UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

POTENCIAL NUTRICIONAL, TECNOLÓGICO E BIOATIVO DAS FARINHAS DE RESÍDUOS DO ABATE DE RÃS-TOURO (*Lithobates catesbeianus*)

Fabiano Queiroga da Silva

Bacharel em Engenharia Ambiental

Bananeiras
2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

POTENCIAL NUTRICIONAL, TECNOLÓGICO E BIOATIVO DAS FARINHAS DE RESÍDUOS DO ABATE DE RÃS-TOURO (*Lithobates catesbeianus*)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Tecnologia Agroalimentar do Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias, Campus III da UFPB, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia Agroalimentar.

Fabiano Queiroga da Silva

Orientadora: Profa. Dra Iris Braz da Silva Araújo

Bananeiras
2025

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586p Silva, Fabiano Queiroga da.
Potencial nutricional, tecnológico e bioativo das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro (Lithobates catesbeianus) / Fabiano Queiroga da Silva. - Bananeiras PB, 2025.
67 f. : il.

Orientação: Iris Braz da Silva Araújo.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. Atividade bioativa. 2. Propriedade tecnológica. 3. Atividade Emulsificante. 4. Rãs-touro. 5. Capacidade antioxidante. 6. Economia Circular. I. Araújo, Iris Braz da Silva. II. Título.

UFPB/CCHSA/BSMSV CDU 641 (043)

Elaborado por Maria Estela Alves Costa - CRB-15/1004

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: Potencial nutricional, tecnológico e bioativo das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro (*Lithobates catesbeainus*)

AUTOR: Fabiano Queiroga da Silva

Presidente: Íris Braz da Silva Araújo

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

gov.br Documento assinado digitalmente
IRIS BRAZ DA SILVA ARAUJO
Data: 01/09/2025 13:10:20-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Íris Braz da Silva Araújo
Presidente
Universidade Federal da Paraíba /UFPB

gov.br Documento assinado digitalmente
STHELIO BRAGA DA FONSECA
Data: 04/09/2025 15:58:18-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Sthelio Braga Fonseca
Examinador Interno ao Programa
Universidade Federal de Campina Grande/UFCG

gov.br Documento assinado digitalmente
EDILZA SILVA DO NASCIMENTO
Data: 02/09/2025 08:32:41-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Edilza Silva do Nascimento
Examinadora Externa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – IFBaiano

Bananeiras, 01 de setembro de 2025

INFORMAÇÕES CURRICULARES DO AUTOR

Fabiano Queiroga da Silva possui formação como Técnico em Agricultura, com habilitação em Agropecuária, pela antiga Escola Agrotécnica Federal de Sousa, concluída em 2003, e graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba, concluída em 2017. No campo profissional, atuou como Extensionista Rural I na Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária da Paraíba (EMPAER-PB), no período de 2007 a 2016. Desde 2016, tem atuado como Técnico em Agropecuária na Universidade Federal da Paraíba. Atualmente, está lotado no Laboratório de Ranicultura e Produtos da Aquicultura do CCHSA/CAVN, no município de Bananeiras (PB), onde exerce atividades relacionadas ao acompanhamento dos processos reprodutivos e de criação de rãs-touro, bem como ao abate e processamento da carne, o que justifica seu interesse pelos resíduos gerados nessa atividade

.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Agroalimentar (PPGTA) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) pela oportunidade de realização do curso de mestrado em Tecnologia Agroalimentar, bem como ao seu corpo docente e técnico, pelas orientações e ensinamentos.

Ao Laboratório de Ranicultura e Produtos da Aquicultura do CCHSA/UFPB, pela disponibilização de materiais para o estudo, bem como pela autorização para o uso de seus equipamentos durante o processamento e armazenamento das amostras.

Aos Laboratórios de Cromatografia e Espectrometria, de Físico-Química de Alimentos e de Nutrição Animal do CCHSA/UFPB, em especial às suas equipes técnicas, pela disponibilização de seus ambientes, reagentes e equipamentos, essenciais para a realização das análises.

À professora orientadora e aos docentes que participaram das bancas examinadoras de qualificação e de defesa da dissertação, pelas valiosas contribuições, correções e sugestões que contribuíram para o aprimoramento do projeto de pesquisa e deste trabalho.

Por fim, a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta pesquisa.

Meu muito obrigado!

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
2 REVISÃO DA LITERATURA 14
2.1 Economia circular na aquicultura 14
2.2 Dados sobre a ranicultura no Brasil e no Mundo 15
2.3 Resíduos do abate de rãs 17
2.4 Avaliação de métodos e parâmetros para produção de farinhas de pescados 18
2.5 Estudos sobre o uso de farinhas de rãs 19
2.6 Estudos sobre a composição de aminoácidos nas proteínas de rãs 20
2.7 Estudos sobre os lipídeos de rãs 21
3 MATERIAL E MÉTODOS 25
3.1 Obtenção das matérias-primas 25
3.2 Delineamento do estudo 25
3.3 Preparação das farinhas 26
3.4 Determinação da composição centesimal das farinhas 28
3.5 Determinação do nitrogênio básico volátil total (N-BVT) das farinhas 28
3.6 Análise do perfil de ácidos graxos das farinhas 29
3.7 Análise da composição mineral das farinhas 30
3.8 Desengorduramento das farinhas 31
3.9 Análise de proteínas das farinhas desengorduradas 31
3.10 Atividades antioxidantes das farinhas desengorduradas 31
3.10.1 Atividade de eliminação do radical $ABTS^{+}$ 32
3.10.2 Atividade de redução de ferro - FRAP 32
3.10.3 Habilidade quelante 33
3.11 Propriedades tecnológicas das farinhas desengorduradas 33
3.11.1 Solubilidade 33
3.11.2 Índice de atividade emulsificante 34

3.11.3 Capacidade de absorção de água e óleo 34
3.12 Análise dos dados 35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 36
4.1 Análise do processo de secagem dos resíduos 36
4.2 Composição centesimal das farinhas 39
4.3 Nitrogênio Básico Volátil Total – N-BVT das farinhas 40
4.4 Perfil de ácidos graxos das farinhas 42
4.5 Composição de minerais das farinhas 46
4.6 Farinhas desengorduradas dos resíduos de abate de rãs 48
4.7 Capacidade antioxidante das farinhas desengorduradas 49
4.8 Propriedades tecnológicas das farinhas desengorduradas 51
4.8.1 Solubilidade das proteínas 51
4.8.2 Índices de atividade e estabilidade emulsificantes 53
4.8.3 Absorção de água e óleo 54
5 CONCLUSÃO 57
REFERÊNCIAS 58

RESUMO

SILVA, F. Q. **POTENCIAL NUTRICIONAL, TECNOLÓGICO E BIOATIVO DAS FARINHAS DE RESÍDUOS DO ABATE DE RÃS-TOURO (*Lithobates catesbeianus*).** Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Tecnologia Agroalimentar. Universidade Federal da Paraíba, 68 p. Bananeiras/PB, 2025.

A carne de rã-touro ainda é considerada uma matéria-prima exótica, e consequentemente, os resíduos provenientes do abate desses animais, compostos principalmente por cabeças, pontas das patas e vísceras, ainda são negligenciados e, eventualmente, lançados no meio ambiente. Entretanto, a literatura sugere que esses resíduos podem apresentar características nutricionais, bioativas e tecnológicas que os valorizem dentro da cadeia produtiva da ranicultura. Diante deste contexto, objetivou-se avaliar o potencial nutricional, tecnológico e bioativo das farinhas de cabeças, pontas das patas e vísceras. Os resíduos foram submetidos a um processo de secagem a 60° C, durante 10 horas, e, em seguida, foram triturados. As farinhas obtidas foram analisadas quanto à sua composição química, avaliação da capacidade antioxidante e de propriedades tecnológicas. As farinhas das patas apresentaram 59,1% de proteína, resultado significativamente maior em relação às farinhas de cabeça (54,5%) e vísceras (53,06%). As farinhas obtidas das vísceras se destacaram pelo maior teor de lipídeos (24,3%), enquanto as farinhas de cabeças e patas possuíam maior teor de cinzas (23,9%). Os lipídeos presentes nas farinhas apresentaram um perfil rico em ácidos graxos insaturados e seus índices de qualidade, como os Índices de Aterogenicidade e Trombogenicidade evidenciaram que seu consumo podia trazer efeitos positivos na prevenção de doenças cardiovasculares. As farinhas obtidas de cabeças apresentaram as melhores atividades bioativas, principalmente quanto à habilidade quelante do ferro. Além disso, suas proteínas foram as mais solúveis em diferentes níveis de pH. As farinhas de vísceras apresentaram maior capacidade de absorção de água e atividades emulsificantes, enquanto a farinha de patas possuía alta capacidade de absorção de óleo. De modo geral, todas as farinhas de resíduos do abate de rãs-touro, apresentaram algum destaque quanto ao potencial nutricional, bioativo ou tecnológico que podem chamar a atenção da indústria alimentícia para sua aplicação em produtos e, até mesmo, de futuras pesquisas com interesse neste tipo de proteína.

Palavras-chave: Atividade bioativa; Propriedade tecnológica; Atividade Emulsificante; Rãs-touro; Capacidade antioxidante; Economia Circular.

ABSTRACT

SILVA, F. Q. **NUTRITIONAL, TECHNOLOGICAL AND BIOACTIVE POTENTIAL OF BULLFROG (*Lithobates catesbeianus*) SLAUGHTER WASTE MEALS.** Master's dissertation. Postgraduate Program in Agrifood Technology. Federal University of Paraíba, 68 p. Bananeiras/PB, 2025.

Bullfrog meat is still considered an exotic raw material, and consequently, the by-products generated from the slaughter of these animals—primarily consisting of heads, leg tips, and viscera—are often neglected and occasionally discarded into the environment. However, the literature suggests that these by-products may exhibit nutritional, bioactive, and technological properties that could add value within the frog farming production chain. In this context, the present study aimed to evaluate the nutritional, technological, and bioactive potential of flours produced from bullfrog heads, leg tips, and viscera. The by-products were subjected to a drying process at 60 °C for 10 hours and subsequently ground into flour. The resulting flours were analyzed for their chemical composition, antioxidant capacity, and technological properties. Leg tip flour exhibited the highest protein content (59.1%), which was significantly higher than that observed in head (54.5%) and viscera (53.06%) flours. Viscera flour stood out due to its higher lipid content (24.3%), while head and leg tip flours showed higher ash content (23.9%). The lipid fraction of the flours presented a profile rich in unsaturated fatty acids, and quality indices such as the Atherogenicity Index and Thrombogenicity Index indicated potential beneficial effects in the prevention of cardiovascular diseases. Head flour demonstrated the most prominent bioactive properties, particularly regarding iron-chelating ability. In addition, its proteins exhibited higher solubility across different pH levels. Viscera flour showed greater water absorption capacity and emulsifying properties, whereas leg tip flour presented high oil absorption capacity. Overall, all flours derived from bullfrog slaughter by-products exhibited notable nutritional, bioactive, or technological potential, highlighting their applicability in the food industry and encouraging further research on this type of protein source.

Keywords: Bioactive activity; Technological property; Emulsifying activity; Bullfrogs; Antioxidant capacity; Circular economy.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Percentual de massa das vísceras em relação ao peso vivo.....18
Tabela 2. Principais aminoácidos na composição de proteínas de rãs.....20
Tabela 3. Perfil de ácidos graxos dos lipídeos obtidos de diferentes partes das rãs-touro 23
Tabela 4. Coeficientes da equação de regressão para curva de secagem dos resíduos do abate de rãs-touro 37
Tabela 5. Composição centesimal das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro. 39
Tabela 6. Valores de NBVT das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro 40
Tabela 7. Perfil de ácidos graxos das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro...42
Tabela 8. Índices de qualidade lipídica das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro.... 45
Tabela 9. Teores de minerais das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro 46
Tabela 10. Coeficiente de correlação de Pearson (**p<0,05**) para os minerais e cinzas.. 48
Tabela 11. Teor de proteínas das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro 49
Tabela 12. Capacidades antioxidantes das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro 50
Tabela 13. Solubilidade das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro em diferentes pHs. 52
Tabela 14. Índices de atividade e estabilidade emulsificante das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro 53
Tabela 15. Capacidade de absorção de água e óleo das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro 55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Amostras de resíduos do abate de rãs-touro 25
Figura 2. Resumo das etapas e análises realizadas durante o estudo 26
Figura 3. Preparo e secagem dos resíduos.....27
Figura 4. Farinhas de resíduos do abate de rãs-touro.....28
Figura 5. Curvas de secagem dos resíduos do abate de rãs-touro 36
Figura 6. Representação das taxas de secagem dos resíduos do abate de rãs-touro.. 37
Figura 7. Farinhas de resíduos do abate de rãs-touro antes (**A**) e depois (**B**) do processo de desengorduramento.....49
Figura 8. Solubilidade das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro em diferentes pHs. 52

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional humano e o aumento da renda individual em muitos países estão intensificando o consumo global de alimentos, com destaque para a aquicultura que, nos últimos anos, representou o setor de produção com maior taxa de crescimento no mundo. Neste cenário, a ranicultura tem atraído a atenção de consumidores cada vez mais preocupados com a saúde, devido às características nutricionais da carne de rã que possui baixo percentual de lipídios e alta qualidade das proteínas. Dentre as espécies de rãs cultivadas no mundo, a rã-touro norte-americana (*Lithobates catesbeianus*) representa cerca de 88% desta produção (Ribeiro e Toledo, 2022).

Na atividade produtiva da ranicultura, uma quantidade significativa de resíduos dos abatedouros ainda é eventualmente lançada no meio ambiente, gerando poluição e negligenciando a qualidade nutricional destes materiais (Seixas Filho *et al*., 2020). Os resíduos do abate de rãs-touro são compostos principalmente por cabeças, pontas das patas e vísceras que juntas correspondem a cerca de 30% do peso vivo do animal (Ayres *et al*., 2015). Alguns estudos têm apontado para a qualidade nutricional e tecnológica de farinhas obtidas com resíduos e subprodutos de rãs (Tokur *et al*., 2008; Haddad *et al*., 2022), além de propriedades bioativas, principalmente antioxidantes (Dongmulati *et al*., 2025; Zhang *et al*., 2018). Portanto, o estudo dos resíduos do abate de rãs-touro pode evidenciar características que os valorizem como ingredientes para uso na indústria alimentícia ou de rações, evitando seu descarte no meio ambiente e contribuindo para um dos objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS), mais especificamente quanto ao objetivo de nº 12, que trata do consumo e produção responsáveis, prevenindo a geração de resíduos (United Nations, 2023).

Diante disso, um conhecimento mais amplo sobre esses resíduos pode proporcionar novas possibilidades de uso e elevar seu valor dentro da cadeia produtiva, fazendo com que a indústria alimentícia passe a tratar estes materiais como produtos, inserindo este estudo na conjuntura da economia circular que, segundo Cozzolino *et al*. (2025), está relacionada com uma abordagem de gestão sustentável dos resíduos, através da valorização de subprodutos que seriam descartados.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Economia circular na aquicultura*

No Brasil, o Decreto n° 12.082/2024 institui a estratégia nacional de economia circular (EC) que busca conduzir a atividade econômica para uma gestão circular dos recursos, baseando-se no princípio da não geração dos resíduos (Brasil, 2024).

Dentre as orientações da União Europeia (UE) para uma aquicultura mais sustentável, está a aplicação da EC, incluindo o uso de resíduos (UE, 2021). Segundo Cooney *et al*. (2023), na abordagem da EC, alguns resíduos da pesca e aquicultura podem ser transformados em novos ingredientes alimentícios funcionais, colaborando para melhorar a saúde dos consumidores.

Cozzolino *et al*. (2025) observaram que, embora as pesquisas apoiem o uso de subprodutos em alimentos e biotecnologia, na aquicultura estes materiais ainda são reutilizados principalmente como ração e fertilizantes para atender às necessidades de curto prazo, portanto, um alinhamento das pesquisas com as práticas industriais, pode incentivar uma adoção mais ampla dos princípios da EC e abrir novas oportunidades de mercado para subprodutos como materiais de base biológica ou ingredientes para alimentos humanos e nutracêuticos.

A preparação de rações, sobretudo para pescados, tem sido até o momento, o foco principal dos esforços para utilização dos resíduos da aquicultura. Por outro lado, há uma demanda crescente por produtos de alto valor bioeconômico, sobretudo com atividades antioxidantes, antimicrobianas, anticancerígenas, anti-hipertensivas, antidiabéticas e anticoagulantes, que podem ser extraídos dos resíduos dos pescados, tais como óleos e peptídeos bioativos. Portanto a possibilidade de identificar um novo uso para os resíduos do processamento de pescados é cada vez mais sublinhada, principalmente para o enriquecimento de alimentos (Masi *et al*., 2024).

Sendo assim, este estudo pode contribuir para um dos princípios fundamentais da EC, ao evidenciar propriedades das farinhas de resíduos de rãs que demonstrem seu valor para a indústria alimentícia, bem como para toda a cadeia de processamento de pescados.

2.2 *Dados sobre a ranicultura no Brasil e no Mundo*

O Brasil tem se destacado por ser um dos principais difusores de tecnologias para criação de rãs-touro em cativeiro, pois desde a década de 1980, pesquisadores têm desenvolvido novas tecnologias de produção (Pahor-Filho *et al*., 2019). Os dados de produção brasileira são geralmente divulgados em relatórios internacionais que mostraram uma produção de cerca de 200 toneladas em 2018 (FAO, 2020), porém Ribeiro e Toledo (2022) evidenciaram que estes dados podem estar subestimados, já que em 2019 diagnosticaram uma produção de 390,6 toneladas brutas de peso vivo em aproximadamente metade das fazendas ativas, logo apontaram que o Brasil, provavelmente, produziu 798,6 toneladas de peso vivo naquele ano, considerando todas as fazendas ativas do país, apesar disso, a produção de rãs-touro no Brasil ainda é considerada baixa, principalmente quando comparada com dados da China, cuja estimativa foi de 1.643 toneladas em 2018, segundo a FAO (2020).

Estudos sobre a situação das condições de abate e processamento de rãs têm destacado que a maioria dos produtores brasileiros ainda realiza o abate em suas propriedades de forma artesanal, sem qualquer tipo de selo ou fiscalização (Esteves *et al*., 2023; Ribeiro e Toledo, 2022). De modo geral, as carcaças obtidas após o processo de abate representam cerca de 50% do peso vivo do animal, sendo compostas por coxas que têm alto valor comercial e pelo tronco que recebe menor valor por conter uma quantidade relativamente grande de ossos (Ayres *et al*., 2015).

Auliya *et al*. (2023) relataram que os dados de produção e comércio de rãs são de baixa confiabilidade, sendo espalhados em diferentes bancos de dados não conectados, a exemplo do Fundo das Nações Unidas para Alimentação (FAO), da plataforma EUROSTAT ou informações/serviços que só podem ser obtidos/fornecidos por meio de pagamento, além disso, não há uma identificação precisa sobre as espécies de rãs comercializadas globalmente.

