, F.P. **Manual dos métodos de análise de solo e água em laboratório e campo para obtenção dos parâmetros requeridos pelo SiBCTI**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2021. 148 p.

AZIZ, Z.A. **Efeitos toxicológicos do glifosato**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Instituto Universitário Egas Moniz, Almada, Portugal, 2020, 70p

BARBIERI, E. Concentration of heavy metals in tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) sampled in the Cananéia estuary, Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 57, n. 3, p. 243-248, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-87592009000300007>

BASSO, C., SIQUEIRA, A.C.F., SANTOS RICHARDS, N.S.P. Impactos na saúde humana e no meio ambiente relacionados ao uso de agrotóxicos: Uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 08, 2021, 14p.

BASTOS, F.A. Determinação da variação de entalpia da interação entre o herbicida glifosato e os íons cálcio, cobre, zinco e alumínio em solução aquosa por calorimetria por titulação isotérmica. **AUGM DOMUS**, v. 2, p. 60-71, 2010.

BATISTELLA, A.M. **Ecologia de nidificação de *Podocnemis erythrocephala* (Testudines, Podocnemidae) em campinas do Médio Rio Negro-AM**. Dissertação, (mestrado em biologia de água doce e pesca interior) - INPA/UFAM, 2003, 43p.

BEASLEY, V., LEVENGOOD, J.M. Principles of ecotoxicology. In: **Veterinary toxicology**. Elsevier Inc., p. 831-855. 2012.

BECKIE, H.J., FLOWER, K.C., ASHWORTH, M.B. Farming without Glyphosate?. **Plants**. v. 9, n. 1, 2020, 96p.

BELTRÃO, D.S. **Efeitos da aplicação de glifosato na química de solos alagados**. 2010. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em agronomia, área de concentração: solo e água). UFG, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiás, Brasil, 2010, 111p.

BERTECHINI, A.G., **Nutrição de monogástricos**. Lavras: editora UFLA/FEPE. 2004. 450p.

BOLZAN, R. C. **Análise de Alimentos**. Santa Maria: Rede e Tec Brasil, 2013.

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

Booth, D. T. (2006). Influence of incubation temperature on hatchling phenotype in reptiles. *Physiological and Biochemical Zoology*, 79, 274–281.

BOOTH, D. T. Influence of incubation temperature on hatchling phenotype in reptiles. *Physiological and Biochemical Zoology*, v. 79, n. 2, p. 274-281, 2006.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Instrução Normativa nº 28, de 26 de julho de 2018**. Estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 27 jul. 2018.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020**. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 9 out. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020**. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 9 out. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 429, de 8 de outubro de 2020**. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 9 out. 2020.

BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Rural Sustentável (CONDRAF). **Resolução nº 94, de 23 de maio de 2013**. Incorpora territórios ao Programa Nacional de Desenvolvimento Sustentável de Territórios Rurais – PRONAT, e dá outras providências. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 24 maio 2013.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. Disponível em: [Agência Nacional de Águas \(ANA\) – Resolução CONAMA nº 357/2005](#). Acesso em: 4 jul. 2026.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 18 mar. 2005. BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005, p. 58-63, 2005

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece padrões de qualidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 8 jan. 2002.

BRASIL. **Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002**. Regulamenta a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, [...] e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, ano 139, n. 05, p. 1-12, 8 jan. 2002.

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: seção 1*, Brasília, DF, 8 fev. 2007.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Instrução Normativa nº 7, de 30 de abril de 2015**. Dispõe sobre as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro e define os procedimentos autorizativos. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 11 maio 2015.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos**. Organizador: Rafael Antônio Machado Balestra. Brasília: IBAMA, 2016. 136 p. IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Manejo conservacionista e monitoramento populacional de quelônios amazônicos/ Rafael Antônio Machado Balestra, Organizador. Brasília: IBAMA, 2016. 136p

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Projeto Quelônios da Amazônia: manual técnico**. Brasília: IBAMA, 1989. 125 p. IBAMA. Projeto Quelônios da Amazônia: Manual Técnico. Brasília: Ibama, 1989. 125 p.

BRASIL. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA) INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. **Agrotóxicos**. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico#:~:text=Agrot%C3%B3xicos%20s%C3%A3o%20produtos%20qu%C3%ADmicos%20sint%C3%A9ticos,2002%3B%20INCA%2C%202021>). Acessado em: 11 de julho de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico#:~:text=Agrot%C3%B3xicos%20s%C3%A3o%20produtos%20qu%C3%ADmicos%20sint%C3%A9ticos,2002%3B%20INCA%2C%202021>). Acessado em: 11 de julho de 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA). **Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios**. Rio de Janeiro: INCA, 2021. 290 p. INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. Ambiente, trabalho e câncer: aspectos epidemiológicos, toxicológicos e regulatórios / Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. – Rio de Janeiro: INCA, 2021. 290p.

BRASIL. Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva (INCA). **Exposição no trabalho e no ambiente: agrotóxico**. Rio de Janeiro: INCA, 2019, INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER JOSÉ ALENCAR GOMES DA SILVA. Exposição no trabalho e no ambiente. Agrotóxico. Rio de Janeiro: INCA, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/causas-e-prevencao-do-cancer/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/agrotoxico> Acesso em: 08 de agosto de 2024..

BRASIL. **Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006**. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas a assegurar o direito humano à alimentação adequada. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 18 set. 2006.

BRASIL. **Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999**. Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), e dá outras providências. *Diário Oficial da União: seção 1*, Brasília, DF, 27 jan. 1999.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA) MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **O Bioma Cerrado**. 2017.. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>. Acesso em 23 de junho de 2024.

BRIDI, D., ALTENHOFEN, S., GONZALEZ, J.B., REOLON, G.K., BONAN, C.D. Glyphosate and Roundup® alter morphology and behavior in zebrafish. **Toxicology**. v. 392, n. 01, p. 32-39, 2017.

BROAD, S., JENKINS, M., LUXMOORE, R.A. Significant trade in wildlife: a review of selected species in CITES Appendix II, **Policy Commons**, v. 03, n. 01, 1988, 380p.

Brühl, C. A., & Zaller, J. G. (2019). Biodiversity declines as a consequence of an inappropriate environmental risk assessment of pesticides. *Frontiers in Environmental Science*, 7, 177.

BRÜHL, C. A.; ZALLER, J. G. Biodiversity decline as a consequence of an inappropriate environmental risk assessment of pesticides. *Frontiers in Environmental Science*, v. 7, p. 177, 2019.

BRUNO, Renato Saragoça; BOLTEN, Alan B.; BJORN DAL, Karen A. O fornecimento de folículos vitelogênicos continua após a chegada das tartarugas-verdes à praia de desova. **Conservation Physiology**, v. 13, n. 1, p. coaf012, 2025.

BURGER, J., GOCHFELD, M. Marine birds as sentinels of environmental pollution. **EcoHealth**, v. 1, n. 3, p. 263-274, 2004.

BUZAN, B., WAEVER, O., WILDE, J. **Security: A New Framework for Analysis**. Boulder: Lynne Rienner Publishers, 1998.

CAMPAGNOLLA, C., MACÊDO, M.M.C. Revolução Verde: passado e desafios atuais. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 39, n. 01, 2022, 43p.

