



UNIVERSIDADE PARANAENSE – UNIPAR

Recredenciada pela Portaria – MEC n.º 747, de 10/09/2020 – D.O.U. 11/09/2020

Mantenedora: UNIPAR – SOCIEDADE EMPRESARIAL LTDA.

Coordenação de Pós-Graduação *Stricto Sensu* e Pesquisa

Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Aplicada à Agricultura

Ricardo Furtado Silva

Influência da temperatura no teor de proteínas e lipídios por prensagem das sementes de *Pachira aquatica* Aubl.

**Umuarama
2026**

Ricardo Furtado Silva

Influência da temperatura no teor de proteínas e lipídios por prensagem das sementes de *Pachira aquatica* Aubl.

Dissertação apresentada como parte das exigências para a obtenção do grau de mestre em Biotecnologia Aplicada à Agricultura pela Universidade Paranaense - UNIPAR.

Orientadora: Dra. Zilda Cristiani Gazim

Umuarama
2026

Ficha Catalográfica

S586i Silva, Ricardo Furtado.

Influência da temperatura no teor de proteínas e lipídios por prensagem das sementes de *Pachira aquatica* Aubl. / Ricardo Furtado Silva. – Umuarama : Universidade Paranaense – UNIPAR, 2026.

25 f.

Orientadora: Dr^a. Zilda Cristiani Gazim.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Paranaense
– UNIPAR.

Bibliotecária Responsável Regiane Luiza Campaneli CRB 9/2194

Influência da temperatura no teor de proteínas e lipídios por prensagem das sementes de *Pachira aquatica* Aubl.

Dissertação aprovada como requisito obrigatório para obtenção do Grau de Mestre no Programa de Pós-graduação em Biotecnologia Aplicada à Agricultura da Universidade Paranaense – UNIPAR, pela seguinte banca examinadora:

Dra. Beatriz Cervejeira Bolanho Barros
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Dra. Suelen Pereira Ruiz Herig
Universidade Paranaense - UNIPAR

Dr. Gilberto Alves
Universidade Paranaense - UNIPAR

Dra. Zilda Cristiani Gazim
Universidade Paranaense - UNIPAR

Umuarama, 19 de fevereiro de 2026

AGRADECIMENTOS

Toda caminhada exige um sacrifício, não apenas seu, mas de todos os familiares e amigos que direta ou indiretamente participam do processo. Dedico este trabalho a todos que contribuíram para esta conquista. Agradeço a Deus por permitir trilhar este caminho com saúde e paz.

Aquele que teme a dor mais que o fracasso, experimentará os dois.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	10
2 - MATERIAL E MÉTODOS.....	13
2.1 – Material vegetal	13
2.2 – Metodologia de extração.....	13
2.3 - Preparo das amostras.....	13
2.4 – Extrato seco total	14
2.5 - Teor de cinzas.....	14
2.6 - Teor de proteínas	14
2.7 - Teor de lipídios.....	14
2.8 - Teor de carboidratos	15
2.9 - Rendimentos da extração	15
2.10 - Recuperação proteica	15
2.11 - Perdas no processo	15
2.12 – Análises estatísticas.....	15
3 - RESULTADOS.....	16
4 - DISCUSSÃO	19
5 - CONCLUSÕES	22
6 - AGRADECIMENTOS.....	23
7- REFERÊNCIAS	24

Ricardo Furtado Silva

Influência da temperatura no teor de proteínas e lipídios por prensagem das sementes de *Pachira aquatica* Aubl.