As últimas estatísticas, compiladas pela FAO (2022), mostraram que a produção mundial de rãs, considerando todas as espécies exploradas, saltou de 79,6 mil toneladas em 2010 para 147,8 mil toneladas em 2020, ou seja, uma taxa de crescimento de 86% nesse período. Já a produção da espécie *Lithobates catesbeianus*, segundo dados publicados pela FAO (2020), obteve um aumento de

produção de 1.839 para 3.226 toneladas, entre 2009 e 2018, correspondendo a uma taxa de crescimento de 75% nesse período. Estes dados também permitem inferir que a produção de rãs-touro (*Lithobates catesbeianus*) ainda representava cerca de 2% da ranicultura mundial, sendo que os países asiáticos, com destaque para a China, Taiwan, Singapura e Malásia, são os maiores produtores, já no continente americano, o Brasil, Equador e México possuem as maiores produções.

A coleta predatória de rãs na natureza, associada com efeitos adversos das mudanças climáticas, perda de habitat e contaminação ambiental, tem ocasionado reduções populacionais significativas desses animais, podendo resultar em risco de extinção dessas espécies nos próximos anos, principalmente de rãs comestíveis. Isto poderá afetar mercados importadores de rãs, como os Estados Unidos e União Europeia (Çiçek *et al*., 2021). Logo, haverá uma demanda cada vez maior por carnes de rãs produzidas em cativeiro. Neste contexto, Pahor-Filho *et al*. (2019) destacaram que o Brasil possui um forte potencial para aumentar significativamente a produção desses animais, pois possui clima favorável e água em abundância. A espécie *Lithobates catesbeianus* é apontada por Ribeiro e Toledo (2022), como o anfíbio mais cultivado em cativeiro no Brasil e no mundo, devido à sua facilidade de manuseio, rápido crescimento, prolificidade, grande tamanho e pernas carnudas.

A União Europeia (UE) continua sendo o maior importador de pernas de rãs, oriundas do abate de animais que, em sua maioria, ainda são capturados na natureza, tendo como principais fornecedores a Indonésia e Vietnã, onde não há dados sobre controle sustentável desta produção. Entre 2010 e 2019, as importações totais de pernas de rãs para a UE totalizaram 40,7 mil toneladas. As estatísticas alfandegárias francesas evidenciam que, neste mesmo período, a França importou 30 mil toneladas de pernas de rã frescas, refrigeradas ou congeladas. As espécies envolvidas nesse comércio internacional são representadas principalmente por membros da família Dicroglossidae (*Fejervarya* e *Limnonectes*), sendo que quatro espécies dominam este mercado (*Fejervarya cancrivora*, *Fejervarya limnocharis*, *Limnonectes macrodon* e *Lithobates catesbeianus*). Dessas, apenas a *Lithobates catesbeianus* é realmente cultivada em fazendas e as outras são capturadas de forma predatória na natureza, ocasionando seu declínio populacional (Auliya *et al*., 2023).

É importante salientar que, devido aos problemas de sustentabilidade causados pela remoção de espécies de rãs dos seus ecossistemas, os estudos têm sugerido um maior foco na criação comercial de rãs, principalmente da *Lithobates catesbeianus* que se destaca por ser a espécie mais difundida no mundo, tendo sido introduzida para fins de agricultura comercial em mais de 40 países. No entanto, ainda faltam medidas que imponham restrições à importação de espécies capturadas na natureza, principalmente pelo mercado europeu (Auliya *et al*., 2023).

2.3 *Resíduos do abate de rãs*

Os resíduos de abate consistem na porção de um animal abatido que não pode ser vendida como carne ou usada em produtos cárneos. Geralmente incluem ossos, tendões, pele, o conteúdo do trato gastrointestinal, sangue e órgãos internos, podendo variar de acordo com cada tipo de animal. Esses resíduos possuem potencial para reciclagem ou para conversão em produtos úteis de maior valor agregado (Jayathilakan *et al*., 2012).

No abate de rãs-touro, Ayres *et al*. (2015) classificaram as cabeças, as patas, as vísceras e a pele como resíduos, mesmo assim, citaram a possibilidade de uso da pele pela indústria têxtil ou farmacêutica, bem como o uso da gordura para extração de óleo. Haddad *et al*. (2022) mostraram as potencialidades nutricionais e tecnológicas da pele de rãs-touro para aplicação na indústria alimentícia, já com relação ao fígado, Magalhães *et al*. (2023) evidenciaram sua viabilidade de uso como aditivo de produtos cárneos para consumo humano. Diante do exposto, tanto a pele, quanto a gordura e o fígado são objetos de estudos que evidenciam seu potencial para uso pela indústria, no entanto, as cabeças, as patas e as vísceras (sem fígado e gordura) devem ser mais bem estudadas para revelar suas propriedades nutricionais, tecnológicas e bioativas.

Para rãs-touro abatidas com peso vivo entre 201 e 250 gramas, as cabeças, pontas das patas e vísceras (sem corpo adiposo e fígado) podem representar cerca de 29,6 % do peso vivo (**Tabela 1**) (Ayres *et al*., 2015).

Tabela 1. Percentual de massa das vísceras em relação ao peso vivo

	Cabeças	Patas	Vísceras*	Total
% do peso vivo (rãs com 201 – 250 g)	9,6 %	8,7 %	11,3%	29,6%

* Sem fígado e corpo adiposo. **Fonte**: Adaptado de Ayres *et al.* (2015)

Com relação à aplicação direta dos resíduos do abate de rãs em alimentos, Leigue *et al*. (2024) desenvolveram biscoitos para cães adultos utilizando as vísceras de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*). Quando comparada com outras rações comerciais, os biscoitos dessas vísceras foram aceitos no primeiro e segundo fornecimento, demonstrando que o odor do produto era agradável. Além disso, do ponto de vista microbiológico, os biscoitos estavam em conformidade com a legislação internacional, não oferecendo perigo aos cães.

2.4 *Métodos e parâmetros para produção de farinhas de pescados*

Um dos métodos para produzir farinhas de pescados, a partir de seus resíduos, inicia-se com a cocção por água fervente ou aplicação de vapor, normalmente por 10 a 20 minutos com temperatura entre 90 e 100 °C, seguido por secagem e moagem, porém, a cocção desnatura as proteínas, libera gorduras intracelulares e potencializa a oxidação lipídica. Por esses motivos, a produção das farinhas de subprodutos do pescado, sem que haja tratamento térmico prévio, pode proporcionar maior teor de proteínas, maior retenção de lipídeos e melhor estabilidade das farinhas (Toyes-Vargas *et al*., 2016).

Outro parâmetro importante é a temperatura de secagem, já que o aquecimento pode desnaturar as proteínas, afetando negativamente suas propriedades funcionais, apesar disso, temperaturas mais baixas, em torno de 50 °C, podem não ser suficientes para minimizar a proliferação de microrganismos durante a secagem, resultando em farinhas com níveis mais altos de contaminação microbiológica (Jayawardena *et al*., 2022). Já temperaturas da ordem de 60 °C podem ser mais eficazes em reduzir a contaminação microbiana (Mewa *et al*., 2018). Estudos, como o de Tarhouni *et al*. (2019) mostraram que a secagem de sardinhas a 60 °C, sem tratamento térmico prévio, proporcionava menores níveis de oxidação lipídica e de N-BVT, sem comprometer sua qualidade microbiológica.

Portanto, há evidências de que a qualidade das farinhas de pescados é melhor quando as matérias-primas não passam por tratamento térmico prévio

(Toyes-Vargas *et al*., 2016; Tarhouni *et al*., 2019; Son *et al.,* 2023) e são secas a uma temperatura de 60 °C (Mewa *et al*., 2018; Tarhouni *et al*., 2019).

2.5 *Estudos sobre o uso de farinhas de rãs*

Uma das alternativas para o processamento dos resíduos de abate de rãs seria a produção de farinhas que, neste caso, são classificadas como farinhas de pescado, pois segundo o Artigo 205, do Decreto nº 9.013 (Brasil, 2017), os anfíbios usados para alimentação humana também são classificados como pescados.

A farinha produzida a partir da carcaça de rã-touro (carne e ossos) possui baixos índices de gordura e alta concentração de proteína, aproximadamente 60%, além disso, os minerais podem representar até ¼ da sua composição (Seixas Filho *et al*., 2020).

Tokur *et al.* (2008) estudaram a farinha de resíduos do abate de rãs da espécie *Rana esculenta*, avaliando sua composição nutricional, qualidade química e microbiológica. No estudo, os resíduos que incluíam: cabeças, vísceras, pele e parte superior da carcaça; foram misturados para produção de uma única farinha. A análise da composição centesimal obteve os seguintes resultados para teor de umidade, proteína bruta, gordura e cinzas: 15,4 ± 0,2%, 58,1 ± 0,8%, 14,5 ± 0,0% e 11,2 ± 0,2%, respectivamente. A farinha foi apontada como uma fonte rica em minerais, lipídeos e proteínas de alta qualidade para uso na indústria alimentícia.

Com relação às aplicações tecnológicas, o estudo de Haddad *et al*. (2022) concluíram que do ponto de vista das propriedades funcionais, as farinhas produzidas com diferentes partes das rãs-touro (carcaças inteiras, músculo da perna e pele) apresentaram propriedades de absorção de óleo superiores aos produtos amplamente utilizados com esta função, a exemplo do trigo, o que é uma característica relevante, pois as gorduras atuam como retentores de sabor, agentes de consistência e intensificadores de sensação na boca. A capacidade emulsificante das farinhas de rãs-touro foi superior aos valores relatados para farinhas de outras espécies de rãs e até mesmo de trigo e de batata. Por fim, o estudo concluiu que todas as farinhas tinham potencial para uso pela indústria alimentícia, tais como: agentes de emulsão e ingredientes de absorção de água e óleo; indicando que farinhas a base de rãs-touro podem ser de interesse para processos industriais,

sendo utilizadas como aditivos ou ingredientes. Um estudo com isolados proteicos de ovos de rãs da espécie *Rana chensinensis*, realizado por Zhang *et al*. (2022), mostrou que quando passam por processo de deslipidificação e glicosação seu índice de atividade emulsificante pode atingir valores superiores a 150 m^2/g, sendo um potencial ingrediente para encapsulamento de substâncias hidrofóbicas.

Na medicina chinesa, farinhas de rãs secas ao sol, mais especificamente da espécie *Rana ridibunda* Pallas, são consideradas medicinais com várias aplicações. Essas propriedades estão relacionadas principalmente com suas proteínas solúveis, cujo peso molecular varia de 4,1-66 kDa, expressando boas capacidades de eliminação de radicais $DPPH^{\cdot}$, $ABTS^{+\cdot}$ e hidroxila (Dongmulati *et al*., 2025). Farinhas de partes específicas das vísceras de rãs, como o oviduto seco da espécie *Rana chensinensis* também são utilizados na medicina tradicional chinesa há centenas de anos. As proteínas solúveis dessas farinhas foram avaliadas quanto à atividade antioxidante *in vitro* e *in vivo*, evidenciando que exercem capacidade de eliminação contra radicais de hidroxila, DPPH e ânion superóxido, bem como poder de redução de íons férricos, cujas atividades aumentam com a concentração de proteína no extrato. Quando consumidas por camundongos com estresse oxidativo induzido por etanol, as farinhas proporcionaram elevada atividade antioxidante e efeito antifadiga nestes animais (Zhang *et al*., 2018).

2.6 *Estudos sobre a composição de aminoácidos nas proteínas de rãs*

Na **Tabela 2** são mostrados, em ordem de proporção, os quatro principais aminoácidos na composição das proteínas de rãs-touro e de outras espécies.

Tabela 2. Principais aminoácidos na composição de proteínas de rãs.

Espécie		*Lithobates catesbeianus*		*Xenopus laevis*	*Rana ridibunda*	*Rana esculenta*
Referência		Haddad *et al.* (2022)	Zhu *et al.* (2021)	Brenes-Soto *et al.* (2019)	Cagiltay *et al.* (2014)	Tokur *et al.* (2008)
Parte do animal		*Corpo inteiro*	*Coxas*	*Corpo inteiro*	*Corpo inteiro*	*Cabeças, vísceras e dorso*
Ordem	1°	Ácido glutâmico	Ácido glutâmico	Ácido glutâmico	Ácido glutâmico	Ácido glutâmico
	2°	Prolina	Lisina	Ácido aspártico	Ácido aspártico	Glicina
	3°	Fenilalanina	Ácido aspártico	Glicina	Lisina	Prolina
	4°	Lisina	Leucina	Lisina	Leucina	Ácido aspártico

Fonte: Adaptado de Haddad *et al*. (2022), Zhu *et al*. (2021), Brenes-Soto *et al*. (2019), Cagiltay *et al*. (2014) e Tokur *et al*. (2008)

Em todos os estudos, o ácido glutâmico aparece como o principal aminoácido das proteínas de rãs, além disso, merecem destaque o ácido aspártico, prolina, lisina, glicina e leucina, pois aparecem em proporções significativas em mais de um estudo.

Zhang *et al*. (2018) também apontaram para a presença, em quantidades significativas, de grupos de aminoácidos com atividades antioxidantes em proteínas obtidas de partes das vísceras de rãs, tais como o ácido glutâmico e o ácido aspártico que possuem radicais capazes de fornecer hidrogênio ativo para destruir radicais livres em meio líquido. Além disso, Haddad *et al*. (2022) destacaram que o ácido glutâmico é mais significativo em proteínas de rãs-touro, quando comparado com as proteínas de outras espécies de rãs.

2.7 *Estudos sobre os lipídeos de rãs*

Alguns estudos mostram que as farinhas de rãs, cuja matéria-prima inclui o conteúdo visceral desses animais são ricas em gorduras (Tokur *et al*., 2007; Haddad *et al*., 2022). Daí a importância de apresentar resultados de estudos que avaliam suas propriedades e composição.

Por ser uma fonte natural de lipídeos, os óleos de rãs têm recebido ampla atenção por seu valor nutricional e valor medicinal. Análises de proporções de ácidos graxos têm mostrado que são compostos principalmente por ácido oleico e ácido linoleico, sendo ricos em lipídeos do tipo DAG (diacilglicerol) que, comprovadamente, são capazes de reduzir os níveis de gordura do sangue e combatem a obesidade. Quando foram comparados com o consumo de óleo de soja em dietas, os óleos de rãs proporcionaram redução do acúmulo de lipídeos e do conteúdo de malonaldeído no organismo, bem como melhoraram a sua função mitocondrial (He *et al*., 2024).

O óleo de rã-touro também é reconhecido por possuir atividade antimicrobiana, provavelmente devido à presença em maior proporção de ésteres de ácido oleico e palmítico, agindo contra a maioria das linhagens de levedura por sua atividade inibitória da formação de biofilmes que prejudicam as etapas de adesão microbiana às superfícies, bem como a secreção da matriz exopolimérica que confere resistência às bactérias. Este mesmo efeito também foi observado para a

maioria das espécies de *Candida* que são responsáveis por cerca de 80% das infecções fúngicas no ambiente hospitalar (Alencar *et al*., 2015). Nesta perspectiva, Moreira-Oliveira *et al*. (2018) estudaram a aplicação do óleo de rã-touro na forma de uma emulsão e constatou que foi capaz de inibir o crescimento de distintas cepas de *Candida spp*.

A atividade antimicrobiana do óleo de rã-touro já havia sido evidenciada por Silva *et al*. (2011) quando fizeram uma abordagem comparativa com outros nove tipos de óleos e gorduras de origem vegetal (canola, dendê, girassol, oliva e soja) e animal (peixe, leite bovino, carne suína e bovina), constatando que o óleo de rã foi o único com atividade antimicrobiana contra bactérias Gram-positivas, Gram-negativas e leveduras (*Candida spp.*), além de ter apresentado as menores concentrações inibitórias ($mg.L^{-1}$) para esses microrganismos.

O potencial farmacológico do óleo de rã-touro já é reconhecido e utilizado na medicina popular para o tratamento de várias doenças (Amaral-Machado *et al.,* 2016). Em sua composição foi encontrada uma proporção significativa, cerca de 3,7%, de iso-alocolato de etila ($C_{26}H_{44}O_5$) que é um composto esteroidal bioativo com propriedades antitumorais, anti-inflamatórias e antiasmáticas. Estudos *in vitro* evidenciaram seu efeito citotóxico, sem causar danos ao DNA, contra células de melanoma humano, que é o tipo de câncer de pele mais agressivo e letal (Amaral-Machado *et al.,* 2019).

A atividade anti-inflamatória, além de ser de conhecimento popular, também foi comprovada por Barbosa *et al*. (2020) no tratamento de edemas induzidos, em ratos *in vivo*. O óleo de rã-touro, em todas as concentrações testadas, produziu efeito anti-inflamatório na primeira hora após o estímulo do inflamógeno, com inibição que chegou a 100% quando a dose aplicada foi de 200 mg/kg, além disso, não apresentou citotoxicidade em testes *in vitro* na atividade de enzimas mitocondriais de células macrófagas.

Com relação ao perfil de ácidos graxos das gorduras de rãs-touro, alguns estudos foram realizados e mostraram concentrações ou proporções descritas na **Tabela 3**.

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos dos lipídeos obtidos de diferentes partes das rãs-touro.

Referência	Haddad *et al. (2022)*		He *et al*. (2024)
Unidade	*g/100g de gordura*		% de área
Amostra	Animal inteiro	Pele	Corpo adiposo
C12:0	0,15 ± 0,07	0,00	
C14:0	3,86 ± 0,23	0,00	2,07±0,10
C15:0	-		
C15:0	0,48 ± 0,06	1,71 ± 1,31	
C16:0	22,09 ± 2,17	23,02 ± 0,22	20,80±1,04
C16:1 n7	12,25 ± 1,47		8,62±0,54
C16:1 n9	0,53 ± 0,22		
C17:0	-		0,51±0,02
C17:1			0,57±0,03
C18:0	5,12 ± 0,13	6,96 ± 0,29	
C18:1 n7			
C18:1 n9	26,43 ± 1,87	30,43 ± 0,44	47,15±2,36
C18:2 n5	14,53 ± 1,02	0,00	16,86±1,07
C18:2 n6	0,49 ± 0,09	19,64 ± 0,11	
C18:3 n3			1,39±0,07
C18:3 n6		0,00	
C20:1 n9	1,69 ± 0,33	0,00 ± 0,00	0,25±0,01
C20:2 n6	-		
C20:2 n9	0,41 ± 0,27	0,00 ± 0,00	
C20:3 n6			
C20:3 n7	0,27 ± 0,00	0,00 ± 0,00	
C20:4 n3			
C20:4 n6	5,43 ± 0,43	3,54 ± 0,29	0,28±0,01
C20:5 n3	0,17 ± 0,09	5,36 ± 0,31	
C20:6 n3	4,54 ± 0,22	4,47 ± 0,23	
C21:0	-		0,25±0,01
C22:0	-		0,15±0,01
C22:1 n9			0,46±0,02
C22:6 n3			1,59±0,08
∑SFAs	33,38 ± 1,47	31,68 ± 1,36	23,78±1,20
∑MUFAs	27,40 ± 2,08	33,01 ± 0,15	57,05±2,85
∑PUFAs	39,21 ± 0,62	35,31 ± 1,21	20,16±1,02

Fonte: Adaptado de Haddad *et al.* (2022) e He *et al*. (2024).