CAMPOS, F.S., PINHATI, F.R. O Controle do Cálcio e a Hipocalcemia. **Cadernos UniFOA**, v. 8, n. 23, p. 77-85, 2013.

CAPRONI, A.A. **Avaliação de metais em fêmeas e filhotes de Podocnemis expansa (Schweigger, 1812, Testudines: Podocnemididae) em um trecho do médio rio Araguaia.** Dissertação (Mestrado em Biodiversidade, Ecologia e Conservação), Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, Brasil, 2023. 54p.

CARNEIRO, F.F., RIGOTTO, R.M, AUGUSTO, L.G.D.D., FRIEDRICH, K., BURIGO, A.C. Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Rio de Janeiro: **EPSJV**, São Paulo: Expressão popular, v. 01, n. 01, p. 623-623, 2015.

CARNEIRO, M. S. S. **Técnicas de amostragem e análise de alimentos.** Fortaleza: UFC, 2008.

CASTRO JR, J.V, SELBACH, P.A, ZACHIAAYUB, M.A. Avaliação do efeito do herbicida glifosato na microbiota do solo. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio mbiente**, v. 01, n. 16, p. 21-30, 2006.

CATANI, R.A., KÜPPER, A. Algumas características químicas dos solos do Estado de São Paulo e sua interpretação analítica. **Bragantia**, v. 6, n. 4, p. 147-164, 1946

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** 2. ed. rev. Campinas: Editora da Unicamp, 2003, 206p.

CHAULET, F.C., BARCELLOS, H.H.A., FIOR, D., POMPERMAIER, A., KOAKOSKI, G., ROSA, J.G.S., FAGUNDES, M., BARCELLOS, L.J.G. Glyphosate and Fipronil Based Agrochemicals and Their Mixtures Change Zebrafish Behavior. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 77, n. 03, p. 443-451, 2019.

CHIACCHIO, M.A, SOUSA, A.L. A expansão da soja e os efeitos no mercado de terras na Amazônia. **Geografia em Questão**, v. 17, n. 02, 2024, 22p

CHIACCHIO, M.A, SOUSA, A.L. A expansão da soja e os efeitos no mercado de terras na Amazônia. **Geografia em Questão**, v. 17, n. 02, 2024, 22p.

CICILINSKI, A.D., MELO, V.D.F., PERALTA-ZAMORA, P. Transporte mediado por coloides e o seu efeito na dinâmica dos poluentes no solo. **Química Nova**, v. 48, n. 1, p. 1-8, 2025.

COLLINS, J. F.; PROHASKA, J. R.; KNUDTSON, M. D. Metabolic crossroads of iron and copper. *Nutrition Reviews*, v. 68, n. 3, p. 133–147, 2010.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamento da safra 2024.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 05 de abril de 2026.

CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

CONTI, I.L., COELHO-DE-SOUZA, G. Povos e comunidades tradicionais: a produção de políticas públicas de segurança alimentar e nutricional. **Amazônica-Revista de Antropologia**, v. 5, n. 3, p. 780-804, 2013.

CORDEIRO T, SILVA C, BENTO A. Rotulagem nutricional, sua importância. **Cadernos de Estudos Mediáticos**, n. 07, p. 109-121, 2010.

COSTA, A.J.V., WIZNIEWSKY, J.G. História ambiental agrária: uma reflexão dialética sobre o espaço rural brasileiro. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 30, n. 01, p. 35-49, 2010.

COZZOLINO, S.M.F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 3. ed. atual e ampliada. São Paulo: Manole, 2009.

da Silva, A.R.P., Nunes, J.R., Onishi, J.K., de Mattos, R.D.F., Nery, L.M., da Cunha, D.C., Simonetti, V.C. Análise temporal da variação da textura e nutrientes do solo provocada pelo uso do glifosato. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v. 6, n. 1, 2021.

DANTAS FILHO, J.V., PONTUSCHKA, R.B., FRANCK, K. M., GASPAROTTO, P.H.G., CAVALI, J. Cultivo de quelônios promove conservação e o desenvolvimento social e econômico da Amazônia. **Revista Ciência e Saúde Animal**, v. 2, p. 09-31, 2020.

de Ataídes, A. G., Silva, R. L., & Malvasio, A. Percepções sobre aspectos da conservação dos quelônios na região do Baixo Xingu, Sudeste da Amazônia Brasileira. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 663-679, 2021.

de benefícios. São Paulo: **Estação Liberdade**: Instituto Socioambiental. 2001. 615p.

DE COEN, Wim M.; JANSSEN, CR. O uso de biomarcadores em testes de toxicidade em *Daphnia magna*. IV. Alocação de energia celular: uma nova metodologia para avaliar o balanço energético de populações de *Daphnia* submetidas a estresse por substâncias tóxicas. **Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery**, v. 6, n. 1, p. 43-55, 1997.

DE FARIA, V.A., MALVÁSIO, A. 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. 26-48, 2018.

DE OLIVEIRA, José Silonardo Pereira *et al.* Potencial mutagenênico, genotóxico e morfotóxico de diferentes pesticidas nos eritrócitos de neonatos *Podocnemis expansa*. **Ciência do Meio Ambiente Total**, v. 737, p. 140304, 2020.

DE OLIVEIRA, José Silonardo Pereira *et al.* Potencial mutagenênico, genotóxico e morfotóxico de diferentes pesticidas nos eritrócitos de neonatos *Podocnemis expansa*. **Ciência do Meio Ambiente Total**, v. 737, p. 140304, 2020.

DECLARAÇÃO, D. N. **Declaração do Fórum pela Soberania Alimentar**. Sélingué, Mali, 2007.

DEEMING, D. C. (Ed.). *Reptilian Incubation: Environment, Evolution and Behaviour*. Nottingham: Nottingham University Press, 2004. 421p.

DESMARAIS, Annette Aurélie. **La Vía Campesina: Globalization and the power of peasants**. Victoria, BC, Canada: Fernwood Pub., 2007.

DETMANN, E., SOUZA, M.D., VALADARES FILHO, S.D.C., QUEIROZ, A.D., BERCHIELLI, T.T., SALIBA, E.D.O., AZEVEDO, J. A.G. **Métodos para análise de**

**alimentos. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal.** Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012, 214p.

DIAGRO – **Agencia de Defesa e Inspeção Agropecuária. Relação dos agrotóxicos cadastrado na DIAGRO.** Disponível em: DIAGRO\_881e83319139aae7c30656ca5aa05b64.pdf (amapa.gov.br), acesso em: 23 de junho de 2024.

DIEGUES, A.C., ARRUDA, R.S.V. **Saberes tradicionais e biodiversidade no Brasil.** Ministério do Meio Ambiente (Biodiversidade 4), Brasília. USP, São Paulo., 2001. 176p

DÓREA, J.G. Persistent, bioaccumulative and toxic substances in fish: human health considerations. **Science of the total environment**, v. 400, n. 1-3, p. 93-114, 2008.

DORSEY, Alfred; INGERMAN, Lisa. Toxicological Profile for Copper: September 2004. 2004.