RESUMO: *Pachira aquatica* Aubl., popularmente conhecida como munguba, é uma espécie nativa de biomas tropicais da América do Sul, Central e México, com aplicações medicinais e alimentícias, podendo ser classificada como uma planta alimentícia não convencional (PANC). Suas sementes se destacam pela composição nutricional, contendo aminoácidos essenciais e elevados teores lipídicos e proteicos, o que a posiciona como uma alternativa sustentável para a produção de óleos e farinhas. Alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e aos preceitos da economia circular, a espécie oferece oportunidades para a segurança alimentar e o desenvolvimento de produtos nutracêuticos. O objetivo deste trabalho foi propor uma metodologia de extração de óleo por prensagem mecânica, investigando a eficiência do processo e a qualidade da farinha residual sob diferentes temperaturas (60 °C, 80 °C, 100 °C e 120 °C). A metodologia envolveu a caracterização centesimal das sementes desidratadas, extração do óleo em extrator contínuo e análise química dos produtos obtidos, como teores de proteínas, lipídios, cinzas e extrato seco total. Os resultados indicaram que as sementes desidratadas possuem 55,54% de lipídios e 12,08% de proteínas. No processo de prensagem, o rendimento de óleo não sofreu influência da temperatura, que variou entre 45,68% e 49,35%. Contudo, observou-se que o aumento da temperatura elevou o residual de lipídios na farinha, atingindo 15,54% a 120 °C. A farinha desengordurada manteve teores proteicos relevantes, entre 25,30% e 26,93%. Embora o rendimento de óleo seja estável, a temperatura altera a interação entre lipídios e proteínas. O aumento do residual lipídico em temperaturas elevadas decorre da desnaturação proteica, que expõe grupos com afinidade por lipídios, promovendo sua retenção ou encapsulamento na matriz. Esse fenômeno valoriza a farinha como um suplemento energético-proteico completo para a nutrição animal, capaz de aumentar a densidade energética de rações e melhorar o perfil de ácidos graxos, integrando perfeitamente ao modelo de aproveitamento integral de recursos. Conclui-se que a extração por prensagem mecânica é uma via sustentável e eficiente para a valorização de *P. aquatica*. Embora a extração a 60 °C tenha apresentado o menor residual lipídico na farinha, a temperatura de 80 °C mostrou-se a mais adequada por otimizar a concentração de proteínas no subproduto, mantendo a eficiência na obtenção do óleo. O estudo reforça a viabilidade da espécie como fonte de matérias-primas para as indústrias alimentícia, em especial a animal, promovendo a inovação tecnológica alinhada à preservação ambiental e à economia circular.

Palavras-chave: Munguba. Rendimento de óleo. Farinha de sementes. Sustentabilidade. ODS.

Ricardo Furtado Silva

Influence of temperature on protein and lipid content by pressing *Pachira aquatica* Aubl. seeds

ABSTRACT: *Pachira aquatica* Aubl., popularly known as munguba, is a native species of tropical biomes in South America, Central America, and Mexico, with medicinal and food applications, and can be classified as an unconventional food plant (UFP). Its seeds are notable for their nutritional composition, containing essential amino acids and high lipid and protein levels, which positions it as a sustainable alternative to produce oils and flours. Aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs) and the principles of the circular economy, the species offers opportunities for food security and the development of nutraceutical products. The objective of this work was to propose a methodology for oil extraction by mechanical pressing, investigating the efficiency of the process and the quality of the residual flour under different temperatures (60 °C, 80 °C, 100 °C, and 120 °C). The methodology involved the centesimal characterization of dehydrated seeds, oil extraction in a continuous extractor, and chemical analysis of the obtained products, such as protein, lipid, ash, and total dry extract contents. The results indicated that dehydrated seeds have 55.54% lipids and 12.08% proteins. In the pressing process, the oil yield was not influenced by temperature, varying between 45.68% and 49.35%. However, it was observed that increasing the temperature raised the lipid residual in the flour, reaching 15.54% at 120 °C. The defatted flour maintained relevant protein contents, between 25.30% and 26.93%. Although oil yield is stable, temperature alters the interaction between lipids and proteins. The increase in lipid residual at high temperatures results from protein denaturation, which exposes groups with affinity for lipids, promoting their retention or encapsulation in the matrix. This phenomenon enhances the value of the flour as a complete energy-protein supplement for animal nutrition, capable of increasing the energy density of feed and improving the fatty acid profile, perfectly integrating into the model of integral resource utilization. It is concluded that mechanical pressing extraction is a sustainable and efficient way to valorize *P. aquatica*. Although extraction at 60 °C presented the lowest lipid residual in the flour, the temperature of 80 °C proved to be the most adequate for optimizing the protein concentration in the by-product, while maintaining efficiency in oil extraction. The study reinforces the viability of the species as a source of raw materials for the food industries, especially animal feed, promoting technological innovation aligned with environmental preservation and the circular economy.

Keywords: Munguba. Oil yield. Seed flour. Sustainability. SDGs.

Ricardo Furtado Silva

Influência da temperatura no teor de proteínas e lipídios por prensagem das sementes de *Pachira aquatica* Aubl.