É importante destacar que o perfil de ácidos graxos das rãs depende da sua alimentação, devido à capacidade desses animais de refletir a composição lipídica da sua dieta, logo, não é possível estabelecer um padrão de perfil de ácidos graxos para as rãs, devido às diversas formulações de rações que esses animais podem estar consumindo nos sistemas de criação comerciais espalhados pelo mundo (Fonseca-Madrigal *et al*., 2023). Mesmo assim, de modo geral, observa-se na **Tabela 3** que os ácidos graxos insaturados representam uma maior proporção em relação aos saturados, atingindo 68,32 g/100g de gordura na pele de rãs-touro e um percentual de área de 77,21% para o corpo adiposo. Além disso, o ácido palmítico (C16:0) representa 73% da composição dos ácidos graxos saturados para a pele e atinge 87% no óleo de rã-touro. Já dentre os ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados o ácido oleico (C18:1) e o ácido linoleico (C18:2), respectivamente, são os principais constituintes (Haddad *et al.,* 2022, He *et al*., 2024), fazendo com que o C16:0, C18:1 e C18:2 representem, juntos, os três principais ácidos graxos da rã-touro.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 *Obtenção das matérias-primas*

Os resíduos do abate das rãs-touro foram obtidos no abatedouro do Laboratório de Ranicultura e Produtos da Aquicultura da Universidade Federal da Paraíba, oriundos do abate de rãs com peso médio entre 200 e 250 gramas, tendo sido separados nas seguintes categorias (**Figura 1**):

- Cabeças;
- Pontas das patas; e
- Vísceras, sem fígado e sem corpo gorduroso.

Figura 1. Amostras de resíduos do abate de rãs-touro

A) cabeças; ***B)*** pontas das patas e ***C)*** vísceras sem fígado e corpo gorduroso. **Fonte:** Elaboração própria, (2025).

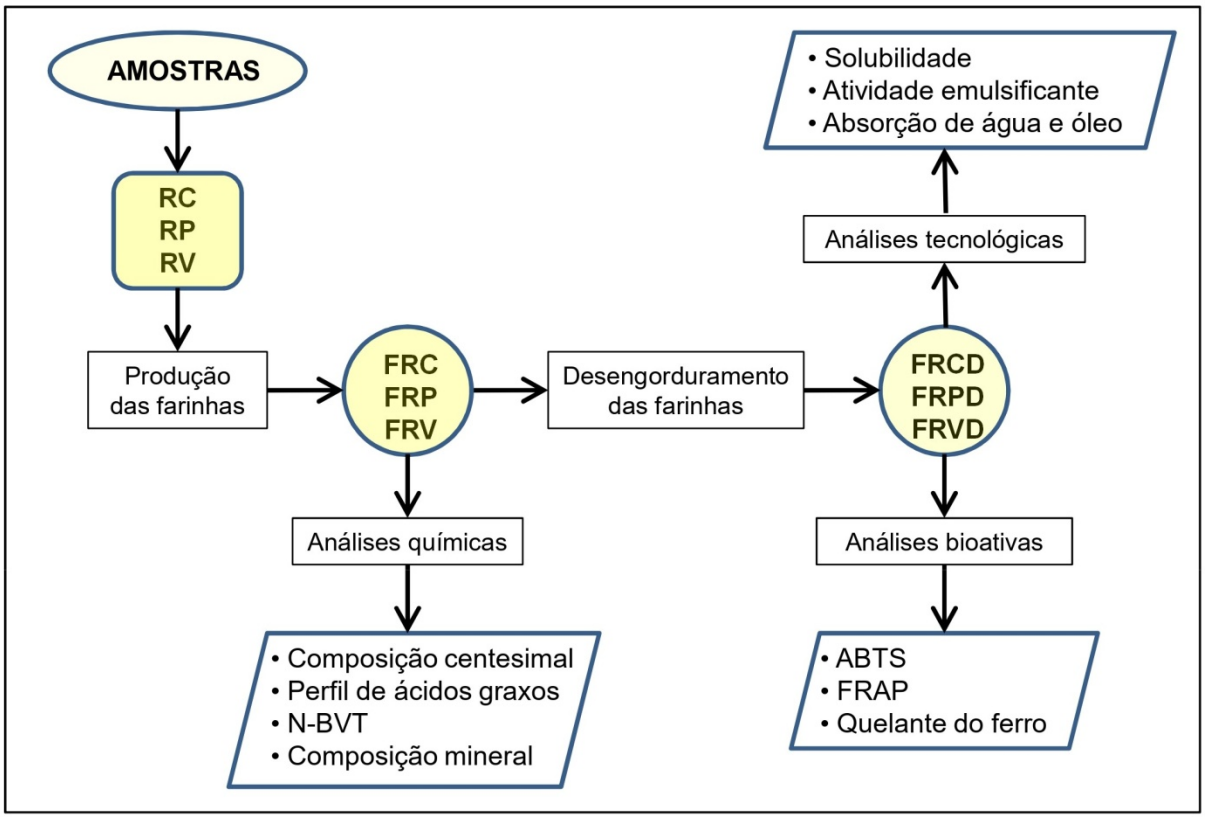
Todas as amostras foram embaladas em sacos de polietileno e congeladas em freezer à -18 °C.

3.2 *Delineamento do estudo*

Um total de quatro amostras foi coletada para cada tipo de resíduo, sendo que cada uma delas era proveniente de abates ocorridos em datas diferentes, a fim de evitar que fizessem parte de um mesmo lote de rãs. Em resumo, este estudo foi composto por três tratamentos: resíduos de cabeças (RC), de patas (RP) e de vísceras (RV); com quatro repetições (amostras) de cada um deles, sendo que o valor para o número de repetições foi estabelecido para garantir que o grau de liberdade do resíduo fosse igual a nove, pois conforme relatado por França *et al*. (2023), valores inferiores a oito são insuficientes para se obter uma estimativa confiável do erro experimental ou variação residual.

Conforme ilustrado na **Figura 2,** as amostras foram utilizadas para produzir três tipos de farinhas de resíduos do abate de rãs-touro: farinhas de resíduos de cabeças (FRC), farinhas de resíduos de patas (FRP) e farinhas de resíduos de vísceras (FRV), as quais foram analisadas quanto à sua composição centesimal, perfil de ácidos graxos, N-BVT e minerais. Com o intuito de aumentar o teor de proteínas e evitar que os lipídeos interferissem nos resultados das análises de propriedades bioativas e tecnológicas, as farinhas foram desengorduradas, gerando as seguintes amostras: farinhas de resíduos de cabeças desengorduradas (FRCD); farinhas de resíduos de patas desengorduradas (FRPD); e farinhas de resíduos de vísceras desengorduradas (FRVD).

Figura 2. Resumo das etapas e análises realizadas durante o estudo



RC: resíduos de cabeças; **RP**: resíduos de patas; **RV**: resíduos de vísceras; **FRC**: farinha de resíduos de cabeças; **FRP**: farinha de resíduos de patas; **FRV**: farinha de resíduos de vísceras; **FRCD**: farinha de resíduos de cabeças desengorduradas; **FRPD**: farinha de resíduos de patas desengorduradas; **FRVD**: farinha de resíduos de vísceras desengorduradas. **Fonte:** Elaboração própria, (2025).

3.3 *Preparação das farinhas*

Inicialmente, as amostras foram descongeladas em geladeira, a 4 °C, durante 10 horas. Os RC e RP foram fragmentados em um *cutter* de 1200 RPM durante 25

segundos, já os RV, devido à sua alta atividade emulsificante, foram fatiados com uma faca em pequenos cubos de aproximadamente 5 mm x 5mm. Após escorrer o excesso de líquidos em uma peneira plástica, cada amostra foi distribuída em duas bandejas com fundo telado de inox e secada em estufa de ventilação forçada, conforme Haddad *et al*. (2022) durante 10 horas, a uma temperatura de 60 °C. Com o intuito de calcular a taxa de secagem, as amostras foram pesadas a cada 60 minutos, durante todo o período. Em cada pesagem, as amostras também foram revolvidas com um garfo e as posições das bandejas eram trocadas na estufa. Cada uma das amostras foi seca separadamente das demais e em dias diferentes (***Figura 3***).

Figura 3. Preparo e secagem dos resíduos

A) fragmentação em *cutter*; ***B)*** disposição nas bandejas e ***C)*** Pesagem a cada 60 minutos. **Fonte:** Elaboração própria, (2025).

A taxa de secagem também foi calculada, sendo expressa em g de água / g de matéria seca x hora, de acordo com a equação abaixo, descrita por Horuz *et al.* (2017):

$$\text{Taxa de secagem}\left(\text{g Água / g Peso seco . hora}\right) = (U_t - U_{t+\Delta t})/(\text{g Peso seco}.\Delta t)$$

Onde:

$U_t - U_{\Delta t}$ = diferença de umidade entre a hora anterior e a atual que equivale à perda em gramas de água por 100 gramas de amostra;

g Peso seco = peso seco da amostra por 100 gramas de amostra;

Δt = intervalo de tempo entre as medições.

Os RC, RP e RV, após a secagem, foram triturados, durante 60 segundos, a 7000 RPM, em moinho de copo multiuso (Modelo TE-632/2), refrigerado com água à ~1 °C. Após a trituração, foram peneirados em peneira de 12 mesh (*Tyler*). O material retido na peneira era novamente triturado e peneirado (**Figura 4**). Por fim,

as farinhas foram acondicionadas em embalagens de polietileno, a vácuo, e armazenadas em freezer à -18 °C.

Figura 4. Farinhas de resíduos do abate de rãs-touro.

FRC: farinha de resíduos de cabeças; **FRP**: farinha de resíduos de patas; **FRV**: farinha de resíduos de vísceras. **Fonte:** Elaboração própria, (2025).

3.4 *Determinação da composição centesimal das farinhas*

A composição de umidade, cinzas e proteínas das amostras foram determinadas seguindo metodologias da AOAC (2005). O teor de umidade foi determinado através da secagem em estufa à 105 °C até atingir peso constante; o teor de proteína bruta foi determinado pelo método de *Kjeldahl* (N_{Total} × 6,25); o teor de cinzas foi determinado usando uma mufla a 550 °C até obter as cinzas.

O teor de lipídeos foi determinado pelo método de Folch *et al*. (1957), consistindo na sua extração através de uma mistura 2:1 (v / v) de clorofórmio ($CHCl_3$) — metanol (MeOH) com posterior lavagem do extrato com 0,2 volumes de uma solução salina, visando remover os componentes não lipídicos do extrato, por fim, uma alíquota de 5 mL do extrato foi colocada em estufa a 105 °C até que o solvente fosse totalmente evaporado, restando apenas a parcela lipídica. Já o extrato livre de nitrogênio (ENL), representando mais ou menos açúcares e amidos, foi calculado conforme Greenfield e Southgate (2003), subtraindo o valor de 100% pelos demais parâmetros analisados.

3.5 *Determinação do nitrogênio básico volátil total (N-BVT) das farinhas*

Foi utilizada para determinar o N-BVT, a metodologia descrita em Fogaça *et al*. (2009), na qual 5 gramas da amostra foram transferidas para um tubo de ensaio *Kjeldahl* e misturadas com 60 mL de TCA (5%), sendo homogeneizada por 5

minutos em agitador *vortex* e deixada para decantação durante 30 minutos. Em seguida, a mistura foi filtrada em funil de vidro com papel, sendo recolhidos 20 mL do filtrado para um tubo digestor, onde foram acrescentadas duas gotas de fenolftaleína (1%) e aproximadamente 1 grama de MgO, sendo colocada no destilador de *Kjeldahl*, onde foi destilado um volume de 75 mL para uma solução de Ácido Bórico (4%) com indicador misto (vermelho de metila + verde de bromocresol) em um *Erlenmeyer* de 125 mL. Por fim, o destilado foi titulado com HCl 0,01N até que a cor azul esverdeada se tornasse vermelha, anotando o volume de HCl gasto. As substâncias básicas de nitrogênio voláteis foram expressas em mg N/100g de farinha. Para tanto, utilizou-se a fórmula:

$$N - BVT\ (mg\ N/100g) = \frac{V_{HCl}\ x\ N_{HCl}\ x\ f_{HCl}\ x\ 14\ x\ (A_W + V_{TCA}) x\ 100}{V_{filtrado}\ x\ P}$$

Onde:

$V_{HCl} = mL\ de\ HCl\ gastos\ na\ titulação;$
$N_{HCl} = normalidade\ do\ HCl;$
$f_{HCl} = fator\ de\ correção\ do\ HCl;$
$14 = equivalente\ grama\ do\ nitrogênio;$
$A_W = quantidade\ de\ água\ (gramas)\ presente\ na\ amostra;$
$V_{TCA} = mL\ de\ TCA\ usado\ na\ diluição\ da\ amostra;$
$V_{filtrado} = mL\ da\ solução\ filtrada;$
$P = peso\ da\ amostra\ (gramas).$

3.6 *Análise do perfil de ácidos graxos das farinhas*

Duas alíquotas de cada amostra de FRC, FRP e FRV foram utilizadas para extrair os lipídeos por Folch *et al*. (1957). O volume do extrato lipídico foi quantificado de forma a garantir que no mínimo 75 - 100 µg de lipídeos fossem utilizados para obtenção dos ésteres metílicos de ácidos graxos, conforme metodologia de Hartman e Lago (1973), onde foi realizada a saponificação através da adição de 12 mL de hidróxido de sódio em metanol 0,5N (NaOH-MeOH), mantendo por 3-5 min em água fervente; em seguida, a mistura foi resfriada e realizada a adição de reagente esterificante (NH_4Cl – H_2SO_4 – M_eOH), sendo novamente reaquecida em água fervente por 5 min.

Após o resfriamento, foi adicionada uma solução saturada de NaCl e realizada agitação da mistura; em seguida, foi adicionado 15 mL de hexano e após agitação a mistura foi colocada em repouso até que ocorresse a separação de fases,

dos quais 12 mL da fase superior foram coletados para um tubo âmbar que permaneceu aberto por 72 horas até a evaporação completa do solvente. Por fim, os lipídeos esterificados foram dissolvidos em 1 mL de hexano HPLC e filtrados com filtro de seringa de 0,22 µm. Alíquotas de 1,0 µL foram injetadas em equipamento GC-FID (Trace™ 1310, Thermo Fisher Scientific, EUA) equipado com uma coluna capilar SP™-2380 (60 m x 0,25 mm ID e espessura de filme de 0,25 µm), submetidas a uma rampa de temperatura de 100°, durante 1 min, sendo posteriormente elevada linearmente para 240°C, durante 60 minutos, e permanecendo nesta temperatura por mais 20 min. Os diferentes picos foram identificados por comparação com um padrão de FAMEs (Supelco® 37 Component FAME Mix, EUA) e a quantificação foi baseada em suas respectivas áreas de pico normalizadas.

Os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) foram determinados de acordo com as equações descritas por Ulbricht e Southgate (1991), sendo (IA) = [(C12:0 + (4×C14:0) + C16:0)] / (∑MUFA + ∑ω6 + ∑ ω3) e IT = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0,5×∑MUFA) + (0,5×∑ω6) + (3×∑ω3) + (∑ω3/∑ω6)]. As proporções de ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (h:H) foram determinadas pelo método de Santos-Silva *et al.* (2002), onde h:H = (C18:1cis9 + C18:2ω6 + 20:4ω6 + C18:3ω3 + C20:5ω3 + C22:5ω3 + C22:6ω3)/(C14:0 + C16:0).

3.7 *Análise da composição mineral das farinhas*

Para o preparo das soluções minerais, as amostras foram pesadas (1 g) em tubos de *Kjeldahl* e digeridas em 7 mL de uma mistura nitro-perclórica (HNO_3:$HClO_4$; 5:2) a 150 ºC por 5 horas. Após a digestão, a solução mineral foi diluída com água destilada e filtrada através de papel filtro qualitativo, aferindo-se o volume final para 50 mL. Para a determinação do Zn, Mg, Ca, Mn, Fe e Cu, as amostras foram analisadas em espectrômetro de absorção atômica, com atomizador de chama, modelo iCE 3500 (*Thermo scientific*, Cambridge, Inglaterra). Os minerais foram analisados no modo de absorção atômica, utilizando lâmpadas de cátodo oco contendo estes elementos como fonte de radiação primária (Photron, Victoria, Austrália), e a correção de fundo foi feita com uma lâmpada de deutério acoplada ao

equipamento. As curvas padrão foram preparadas com soluções padrão para cada elemento (Specsol, São Paulo, Brasil). Para mitigar a interferência química, na análise de Mg e Ca, adicionou-se lantânio às soluções minerais até atingir uma concentração de 0,1% de La. Os parâmetros instrumentais foram utilizados de acordo com as recomendações do fabricante e os dados foram processados utilizando-se o *software* SOLAAR (*Thermo scientific*, Cambridge, Inglaterra). Além disso, para Mg e Ca foi realizada uma diluição prévia da amostra na razão de 1 para 40. Os parâmetros do espectrômetro de absorção atômica foram os seguintes: chama de ar-acetileno; fluxo de gás de 1,2 L/min e altura do queimador de 7mm.

O teor de fósforo foi analisado por espectrofotometria em espectrofotômetro UV-VIS modelo UV-5100 (*Metash Instruments*, Shanghai, China) de acordo com a metodologia proposta por Rangana (1979). Já os teores de sódio e potássio foram analisados por fotômetro de chama modelo DM-62 (Digimed) com uma diluição prévia da amostra na razão de 1 para 10.

3.8 *Desengorduramento das farinhas*

O processo de desengorduramento das FRC, FRP e FRV ocorreu pelo método de *Soxhlet*, conforme descrito por Cassol *et al*. (2024). Resumidamente, 20 gramas de material seco foram pesados em cartuchos de papel de filtro, colocados no extrator *Soxhlet* e lavados com n-hexano por 4 h (3 h de percolação seguida de 1 h de imersão) na proporção de 10:1 (v/p; solvente/amostra) a 70°C. Por fim, os cartuchos foram removidos e a amostra foi seca em estufa a 60°C até a volatilização do resíduo do solvente, tendo sido embaladas em sacos de polietileno, a vácuo, e armazenadas em freezer a -18 °C.

3.9 *Análise de proteínas das farinhas desengorduradas*

O teor de proteínas das FRCD, FRPD e FRVD foi determinado de acordo com AOAC (2005), utilizando o método de *Kjeldahl* (N_{Total} × 6,25).

3.10 *Atividades antioxidantes das farinhas desengorduradas*

Foram utilizados extratos das FRCD, FRPD e FRVD, cuja obtenção ocorreu através do método descrito por Dongmulati *et al*. (2025), com algumas modificações.

Uma amostra de 1,5 g da farinha foi adicionada em 15mL de uma solução 0,15 M NaCl em água, em seguida, a mistura foi homogeneizada no vortex por 5 min e no banho ultrassônico por 10 min, sendo centrifugada a 5000 RPM durante 15 min a 5 °C. Por fim, o sobrenadante foi recolhido e centrifugado novamente a 5000 RPM durante 5 min a 5 °C, sendo recolhido novamente.

3.10.1 *Atividade de eliminação do radical ABTS^{+}*

O efeito no radical livre ABTS [2,2'-azinobis-(ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)] foi medido pelo método descrito por Re *et al*. (1999). O ABTS foi dissolvido em água até uma concentração de 7 mM, em seguida, o cátion radical ABTS $^{\bullet+}$ foi produzido pela reação da solução de ABTS com persulfato de potássio 2,45 mM (concentração final), permanecendo no escuro, à temperatura ambiente, por 16 h antes do uso. A solução radical ABTS foi então diluída até atingir um valor de absorbância de 0,70 ± 0,02 a 734 nm, sendo que água destilada foi utilizada na diluição em vez de etanol. Por fim, um volume de 30 µL da amostra foi misturada com 3 mL da solução de ABTS, sendo homogeneizada no vortex. As absorbâncias das amostras foram lidas a 734 nm em espectrofotômetro UV-VIS (MINGYI – Henan, China). A atividade de eliminação do radical ABTS foi expressa como µmol Eq. Trolox / g de farinha, cuja curva padrão tinha sido previamente preparada.