DOS SANTOS MENDONÇA, J., VIEIRA, L.G., HIRANO, L.Q.L., QUALHATO, G., DE ALMEIDA, J.C.N., SANTOS, A.L.Q., ANDRADE, D.V. Eggshell composition of Amazon turtle (*Podocnemis expansa*) is altered after incubation in substrates containing glyphosate and fipronil formulations. **Science of the Total Environment**, v. 893, 2023, 7p..

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Ed. 2, rev. atual. – Rio de Janeiro, 1997, 212p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil**, Londrina: Embrapa Soja, Brasília: Embrapa Cerrados, Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Piracicaba: ESALQ, 2002. 199 p.

ERNST, C.H., BARBOUR, R.W. **Turtles of the World.** Washington D.C.: Smithsonian Institution Press, v. 272, n. 01, p. 143-152, 1989.

FACHÍN-TERÁN, A., VOGT, R.C., THORBJARNARSON, J. B. . Estrutura populacional, razão sexual e abundância de *Podocnemis sextuberculata* (Testudines, Podocnemididae) na reserva de desenvolvimento sustentável Mamirauá, Amazonas, Brasil. **Phyllomedusa**, v. 2, n. 1, p. 43-63, 2003.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS REGIONAL OFFICE FOR LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN, UNEP. **Manejo de fauna silvestre y desarrollo rural.** Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación e Organización de las Naciones Unidas para el medio ambiente. Lima (Perú), v. 01, n. 01, 1985, 161p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION of the United Nations. **Contribution of terrestrial animal source food to healthy diets for improved nutrition and health outcomes: an evidence and policy overview on the state of knowledge and gaps.** Rome: FAO, 2023, 296p.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of Food Security and Nutrition in the World.** Rome: FAO, 2021, 240p.

FAO/PNUMA. **Manejo de fauna silvestre y desarrollo rural**. Organizacion de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentacion e Organizacion de las Naciones Unidas para el medio ambiente. Lima (Perú), v. 01, n. 01, p. 21-25, 1985.

FARIA, V.A, MALVÁSIO, A. 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.

FÉLIX-SILVA, D. **Ecologia e Conservação de *Podocnemis unifilis* Troschel 1848 (Testudines, Podocnemididae) no Reservatório da UHE Tucuruí, Pará-Brasil**. Tese (doutorado em biologia, com concentração em ecologia), Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009. 274p.

FENNER, André LD et al. Saúde dos povos e populações do campo, da floresta e das águas: a Fiocruz e sua atuação estratégica na temática de saúde e ambiente relacionada aos povos e populações do campo, da floresta e das águas. **Rio de Janeiro: Fiocruz**, 2018.

FERGUSON, M.W., DEEMING, D.C.FERGUSON, Mark WJ, DEEMING, D. Charles (Ed.). **Egg incubation: its effects on embryonic development in birds and reptiles**. Cambridge University Press, 1991. 448p.

FERRARINI, S.A. **Quelônios, animais em extinção**. Manaus: Falangola, 1980, 68p.

Filizola, H. F. (2006). **Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas para análise da qualidade ambiental: solo, água e sedimentos**. ed. (pp. 169p-169p). M. A. F. GOMES, M.A.F. SOUZA, & M. D. de Souza (Eds.). Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006, 169p..

Fonseca, R. A., de Melo, S., Miorando, P. S., & Pezzuti, J. C. B. Manejo e conservação de quelônios na Amazônia brasileira (Edição 475). **Papers do NAEA**, v. 1, n. 2, 2020.

FONSECA, R.A., MELO, S., MIORANDO, P.S., PEZZUTI, J. C. B. Manejo e conservação de quelônios na Amazônia brasileira (Edição 475). **Papers do NAEA**, v. 01, n. 02, p. 5-10, 2020.

FONSECA, R.A., MELO, S., MIORANDO, P.S., PEZZUTI, J. C. B. Manejo e conservação de quelônios na Amazônia brasileira. (Edição 475). **Papers do NAEA**, ed. 475, v. 01, n. 02, p. 5-10, 2020.

FREIRE, A.C., O Bioma Cerrado. **Revista UniAraguaia**, p. 280-285, 2016.

FROSSARD, A., COPPO, G.C., LOURENÇO, A.T., HERINGER, O.A., CHIPPARI-GOMES, A.R. Metal bioaccumulation and its genotoxic effects on eggs and hatchlings of giant Amazon river turtle (*Podocnemis expansa*). **Ecotoxicology**, v. 30, n. 4, p. 643-657, 2021. DOI: [10.1007/s10646-021-02384-8](https://doi.org/10.1007/s10646-021-02384-8)

FROSSARD, Alexandra et al. Bioacumulação de metais e seus efeitos genotóxicos em ovos e filhotes da tartaruga-gigante-do-rio-amazônico (*Podocnemis expansa*). **Ecotoxicologia**, v. 30, n. 4, p. 643-657, 2021.

GADGIL, M., BERKES, F., FOLKE, C. Gadgil, M., Berkes, F., & Folke, C.. Indigenous knowledge for biodiversity conservation. **Ambio-Stockholm**-, v. 22, p. 151-151, 1993.

- GAETKE, L. M.; CHOW, C. K. Copper toxicity, oxidative stress, and antioxidant nutrients. *Toxicology*, v. 189, p. 147–163, 2003.
- GALVANI, F., GAERTNER, E. **Metodologias de análises químicas para alimentos e rações**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006, 6p..
- GIBBS, H.K., RAUSCH, L., MUNGER, J., SCHELLY, I., MORTON, D.C., NOOJIPADY, P., SOARES-FILHO, B., BARRETO, P., MICOL, L., WALKER, N.F.. **Brazil's Soy Moratorium. Science**, v.347, n.6220, p. 377-378, 2015.
- GILBERT, S.F., SINGER, S.R., *Developmental biology*. Sunderland, Mass. : **Sinauer Associates**, v. 6, 1949. 749p.
- GILMORE, R.M. Fauna e Etnozoologia da América do Sul Tropical. **Suma etnológica brasileira**, v. 01, n. 01, p. 189-233, 1986.
- GILMORE, R.M. Fauna e etnozoologia da América do Sul tropical. **Suma etnológica brasileira**, v. 01, n. 01, p. 189-233, 1986.
- GOMES, M. P.; JUNEAU, P. Oxidative stress in plants caused by glyphosate: mechanisms and consequences. *Environmental Pollution*, v. 214, p. 1-10, 2016.
- GONÇALVES, Fernanda Medeiros et al. In ovo nutrition: strategy for precision nutrition in poultry industry. **Archivos de zootecnia**, v. 62, p. 54-55, 2013.
- HARTLEY, W.R., WHITE, L.E., BOLLINGER J.E., THIYAGARAJAH A., MENDLER J.M., GEORGE W.J., **History and risk assessment of triazine herbicides in the lower Mississippi River**. In: Johnston JJ. Pesticides and Wildlife. Washington, DC: American Chemical Society, p. 225-239, 2001.
- HAYES-JR, W.H. Introduction. In: LAWS JR., E.R. Handbook of pesticide toxicology. **California: Academic Press, Inc.** v. 77101, cap. 17, n. 03, p. 1-37, 1991.
- HENNEBERG, W. **Beiträge zur Begründung einer rationellen Fütterung der Wiederkäuer**. Braunschweig: Schwetschke, 1864. (Método de Weende).
- HIRANO, L. Q. L., DA SILVA ALVES, L., MENEZES-REIS, L. T., DOS SANTOS MENDONÇA, J., SIMÕES, K., SANTOS, A. L. Q., & VIEIRA, L. G. Effects of egg exposure to atrazine and/or glyphosate on bone development in *Podocnemis unifilis* (Testudines, Podocnemididae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 182, p. 109400, 2019.
- HOPKINS, Brittney C.; WILLSON, John D.; HOPKINS, William A. A exposição ao mercúrio está associada a efeitos negativos na reprodução de tartarugas. **Environmental science & technology**, v. 47, n. 5, p. 2416-2422, 2013.
- HOUGH, P. **Understanding Global Security**. 3. ed. London: Routledge, ed. 3,3. ed, 2004, 260p..
- HOYOS, C.J.C., D'AGOSTINI, A. Segurança alimentar e soberania alimentar: convergências e divergências/Food Security and Food Sovereignty: convergences and divergences. **Revista Nera**, n. 35, p. 174-198, 2017. HOYOS, A. D., D'AGOSTINI, A. Soberania alimentar e educação do campo. **Revista NERA**, n. 16, 2010.