RESUMO: *Pachira aquatica* Aubl., popularmente conhecida como munguba, é uma espécie nativa das florestas tropicais das américas, com expressivo potencial econômico, social e ambiental, sendo classificada como uma planta alimentícia não convencional (PANC). Suas sementes se destacam pelo elevado teor lipídico e proteico, tomando-a uma alternativa sustentável para a produção de óleos e farinhas. O objetivo deste trabalho foi propor uma metodologia de extração de óleo por prensagem mecânica, investigando a eficiência do processo e a qualidade da farinha residual em diferentes temperaturas (60 °C, 80 °C, 100 °C e 120 °C), visando o aproveitamento da farinha para a nutrição animal. A metodologia se baseou na caracterização centesimal do extrato seco total, lipídios, proteínas cinzas e carboidrato das sementes desidratadas de *P. aquatica*, seguida da extração do óleo em extrator contínuo e análise química dos produtos obtidos, incluindo o teor de proteínas, lipídios, cinzas e extrato seco total. Os resultados indicam que as sementes desidratadas possuem 55,54% de lipídios e 12,08% de proteínas. No processo de prensagem, o rendimento de óleo não sofreu influência estatística significativa da temperatura, variando entre 45,68% e 49,35%. Contudo, foi observado que o aumento da temperatura elevou o residual de lipídios na farinha, de 8,87% em 60 °C para 15,55% em 120 °C, possivelmente devido à desnaturação proteica e ao encapsulamento de gotas lipídicas na matriz proteica. A farinha desengordurada manteve teores proteicos relevantes (25,30% a 26,93%), caracterizando-a como um suplemento energético-proteico com potencial para a nutrição animal, alinhando-se aos preceitos da economia circular e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Conclui-se que, embora a extração a 60 °C tenha apresentado o menor residual lipídico na farinha (8,87%), a temperatura de 80 °C mostrou-se a mais adequada por otimizar a concentração de proteínas no subproduto, mantendo a eficiência na obtenção do óleo. O estudo reforça a viabilidade da *P. aquatica* como fonte sustentável para o desenvolvimento de produtos industriais e alimentícios.

Palavras-chave: Extração de óleo. Processos verdes. Saúde Única. Ácido palmítico. Nutrição.

1 - INTRODUÇÃO

Pachira aquatica Aubl. (Figura 1), também conhecida como munguba, é nativa do bioma tropical úmido das florestas da América do Sul se estendendo até o México e possui aplicações ambientais, sociais, medicinais e alimentícias (Powo, 2025). Possui capacidade de adaptação a diferentes climas e solos possibilitando seu emprego para fins ornamentais por todo o território brasileiro (Santana *et al.*, 2016; Peixoto e Escudeiro, 2002). Em Umuarama, estado do Paraná, a espécie é listada como a terceira mais utilizada na arborização da cidade (Município de Umuarama, 2026).



Figura 1 – *Pachira aquatica* Aubl. 1: Exemplar adulto; 2: Fruto; 3: Flor; 4: Semente. Fonte: Autor

Milião *et al.*, (2022), a classificam como uma planta alimentícia não convencional (PANC), por pertencer a um grupo de espécies que não são convencionais no cultivo e comércio, mas possuem uma ou mais partes comestíveis. Tal característica pode ser associada com o objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS) sobre a erradicação da fome, em que um dos pilares sinaliza para o fomento de sistemas sustentáveis para a produção de alimentos, em especial os que ajudem a manter os ecossistemas (Nações Unidas Brasil, 2026). Ademais, a espécie cumpre os requisitos para a classificação de Saúde Única que busca o equilíbrio sustentável para a saúde de pessoas, animais e ecossistemas (World Health Organization, 2026).

As sementes de *P. aquatica*, uma das partes comestíveis, possuem uma ampla variedade de substâncias químicas, Silva *et al.*, (2010) identificaram a presença de 16 aminoácidos e de substâncias antinutricionais como taninos e

lectina, mas que devido às características termolábeis não impactam significativamente no valor nutricional. Rahal *et al.*, (2024) constataram a ausência de toxicidade no óleo das sementes quando obtiveram valores superiores a 400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ em células VERO. Segundo este autor, o óleo evidenciou potencial antiproliferativo frente às células de adenocarcinoma gástrico (AGS), com GI_{50} de 194 $\mu\text{g mL}^{-1}$, sugerindo serem as catequinas presentes nas sementes responsáveis pela ação antiproliferativa. Entre os carboidratos identificados nas sementes, destacam-se a sacarose, a frutose e a glicose (Rodrigues *et al.*, 2019).

Tem-se estabelecido na literatura que as sementes de *P. aquatica* são fontes potenciais de lipídios, como demonstrados nos estudos realizados por Oliveira *et al.*, (2000) e Silva *et al.*, (2015) que obtiveram rendimento lipídico de 53,8% e 46,62% na extração por solventes, respectivamente. Jorge e Luzia (2012) analisaram o teor lipídico e identificaram que a maior fração é representada por ácido palmítico, oleico e linoleico, possuindo respectivamente 44,93%, 39,27% e 11,35%. Esses resultados foram parcialmente semelhantes aos de Rodrigues *et al.*, (2019) que identificaram a presença destes ácidos graxos, mas em concentrações diferentes, sendo 60,92% para o ácido palmítico, 7,67% no ácido oleico e 6,56% para o linoleico.