3.10.2 *Atividade de redução de ferro - FRAP*

A atividade de redução de Fe^{2+} foi determinada usando o método de Benzie e Strain (1996). Foi preparada uma mistura de tampão acetato 300 mM, solução de TPTZ 10 mM e solução de cloreto férrico 20 mM (10:1:1), formando o reagente FRAP. Em seguida, 90 µL da amostra (1:5) foi misturada com 270 µL de água destilada e 2,7 mL do reagente FRAP, sendo homogeneizada no vortex e deixada em repouso a 37°C, por 30 min. As absorbâncias das amostras foram lidas a 595 nm em espectrofotômetro UV-VIS (MINGYI- Henan, China). A atividade de redução do ferro foi expressa como µmol Eq. Trolox / g de farinha, cuja curva padrão tinha sido previamente preparada.

3.10.3 *Habilidade quelante*

A habilidade quelante do ferro foi determinada conforme metodologia descrita em Khantaphant *et al*. (2011) com pequenas modificações. Uma alíquota de 200 µL do extrato foi diluída em 1,1 mL de água destilada. Logo após foi adicionado 75 µL de uma solução 2 mM de $FeCl_2.4H_2O$, e a absorbância da mistura foi lida a 562 nm (A_0) em espectrofotômetro UV-VIS (MINGYI- Henan, China). Na sequência foi adicionado 150 µL de uma solução 5 mM de Ferrozine, finalizando a mistura, que foi agitada por 1 min no *vortex* e deixada para reagir no escuro durante 20 min, à temperatura ambiente. Por fim, foi lida a absorbância a 562 nm (A_1). A absorbância da reação foi a diferença $A_1 - A_0$. Uma curva padrão de $EDTA.Na^2$ (300–1100 µM) foi preparada e a atividade quelante ferrosa foi expressa como µmol equivalentes de $EDTA.Na^2$ /g de farinha, cuja curva padrão tinha sido previamente preparada.

3.11 *Propriedades tecnológicas das farinhas desengorduradas*

3.11.1 *Solubilidade*

A solubilidade foi calculada de acordo com o método descrito por Rodríguez-Ambriz *et al*. (2005). 0,1 g das FRCD, FRPD e FRVD foram misturadas com 10 mL de água destilada com diferentes pHs (3, 5, 7, 9 e 11) ajustados pela adição de HCl 0,1M ou NaOH 0,1 M. Em seguida, a mistura foi agitada no vortex por 30 min e depois centrifugada a 9.000 RPM por 15 min, sendo coletado o sobrenadante. A concentração de proteínas na solução foi determinada conforme Bradford (1976), 100 µL da solução foi misturada com 250 µL do reagente de Bradford, sendo a absorbância lida em equipamento UV-VIS (MINGYI – Henan, China), a 595 nm, obtendo o valor por interpolação em curva padrão de albumina sérica bovina. Por fim, o percentual de solubilidade foi determinado pela seguinte equação:

$$\%\ de\ solubilidade = \left[\frac{Concentração\ de\ proteína\ na\ solução\ (g/mL)}{(M_{Amostra} * \%_{Proteína})/10mL}\right] x100$$

Onde: $M_{Amostra}$ = massa da amostra; $\%_{Proteína}$ = teor de proteína da farinha desengordurada

3.11.2 *Índice de atividade emulsificante*

O índice de atividade emulsificante (IAE) foi determinado de acordo com o método descrito por Silva *et al* (2022). Em tubos de Falcon, 0,075 g das FRCD, FRPD e FRVD foram misturadas com 15 mL de água destilada com pH ajustado para 7 pela adição de NaOH 0,1 M, logo após a mistura foi agitada no *vortex* por 10 min, à temperatura ambiente. Em seguida, foi adicionado 5 mL de óleo de milho comestível, sendo homogeneizado com dispersor *ultra turrax* a 9.000 RPM por 1 min. Uma alíquota de 50 µL foi retirada a uma altura de 1 cm do fundo do tubo, após 30 segundos da formação da emulsão e homogeneizada em 5 mL de solução dodecil sulfato de sódio (SDS) 0,1% (p/v), através de agitação no vortex por 30 segundos. Por fim, a absorbância foi lida a 500 nm usando um espectrofotômetro, previamente zerado com a solução SDS 0,1%. O IAE foi determinado pela equação abaixo e o resultado expresso em m^2/g de proteína presente na amostra.

$$IAE = (2{,}303 * 2 * dil * A)/(c * \%_{Proteina} * \varphi * 10.000)$$

Onde: dil = fator de diluição, 200; A = absorbância a 500 nm; c = concentração de farinha para preparação do extrato (g de farinha/mL); $\%_{Proteína}$ = teor de proteína da farinha desengordurada; φ = fração de volume de fase dispersa = 0,25.

Para determinação do índice de estabilidade da emulsão (IEA) foi retirada uma nova alíquota após 10 min da formação da emulsão e repetido todo o procedimento até obter a absorbância a 500 nm, por fim os valores do IEA foram calculados pela equação abaixo e o resultado expresso em minutos.

$$IEA(\min) = (A_{inicial} * \Delta t)\ /\Delta A$$

Onde: ∆A = variação da absorbância, a 500 nm ($A_{t=10\ min} - A_{t=0\ min}$); ∆t = intervalo de tempo (10 minutos).

3.11.3 *Capacidade de absorção de água e óleo*

As capacidades de absorção de água e óleo das FRCD, FRPD e FRVD foram determinadas de acordo com o método descrito por Silva *et al* (2022). Em microtubos tipo *Eppendorf* de 2 mL, previamente pesados, foi adicionado 0,1 g da amostra, cujo peso exato foi anotado. Em seguida, foi adicionado 1 mL de água

destilada (para capacidade de absorção de água) ou 1 mL de óleo de soja (para capacidade de absorção de óleo) ao microtubo que foi agitado em aparelho *vortex* por 1 min. A mistura foi deixada em repouso por 30 min antes de ser centrifugada a 9.000 RPM durante 30 min. Por fim o sobrenadante foi descartado e os excessos foram limpos com um cotonete. O peso do microtubo com o precipitado foi anotado e o resultado calculado pela equação abaixo, sendo o resultado expresso por grama de proteína presente na amostra.

$$WHC\ ou\ OHC = \frac{M_{final} - M_{tubo} - M_{amostra}}{M_{amostra} * \%_{Proteína}}$$

Onde: M_{Final} = massa final (tubo + amostra + óleo ou água retida); M_{Tubo} = massa do tubo; $M_{Amostra}$ = massa da amostra; $\%_{Proteína}$ = teor de proteína da farinha desengordurada.

3.12 *Análise dos dados*

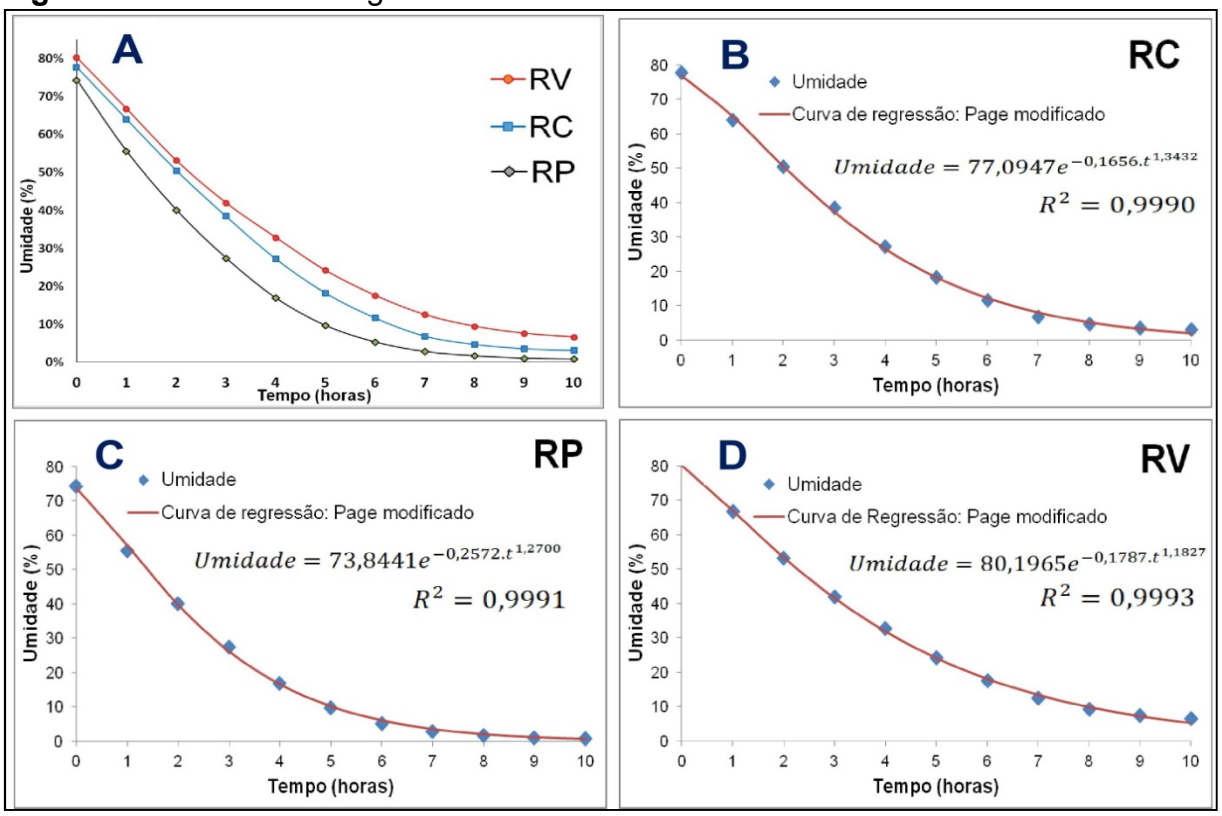
Os dados foram testados quanto à sua normalidade e homocedasticidade através dos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Quando eram paramétricos, eram submetidos à análise de variância (ANOVA) para avaliar se havia diferença entre os tratamentos e, quando significativo ao nível de 5%, eram comparados pelo teste de *Tukey* ao nível de 5%. Quando não eram paramétricos, eram submetidos ao teste de *Kruskal-Wallis* para avaliar se havia diferença entre os tratamentos e, quando significativo ao nível de 5%, eram comparados pelo teste de *Wilcoxon* ao nível de 5%. Os coeficientes das análises de regressão não lineares foram ajustados pelo Método de *Gauss-Newton*. Também foram realizadas análises de correlação de *Pearson*. Todos os testes estatísticos foram realizados utilizando o programa estatístico *SAS OnDemand for Academics* (SAS, 2025).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 *Análise do processo de secagem dos resíduos*

Na **Figura 5A**, observa-se que os RV apresentaram perda de umidade mais lenta que os RC e RP. Essas diferenças podem ser explicadas pelo maior teor de lipídeos nas vísceras, pois a taxa com a qual a água sobe à superfície é mais lenta para materiais gordurosos, devido ao seu caráter hidrofóbico que dificulta o movimento da água (Khan *et al*., 2021).

Figura 5. Curvas de secagem dos resíduos do abate de rãs-touro



A – Curvas de secagem dos RC, RP e RV; **B** – Curva de regressão da secagem dos RC; **C** – Curva de regressão da secagem dos RP; **D** – Curva de regressão da secagem dos RV. **RC**: resíduos de cabeças; **RP**: resíduos de patas; **RV**: resíduos de vísceras**. Fonte:** Elaboração própria, (2025).

Uma análise de regressão não linear para as três curvas de secagem permitiu obter equações do tipo exponencial, conforme modelo de *Henderson e Pabis* modificado (Ojediran *et al*., 2021) mostrado na **Tabela 4** com os respectivos valores dos coeficientes estimados, onde C corresponde à umidade inicial do resíduo no início da secagem. Essas regressões são comparadas com os dados observados

nas **Figuras 5B**, **5C** e **5D**, apresentando valores de R^2 da ordem de 0,999, portanto são bons modelos para estimar valores de umidade em qualquer intervalo de tempo.

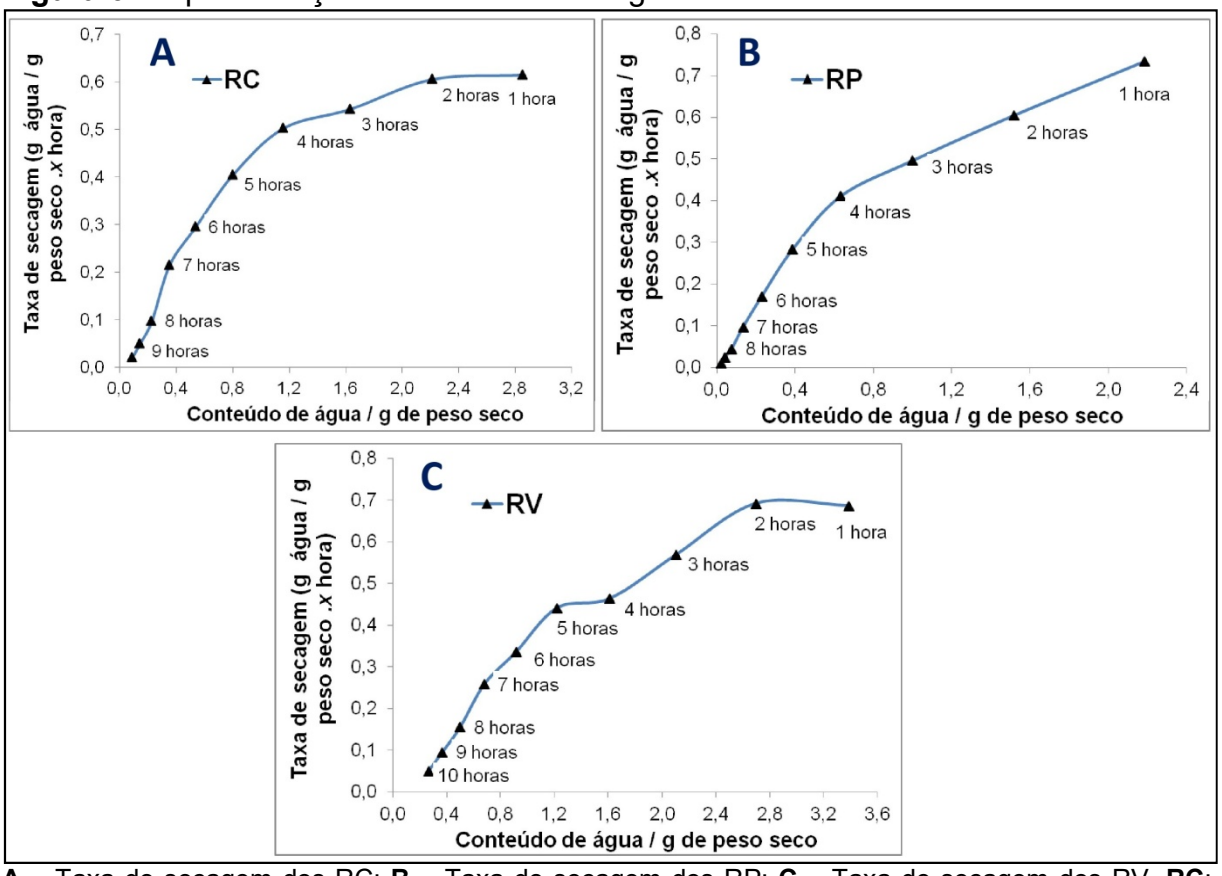
Tabela 4. Coeficientes da equação de regressão para curva de secagem dos resíduos do abate de rãs-touro

Modelo	Equação	Farinhas	Coeficientes	Parâmetros
Henderson e Pabis modificado (Ojediran *et al.*, 2021)	$Umidade = C.e^{-k.t^n}$	RC	C = 77,0947 k = 0,1656 n = 1,3432	RMSE = 0,80 R^2 = 0,9990
		RP	C = 73,8441 k = 0,2572 n = 1,2700	RMSE = 0,74 R^2 = 0,9991
		RV	C = 80,1965 k = 0,1787 n = 1,1827	RMSE = 0,63 R^2 = 0,9993

RC: resíduos de cabeças; **RP**: resíduos de patas; **RV**: resíduos de vísceras. **Fonte:** Elaboração própria, (2025).

As taxas de secagem, com base na perda de água por grama de peso seco de cada resíduo, são mostradas na **Figura 6**.

Figura 6. Representação das taxas de secagem dos resíduos do abate de rãs-touro



A – Taxa de secagem dos RC; **B** – Taxa de secagem dos RP; **C** – Taxa de secagem dos RV. **RC**: resíduos de cabeças; **RP**: resíduos de patas; **RV**: resíduos de vísceras**. Fonte:** Elaboração própria, (2025).

Observa-se que a velocidade com que os RC e RV perderam umidade foi aproximadamente constante nas duas primeiras horas, já para os RP, a curva assume um comportamento sempre decrescente. Segundo Horuz *et al*. (2017), na secagem convencional de materiais biológicos, especialmente em baixas temperaturas, é esperado um período de taxa constante, conforme observado para a secagem dos RC e RV, entre uma e duas horas de secagem (**Figuras 6A e 6B**). No entanto, este efeito não foi observado para os RP (**Figura 6C**), mas poderia ter ocorrido nos primeiros 60 minutos quando a perda de umidade não estava sendo monitorada. Horuz *et al*. (2017) também explicaram que a taxa de secagem constante no início do processo pode ocorrer devido à lenta difusão de umidade neste período, pois o ar de secagem fica saturado e, com o tempo, forma uma película espessa ao redor das amostras que impede a separação efetiva da umidade evaporada.

Khan *et al*. (2021) relataram que a taxa de secagem decresce na medida em que a umidade do material diminui, pois ocorre redução da difusividade efetiva na proporção em que o tecido do pescado sofre encolhimento, anulando a formação de poros. Além disso, outros processos podem fazer com que a água fique cada vez mais ligada e de difícil difusão, tais como o fluxo oposto de compostos solúveis em direção ao centro do material por causa do gradiente de água entre a superfície seca e o centro úmido.

A análise do processo de secagem das RC, RP e RV revela informações importantes que podem auxiliar em procedimentos e, até mesmo, na determinação do tempo de secagem para que os resíduos atinjam a umidade desejada em um processo industrial. Além disso, a taxa de secagem, quando atinge valores muito baixos, podem tornar a continuidade do processo oneroso em virtude dos custos com energia dos equipamentos. Observou-se que para atingir uma taxa de secagem da ordem de 0,05 g de água/grama de peso seco *x* hora, os RP passaram por 8 horas de secagem, enquanto os RC precisaram de 9 horas e os RV de 10 horas (**Figura 6**). Portanto, o tempo de secagem, para todos os resíduos, foi estabelecido em 10 horas para garantir que fossem submetidos às mesmas condições de exposição ao calor, porém as FP e FC poderiam, em processos industriais, ter seus tempos de secagem reduzidos em relação às FV.

4.2 *Composição centesimal das farinhas*

Na **Tabela 5** são apresentados os dados da composição centesimal das farinhas. Foi observado que as FRC e FRP se destacaram pelo maior teor de cinzas, enquanto as FRV apresentaram teor de lipídeos mais elevado em relação às demais.