IARC – INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. IARC Monographs: **Evaluation of five organophosphate insecticides and herbicides**. IARC, v. 112, 2015, 2p.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Projeto Quelônios da Amazônia: 10 anos**. IBAMA, Brasília, 1989, 119p. BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). **Projeto Quelônios da Amazônia: 10 anos**. Brasília: IBAMA, 1989. 119 p.

IGNÁCIO, N.F. **Recuperação de alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e tilápia (*Oreochromis niloticus*) sobreviventes à intoxicação aguda por fipronil**. Tese (Doutorado em Biologia Aquática) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) - Jaboticabal. 2018, 101p.

IGNATI, B. *et al.* Soberania alimentar e a agricultura familiar no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 2017, 503p.

Janzen, F. J., Tucker, J. K., & Paukstis, G. L. (2000). Experimental analysis of an early life-history stage: selection on size of hatchling turtles. *Ecology*, 81, 2290–2304.

JANZEN, F. J.; TUCKER, J. K.; PAUKSTIS, G. L. Experimental analysis of an early life-history stage: selection on size of hatchling turtles. *Ecology*, v. 81, p. 2290-2304, 2000.

JANZEN, Fredric J.; TUCKER, John K.; PAUKSTIS, Gary L. Experimental analysis of an early life-history stage: selection on size of hatchling turtles. **Ecology**, v. 81, n. 8, p. 2290-2304, 2000.

KONRADSEN, F., VAN DER HOEK, W., COLE, D.C., HUTCHINSON, G., DAISLEY, H., SINGH, S., EDDLESTON, M. Reducing acute poisoning in developing countries – options for restricting the availability of pesticides. **Toxicology**, v. 192, n. 2- 03, p. 249- 2610, 2003.

LEEF, E. **Ecologia política: da desconstrução do capital à territorialização da vida**. SciELO-Editora da Unicamp, 2021.

LEESON, S., CASTON, L. Enrichment of eggs with lutein. **Poultry Science**, v. 83, n. 10, p. 1709-1712, 2004.

LEMONS, Layon Zafra; FERREIRA, Ludmila Malaquias Alves; DA CUNHA, Mariana Amorim. Exposição a agroquímicos e seus impactos na saúde humana e no meio ambiente: Uma Revisão de Literatura. **Revista Puxirum: Abordagem Multidisciplinar em Ciências Agrárias**, v. 3, n. 1, 2025.

LIMA, D. M. Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA – UNICAMP. ed.4 **Revista Ampliada NEPA** rev. e ampl. Campinas: NEPA- UNICAMP, ed. 4, 2011. 161 p.

LIMA, F.A.N.D.S., CORRÊA, M.L.M., GUGELMIN, S.A. Territórios indígenas e determinação socioambiental da saúde: discutindo exposições por agrotóxicos. **Saúde em Debate**, v. 46, p. 28-44, 2022.

LIMA, F.A.N.D.S., CORRÊA, M.L.M., GUGELMIN, S.A. Territórios indígenas e determinação socioambiental da saúde: discutindo exposições por agrotóxicos. **Saúde em Debate**, v. 46, p. 28-44, 2022.

LIMA, N. V., DA SILVA, R. A., TRIGUEIRO, R. W. D. P., DE LIMA, A. V., DA CRUZ FILHO, C. B., & ROCHA, M. Z. D. A. Bromatologia da matéria seca, orgânica e mineral, proteína bruta, extrato etéreo e nutrientes digestíveis totais de espécies forrageiras da caatinga preferíveis por ovinos em clima semiárido. **Meio ambiente (brasil)**, v. 5, n. 4, 2023.

LINDER, M. C.; HAZEGH-AZAM, M. Copper biochemistry and molecular biology. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 63, n. 5, p. 797S–811S, 1996.

LIU, H., PLATT, S.G., BORG, C.K. Seed dispersal by the Florida box turtle (*Terrapene carolina bauri*) in pine rockland forests of the lower Florida Keys, United States. **Oecologia**, v. 138, p. 539-546, 2004.

LIU, H., PLATT, S.G., BORG, C.K. Seed dispersal by the Florida box turtle (*Terrapene carolina bauri*) in pine rockland forests of the lower Florida Keys, United States. **Oecologia**, v. 138, p. 539-546, 2004.

LOPES, A., BENVINDO-SOUZA, M., CARVALHO, W.F., NUNES, H.F., LIMA, P.N., COSTA, M.S., BENETTI, E.J., GUERRA, V., SABOIA-MORAIS, S.M.T., SANTOS, C.E., SIMÕES, K., BASTOS, R.P., SILVA, D.M. Evaluation of the genotoxic, mutagenic, and 8 histopathological hepatic effects of polyoxyethylene amine (POEA) and glyphosate on *Dendropsophus minutus* tadpoles. **Environmental Pollution**, v. 289, p. 117-911, 2021

LOPES, A., BENVINDO-SOUZA, M., CARVALHO, W.F., NUNES, H.F., LIMA, P.N., COSTA, M.S., BENETTI, E.J., GUERRA, V., SABOIA-MORAIS, S.M.T., SANTOS, C.E., SIMÕES, K., BASTOS, R.P., SILVA, D.M. Evaluation of the genotoxic, mutagenic, and 8 histopathological hepatic effects of polyoxyethylene amine (POEA) and glyphosate on *Dendropsophus minutus* tadpoles. **Environmental Pollution**, v. 289, p. 117-911, 2021.

LOPES, C.V.A., ALBUQUERQUE, G.S.C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, n. 42, v. 117, p. 518-534, 2018

LOPES, C.V.A., ALBUQUERQUE, G.S.C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, n. 42, v. 117, p. 518-534, 2018.

LUTZ, P. L.; MUSICK, J. A. (Eds.). *The Biology of Sea Turtles*. Boca Raton: CRC Press, 1997.

MALVASIO, Adriana et al. Comportamento e preferência alimentar em *Podocnemis expansa* (Schweigger), *P. unifilis* (Troschel) e *P. sextuberculata* (Cornalia) em cativeiro (Testudines, Pelomedusidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 20, n. 1, p. 161-168, 2003.