Tabela 5. Composição centesimal das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro

	FRC	FRP	FRV	
Umidade	10,5 ± 0,8% ^{ab}	9,9 ± 0,7% ^{b}	12,0 ± 1,3% ^{a}	*
Proteínas	54,5 ± 0,5% ^{b}	59,1 ± 1,5% ^{a}	53,6 ± 2,2% ^{b}	*
Lipídeos	8,5 ± 0,8% ^{b}	6,0 ± 0,4% ^{c}	24,3 ± 1,1% ^{a}	**
Cinzas	24,1 ± 0,9% ^{a}	23,7 ± 0,6% ^{a}	4,8 ± 0,6% ^{b}	**
ELN	2,3 ± 0,8% ^{b}	1,2 ± 1,2% ^{b}	5,3 ± 1,7% ^{a}	*

Média ± DP; ***** Paramétricos: diferenças pelo teste de *Tukey* a 5%; ****** Não paramétricos: diferenças pelo teste de *Wilcoxon* a 5%; **FRC**: f. de resíduos de cabeças; **FRP**: f. de resíduos de patas; **FRV**: f. de resíduos de vísceras; **ELN**: extrato livre de nitrogênio. **Fonte:** Elaboração própria, 2025.

De modo geral, o principal componente das farinhas foi a proteína, com destaque para as FRP que apresentaram os maiores teores (59,1 ± 1,5%). Haddad *et al*. (2022) constataram que as proteínas de rãs-touro são fontes de todos os aminoácidos, inclusive os essenciais, além de apresentarem teores de ácido glutâmico pelo menos três vezes maiores que os observados em outras espécies de rãs, sendo que este aminoácido é reconhecido por melhorar a palatabilidade dos alimentos. Sendo assim, as farinhas obtidas destes resíduos de abate possuem potencial para servirem como uma fonte de proteínas capazes de melhorar a qualidade nutricional e a palatabilidade dos alimentos.

Os teores de lipídeos variaram de acordo com o tipo de farinha, sendo maior para as FRV (24,3 ± 1,1%), conferindo uma característica oleosa com aspecto mais úmido, em relação às outras farinhas, mesmo o produto final da secagem tendo atingido sua umidade de equilíbrio. É importante destacar que as FRV não incluíam em sua composição o corpo adiposo das rãs, pois foram extraídos durante o abate dos animais para serem utilizados como subprodutos, mesmo assim ainda apresentaram alto teor de lipídeos. Haddad *et al*. (2022) mostraram que farinhas feitas com carne ou pele de rãs apresentam níveis de lipídeos máximos da ordem de 3,2% e 4,2%, portanto inferiores aos valores observados para as FRC, FRP e,

principalmente, das FRV. Logo, as FRV também podem ser consideradas uma fonte rica em lipídeos.

O teor de cinzas das FRV (4,8 ± 0,6%) foi menor em comparação com as FRP (23,7 ± 0,6%) e das FRC (24,1 ± 0,9%), principalmente devido à presença de resíduos ósseos nestas últimas duas, cujos teores de cinzas foram semelhantes ao observado por Seixas Filho *et al*. (2020), uma média de 23,88%, para uma farinha obtida da parte superior da rã-touro e ossos das pernas.

O extrato livre de nitrogênio (ELN) foi maior para as FRV (5,3 ± 1,7%), sendo um constituinte significativo, principalmente quando comparado com o teor de cinzas desta farinha. Este valor mais elevado pode estar relacionado com a presença de resíduos de ração na estrutura digestiva das vísceras, bem como a maior concentração de carboidratos no ovário das rãs fêmeas que, segundo Al-Ghanim *et al.* (2017), pode chegar a um teor de 18% na base seca para ovário de tilápias. Já para as FRC e FRP, os teores de ELN não diferem e são semelhantes ao apresentado por Seixas Filho *et al*. (2020) para uma farinha de carne e ossos de rãs-touro.

4.3 *Nitrogênio Básico Volátil Total – N-BVT das farinhas*

Os valores de N-BVT para as três farinhas são mostrados na **Tabela 6**, onde se observa que as FRV possuem maior concentração de compostos básicos voláteis totais (135,98 ± 13,17 mgN. $100g^{-1}$).

Tabela 6. Valores de NBVT das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro

	FRC	FRP	FRV	
N-BVT (mgN/100g)	36,60 ± 5,23 [b]	32,97 ± 2,95 [b]	135,98 ± 13,17 [a]	**

Média ± DP; ****** Não paramétricos: diferenças pelo teste de *Wilcoxon* a 5%; **FRC**: f. de resíduos de cabeças; **FRP**: f. de resíduos de patas; **FRV**: f. de resíduos de vísceras. **Fonte:** Elaboração própria, 2025.

O N-BVT é um importante índice de frescor, cujo valor em farinhas de pescados está relacionado com a atividade enzimática e ação de microrganismos decompositores que produzem compostos voláteis, principalmente amônia, amina primária, amina secundária e amina terciária (Geng *et al*., 2024). A União Europeia estabelece que os valores máximos de N-BVT para pescados não processados, destinados ao consumo humano são de 35 mgN. $100g^{-1}$, podendo atingir até 60

mgN. 100g, quando for utilizado diretamente na extração de óleo (UE, 2019). Porém, estes limites não se aplicam a farinhas de pescados secas, cujo processo de secagem promove redução da umidade por evaporação, fazendo com que os níveis de alguns compostos básicos de nitrogênio que não se volatilizaram junto com a água durante a secagem, permaneçam na farinha e promovam elevação dos níveis de N-BVT, conforme observado por Nguyen *et al*. (2022). Além disso, a temperatura de secagem também é capaz de elevar os níveis de N-BVT das farinhas, pois o calor ocasiona elevação dos compostos voláteis livres nas amostras (Vega-Gálvez *et al*., 2011).

As FRP das rãs apresentaram valores de N-BVT da ordem de 33 ± 3 mgN. $100g^{-1}$, estando dentro dos padrões máximos estabelecidos pela União Europeia (até 35 mgN. $100g^{-1}$). Já nas FRC, os valores estavam um pouco acima deste limite (36,6 ± 5,23 mgN. $100g^{-1}$). Outros fatores como o tempo e condições de armazenamento, não foram avaliados neste estudo, mas podem ter contribuído para elevação dos valores de N-BVT (El-Lahamy *et al*., 2018). Em comparação com outras farinhas de pescado, os valores de N-BVT para as FRC e FRP, podem ser considerados baixos, pois Honrado *et al*. (2022) relataram valores da ordem de 56,71 mgN. $100g^{-1}$ para resíduos secos de carne mecanicamente separada do peixe robalo (*Dicentrarchus labrax*).

Um estudo com farinhas feitas com uma mistura de resíduos de abate, incluindo vísceras, da espécie de rã *Rana esculenta*, mostrou que o valor de N-BVT era de 157,4 ± 5,8 mg N. $100g^{-1}$ (Tokur *et al*., 2008), portanto ligeiramente superior ao encontrado para as FRV (135,98 ± 13,17 mg N. $100g^{-1}$). Observa-se que a presença das vísceras em farinhas é capaz de elevar os níveis de N-BVT, conforme observado por Nguyen *et al*. (2022), que produziu farinhas com vísceras de cavala e arenque, observando que o valor de N-BVT foi de 131,4 ± 7,3 mg N. $100g^{-1}$, muito próximo ao apresentado, neste estudo, para as FRV. Além disso, Özoğul e Özoğul (2000), relataram que as vísceras contêm bactérias e enzimas do sistema digestivo que são responsáveis por causar uma rápida autólise *post-mortem*, ou seja, produzindo amônia, trimetilamina (TMA) e dimetilamina (DMA). Portanto, é natural que as FRV apresentem maior nível de N-BVT em relação às FRC e FRP.

4.4 *Perfil de ácidos graxos das farinhas*

Na **Tabela 7** são mostrados os resultados da análise de perfil de ácidos graxos para as FRC, FRP e FRV, expressos em termos de percentual de área normalizado.

Tabela 7. Perfil de ácidos graxos das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro

Nome	Código	FRC (%)	FRP (%)	FRV (%)	
Ácido decanóico	**C10:0**	0,28 ± 0,02 [a]	0,31 ± 0,05 [a]	0,25 ± 0,16 [a]	**
Ácido dodecanóico	**C12:0**	0,18 ± 0,17 [a]	0,20 ± 0,17 [a]	0,21 ± 0,22 [a]	**
Ácido tetradecanóico	**C14:0**	1,54 ± 0,07 [a]	1,60 ± 0,12 [a]	1,66 ± 0,18 [a]	*
Ácido 9-tetradecenoico	**C14:1 n9**	0,42 ± 0,03 [a]	0,48 ± 0,05 [a]	0,47 ± 0,09 [a]	*
Ácido pentadecanóico	**C15:0**	0,34 ± 0,01 [b]	0,36 ± 0,01 [a]	0,34 ± 0,01 [b]	*
Ácido hexadecanóico	**C16:0**	17,49 ± 0,38 [a]	17,77 ± 0,32 [a]	17,69 ± 1,06 [a]	*
Ácido 9-hexadecenóico	**C16:1 n7 n9**	9,49 ± 0,46 [a]	8,14 ± 0,26 [b]	8,80 ± 0,85 [ab]	*
Ácido heptadecanóico	**C17:0**	0,38 ± 0,01 [a]	0,42 ± 0,01 [a]	0,39 ± 0,06 [a]	**
Ácido 10-heptadecenóico	**C17:1 n10**	0,45 ± 0,03 [a]	0,42 ± 0,02 [a]	0,41 ± 0,04 [a]	*
Ácido octadecanóico	**C18:0**	4,56 ± 0,13 [b]	5,17 ± 0,16 [a]	4,67 ± 0,45 [ab]	*
Ácido cis 9-octadecenóico	**C18:1 n9 cis**	29,68 ± 0,42 [a]	29,36 ± 0,07 [a]	29,42 ± 1,22 [a]	**
Ácido cis-9,12-Octadecadienoico	**C18:2 n6 cis**	21,54 ± 0,67 [b]	21,80 ± 0,53 [b]	23,53 ± 0,90 [a]	*
Ácido 9,12,15-Octadecatrienoico	**C18:3 n3**	0,59 ± 0,06 [a]	0,62 ± 0,03 [a]	0,46 ± 0,09 [b]	*
Ácido 9-eicosenoico	**C20:1 n9**	1,52 ± 0,58 [a]	1,51 ± 0,09 [a]	1,67 ± 0,11 [a]	*
Ácido 11,14-eicosadienoico	**C20:2 n6**	0,46 ± 0,04 [a]	0,56 ± 0,10 [a]	0,30 ± 0,06 [b]	*
Ácido 8,11,14-eicosatrienoico	**C20:3 n6**	0,67 ± 0,08 [b]	0,86 ± 0,07 [a]	0,54 ± 0,07 [b]	*
Ácido all-eicosatrienoico	**C20:3 n3**	2,88 ± 0,28 [a]	2,78 ± 0,12 [a]	2,62 ± 0,30 [a]	*
Ácido 5,8,11,14-eicosatetraenoico	**C20:4 n6**	0,50 ± 0,03 [a]	0,51 ± 0,03 [a]	0,53 ± 0,02 [a]	*
Ácido 5,8,11,14,17-eicosapentaenoico	**C20:5 n3**	0,14 ± 0,01 [b]	0,14 ± 0,02 [b]	0,18 ± 0,01 [a]	*
Ácido 4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico	**C22:6 n3**	0,47 ± 0,06 [a]	0,39 ± 0,01 [b]	0,28 ± 0,02 [c]	**
Ácido cis-15-Tetracosenoico	**C24:1 n9**	0,38 ± 0,05 [a]	0,37 ± 0,04 [a]	0,26 ± 0,03 [b]	*
Não identificados	**NI**	6,04 ± 0,14 [a]	6,22 ± 0,10 [a]	5,32 ± 0,34 [b]	**
Á. graxos saturados	**∑AGSs**	24,76 ± 0,21 [a]	25,2 ± 0,59 [a]	25,20 ± 1,06 [a]	*
Á. graxos monoinsaturados	**∑AGMs**	41,95 ± 0,85 [a]	40,29 ± 0,32 [b]	41,02 ± 0,66 [ab]	*
Á. graxos poli-insaturados	**∑AGPs**	27,23 ± 0,38 [b]	27,66 ± 0,30 [ab]	28,45 ± 0,75 [a]	*
Ômega 3	**ω3**	4,07 ± 0,40 [a]	3,93 ± 0,14 [a]	3,54 ± 0,39 [a]	*
Ômega 6	**ω6**	23,17 ± 0,57 [b]	23,72 ± 0,40 [ab]	24,91 ± 0,92 [a]	*
Ômega 6/Omega 3	**ω6/ ω3**	5,74 ± 0,67 [a]	6,04 ± 0,30 [a]	7,11 ± 1,05 [a]	*

Média ± DP; ***** Paramétricos: diferenças pelo teste de *Tukey* a 5%; ****** Não paramétricos: diferenças pelo teste de *Wilcoxon* a 5%; **FRC**: f. de resíduos de cabeças; **FRP**: f. de resíduos de patas; **FRV**: f. de resíduos de vísceras; **Fonte:** Elaboração própria, 2025.

Os dados permitiram observar que o principal ácido graxo das gorduras das farinhas foi o ácido oleico (C18:1n9) cuja proporção não apresentou diferenças significativas entre as FRC, FRP e FRV. Já o ácido linoleico (C18:2n6) ocupou a segunda posição com uma proporção maior nas FRV (23,53 ± 0,90%). Suas composições são tão significativas que o C18:1n9 representou cerca de 71% do total dos ácidos graxos monoinsaturadas (MUFAs), enquanto o C18:2n6 representou cerca de 80% do total dos ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs).

Tanto o C18:1n9, quanto o C18:2n6, são nutricionalmente importantes, por serem insaturados. Segundo Fernándes *et al*. (2020), o C18:1n9 expressa um efeito anti-inflamatório já comprovado. Além disso, Mishra *et al*. (2021) evidenciaram em sua pesquisa que o C18:1n9 é capaz de minimizar lesões gástricas. Segundo Whelan e Fritsche (2013), o 18:2n6 é um ácido graxo essencial, pois não pode ser sintetizado pelos seres humanos, sendo frequentemente fornecido como um suplemento nutricional e, até mesmo, usado em aplicações tópicas para tratar doenças de pele relacionadas com sua deficiência.

O ácido palmítico (C16:0) representou a terceira maior proporção de área das farinhas e não apresentou diferenças significativas entre as FRC, FRP e FRV, além de ter correspondido a cerca de 70% do total de ácidos graxos saturados (SFAs). O fato do C16:0 possuir proporções semelhantes, independentemente do tipo de farinha, é uma constatação importante que se repete em outros estudos. Haddad *et al*. (2022) também não encontraram diferenças de C16:0 nas concentrações de gorduras de farinhas produzidas a partir de diferentes partes de rãs-touro. Portanto, pode-se supor que o C16:0, além de ser o principal ácido graxo saturado da rã-touro, também está distribuído de forma homogênea nas gorduras de diferentes tecidos do animal. Carta *et al*. (2017) atribuíram estas concentrações teciduais bem definidas a sua autorregulação no organismo, impedindo tanto a redução, quanto à elevação de sua concentração.

É importante destacar que as farinhas de resíduos de rãs-touro, principalmente as FRV que apresentaram maior teor de lipídeos (24,3 ± 1,1%), mas também as FRC e FRP, com teores de 8,5 ± 0,8% e 6,0 ± 0,4%, respectivamente, são uma fonte significativa de ácidos graxos insaturados, principalmente C18:1n9 e C18:2n6. Além disso, seu consumo pode proporcionar efeitos positivos para a saúde, já que

estudos têm evidenciado que os lipídeos de rãs-touro demonstram atividades antimicrobianas (Moreira-Oliveira *et al*., 2018), antitumorais (Amaral-Machado *et al*., 2019) e anti-inflamatórias (Barbosa *et al*., 2020).

Os ácidos graxos do tipo ***ω6*** apresentam maiores proporções nas gorduras das FRV, enquanto as proporções de ***ω3*** não apresentam diferenças entre as farinhas. Isso faz com que a razão ***ω6/ω3***, possua tendência de ser maior para as FRV (7,11 ± 1,05). Segundo Melo *et al*. (2017), uma razão ***ω6/ω3*** igual a 8 é considerada alta, portanto as gorduras dessas farinhas, sobretudo das FRV, possuem razão ***ω6/ω3*** alta. Com relação à ação anti-inflamatória Li *et al*. (2024) constataram que não há uma razão ***ω6:ω3*** ideal, mesmo assim o consumo simultâneo de ***ω6*** e ***ω3*** é capaz de proporcionar ação anti-inflamatória desde que não sejam consumidos acima de determinadas doses máximas diárias, por coincidência o valor da razão entre as doses máximas de ***ω6*** e ***ω3*** relatadas no estudo foi de aproximadamente 8. Logo, é possível inferir que a razão ***ω6/ω3*** das farinhas de rãs obtidas neste estudo, principalmente das FRV, possuem uma proporção ideal para promover o consumo equilibrado de ***ω6*** e ***ω3***.

Tokur *et al*. (2008) realizaram análises do perfil de ácidos graxos de uma farinha de resíduos de rãs que incluía uma mistura de vísceras, cabeças, pele e parte superior da carcaça para a espécie *Rana esculenta*, expressando os resultados em termos de percentual de área. Portanto foi possível avaliar que as FRC, FRP e FRV foram mais ricas em ácidos graxos poli-insaturados que as farinhas de *Rana esculenta*, com destaque para o ácido linoleico (C18:2n9) que ocupa um percentual de área de 23,53 ± 0,9 nas FRV de rã-touro, enquanto na *Rana esculenta* este valor foi de apenas 16,7%. Para os demais ácidos graxos há semelhanças entre as proporções, principalmente no percentual de área de ácidos graxos saturados e monoinsaturados, tais como C16:0, C18:0, C16:1n7, e C18:1n9.

Os indicadores de qualidade lipídica, tais como índices de aterogenicidade (IA), índices de trombogenicidade (IT) e razão dos ácidos graxos hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos (h/H) são mostrados na **Tabela 8**.

Tabela 8. Índices de qualidade lipídica das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro

Nome	Código	FRC	FRP	FRV	
Índice de aterogenicidade	**IA**	0,34 ± 0,01 [a]	0,36 ± 0,02 [a]	0,35 ± 0,03 [a]	*
Índice de trombogenicidade	**IT**	0,53 ± 0,02 [a]	0,56 ± 0,01 [a]	0,55 ± 0,03 [a]	*
Hipocolesterolêmicos/hipercolesterolêmicos	**h/H**	2,78 ± 0,07 [a]	2,73 ± 0,08 [a]	2,83 ± 0,28 [a]	*

Média ± DP; ***** Paramétricos: diferenças pelo teste de *Tukey* a 5%; **FRC**: f. de resíduos de cabeças; **FRP**: f. de resíduos de patas; **FRV**: f. de resíduos de vísceras. **Fonte:** Elaboração própria, 2025.

Os IA e IT não diferiram significativamente entre as FRC, FRP e FRV, possuindo valores da ordem de 0,35 e 0,55, respectivamente (**Tabela 8**). Chen e Liu (2020) relataram que os valores de IA e IT para diferentes espécies de pescados podem variar de 0,21 a 1,41 e de 0,14 a 0,87, respectivamente. Portanto, os IA das FRC, FRP e FRV, em torno de 0,35, podem ser considerados baixos, já os IT, em torno de 0,55, podem ser considerados médios. Quando comparados com carne de frango, Attia *et al*. (2017) apresentaram valores de IA pelo menos quatro vezes maiores que o valor de IA das FRC, FRP e FRV.