MAPaBIOMAS, B. **Soja ocupa 10% do Cerrado**. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2022/09/11/soja-ocupa-10-do-cerrado/#:~:text=11%20de%20setembro%20de%202022,milh%C3%B5es%20de%20hectares%20no%20Cerrado>. Acesso em: 23 de junho de 2024.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Uso e Cobertura da Terra no Brasil – Coleção 10 (1985–2024)**. São Paulo: MapBiomias, 2025. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 6 abr. 2026

MARTÍNEZ-TORRES, María Elena; ROSSET, Peter M. La Vía Campesina: the birth and evolution of a transnational social movement. **The Journal of Peasant Studies**, v. 37, n. 1, p. 149-175, 2010.

MARTINS, Victor Hugo Cunha. Efeitos da exposição ao glifosato em concentrações ambientalmente relevantes sobre biomarcadores morfológicos, neurotóxicos e de mutagenicidade em filhotes de Tartaruga-da-Amazônia. 2025.

MEHLICH, A. Determination of P, Ca, Mg, K, Na and NH<sub>4</sub>. Raleigh: North Carolina Soil Testing Division, 1953. p. 195p.b. Mimeografado.

MELLO J.F. **Influência dos níveis de cálcio e fósforo na dieta de matrizes de codornas japonesas, no desempenho produtivo e no desenvolvimento ósseo embrionário da progênie**. Dissertação (mestrado em zootecnia). Maringá (PR): Universidade Estadual de Maringá, 2015, 102p.

MENDES, E.C., GOMES JÚNIOR, E. Movimento de expansão agropecuário: uma análise histórica do seu desenvolvimento na Região Sudeste paraense. **Revista de Política e Planejamento Regional**, Rio de Janeiro, v. 08, n. 01, p. 42-60, 2021.

MENDES, M. S., GONÇALVES, R. S. Segurança alimentar e nutricional: interfaces e desafios contemporâneos. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 5, 2023.

MENDONÇA, J. S. **Avaliação de múltiplos biomarcadores após exposição aos pesticidas glifosato e fipronil durante o desenvolvimento pré-eclosão de Podocnemis expansa** (Testudines, Podocnemididae). 2021, Tese, (mdoutorado em ecologia, evolução e biodiversidade) Universidade Estadual Paulista - (UNESP. 2021. 116p.

MERTENS, M., HÖSS, S., NEUMANN, G., AFZAL, J., REICHENBECHER, W.. Glyphosate, a chelating agent—relevant for ecological risk assessment ?. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 6, p. 5298-5317, 2018.

MERTENS, Martha *et al.* Glyphosate, a chelating agent—relevant for ecological risk assessment?. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 6, p. 5298-5317, 2018.

MERTENS, Martha *et al.* Glyphosate, a chelating agent—relevant for ecological risk assessment?. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 6, p. 5298-5317, 2018.

MESNAGE, R. *et al.* Potential toxic effects of glyphosate and its commercial formulations below regulatory limits. *Food and Chemical Toxicology*, v. 84, p. 133-153, 2015.

MILLER, J. D. Embryology of marine turtles. In: GANS, C.; BILLET, F.; MADERSON, P. F. A. (Eds.). *Biology of the Reptilia*. New York: John Wiley & Sons, 1985. p. 269–328.

MILLER, T.H., NG, K.T., BURY, S.T., BURY, S.E., BURY, N.R., BARRON, L.P. Biomonitoring of pesticides, pharmaceuticals and illicit drugs in a freshwater invertebrate to estimate toxic or effect pressure. **Environment International**, v. 129, p. 595-606, 2019.

MLADINIC, M., BEREND, S., VRDOLJAK, A. L., KOPJAR, N., RADIC, B., ZELJEZIC, D. Evaluation of genome damage and its relation to oxidative stress induced by glyphosate in human lymphocytes in vitro. **Environmental and molecular mutagenesis**, New York, v. 50, n. 09, p. 800-807, 2009.

MONTVILLE, J. B., AHUJA, J. K., MARTIN, C. L., HEENDENIYA, K. Y., OMOLEWA-TOMOBI, G., STEINFELDT, L. C., MOSHFEGH, A.. USDA food and nutrient database for dietary studies (FNDDS), 5.0. **Procedia Food Science**, v. 2, p. 99-112, 2013.

MOZETO, A.A, ZAGATTO, P.A. Ecotoxicologia aquática - Princípios e Aplicações. In ZAGATTO, P.A., BERTOLETTI, E. Introdução de agentes químicos no ambiente. São Carlos: **Rima Editora**. v. 01, n. 01, p. 15-38. 2006.

MUÑOZ, Cynthia C.; VERMEIREN, Peter. Transferência materna de poluentes orgânicos persistentes para ovos de tartarugas marinhas: uma meta-análise abordando lacunas de conhecimento e dados para uma síntese aprimorada dos resultados da pesquisa. **Toxicologia e química ambiental** , v. 39, n. 1, p. 9-29, 2020.

NAVARRO, R.D., ALVES, A..T.L.Navarro, Rodrigo Diana, Alves, Ana Carolina Tavora Lima Neonatal biometry and characterization of Amazonian Turtle nests (*Podocnemis expansa*). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Enero-Diciembre Universidade Estadual de Maringá Maringá, Brasil) vol. 43, e50591p. 1-7, 2021,

Nelson, D.L., Lehninger, A.L., Cox, M.M.NELSON, David L., LEHNINGER, Albert L., COX, Michael M. **Lehninger principles of biochemistry**. Macmillan, 2008.

NIELSEN, J. B., NIELSEN, F., SORENSEN, J. A. Defense against dermal exposures is only skin deep: significantly increased penetration through slightly damaged skin. **Archives of dermatological research**, Berlin, v. 299, n. 09, p. 423-431. 2007.

Nogueira, A. D. A., MACHADO, P. D. A., CARMO, C. D. S., Ferreira, J. R., PEDRO, L. O. D. A. M., DO, C. A. F. D. S., & FERREIRA, J. R. **Manual de laboratórios: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos, SP: EMBRAPA-CPPSE, Coleta, acondicionamento e preparo de amostras. n.1. 1998, . 76p.

Oliveira Guimarães, C.D., Silva, A.D.S.L., Palha, M.D.D.C. Incubação de ovos e desenvolvimento pós-natal de *Kinosternon scorpioides* (Linnaeus, 1766) (Testudines, Kinosternidae) cativos. **Pubvet**, v. 11, p. 1188-1297, 2017.

OLIVEIRA PINEZ, E., LIRA, E.G.C.B., DE LIMA BRITO, J., TEIXEIRA, G.D.R., DA SILVA, M.M., DE OLIVEIRA ROCHA, R. **Manejo de quelônios do berçário a engorda**. Práticas em Medicina Veterinária. v. 2, cap. 3, p. 23-27, 2025.

OLIVEIRA, J.S.P. **Efeitos toxicológicos da contaminação por agrotóxicos em recém-eclodidos de *Podocnemis expansa* (testudines: podocnemididae)**. 2020. Tese de Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado. Instituto Federal Goiano, Urutaí, Goias, 2020, 38p.