Segundo Ulbricht e Southgate (1991), o IA expressa a capacidade de atividade pró-aterogênica que está associada com doenças coronárias, enquanto o IT expressa a tendência de formar coágulos nos vasos sanguíneos. Sendo assim, as FRC, FRP e FRV, por possuírem um IA baixo, são de baixo potencial aterogênico. Bušová *et al*. (2020) destacaram que os IT de pescados geralmente são mais baixos que os da carne de animais de sangue quente, tais como a carne suína com IT = 0,71, frango com IT = 0,70 e carne bovina com IT = 1,00. Portanto o consumo das FRC, FRP e FRV, por possuírem um IT = 0,55, proporcionam menor risco à formação de coágulos nos vasos sanguíneos que o consumo de farinhas que tenham como matéria-prima carnes bovina, suína e de frango. Logo as FRC, FRP e FRV, devido ao baixo risco para doenças crônicas cardiovasculares, podem ser vistas como importantes ingredientes para a indústria alimentícia.

A razão de ácidos graxos hipocolesterolêmica/hipercolesterolêmica (h/H) também não apresentou diferenças significativas entre as FRC, FRP e FRV, possuindo um valor médio de 2,78 entre as farinhas, sendo considerado alto quando comparado com os valores observados por López-Puebla *et al*. (2025) para cavala e anchova, espécies de peixes marinhos, cujos valores de h/H variaram de 0,92 até 1,88 para os resíduos do processamento desses pescados. Inclusive, o estudo

descreveu que um valor maior da razão h/H indica um melhor efeito protetor geral contra problemas cardiovasculares. Logo, os valores de h/H encontrados nas gorduras das FRC, FRP e FRV, iguais ou superiores a 2,73 (**Tabela 8**), apontam para uma composição lipídica promotora da saúde cardiovascular.

4.5 *Composição de minerais das farinhas*

Na **Tabela 9** são apresentados os teores de minerais das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro.

Tabela 9. Teores de minerais das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro

Minerais	**FRC**	**FRP**	**FRV**	**Unidade**	
Zn	10,46 ± 0,38 [a]	10,20 ± 0,47 [a]	10,01 ± 1,03 [a]		*
Mn	1,54 ± 0,19 [b]	1,47 ± 0,12 [b]	2,01 ± 0,15 [a]		*
Fe	3,88 ± 0,66 [b]	2,61 ± 0,27 [b]	13,92 ± 1,78 [a]	mg/100g	**
Cu	ND*	0,08 ± 0,02 [b]	0,34 ± 0,05 [a]		**
Mg	148,42 ± 9,52 [a]	148,84 ± 8,03 [a]	59,15 ± 5,08 [b]		**
Na	0,67 ± 0,02 [a]	0,52 ± 0,01 [b]	0,28 ± 0,02 [c]		**
K	0,83 ± 0,02 [b]	0,89 ± 0,04 [b]	0,98 ± 0,03 [a]	g/100g	*
Ca	6,41 ± 0,20 [a]	6,18 ± 0,49 [a]	0,11 ± 0,02 [b]		**
P	3,84 ± 0,17 [a]	3,80 ± 0,24 [a]	0,73 ± 0,03 [b]		**

Média ± DP; ***** Paramétricos: diferenças pelo teste de *Tukey* a 5%; ****** Não paramétricos: diferenças pelo teste de *Wilcoxon* a 5%; **FRC**: f. de resíduos de cabeças; **FRP**: f. de resíduos de patas; **FRV**: f. de resíduos de vísceras. **Fonte:** Elaboração própria, 2025.

Com exceção do zinco, os demais micronutrientes analisados (Mn, Fe e Cu) apresentaram maiores teores nas FRV. Já dentre os macronutrientes, com exceção do potássio, todos os demais minerais (Ca, P, Na e Mg) foram maiores nas FRC e FRP. Portanto, podemos dividir as farinhas em dois grupos: as FRV, mais ricas em micronutrientes, e as FRC e FRP, mais ricas em macronutrientes. Provavelmente, esta diferença ocorre pelo fato de as farinhas das vísceras não possuírem tecido ósseo, ao contrário das demais, cujo teor de cinzas é significativamente maior devido à presença de ossos em sua composição.

O cálcio e o fósforo são os principais minerais e apareceram em maior concentração nas FRC e FRP. A importância nutricional do cálcio, é descrita por Balk *et al*. (2017) que constataram uma baixa ingestão diária deste mineral em vários países de grande porte, como China, Índia, Indonésia e Brasil, trazendo

consequências negativas para a saúde óssea das suas populações. Já o consumo de fósforo foi avaliado por Fulgoni *et al.* (2022), evidenciando que sua ingestão, principalmente de fontes naturais, estava associada com a melhora da densidade óssea, porém seu consumo em excesso, potencializado por aditivos de fósforo mineral em alimentos processados, poderia ocasionar riscos de doenças crônicas, principalmente cardiovasculares. Portanto, o conhecimento da composição dos principais minerais destas farinhas é relevante para a indústria alimentícia, pois permite aplicações de acordo com a demanda nutricional de cada produto, garantindo níveis mínimos de nutrientes e evitando concentrações altas que possam ocasionar riscos de doenças, pois o excesso ou deficiência de alguns minerais em alimentos pode trazer consequências negativas para a saúde, como já foi relatado nos estudos de Zoroddu *et al*. (2019).

Apesar das diferenças de concentrações de diferentes minerais entre as farinhas, o zinco não apresentou diferenças significativas de concentração entre as FRC, FRP e FRV. Segundo Bredholt *et al*. (2016), o zinco possui mecanismos rígidos de autorregulação, fazendo com que suas concentrações sejam mantidas em níveis mais homogêneos nos diferentes tecidos dos organismos. Logo, mesmo que as farinhas tenham sido obtidas de diferentes partes da rã-touro, os teores deste mineral não apresentaram diferenças entre elas.

Quando a composição mineral das FRC, FRP e FRV foi comparada com a de outros estudos sobre rãs, verificou-se que os teores de potássio, ferro, manganês, sódio, magnésio presentes nas FRC e FRP, estão próximo aos valores relatados por Böswald *et al*. (2024) para uma farinha de rãs da espécie *Xenopus laevis*, enquanto o teor de cobre foi menor. Além disso, os teores de zinco, relatados neste estudo, são praticamente iguais aos observados por Schairer *et al.* (1998) em farinhas de rãs da espécie *Rana clamitans*.

A partir dos dados obtidos, foi realizada uma análise de correlação de *Pearson* ($p<0,05$) entre os níveis de minerais das três farinhas e com os teores de cinzas dessas farinhas, cujos resultados são apresentados na **Tabela 10**.

Tabela 10. Coeficiente de correlação de Pearson (**p<0,05**) para os minerais e cinzas

	Zn	Mn	Fe	Cu	Mg	Na	K	Ca	P	Cinzas
Zn										
Mn			0,86	0,90	- 0,82	- 0,72	0,77	- 0,84	- 0,86	- 0,86
Fe				0,95	- 0,96	- 0,87	0,83	- 0,97	- 0,96	- 0,98
Cu					- 0,95	- 0,96	0,74	- 0,97	- 0,97	- 0,97
Mg						0,91	- 0,86	0,98	0,99	0,99
Na							- 0,91	0,94	0,92	0,92
K								- 0,90	- 0,87	- 0,86
Ca									0,99	0,99
P										0,99

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Foi observada uma correlação positiva alta entre o Mg, Na, Ca e P com teor de cinzas das farinhas, bem como entre si. Sabe-se que a maior proporção de cinzas nas FRC e FRP, 24,1 ± 0,9% e 23,7 ± 0,6%, respectivamente, está relacionada com a presença de tecidos ósseos nas mesmas. Segundo Toppe *et al*. (2007), os ossos de pescados são constituídos principalmente por cálcio, fósforo, sódio, cloro e magnésio. Portanto, esta correlação positiva era esperada.

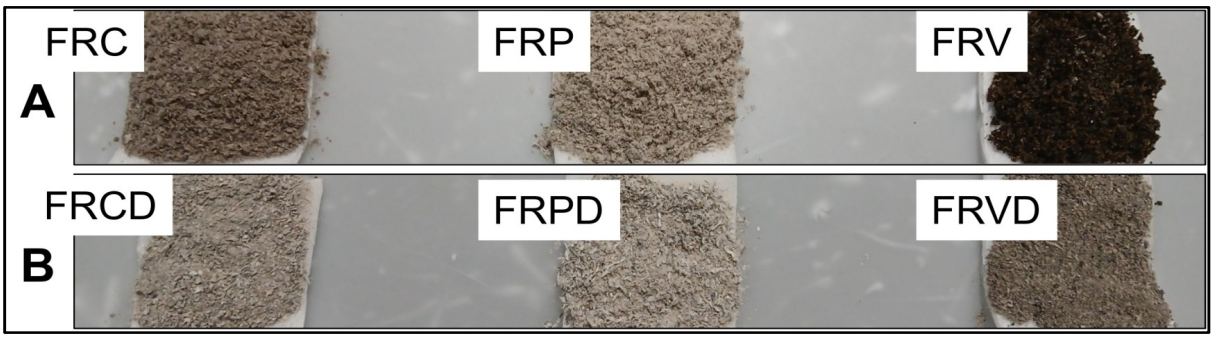
Alguns elementos também se correlacionam positivamente entre si, como é o caso do Fe e do Cu. Segundo Zoroddu *et al*. (2019), o ferro é um elemento essencial para o transporte e utilização de oxigênio, sendo encontrado principalmente no sangue e músculos através da hemoglobina e mioglobina, respectivamente. Já o cobre é um elemento importante na cadeia respiratória das mitocôndrias. Logo possuem uma relação intrínseca intracelular, onde o ferro participa do transporte de oxigênio e o cobre atua nas mitocôndrias viabilizando o uso deste oxigênio. Provavelmente por isso são os elementos que possuem maior correlação positiva entre si (0,95).

O zinco é o único elemento que não possui nenhuma correlação com os demais minerais, nem com o teor de cinzas das farinhas. Pois como já foi relatado, possui valor constante em todas as farinhas, devido ao mecanismo de autorregulação relatado por Bredholt *et al*. (2016).

4.6 *Farinhas desengorduradas dos resíduos de abate de rãs*

Na **Figura 7**, são mostradas as farinhas antes (**A**) e depois (**B**) do processo de desengorduramento.

Figura 7. Farinhas de resíduos do abate de rãs-touro antes (**A**) e depois (**B**) do processo de desengorduramento



FRC: f. de resíduos de cabeças; **FRP**: f. de resíduos de patas; **FRV**: f. de resíduos de vísceras**;** **FRCD**: f. de resíduos de cabeças desengorduradas; **FRPD**: f. de resíduos de patas desengorduradas; **FRVD**: f. de resíduos de vísceras desengorduradas. **Fonte:** Elaboração própria, 2025.

Uma das principais mudanças observadas foi o branqueamento das farinhas, principalmente das FRCD e FRVD. Segundo Cassol *et al*. (2025), o processo de desengorduramento proporciona o branqueamento das farinhas, devido à remoção da maior parte dos lipídeos, consequentemente, também pode promover a suavização do aroma e do sabor característico do material.

Conforme mostrado na **Tabela 11**, todas as farinhas desengorduradas ficaram com um teor de proteínas maior que 58%, com destaque para as FRVD (68,7 ± 1,4%).

Tabela 11. Teor de proteínas das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro

	FRCD	**FRPD**	**FRVD**	
Proteínas	58,6 ± 0,6% ^{b}	60,7 ± 1,2% ^{b}	68,7 ± 1,4% ^{a}	**

Média ± DP; ****** Não paramétricos: diferenças pelo teste de *Wilcoxon* a 5%; **FRCD**: f. de resíduos de cabeças desengorduradas; **FRPD**: f. de resíduos de patas desengorduradas; **FRVD**: f. de resíduos de vísceras desengorduradas. **Fonte:** Elaboração própria, 2025.

As FRCD, FRPD e FRVD apresentaram teores de proteínas superiores ao de farinhas obtidas com resíduos do abate de tilápias (50,5%) e do salmão (44,1%) (Souza et al., 2022). Já quando comparadas com farinhas de resíduos de rãs-touro, os teores de proteína das FRCD, FRPD e FRVD foram superiores ao das farinhas produzidas com rãs inteiras (46,5%) (Haddad *et al*., 2022).

4.7 *Capacidade antioxidante das farinhas desengorduradas*

Os resultados das atividades antioxidantes são mostrados na **Tabela 12**.

Tabela 12. Capacidades antioxidantes das farinhas deslipidificadas de resíduos do abate de rãs-touro

	FRCD	FRPD	FRVD	Unidade	
ABTS	15,8 ± 0,3 [a]	11,6 ± 0,9 [b]	14,1 ± 1,9 [ab]	µmol ET/g de farinha	**
FRAP	21,4 ± 0,4 [a]	7,3 ± 1,1 [b]	24,1 ± 2,2 [a]	µmol ET/g de farinha	**
Quelante Fe^{2+}	70,8 ± 10,8 [a]	47,3 ± 10,1 [b]	40,4 ± 8,6 [b]	µmol EDTA.Na^2/g de farinha	*

Média ± DP; ***** Paramétricos: diferenças pelo teste de *Tukey* a 5%; ****** Não paramétricos: diferenças pelo teste de *Wilcoxon* a 5%; **FRCD**: f. de resíduos de cabeças desengorduradas; **FRPD**: f. de resíduos de patas desengorduradas; **FRVD**: f. de resíduos de vísceras desengorduradas; ET: equivalente trolox. **Fonte:** Elaboração própria, 2025.

Foi observado que todas as farinhas expressaram capacidades antioxidantes, porém, as FRCD foram as que proporcionaram maiores atividades para o sequestro do radical $ABTS^+$ e habilidade quelante do Fe^{2+}. Já as FRCD e FRVD apresentaram maiores capacidades de redução dos íons férricos (FRAP), em relação às FRPD.

De modo geral, os valores para $ABTS^+$ das farinhas de resíduos de rãs-touro variaram de 11,6 até 15,8 µmol ET/g de farinha, sendo considerados muito baixos quando comparados com proteínas hidrolisadas de pescados, pois no estudo realizado por Li *et al*. (2024), estes valores foram superiores a 1.500 µmol ET/g de proteínas de ovas de peixe hidrolisadas.

A capacidade de redução do ferro, realizada pelo ensaio FRAP, das FRCD e FRVD, 21,4 e 24,1 µmol ET/g de farinha, respectivamente, foram maiores que os valores relatados por Zhang *et al*. (2020) para hidrolisados de carne de tilápia, entre 6 e 7 µmol ET/g de proteína. Além disso, as FRCD e FRVD apresentaram valores semelhantes aos relatados por Wen *et al*. (2024) para extratos proteicos de pepinos do mar, cujos valores máximos foram de aproximadamente 25 µmol ET/g de proteína. Portanto os valores de FRAP observados neste estudo, sobretudo FRCD e FRVD, são notáveis quando comparados com outras proteínas de pescados, inclusive hidrolisados proteicos.

Com relação à habilidade quelante, os valores das FRCD (70,8 ± 10,8 µmol EDTA.Na_2/g de farinha), foram próximos aos observados por Jeerakul *et al*. (2022) para proteínas de fígado de atum-listrado (80 µmol EDTA/g de proteína) e por Zhang *et al*. (2020) para hidrolisados de carne de tilápia (100 µmol EDTA. g^{-1} proteína). Portanto, os resultados de habilidade quelante das FRCD são bastante significativos, pois os valores são próximos aos encontrados em proteínas hidrolisadas de tilápia. Jeerakul *et al*. (2022), relataram que uma expressiva

habilidade quelante das proteínas de pescados poderia estar relacionada com o maior conteúdo de lisina, histidina e prolina, devido à sua alta capacidade de ligação ao ferro, além disso, conforme observado em Haddad *et al*. (2022), estes aminoácidos estão entre os principais encontrados na composição de proteínas de rãs-touro.

Apesar de o ferro ser essencial para o funcionamento dos organismos, principalmente os aeróbicos, seu excesso nos alimentos pode ser tóxico, pois o ferro livre é o catalisador mais comum da produção de radicais livres e oxidação, daí a importância de ingredientes capazes de capturar o excesso de ferro em produtos alimentícios (Kontoghiorghes e Kontoghiorghe, 2020). Sendo assim, as farinhas de resíduos do abate de rãs, com destaque para as FRCD que possuem maior habilidade quelante do ferro, podem ser ingredientes capazes de reduzir excessos de ferro livre nos alimentos, minimizando os efeitos da oxidação proteica e lipídica que podem degradar os alimentos.

As proteínas solúveis são as principais responsáveis pela expressão destas atividades antioxidantes, além disso, farinhas de proteínas de rãs são consideradas produtos medicinais na China com várias aplicações, sobretudo antioxidantes, cujas atividades foram observadas tanto *in vitro*, quanto *in vivo*, exibindo até mesmo efeitos antifadiga (Dongmulati *et al*., 2025; Zhang *et al*., 2018). No entanto, os minerais presentes nas farinhas também podem exercer influências positivas ou negativas nas atividades antioxidantes, pois segundo Rak *et al*. (2025) podem aumentar a atividade, redistribuindo a densidade eletrônica, diminuindo a energia de transferência de hidrogênio e estabilizando a ressonância, ou reduzir a atividade por meio de irregularidades de carga, ligação covalente e interrupção da ressonância, portanto, o efeito final depende das propriedades do mineral e de sua interação com a estrutura eletrônica do ligante.

4.8 *Propriedades tecnológicas das farinhas desengorduradas*

4.8.1 *Solubilidade das proteínas*

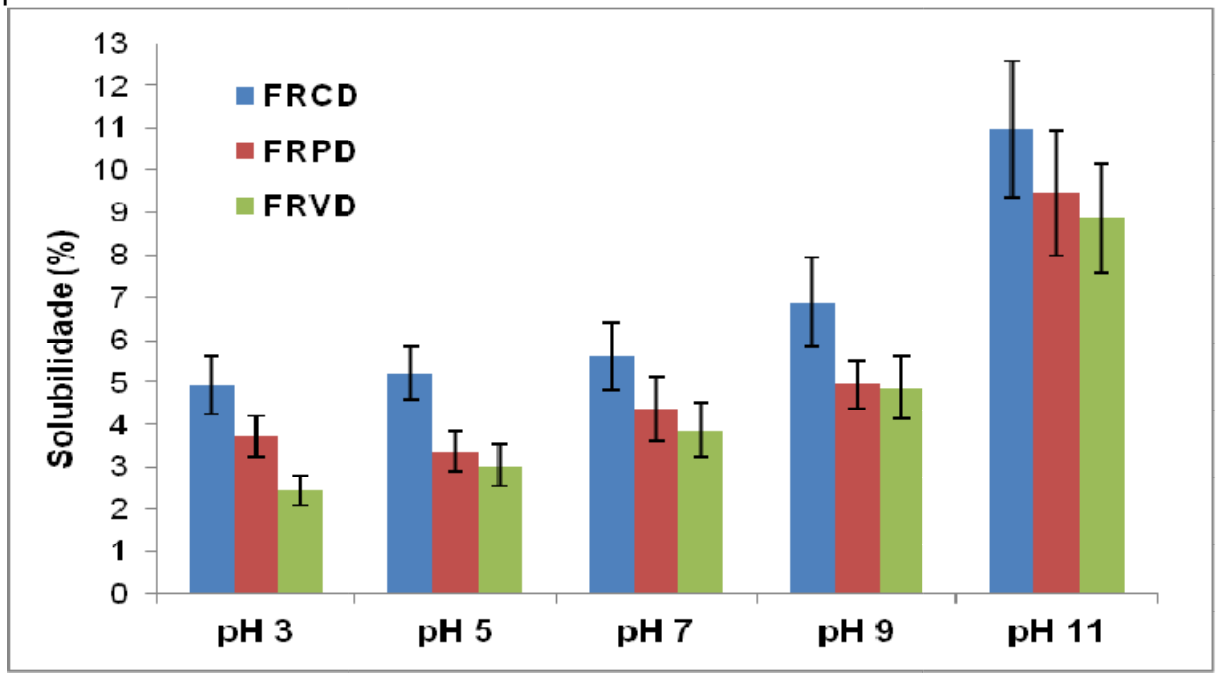
Na **Tabela 13** são mostradas as solubilidades das proteínas das farinhas em diferentes pHs.