OLIVEIRA, J.S.P. **Efeitos toxicológicos da contaminação por agrotóxicos em recém-eclodidos de *Podocnemis expansa* (testudines: podocnemididae)**. 2020. Tese (Dde Doutorado em Programa de Pós-Graduação em Conservação de Recursos Naturais do Cerrado). Instituto Federal Goiano, Urutaí, Goias, 2020, 38p.

OLIVEIRA, M. N., NASCIMENTO, E., COSTA, V. S. V., PINTO, R., MATOS, L. G., MORAES, L., LOPES-FILHO, I.I. Consumo de quelônios no perímetro urbano de Cruzeiro Do Sul, Acre. **Gaia Scientia**, v. 13, n. 4, p. 99-108, 2019.

PACÍFICO, D.aniela A., **História da modernização da agricultura: Um conto de muitas facetas**. SOGLIO, Fábio D, KUBO, Rumi R. Agricultura e sustentabilidade. Porto Alegre,,: UFRGS, v. 1 p. 33-45, 2009, 152p..

Packard, G. C., & Packard, M. J. (1988). The physiological ecology of reptilian eggs and embryos. In: Biology of the Reptilia, Vol. 16.

PACKARD, G. C., PACKARD, M. J. **The physiological eco-logy of reptilian eggs and embryos**. . Biology of the Reptilia, Vol. 16 Ecology. Alan R. Liss, Inc., New York, v. 16 p. 523-605, 1988.tho

PACKARD, G. C.; PACKARD, M. J. The physiological ecology of reptilian eggs and embryos. In: GANS, C.; HUEY, R. B. (ed.). *Biology of the Reptilia*. New York: Alan R. Liss, 1988. v. 16, p. 523-605.

PACKARD, G. C.; PACKARD, M. J. The physiological ecology of reptilian eggs and embryos. In: GANS, C.; HUEY, R. B. (Eds.). *Biology of the Reptilia*. Ecology B: Defense and Life History. New York: Alan R. Liss, 1988. p. 523–605.

PACKARD, M. J., PACKARD, G. C., & GUTZKE, W. H. Calcium metabolism in embryos of the oviparous snake *Coluber constrictor*. **Journal of Experimental Biology**, v. 110, n. 1, p. 99-112, 1984.

PEAKE, Brian K.; THOMPSON, Michael B. Lipids of the eggs and neonates of oviparous and viviparous lizards. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 127, n. 4, p. 453-467, 2000.

PENA, R.F.A. **Fronteira Agrícola no Brasil**. Disponível em: <https://www.preparaenem.com/geografia/fronteira-agricola-no-brasil.htm>. acesso em: 23 de junho de 2024.

PEREIRA, E.ster Lambert. **Influência do glifosato na sorção de manganês em diferentes solos**.2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área: solos e Nutrição de Plantas) Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de QueirozPiracicaba. 2009. 74p.

PEREIRA, F.T.F., PEREIRA FILHO, I.A., FERREIRA, J.J. **Produção e composição bromatológica de cultivares de milho para silagem**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 4p.

PEREIRA, L.R., MAURÍCIO, R.M., AZEVÊDO, J.G., OLIVEIRA, L.S., BARREIROS, D.C., FERREIRA, A.L., FIGUEIREDO, M.P. Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal in vitro da jaca dura e mole (*Artocarpus heterophyllus*). **Liv. Res. Rural Develop**, v. 19, 2007, 09p.

PERES, F., MOREIRA, J.C., DUBOIS, G.S. **Agrotóxicos, saúde e ambiente: uma introdução ao tema**. In: **É veneno ou é remédio?.remédio? Agrotóxicos, saúde e ambiente**. Fiocruz, Rio de Janeiro, v. 01, p. 21-24 2003.

PEZZUTI, J. C., LIMA, J. P., DA SILVA, D. F., & BEGOSSI, A. ( Uses and taboos of turtles and tortoises along Rio Negro, Amazon Basin. **Journal of Ethnobiology**, v. 30, n. 1, p. 153-168, 2010.

PIGNATI, M.T. **Ecologia reprodutiva de *Podocnemis unifilis* Troschel, 1848 (Testudines: Podocnemididae) em uma área de várzea do baixo rio Amazonas**, Santarém, Pará, Brasil. Dissertação de (Mestrado em Zoologia), Universidade Federal do Pará, Bélem, 2011. 117p.

PINTO, S., BARROS, C.S., SLOMP, M.N., LÁZZARO, R., COSTA, L.F., BRUNO, L.D.GPINTO, Severino *et al.* Cálcio e fósforo na dieta de galinhas de postura: uma revisão. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, n. 1, p. 5-18, 2012.

POUGH, F. HARVEY, JOHN B. HEISER, AND WILLIAM N. MCFARLAND. **A vida dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, v. 03, 2003, 718p.

POUGH, F.H., HEISER, J.B., MCFARLAND, W.N. POUGH, F. HARVEY, JOHN B. HEISER, AND WILLIAM N. MCFARLAND. **A vida dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, v. 03, 2003, 718p.

PRATA, Fabio. **Comportamento do glifosato no solo e deslocamento miscível de atrazina**. 2002. Tese de (Doutorado em Agronomia, Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 149p.

PRITCHARD, P.C.H., TREBBAU, P. The turtles of Venezuela. Oxford, Ohio: **Society for the Study of Amphibians and Reptiles**, v. 11, n. 01, p. 353-375, 1984.

Queiroz, G.M.P., Silva, M.R.D., Bianco, R.J.F., Pinheiro, A., Kaufmann, VQUEIROZ, Gabriela Marina Pompeo *et al.* Transporte de glifosato pelo escoamento superficial e por lixiviação em um solo agrícola. **Química Nova**, v. 34, p. 190-195, 2011.

RAGULINA, M. Traditional use of natural resources, ecological consciousness and cultural landscape. In: E3S Web of Conferences. **EDP Sciences**, v. 420, p. 4-25, 2023.

REBÊLO, G., PEZZUTI, J. Percepções sobre o consumo de quelônios na Amazônia: sustentabilidade e alternativas ao manejo atual. **Ambiente & Sociedade**, n. 6-7, p. 85-104, 2000.

REBÊLO, G., PEZZUTI, J. Percepções sobre o consumo de quelônios na Amazônia: sustentabilidade e alternativas ao manejo atual. **Ambiente & Sociedade**, v. 07, n. 06, p. 85-104, 2000.

Relyea, R. A. (2005). The impact of insecticides and herbicides on the biodiversity and productivity of aquatic communities. *Ecological Applications*, 15, 618–627.

RIBEIRO, B.T., OLIVEIRA, M.G., DE OLIVEIRA, N.C., DE ARAUJO, R.B., DE SOUSA, R. A. Contaminação de águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos. **Brazilian journal of development**, n. 10, v. 06, 2024, 16p.

ROBINSON, J.G., REDFORD, K.H. **REDFORD, K.H., ROBINSON, J.G.** Wildlife Use and Conservation. **University of Chicago Press** Subsistence and commercial uses of wildlife, in: J.G. Robinson & K.H. Redford (eds.) **Neotropical wildlife use and conservation**. Chicago, Chicago, University of Chicago Press, p. 7-23, 1991.