Tabela 13. Solubilidade das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro em diferentes pHs

Solubilidade	FRCD	FRPD	FRVD	Unidade	
pH 3	4,92 ± 0,70 $^{a\,C}$	3,73 ± 0,48 $^{b\,B}$	2,43 ± 0,35 $^{c\,C}$		*
pH 5	5,21 ± 0,63 $^{a\,C}$	3,36 ± 0,49 $^{b\,B}$	3,03 ± 0,50 $^{b\,C}$		*
pH 7	5,62 ± 0,79 $^{a\,BC}$	4,37 ± 0,76 $^{b\,B}$	3,87 ± 0,63 $^{b\,BC}$	%	*
pH 9	6,89 ± 1,07 $^{a\,B}$	4,96 ± 0,57 $^{b\,B}$	4,87 ± 0,75 $^{b\,B}$		*
pH 11	10,98 ± 1,62 $^{a\,A}$	9,47 ± 1,49 $^{a\,A}$	8,88 ± 1,28 $^{a\,A}$		*
	**	**	**		

Média ± DP; * Paramétricos: diferenças pelo teste de *Tukey* a 5%; ** Não paramétricos: diferenças pelo teste de *Wilcoxon* a 5%; **a**, **b** e **c:** diferenças entre colunas; **A**, **B** e **C**: diferenças entre linhas; **FRCD**: f. de resíduos de cabeças desengorduradas; **FRPD**: f. de resíduos de patas desengorduradas; **FRVD**: f. de resíduos de vísceras desengorduradas. **Fonte:** Elaboração própria, 2025.

Figura 8. Solubilidade das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro em diferentes pHs



FRCD: f. de resíduos de cabeças desengorduradas; **FRPD**: f. de resíduos de patas desengorduradas; **FRVD**: f. de resíduos de vísceras desengorduradas. **Fonte:** Elaboração própria, 2025.

As FRCD apresentaram as maiores solubilidades em relação às FRVD e FRPD em quase todos os pHs, porém no pH 11 não houve diferença de solubilidades entre as três farinhas (**Tabela 13**). De modo geral, foi observado que a solubilidade das proteínas das farinhas aumenta com o pH, sendo maior quando o pH é igual a 11 e menor nos pHs 3 e 5 para todas as farinhas. Segundo Haddad *et al*. (2022), isso ocorre devido ao alto teor de aminoácidos ácidos nas proteínas de rãs-touro, especialmente ácido glutâmico que em pHs alcalinos ficam carregados negativamente aumentando sua interação com água. Além disso, em pH ácido ou

neutro, as solubilidades são mais baixas para todas as farinhas, principalmente para as FRVD. Kumoro *et al*. (2022) explicaram que a solubilidade de proteínas de pescados tende a ser menor em pH de 4,0 a 5,0 e maior em condições alcalinas devido à elevação de cargas negativas das proteínas, aumentando a repulsão entre as proteínas e a ligação com as moléculas de água.

A solubilidade das proteínas ainda é uma das propriedades mais importantes a serem consideradas quando ingredientes estão sendo selecionados para formulações alimentares específicas, pois durante as operações de processamento as proteínas passam por uma série de condições que podem alterar sua solubilidade (Grossmann e McClements, 2023). A menor solubilidade tanto em pHs neutros, quanto levemente ácidos, pode ser um fator de qualidade tecnológica positivo, pois aumenta a retenção das proteínas, mesmo quando estas farinhas estiverem em contato com a água durante processamentos alimentícios. Neste contexto as FRVD e FRPD seriam melhores. Porém em um processamento que visa à extração de proteínas solúveis com expressivas atividades antioxidantes, como foi realizado por Dongmulati *et al*. (2025), as FRCD seriam as melhores, pois além de possuírem maior solubilidade também expressam maiores atividades antioxidantes, sobretudo quelante do ferro.

4.8.2 *Índices de atividade e estabilidade emulsificantes*

Na **Tabela 14** são mostrados os índices de atividade e estabilidade emulsificante das farinhas.

Tabela 14. Índices de atividade e estabilidade emulsificante das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro

	FRCD	**FRPD**	**FRVD**	**Unidade**	
IAE	6,25 ± 0,72 [b]	4,65 ± 0,36 [c]	23,24 ± 5,03 [a]	m^2/g de proteína	**
IEE (10 min)	20,82 ± 1,84 [a]	23,98 ± 1,98 [a]	24,67 ± 3,02 [a]	minuto	*

Média ± DP; ***** Paramétricos: diferenças pelo teste de *Tukey* a 5%; ****** Não paramétricos: diferenças pelo teste de *Wilcoxon* a 5%; **FRCD**: f. de resíduos de cabeças desengorduradas; **FRPD**: f. de resíduos de patas desengorduradas; **FRVD**: f. de resíduos de vísceras desengorduradas; **IAE**: índice de atividade emulsificante; **IEE**: índice de estabilidade emulsificante. **Fonte:** Elaboração própria, 2025.

Com relação ao IAE, as FRVD apresentaram valores maiores que as FRCD e FRPD. Em comparação com outros estudos, os valores do IAE das FRVD também foram maiores que os relatados por Steinsholm *et al*. (2021) para hidrolisados de

espinha dorsal de bacalhau e salmão do atlântico, cujos IAE não ultrapassaram 13 m^2/g de proteína, além disso, o resultado, para FRVD, foi próximo ao relatado por Sripokar *et al.* (2019) para hidrolisados de fígado de atum, cujos valores do IAE foram da ordem de 25 m^2/g e ao relatado por Naghdi *et al*. (2023) para hidrolisados de pele, espinhas e cabeças de atum com valores de cerca de 23 m^2/g. Portanto, é evidente que as FRVD, mesmo não tendo passado por processo de hidrólise enzimática, apresentaram potencial emulsificante da ordem, ou até superior, a hidrolisados de resíduos proteicos de outros pescados, inclusive seu IAE foi semelhante ao do isolado de proteína de soja relatado por Guo *et al*. (2025), de aproximadamente 23 m^2/g.

De modo geral, o IEE para as três farinhas de resíduos do abate de rãs teve resultados semelhantes após 10 min (20,82 até 24,67 min), sendo superiores aos valores relatados para hidrolisados de fígado de atum, cerca de15 min, bem como pele, espinhas e cabeças, cerca de 16 min (Naghdi *et al*., 2023; Sripokar *et al.*, 2019). Sendo um resultado que evidencia, além da atividade, uma boa estabilidade emulsificante das FRCD, FRPD e FRVD.

Com o crescente interesse por alimentos saudáveis e de menor impacto ambiental, as proteínas de pescados têm sido amplamente utilizadas como emulsificantes naturais na indústria alimentícia, pois podem formar um sistema emulsificante estável, melhorar a textura, a estabilidade e a qualidade dos produtos cárneos (Lu *et al*., 2024). Portanto os resultados do IAE das FRVD evidenciam seu potencial como uma fonte promissora de proteínas emulsificantes para uso pela indústria alimentícia.

4.8.3 *Absorção de água e óleo*

As capacidades de absorção de água (CAA) e de óleo (CAO) das farinhas são mostradas na **Tabela 15**, onde foi observado que a CAA das FRVD foi pelos menos duas vezes maior que a das outras farinhas. Já com relação à CAO, as FRPD apresentaram o maior valor, enquanto as FRVD, o menor valor.

Tabela 15. Capacidade de absorção de água e de óleo das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro

	FRCD	FRPD	FRVD	Unidade	
CAA	2,84 ± 0,16 [b]	3,42 ± 0,08 [b]	7,03 ± 0,92 [a]	mL água/g proteína	**
CAO	2,81 ± 0,26 [b]	3,84 ± 0,43 [a]	1,92 ± 0,22 [c]	mL óleo/g proteína	*

Média ± DP; ***** Paramétricos: diferenças pelo teste de *Tukey* a 5%; ****** Não paramétricos: diferenças pelo teste de *Wilcoxon* a 5%; **FRCD**: f. de resíduos de cabeças desengorduradas; **FRPD**: f. de resíduos de patas desengorduradas; **FRVD**: f. de resíduos de vísceras desengorduradas; **CAA:** capacidade de absorção de água; **CAO:** capacidade de absorção de óleo. **Fonte:** Elaboração própria, 2025.

A CAA das FRVD (7,03 mL de água/g proteína), neste estudo, foi superior a relatada por Ma *et al*. (2024) para proteínas de trigo (4,7 mL água/g proteína) e inferior ao das proteínas isoladas de soja (10,8 mL água/g proteína). Ingredientes com altas CAA são importantes para melhorar a estabilidade de alimentos e reduzir a perda de água durante etapas do processamento de alimentos, portanto é uma qualidade tecnológica relevante das FRVD.

Com relação à CAO, as FRPD (3,84 mL óleo/g proteína) tiveram um valor superior ao das proteínas de trigo (3,3 g óleo/g proteína) e das proteínas isoladas de soja (2,7 g óleo/g proteína) (Ma *et al*., 2024). Segundo Haddad *et al*. (2022) farinhas com maior CAO podem ser utilizadas na indústria como agentes de consistência para produtos alimentícios e intensificadores de sensação de sabor na boca, melhorando a palatabibilidade dos alimentos. Portanto, as FRPD podem ser vistas como bons agentes de absorção de óleo para serem adicionadas em produtos com maior concentração de gorduras em sua composição, contribuído para melhoria da sua qualidade estrutural e de sabor.

A CAA indica que a proteína pode absorver água e mantê-la ligada dentro da matriz proteica, isso ocorre principalmente devido à presença de aminoácidos polares que são capazes de se unir com as moléculas de água. Já a CAO é uma propriedade do material de proporcionar quaisquer interações possíveis com o óleo (Haddad *et al*., 2022). Alguns estudos relatam que uma maior atividade emulsificante pode estar relacionada com capacidades semelhantes dos valores de absorção de água e óleo (Kumoro *et al*., 2022), porém neste estudo se observa que as FRVD possuíam um valor de CAA mais de três vezes superior a CAO, mesmo assim obteve melhor índice de atividade emulsificante que as demais farinhas. Este mesmo comportamento também foi observado em proteínas isoladas de soja, onde

de acordo com Ma *et al*. (2024), o valor da CAA foi quatro vezes maior que o da CAO, mesmo assim as proteínas isoladas de soja pode ser consideradas com um bom emulsificante natural de amplo uso pela indústria alimentícia.

5 CONCLUSÃO

O estudo apontou as principais características do ponto de vista nutricional, bioativo e tecnológico das farinhas de resíduos do abate de rãs-touro, dentre os quais podemos destacar a FRV como uma fonte simultânea de proteínas e lipídeos, enquanto as FRP e FRC podem ser vistas como uma fonte de proteínas e minerais. Os lipídeos, presentes em todas as farinhas, mas em maior quantidade nas FRV, possuem índices de qualidade lipídica que apontam para efeitos positivos para a saúde cardiovascular dos consumidores, elevando ainda mais o potencial nutricional destas farinhas. Com relação à composição de minerais, as FRC e FRP, apresentaram os maiores níveis de macronutrientes, principalmente cálcio e fósforo, devido ao fato de possuírem tecidos ósseos em sua composição, enquanto as FRV eram mais ricas em micronutrientes, sobretudo Cu, Mn e Fe.

Quando se trata do potencial bioativo, as FRCD se destacaram pela alta habilidade quelante do ferro, maior atividade na captura do radical $ABTS^{+}$ e redução do ferro (FRAP) sendo um resultado importante que coloca esta farinha como uma fonte de proteínas com maior potencial antioxidante, quando consumidas, e capaz de reduzir as taxas de oxidação lipídica e proteica quando adicionada em produtos alimentícios.

As proteínas das FRVD também se destacaram pela boa atividade emulsificante, comparável a outras proteínas que já são bastante utilizadas pela indústria alimentícia, como o isolado de proteína de soja. Já as FRPD apresentaram CAO mais alta que as proteínas de trigo e soja. Portanto, as FRVD e FRPD, podem se tornar fontes promissoras de proteínas com boas atividades emulsificantes e de absorção de óleo, respectivamente.

De modo geral, todas as farinhas de resíduos do abate de rãs-touro, apresentaram algum tipo de potencial nutricional, bioativo ou tecnológico que podem chamar a atenção da indústria alimentícia ou nutracêutica para sua aplicação em produtos e, até mesmo, de outros pesquisadores com interesse neste tipo de material.

REFERENCIAS

ALENCAR, Éverton N.; XAVIER-JÚNIOR, Francisco H.; MORAIS, Andreza R. V.; *et al*. Chemical Characterization and Antimicrobial Activity Evaluation of Natural Oil Nanostructured Emulsions. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**, v. 15(1), 2015.

AL-GHANIM, K.; AL-THOBAITI, A.; AL-BALAWI, H. F. A.; AHMED, Z.; MAHBOOB, S. Effects of replacement of fishmeal with other alternative plant sources in the feed on proximate composition of Muscle, Liver and Ovary in Tilapia (*Oreochromis nioloticus*). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 60, n. December, p. 1–7, 2017.

AMARAL-MACHADO, Lucas; OLIVEIRA, Wógenes N.; ALENCAR, Éverton N.; *et al*. Bullfrog oil (*Rana catesbeiana* Shaw) induces apoptosis, in A2058 human melanoma cells by mitochondrial dysfunction triggered by oxidative stress. **Biomedicine e Pharmacotherapy,** v. 117, 2019.

AMARAL-MACHADO, Lucas; XAVIER-JÚNIOR, Francisco; RUTCKEVISKI, Renata; *et al*. New Trends on Antineoplastic Therapy Research: Bullfrog (*Rana catesbeiana Shaw*) Oil Nanostructured Systems. **Molecules**, v. 21, p. 585, 2016.

AOAC - Official Methods of Analysis. **AOAC International**, 18th Edition, 2005.

ATTIA, Youssef A.; AL-HARTHI, Mohammed A.; KORISH, Mohamed A.; SHIBOOB, Mohamed M. Fatty acid and cholesterol profiles, hypocholesterolemic, atherogenic, and thrombogenic indices of broiler meat in the retail market. **Lipids in Health and Disease**, v. 16 (40), 2017.

AULIYA, Mark; ALTHERR, Sandra; NITHART, Charlotte; *et al*. Numerous uncertainties in the multifaceted global trade in frogs' legs with the EU as the major consumer. **Nature Conservation**, v. 51, p. 71–135, 2023.

AYRES, Athos Alexandre Cesnik; DAMASCENO, Danielle Zanerato; MORO, Evandro Bilha; *et al*. Carcass yield and proximate composition of bullfrog (*Lithobates catesbeianus*). **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, v. 37, n. 4, p. 329 333, Oct/Dec, 2015.

BALK, E. M.; ADAM, G. P.; LANGBERG, V. N.; *et al*. Global dietary calcium intake among adults: a systematic review. **Osteoporos Int**, v. 29, p. 3315–3324, 2017.

BARBOSA, Leonardo M. Q.; AMARAL-MACHADO, Lucas; FÉLIX-SILVA, Juliana; *et al*. Bullfrog Oil Reduces the Carrageenan-induced Edema in Wistar Rats by in vitro Reduction of Inflammatory Mediators. **Journal of Oleo Science**,v. 69(2), p. 133-142, 2020.

BENZIE, Iris F. F.; Strain, J. J. The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of ‘‘Antioxidant Power’’: The FRAP Assay. Analytical Biochemistry, v. 239, p. 70–76, 1996.

BÖSWALD, L. F.; MATZEK, D.; VON LA ROCHE, D.; *et al*. Investigations on *Xenopus laevis* body composition and feeding behavior in a laboratory setting. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 1–15, 2024.

BRADFORD, M.M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei nº 1.283, de 18 de dezembro de 1950, e a Lei nº 7.889, de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. Brasília, março, 2017.

BRASIL. Decreto nº 12.082, de 27 de junho de 2024. Institui a Estratégia Nacional de Economia Circular. Brasília, junho, 2024.

BREDHOLT, M.; FREDERIKSEN, J. L. Zinc in multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. **ASN Neuro**, v. 8, n. 3, p. 1–9, 2016.

BRENES-SOTO, Andrea; DIERENFELD, Ellen S.; BOSCH, Guido; *et al*. Gaining insights in the nutritional metabolism of amphibians: analyzing body nutrient profiles of the African clawed frog, *Xenopus laevis*. **PeerJ**, agosto, 2019.

BUŠOVÁ, Milena; KOUŘIMSKÁ, Lenka; TUČEK, Milan. Fatty acids profile, atherogenic and thrombogenic indices in freshwater fish common carp (*cyprinus carpio*) and rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*) from market chain. **Central European Journal of Public Health**, v. 28 (4), p. 313–319, 2020.

CAGILTAY, F.; ERKAN, N.; SELCUK, A.; *et al*. Chemical composition of wild and cultured marsh frog (*Rana ridibunda*). **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 20(5), p. 1250-1254, 2014.

CARTA, G.; MURRU, E.; BANNI, S.; MANCA, C. Palmitic acid: Physiological role, metabolism and nutritional implications. **Frontiers in Physiology**, v. 8, n. NOV, p. 1–14, 2017.

CASSOL, G. Zatta; REZENDE-DE-SOUZA, J. H.; SAVAY-DA-SILVA, L. K. Fish Byproducts as a Protein Source: A Critical Review of Fish Protein Concentrate. **Food Reviews International**, v. 41(1), p. 201–217, 2025.

CASSOL, G. Zatta; REZENDE-DE-SOUZA, J. H.; FOGAÇA, F. H. D. S.; *et al*. Influence of Delipidification on Protein Concentrate Extracted from Fish By-Products: Technical Process, Nutritional Value, and Amino Acid Bioaccessibility. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 33(2), p. 111–126, 2024.

CHEN, Jiapeng; LIU, Hongbing. Nutritional Indices for Assessing Fatty Acids: A Mini-Review. **International Journal of Molecular Sciences**, v 21(16), 2020.

ÇIÇEK, Kerim; AYAZ, Dinçer; AFSAR, Murat; *et al*. Unsustainable harvest of water frogs in southern Turkey for the European market. **Oryx**, v. 55(3), p. 364–372, 2021.

DONGMULATI, Naziermu; WALI, Ahmidin; YANG, Zi; *et al*. Comparative extraction of antioxidant proteins from whole frogs (*Rana ridibunda* Pallas). **Anal. Methods**, v. 17, p. 54-63, 2025.