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, C.A.L..C.A.L. **Biologia do desenvolvimento da tartaruga semi-aquática *Kinosternon scorpioides* (Testudines, Kinosternidae): validação do gene de referência Protein Phosphatase 1 (PP1).**2015. Dissertação de (Mestrado em Ciências Animais)estrado. UEMA. 2015. 69p.

RODRIGUES, R. M., SOUZA, A. D. M., BEZERRA, I. N., PEREIRA, R. A., YOKOO, E. M., & SICHIERI, R. . Evolução dos alimentos mais consumidos no Brasil entre 2008-2009 e 2017-2018. **Revista de Saúde Pública**, v. 55, p. 4s, 2021.

RUSSELL, Ronald W.; GOBAS, Frank APC; HAFFNER, G. Douglas. Transferência materna e exposição in ovo de organoclorados em organismos ovíparos: um modelo e verificação em campo. **Environmental science & technology** , v. 33, n. 3, p. 416-420, 1999.

SALMAN, A. K. D. FERREIRA, A.C.D., SOARES, J.P.G., SOUZA, J.P. **Avaliação da composição bromatológica de alimentos.** Porto Velho: Embrapa Rondônia, ed. 21, 2010, 21p.

SANTOS, A. S., SANTOS, M. S. Soberania alimentar: resistência e práticas das comunidades tradicionais. **Cadernos de Agroecologia**, 2017.

SANTOS, G.L., PEREIRA, M.G., DELGADO, R.C., MAGISTRALI, I.C., SILVA, C.G., OLIVEIRA, C.M.M., SILVA, T.P. Degradation of the Brazilian Cerrado: Interactions with human disturbance and environmental variables. **Forest Ecology and Management**, v. 482, p. 118-875, 2021.

SARTORI, Marina Rincon. Controle cardiovascular autonômico e metabolismo em embriões de lagartos (Reptilia; Lepidosauria). [S.l.]: Universidade Estadual Paulista (Unesp), 26 set. 2016.

SCARDA, F.M. **Cultivando tartarugas: implicações da agricultura de praia na conservação de populações de quelônios (*Podocnemis spp.*) na várzea do médio Rio Solimões, Amazonas, Brasil.** 2004.Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2004, 72p.

SCHAUMBURG, L.G., SIROSKI, P.A., POLETTA, G.L., MUDRY, M.D. Genotoxicity induced by Roundup® (Glyphosate) in tegu lizard (*Salvator merianae*) embryos. **PesticidePesticide, biochemistry and physiology**, vV. 130, p. 71-78, 2016.

SCHMINDER, E., ZIEGLER, M., DANAY, E., BEYER, L., & BÜHNER, M. Is it really robust? Reinvestigating the robustness of ANOVA against violations of the normal distribution. **European Research Journal of Methods for the Behavioral and Social Sciences**, v. 6, n. 4, p. 147-151, 2010.

SEBASTIAN, R. S., MARTIN, C. L., GOLDMAN, J. D., & MOSHFEGH, A. J. Updating USDA's flavonoid database to estimate intakes in What We Eat in America, NHANES 2017–2018. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 120, p. 105323, 2023.

SELTZER, MichaelD; BERRY, KristinH. Laser ablation ICP-MS profiling and semiquantitative determination of trace element concentrations in desert tortoise shells: documenting the uptake of elemental toxicants. **Science of the Total Environment**, v. 339, n. 1-3, p. 253-265, 2005.

SERRA, L.S., MENDES, M.R.F., SOARES, M., MONTEIRO, I.P. Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**, v. 01, n. 04, 2016.

SERRA, L.S., MENDES, M.R.F., SOARES, M., MONTEIRO, I.P. Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. **Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB**, v. 01, n. 04, p. 2-25, 2016.

SHEALS, J., PERSSON, P., & HEDMAN, B. IR and EXAFS spectroscopic studies of glyphosate protonation and copper (II) complexes of glyphosate in aqueous solution. **Inorganic Chemistry**, v. 40, n. 17, p. 4302-4309, 2001.

SILVA, D. J., QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2009, 235p.

SILVA, J.E.A. **Explorando informações multicaráter da ecologia do tracajá (*Podocnemis unifilis* troschel, 1848): a história de vida contada através dos ninhos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior), INPA, Manaus, 2018, 127p.

SIMON-DELISO, N., AMARAL-ROGERS, V., BELZUNCES, L.P., BONMATIN, J.M., CHAGNON, M., DOWNS, C., FURLAN, L., GIBBONS, D.W., GIORIO, C., GIROLAMI, V., GOULSON, D., KREUTZWEISER, D.P., KRUPKE, C.H., LIESS, M., LONG, E., MCFIELD, M., MINEAU, P., MITCHELL, E.A.D., MORRISSEY, C.A., NOOME, D.A., PISA, L., SETTELE, J., STARK, J. D., TAPPARO, A., VAN DYCK, H., VAN PRAAGH, J., VAN DER SLUIJS, J.P., WHITEHORN P.R., WIEMERS M. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research Environ Sci Pollut Res Int**. v. 22, n. 01, p. 5-34, 2015.

SIQUEIRA, K. B., BINOTI, M. L., NUNES, R. M., BORGES, C. A. V., PILATI, A. F., MARCELINO, G. W., GAMA, M.A.S... &, SILVA, P. H. F. D. Custo benefício Custo-benefício dos nutrientes dos alimentos consumidos no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 3, p. 1129-1135, 2020.

SLAGER, R.E., SIMPSON, S.L., LEVAN, T.D., POOLE, J.A., SANDLER, D.P., HOPPIN, J.A. Rhinitis associated with pesticide use among private pesticide applicators in the agricultural health study. **Journal of toxicology and environmental health**. Part A, Washington, v. 73, n. 20, p. 1382-1393, 2010.

SMITH, N.J.H. Destructive exploitation of south american river turtle, In: Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers, **Oregon State University Press**, v. 36, n. 01, p. 28-102, 1974.

SMITH, N.J.H. Destructive exploitation of south american river turtle, In: Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers, **Oregon State University Press**, v. 36, n. 01, p. 28-102, 1974.

SOARES, P. Luciene, S. "Qualidade de Ovos Provenientes de Sistemas Convencional e Caipira. 2021. Dissertação (Mestrado em Zootecnia, área de concentração: Produção Animal). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ, Seropédica," (2021).2021, 58p.

SOARES, W.L., PORTO, M.F. Atividade Agrícola E Externalidade Ambiental: Uma Análise A Partir dDo Uso dDe Agrotóxicos No Cerrado Brasileiro. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 131-143, 2007.

SOKAL, Robert R.R., ROHLF, F.J. James. **The Principles And Practice Of Statistics In Biological Research. Biometry**. W.H. Freeman and CompanH. Freeman, 1995, 915p..

SOKOLOVA, Inna. Bioenergética na adaptação ambiental e tolerância ao estresse de ectotérmicos aquáticos: conectando fisiologia e ecologia em um cenário de múltiplos estressores. **Journal of Experimental Biology** , v. 224, n. Suppl\_1, p. jeb236802, 2021.

SOUZA -SOARES, L. A., SIEWERDT, F. **Aves e ovos**. Pelotas: UFPEL, 2005, .137 p.

SOUZA, C.S., TOLEDO BARRETO, S.L., VIEITES, F.M., CALDERANO, A.A., DE MORAES, G.H.K., ALMEIDA OLIVEIRA, M.G.SOUZA, Christiane Silva *et al.* Cálcio e fósforo na nutrição de codornas japonesas em postura. **Science and Animal Health**, v. 5, n. 3, p. 260-281, 2017.

SOUZA, J.D.O. **O empresariado e a ditadura militar (1964-1985) –aliança agrária na Amazônia**. 2022. Dissertação de Mestrado ((Mestrado em filosofia e ciências humanas). Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife, 2022, 116p.

SOUZA, J.D.O. **O empresariado e a ditadura militar (1964-1985) –aliança agrária na Amazônia**. 2022. Dissertação (mestrado em filosofia e ciências humanas). Universidade Federal de Pernambuco, 2022, 116p.

SOUZA, S. F. *et al.* Avaliação bromatológica de resíduos agroindustriais. **Archives of Veterinary Science**, v. 20, n. 4, 2015.

SPEAKE, B. K.; THOMPSON, M. B. Lipids of the eggs and neonates of oviparous reptiles. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A*, v. 123, p. 125-135, 199

Sperry, J. H., & Weatherhead, P. J. (2009). Does prey availability determine seasonal patterns of habitat selection in snakes? *Ecoscience*, 16, 476–483. (Pode ser substituída por referências mais específicas sobre vitelogenina, caso queira focar na bioquímica do ovo.)

SPERRY, Jinelle H.; WEATHERHEAD, Patrick J. Does prey availability determine seasonal patterns of habitat selection in Texas ratsnakes. **Journal of Herpetology**, v. 43, n. 1, p. 55-64, 2009.

Stark, A. A. P., Bonfada, C. O., da Silva Zani, G., de Paula, L. S., Teles, M. A., Junior, A. S. V., ... & França, R. T. Metais pesados e sua relação com o estresse oxidativo em répteis. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 3, p. e27511326571-e27511326571, 2022.

SURAI, P. F. **Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction**. Vol. 1. Nottingham: Nottingham University Press, v.1 cap. 9, p. 511-545, 2002.

TAVELLA, L. B.; SILVA, I. N.; FONTES, L. O.; DIAS, J. R. M.; SILVA, M. I. L. O Uso De Agrotóxicos na Agricultura e Suas Consequências Toxicológicas e Ambientais . **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 07, n. 02, p. 6-12, 2011.

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., & TEIXEIRA, W. G. **"Manual de métodos de análise de solo. Brasília, DF: Embrapa, ed. 3, 2017, 574p". (2017): 573.**

TEIXEIRA, P., MAINBOURG, E. M. T., BRASIL, M., BRASIL, Marília. Migração do povo indígena Sateré-Mawé em dois contextos urbanos distintos na Amazônia. **Caderno crh**, v. 22, n. 57, p. 531-546, 2009.

THOMPSON, Michael M.B., SPEAKE, Brian B.K. Energy and nutrient utilisation by embryonic reptiles. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 133, n. 3, p. 529-538, 2002.

Toni, L.R., Santana, H.D., & Zaia, D.A. Adsorção de glifosato sobre solos e minerais. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 829-833, 2006.

TONI, L.R., SANTANA, H.D., ZAIA, D.A. TONI. Adsorção de glifosato sobre solos e minerais. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 829-833, 2006.

TORRES, E.A., CAMPOS, N.C., DUARTE, M., GARBELOTTI, M.L., PHILIPPI, S.T., MINAZZI RODRIGUES, R.S. TORRES, Elizabeth AFS *et al.* Composição centesimal e valor calórico de alimentos de origem animal. **Food Science and Technology**, v. 20, n. 2, p. 145-150, 2000.

VALDES S.A.C. Avaliação da exposição a agrotóxicos em aves silvestres de vida livre. In: Von Matter S, Straube FC, Accordi I, Piacentini V, Cândido-JR. JF (Eds.) **Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e levantamento**. Rio de Janeiro: Technical Books Editora, p. 429-439, 2010.

VALENTE, F. L. S. **Direito humano à alimentação adequada: desafios e perspectivas**. São Paulo: Cortez, 2002. VALENTE F.L.S. **Direito Humano à Alimentação: desafios e conquistas**. São Paulo: Cortez, 2002, 272p.

VAN BRUGGEN, A.H.C., HE, M.M., SHIN, K., MAI, V., JEONG, K.C., FINCKH, M.R., MORRIS JR, J.G. Environmental and health effects of the herbicide glyphosate. **Science of the Total Environment**, v. 616, p. 255-268, 2018.

VAN DER OOST, R., BEYER, J., VERMEULEN, N.P. Van der Oost, R., Beyer, J., & Vermeulen, N. P. Fish Bioaccumulation and Biomarkers in Environmental Risk Assessment: A Review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 13, n. 2, p. 57-149, 2003.

VAN SOEST, P. J. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Agricultural Chemists**, v. 46, p. 829-835, 1963.

VAN SOEST, P. J., WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, v. 50, p. 50-55, 1967.

VENCATO, A. Z. **Anuário Brasileiro da Soja 2010**. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, 2016, 144p.

VERDADE, Luciano M., LAVORENTI, A., PACKER, I. U. Manejo reprodutivo do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em cativeiro. In: **Anais do 3o. Workshop sobre**

**Conservação e Manejo do Jacaré-de-Papo-Amarelo.** p. 143-151.1993.VERDADE, L.M., LAVORENTI, A., PACKER, I.U. Manejo reprodutivo do jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*) em cativeiro. In: WORKSHOP SOBRE CONSERVAÇÃO E MANEJO DO JACARÉ-DE-PAPO-AMARELO (*Caiman latirostris*), 1993, Piracicaba. **Anais.** Piracicaba: ESALQ/USP, n. 3, p. 143–151, 1993.

VIA CAMPESINA. **A soberania alimentar: um direito de todos.** 2011.

VIDAL, R.A., LAMEGO, F.P., TREZZI, M.M. Diagnóstico da resistência aos herbicidas em plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 24, p. 597-604, 2006

VOUTSAS, E., MAGOULAS, K., TASSIOS, D. Prediction of bioaccumulation of persistent organic pollutants in aquatic food chain. **Chemosphere**. v. 48, n. 07, p. 645-651, 2002.

WHO. Copper in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. Geneva: World Health Organization, 2004.

WILLETTE, D. A., TUCKER, J. K., JANZEN, F. J. Linking climate and physiology at the population level for a key life-history stage of turtles. **Canadian Journal of Zoology**, v. 83, n. 6, p. 845-850, 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Copper in **Drinking-water**. Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. 2004

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification:** 2009. Geneva: World Health Organization, 2010, 78 p.

YAMADA, Tsuioshi; CASTRO, PR de C. Efeitos do glifosato nas plantas: implicações fisiológicas e agronômicas. **Informações agronômicas**, v. 119, p. 1-32, 2007.

ZHANG, L., CHEN, L., MENG, Z., ZHANG, W., XU, X., WANG, Z., QUIN, Y., DENG, Y., LIU, R., ZHOU, Z., DIAO, J. Bioaccumulation, behavior changes and physiological disruptions with gender-dependent in lizards (*Eremias argus*) after exposure to glufosinate ammonium and l-glufosinate-ammonium. **Chemosphere**, v. 226, N. 01, p. 81–824, 2019.