COONEY, Ronan; SOUSA, David Baptista de; FERNANDEZ-RÍOS, Ana; *et al*. A circular economy framework for seafood waste valorisation to meet challenges and opportunities for intensive production and sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 392, 2023.

COZZOLINO, Maria; SALOMONE, Roberta; RICCA, Bruno; GULOTTA, Teresa Maria. Circular economy in aquaculture: An Italian survey to understand perceptions, challenges and options for transition. **Marine Policy**, v. 176, 2025.

EL-LAHAMY, A. A.; KHALIL, K. I.; EL-SHERIF, S. A.; MAHMUD, A. A. Impact of cooking methods and frozen storage on quality parameters of mullet fish (*Mugil cephalous*) steaks. **J Food Technol Pres**, v. 2, n. 3, p. 2–8, 2018.

ESTEVES, Pedro Vieira; THULLER, Murilo Antonio Oliveira; FERNANDES, Andrea Bambozzi; PEREIRA, Marcelo Maia. Productive diagnosis off rog culture in the state of Rio de Janeiro. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim**., v.24, p. 01-15, 2023.

FAO - Food and Agriculture Organization. Index of fishery static Yearbook: Frogs and other amphibians Grenouilles et autres amphibies Ranas y otros anfíbios, B71. 2020. Disponível em: https://www.fao.org/fishery/static/Yearbook/YB2018_USBcard/root/aquaculture/b71.pdf

FAO - Food and Agriculture Organization. The state of world fisheries and aquaculture 2022. Disponível em: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9df19f53-b931-4d04-acd3-58a71c6b1a5b/content/sofia/2022/aquaculture-production.html

FERNÁNDEZ, J; GARCÍA DE LA FUENTE, V; Fernández García MT; *et al*. A diet based on cured acorn-fed ham with oleic acid content promotes anti inflammatory gut microbiota and prevents ulcerative colitis in an animal model. **Lipids in Health and Disease**, v. 19(28), p. 2-19, 2020.

FOGAÇA, F. H. dos S.; LEGAT, A. P.; PEREIRA, A. M. L.; LEGAT, J. F. A. Métodos para análise de pescados. **Embrapa Meio Norte**, Documentos, Teresina-PI, p. 27, 2009.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, G H Sloane. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **J Biol Chem**, v. 226, n. 1, p. 497-509, 1957.

FONSECA-MADRIGAL, Jorge; ANDRADE-LÓPEZ, Themis Sofía; MARTÍNEZ PALACIOS, Carlos Antonio; et al. Effect of dietary protein:lipid ratio on growth and body composition in bullfrog (*Lithobates catesbeianus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 52, 2023.

FULGONI, Kristin; Fulgoni, Victor L.; WALLACE, Taylor C. Association of Total, Added, and Natural Phosphorus Intakes with Biomarkers of Health Status and Mortality in Healthy Adults in the United States. **Nutrients**, v. 14, p 1738, 2022.

FRANÇA, Andrezza Araújo de; CABRAL, Ana Maria Duarte; VALE, Patrícia de Azevedo Castelo Branco do; *et al*. Delineamentos experimentais utilizados na avaliação da produção de leite. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 4, 2023.

GENG, Jie; CAO, Qing; JIANG, Shanchen. Evaluation of Dynamic Changes of Volatile Organic Components for Fishmeal during Storage by HS-SPME-GC-MS with PLS-DA. **Foods**, v. 13(9), p. 1290, 2024.

GREENFIELD, H.; SOUTHGATE, D. A. T. Food composition data: production, management and use. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**, second edtion, Rome, 2003.

GROSSMANN, Lutz; MCCLEMENTS, David Julian. Current insights into protein solubility: A review of its importance for alternative proteins. **Food Hydrocolloids**, v. 137, 2023.

GUO, Zhihao; LI, Weiyu; XUE, Yuan; *et al*. Enhancement of Emulsifying Activity in Soy-Protein-Based Products by Partial Substitution with Zein Hydrolysates and Transglutaminase Addition. **Foods**, v. 14(8), 2025.

HADDAD, L. Ruiz; TEJADA-ORTIGOZA, V.; MARTÍN-DEL-CAMPO, S. T.; *et al*. Evaluation of nutritional composition and technological functionality of whole American Bullfrog (*Lithobates catesbeianus*), its skin, and its legs as potential food ingredients. **Food Chemistry**, v. 372, 2022.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practices**, v. 22, p. 475, 1973.

HE, Lili; WU, Daren; LIU, Jingwen; *et al*. Comparison of Lipid Composition between *Quasipaa spinosa* Oil and *Rana catesbeiana* Oil and Its Effect on Lipid Accumulation in Caenorhabditis elegans. **Journal of Oleo Science**, v. 73(2), p. 239-251, 2024.

HONRADO, Adrián; RUBIO, Sara; BELTRÁN, José Antonio; CALANCHE, Juan. Fish By-Product Valorization as Source of Bioactive Compounds for Food Enrichment: Characterization, Suitability and Shelf Life. **Foods**, v. 11(22), p. 3656, 2022.

HORUZ, E.; BOZKURT, H.; KARATAŞ, H.; MASKAN, M. Effects of hybrid (microwave-convectional) and convectional drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries. **Food Chemistry**, v. 230, p. 295–305, 2017.

JAYATHILAKAN, K.; SULTANA, Khudsia; RADHAKRISHNA, K.; BAWA, A. S. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 48, p. 278-293, 2012.

JAYAWARDENA, S. Reshan; MORTON, James D.; BEKHIT, Alaa El-Din A.; BHAT, Zuhaib F.; BRENNAN, Charles S. Effect of drying temperature on nutritional,

functional and pasting properties and storage stability of beef lung powder, a prospective protein ingredient for food supplements. **LWT**, v. 161, 2022.

JEERAKUL, Chanita; KITSANAYANYONG, Lalitphan; MOOKDASANIT, Juta; *et al*. Functional Properties and Bioactivities of Protein Powder Prepared from Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) Liver Using the pH Shift Process. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences**, v. 72(4), p. 347–359, 2022.

KHAN, M. A.; MORADIPOUR, M.; OBEIDULLAH, M.; QUADER, A. K. M. A. Heat and mass transport analysis of the drying of freshwater fishes by a forced convective air-dryer. **Journal of Food Process Engineering**, v. 44, n. 1, 2021.

KHANTAPHANT, Sutheera; BENJAKUL, Soottawat; GHOMI, Mohammad Reza. The effects of pretreatments on antioxidative activities of protein hydrolysate from the muscle of brownstripe red snapper (*Lutjanus vitta*). **Food Science and Technology**, v. 44, p. 1139-1148, 2011.

KONTOGHIORGHES, George J.; KONTOGHIORGHES, Christina N. Iron and Chelation in Biochemistry and Medicine: NewApproaches to Controlling Iron Metabolism and Treating Related Diseases. **Cells**, v. 9(6), 2020.

KUMORO, Andri Cahyo; WARDHANI, Dyah Hesti; KUSWORO, Tutuk Djoko; *et al*. Fish protein concentrate for human consumption: A review of its preparation by solvent extraction methods and potential for food applications. **Annals of Agricultural Sciences**, v. 67, p. 42–59, 2022.

LEIGUE, Ana Alice Santos Corte; FILHO, Jerônimo Vieira Dantas; PINTO, Donovan Filipe Henrique; *et al*. Development of biscuits with viscera of bullfrog (*Lithobates catesbeianus*) for adult dogs. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 18, p. 141-150, june, 2024.

LI, Shuxian; CARNE, Alan; BEKHIT, Alaa El-Din Ahmed. Investigation of Antioxidant Activity of Protein Hydrolysates from New Zealand Commercial Low-Grade Fish Roes. **Marine Drugs**, v. 22(8), p. 364, 2024.

LI, Y.; TANG, H.; YANG, X.; *et al*. Associations of ω-3, ω-6 polyunsaturated fatty acids intake and ω-6: ω-3 ratio with systemic immune and inflammatory biomarkers: NHANES 1999-2020. **Frontiers in Nutrition**, v. 11, n. June, 2024.

LÓPEZ-PUEBLA, Sussi; ARIAS-SANTÉ, María Fernanda; ROMERO, Jaime; *et al*. Analysis of Fatty Acid Profile, α-Tocopherol, Squalene and Cholesterol Content in

Edible Parts and By-Products of South Pacific Wild Fishes. **Marine Drugs**, v. 23(3), p. 104, 2025.

LU, Shanshan; LU, Quanhong; XIAO, Li Yuan; *et al*. Fish protein as a new emulsifier: Mechanism, enhancement, application. **Food Frontiers**, v. 5(3), p. 1096–1107, 2024.

MA, Yurong; FU, Shuang, YANG, Shuailing; *et al*. Nutritional and functional properties of photosynthetic microorganism proteins: A comparison with soy protein isolate and wheat protein. **LWT**, v. 197, 2024.

MAGALHÃES, Luiz Rogério; MOEBUS, Victor F.; CASTAGNA, Airton A.; *et al*. Physicochemical, Microbiological, and Toxicological Characterization of Pâté Prepared from the Meat and Liver of Bullfrog (*Aquarana catesbeiana*) Carcasses. **Foods**, v. 12, 2023.

MASI, Margherita; ADINOLFI, Felice; VECCHIO, Yari. Toward the Circular Economy in the Aquaculture Sector: Bibliometric, Network and Content Analyses. **Sustainability**, v. 16(13), 2024.

MELO, R. B.; DE BARROS SILVA, P. G.; ORIÁ, R. B.; *et al*. Anti-inflammatory effect of a fatty acid mixture with high ω-9:ω-6 ratio and low ω-6:ω-3 ratio on rats submitted to dental extraction. **Archives of Oral Biology**, v. 74, p. 63–68, 2017.

MEWA, Eunice A.; OKOTHA, Michael W.; KUNYANGA, Catherine N.; RUGIRIB, Musa N. Effect of drying air temperature and slice thickness on the physical and microbiological quality of dried beef. **LWT - Food Science and Technology**, v. 92, p. 484–489, 2018.

MISHRA, S.; CHATTOPADHYAY, A.; NAAZ, S.; *et al*. Oleic acid as a restorative agent in alleviating adrenaline induced altered morphofunctional milieu of gastric tissue and mitochondria. **Heliyon**, v. 7, n. 3, p. e06476, 2021.

MOREIRA-OLIVEIRA, Susiane S.; AMARAL-MACHADO, Lucas; OLIVEIRA, Wógenes Nunes; *et al*. Buccal Bullfrog (*Rana catesbeiana* Shaw) Oil Emulsion: A Mucoadhesive System Intended for Treatment of Oral Candidiasis. **Pharmaceutics**, v. 10, p. 257, 2018.

NAGHDI, Shahab; REZAEI, Masoud; TABARSA, Mehdi; ABDOLLAH, Mehdi. Fish Protein Hydrolysate from Sulfated Polysaccharides Extraction Residue of Tuna Processing By-Products with Bioactive and Functional Properties. **Global Challenges**, v. 7(4), 2023.

NGUYEN, H. T.; HILMARSDÓTTIR, G. S.; TÓMASSON, T.; ARASON, S.; GUDJÓNSDÓTTIR, M. Changes in Protein and Non-Protein Nitrogen Compounds during Fishmeal Processing—Identification of Unoptimized Processing Steps. **Processes**, v. 10, n. 4, 2022.

OJEDIRAN, J. O.; OKONKWO, C. E.; OLANIRAN, A. F.; *et al*. Hot air convective drying of hog plum fruit (*Spondias mombin*): effects of physical and edible-oil-aided chemical pretreatments on drying and quality characteristics. **Heliyon**, v. 7, n. 11, 2021.

ÖZOĞUL, F.; ÖZOĞUL, Y. Comparison of methods used for determination of total volatile basic nitrogen (TVB-N) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Turkish Journal of Zoology**, v. 24, n. 1, p. 113–120, 2000.

PAHOR-FILHO, Eduardo; MANSANO, Cleber Fernando Menegasso; PEREIRA, Marcelo Maia; STÉFANI, Marta Verardino De. The most frequently bullfrog productive systems used in Brazilian aquaculture: A review. **Aquacultural Engineering**, v. 87, 2019.

RAK, Karolina; KOLNIAK-OSTEK, Joanna; GAJDA, Robert; *et al*. Antioxidant Activity, Total Polyphenol Content, and Mineral Composition of Milk Beverages Fortified with Spice Mixtures (Clove, Cinnamon, and Turmeric) and Natural Sweeteners (Erythritol and Stevia): Evidence of Synergistic or Antagonistic Effects of Compounds. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26(18), p. 8813, 2025.

RANGANA, S. Manual of analysis of fruit and vegetable products. **Tata: McGraw Hill**, 1979.

RE, Roberta; PELLEGRINI, Nicoletta; PROTEGGENTE, Anna; *et al*. Antioxidant activity applying an improved abts radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology e Medicine**, v. 26, n. 9/10, p. 1231–1237, 1999.

RIBEIRO, L. P.; TOLEDO, L. F. An overview of the Brazilian frog farming. **Aquaculture**, v. 548, 2022.

RODRÍGUEZ-AMBRIZ, S. L., MARTÍNEZ-AYALA, A. L., MILLAN, F.; D´AVILA-ORTÍZ, G. Composition and functional properties of lupinus campestris protein isolates. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 60, p. 99–107, 2005.

SANCIO, Ana Paula de Oliveira; COELHO, Leidiane Alves; SOUZA, Carolina Paula Gouvêa de. Frog meat products: Acceptance or aversion sensory? **Future Foods**, v. 5, 2022.

SANTOS-SILVA J.; BESSA, R. J. B.; SANTOS-SILVA, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: fatty and composition of meat. **Livestock Production Science**, v. 77(2-3), p. 187-194, 2002.

SAS OnDemand for Academics. Disponível em: < https://www.sas.com/pt_br/software/on-demand-for-academics.html >. Acesso em: 1 aug. 2025.

SCHAIRER, M. L.; DIERENFELD, E. S.; FITZPATRICK, M. P. Nutrient Composition of Whole Green Frogs, *Rana clamitans* and Southern Toads, *Bufo terrestris*. **Bulletin of the Association of Reptilian and Amphibian Veterinarians**, v. 8, n. 3, p. 17–20, 1998.

SEIXAS FILHO, J. T de.; IDE, L. K.; MELLO, S. C. R. P.; CAFIERO, J. T. G.; RODRIGUES, E. Production of flour made from bullfrog's meat and bone. **Food Science and Technology** (Brazil), v. 40, p. 374–379, 2020.

SILVA, Caroline Mellinger; FELBERG, Ilana; LIMA, Janice Ribeiro; *et al*. Guide for Technological-Functional Characterization of Protein Ingredients for the Plant-Based Market. **Embrapa Food Technology**, Documento 146, Rio de Janeiro, dezembro, 2022.

SILVA, Luciano P.; JOANITTIA, Graziella A.; LEITE, José Roberto S. A.; AZEVEDO, Ricardo B. Comparative Study of the Antimicrobial Activities and Mammalian Cytotoxicity of 10 Fatty Acid-Rich Oils and Fats from Animal and Vegetable. **The Natural Products Journal**, v. 1, p. 40-46, 2011.

SOUZA, Maria Luiza Rodrigues; GASPARINO, Eliane; GOES, Elenice Souza dos Reis; *et al*. Fish carcass flours from different species and their incorporation in tapioca cookies. Future Foods, v. 5, 2022.

SRIPOKAR, Pakteera; SOOTTAWAT, Benjakulb; SAPPASITH, Klomklaoc. Antioxidant and functional properties of protein hydrolysates obtained from starry triggerfish muscle using trypsin from albacore tuna liver. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 17, p. 447-454, 2019.

STEINSHOLM, Silje; OTERHALS, Åge; UNDERHAUG, Jarl; ASPEVIK, Tone. Emulsion and Surface-Active Properties of Fish Solubles Based on Direct Extraction

and after Hydrolysis of Atlantic Cod and Atlantic Salmon Backbones. **Foods**, v. 10(1), p. 38, 2021.

TARHOUNI, Asma *et al*. New integrated process for production of edible and fishmeal powders from sardines: Drying kinetics and quality atributes. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 122, p. 352–365, 2019.

TOKUR, B.; GÜRBÜZ, R. D.; ÖZYURT, G. Nutritional composition of frog (*Rana esculenta*) waste meal. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 5, p. 1332–1338, 2008.

TOPPE, J.; ALBREKTSEN, S.; HOPE, B.; AKSNES, A. Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. **Comparative Biochemistry and Physiology - B Biochemistry and Molecular Biology**, v. 146, n. 3, p. 395–401, 2007.

TOYES-VARGAS, Eduardo *et al*. Changes in fatty acids, sterols, pigments, lipid classes, and heavy metals of cooked or dried meals, compared to fresh marine by-products. **Animal Feed Science and Technology**, v. 221, p. 195–205, 2016.

UE – União Europeia. Communication from the commission to the European Parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions empty. **European Commission**, Brussels, 2021. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2021:236:FIN

UE – União Europeia. Commission Implementing Regulation (EU) 2019/627 of 15 March 2019. **Jornal Oficial da União Europeia**, 17 de maio de 2019. Disponível em: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2019/627/oj

ULBRICHT, T. L.; SOUTHGATE, D. A. Coronary heart disease: seven dietary factors. **Lancet**, v. 338(8773), p. 985-992, 1991.

United Nations (UN). Sustainable Development Goals. Goal 12: Ensure sustainable consumption and production patterns. 2023. Disponível em: https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production/

VEGA-GÁLVEZ, A.; MIRANDA, M.; CLAVERÍA, R.; *et al*. Effect of air temperature on drying kinetics and quality characteristics of osmo-treated jumbo squid (*Dosidicus gigas*). **Lwt**, v. 44, n. 1, p. 16–23, 2011.

WEN, Yuan; DONG, Xuan; ZAMORA, Leonardo N.; *et al*. Physicochemical Properties, Functionalities, and Antioxidant Activity of Protein Extracts from New

Zealand Wild Sea Cucumbers (*Australostichopus mollis*). **Foods**, v. 13(17), p. 2735, 2024.

WHELAN, J.; FRITSCHE, K. Linoleic acid. **Advances in Nutrition**, American Society for Nutrition, v. 4, n. 3, p. 311–312, 2013.

ZHANG, Xiaogang; NOISA, Parinya; YONGSAWATDIGUL, Jirawat. Chemical and Cellular Antioxidant Activities of *In Vitro* Digesta of Tilapia Protein and Its Hydrolysates. **Foods**, v. 9(6), p. 833, 2020.

ZHANG, Yang; Liu, Yang; ZHU, Kun; *et al*. Acute Toxicity, Antioxidant, and Antifatigue Activities of Protein-Rich Extract from *Oviductus ranae*. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 18, p. 14, 2018.

ZHANG, Yutong; ZHANG, Ye; CHEN, Nan; *et al*. Glycated modification of the protein from *Rana chensinensis* eggs by Millard reaction and its stability analysis in curcumin encapsulated emulsion system. **Food Chemistry**, v. 382, 2022.

ZHU, Yanli; BAO, Min; CHEN, Chong; *et al*. Comparison of the Nutritional Composition of Bullfrog Meat from Different Parts of the Animal. **Food Science of Animal Resources**, v. 41(6), p. 1049-1059, novembro, 2021.

ZORODDU, M. A.; AASETH, J.; CRISPONI, G.; *et al*. The essential metals for humans: a brief overview. **Journal of Inorganic Biochemistry**, v. 195, n. February, p. 120–129, 2019.