Diversos estudos voltados às análises na farinha desengordurada das sementes de *P. aquatica* apresentaram resultados relevantes como demonstrados por Silva *et al.*, (2015) que analisaram o teor proteico da farinha desengordurada das sementes e obtiveram 28,27%. Outro estudo visando identificar a composição das proteínas presentes na farinha foi conduzido por Silva *et al.*, (2010) e identificaram a presença de globulina, albumina, glutelina e prolina, além de aminoácidos essenciais. Devido ao teor proteico e lipídico, as sementes de *P. aquatica* já foram empregadas na produção de biodiesel (Matsuda *et al.*, 2021), e como substituto do amendoim em paçocas (Costa e Altemio, 2021) e como fonte de lipídios para a panificação (Silva *et al.*, 2020).

Embora haja evidências de utilização das sementes de *P. aquatica* para o desenvolvimento de produtos, favorecendo a economia circular, ainda não há estudos que investiguem a viabilidade de um processo verde para a extração do óleo das sementes de *P. aquatica* visando não apenas a obtenção do óleo, mas também

a preservação da farinha, que pode ser destinada a nutrição animal. Diante disso o objetivo deste trabalho foi propor uma metodologia para a prensagem das sementes de *P. aquatica*, investigando a eficiência do processo de extração do óleo e obtenção da farinha, bem como a avaliação da qualidade dos produtos obtidos em função das variações de temperatura.

2 - MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – Material vegetal

A coleta das sementes de *Pachira aquatica* ocorreram nos meses de março e abril de 2025, nas coordenadas 23°46'16"S, 53°19'38' W. A identificação botânica foi realizada e uma exsicata encontra-se depositada sob o número 330 no horto medicinal da Unipar no município de Umuarama, Paraná, Brasil. Esta espécie está registrada no Sistema Nacional de Gerenciamento do Patrimônio Genético e Conhecimento Tradicional Associado (SisGen) sob o número de registro A7D05EA.

2.2 – Metodologia de extração

As sementes de *Pachira aquatica* foram selecionadas manualmente e posteriormente secas em estufa à 50 °C por 24 horas para facilitar a remoção do pericarpo. A temperatura inicial para a extração foi definida com base no ponto de fusão do ácido palmítico, de aproximadamente 60 °C (Pubchem, 2025), com variação de 20 °C entre os tratamentos, sendo eles 60 °C, 80 °C, 100 °C e 120 °C, totalizando quatro tratamentos. Para a obtenção do óleo e da farinha foi utilizado um extrator modelo Fuwoda RG-309 configurado nas temperaturas dos tratamentos pré-definidos. Os produtos obtidos foram armazenados para análises posteriores.

2.3 - Preparo das amostras

As sementes desidratadas que não foram submetidas ao processo de extração e as farinhas provenientes do processo de extração foram individualmente trituradas em um processador modelo IKA® A11 basic para uniformização das amostras. Para todas as análises envolvendo as sementes e as farinhas das sementes padronizou-se a utilização da granulometria de 42 mesh (710 µm).

2.4 – Extrato seco total

Para determinar o extrato seco total utilizou-se uma estufa à 105 °C, onde aproximadamente 2 gramas das sementes de *P. aquatica* desidratadas e as farinhas das sementes foram mantidos até a estabilidade do peso (Lutz, 2008).

2.5 - Teor de cinzas

Os cadinhos provenientes da análise de extrato seco total foram mantidos em forno mufla à 550 °C até completa calcinação da matéria orgânica (Lutz, 2008).

2.6 - Teor de proteínas

A análise de proteína nas sementes desidratadas de *P. aquatica* e na farinha das sementes deu-se pelo método de Kjeldahl modificado, onde aproximadamente 0,2 g de amostra, envoltos em papel manteiga, foram digeridos em um bloco digestor modelo Tecnal TE-40. Em cada tubo foram adicionados 5 mL de ácido sulfúrico concentrado e mistura catalítica de sulfato de cobre com sulfato de potássio (1:0,05). A digestão se iniciou em 100 °C, como elevação da temperatura em 50 °C a cada 30 minutos até 300 °C, quando foram mantidas por 3 horas. Após o resfriamento das amostras foi adicionado 5 mL de água purificada em cada tubo para posterior acoplagem no destilador de nitrogênio modelo Tecnal TE-036. Para a destilação utilizou-se uma solução de hidróxido de sódio 50%. O nitrogênio destilado foi coletado em frasco Erlenmeyer contendo 20 mL de ácido bórico 4% com indicador misto vermelho de metila e verde de bromocresol. O nitrogênio coletado foi titulado com auxílio de bureta e ácido clorídrico à 0,04 mol/L, utilizando 6,25 como fator de conversão para proteína. A análise de proteínas no óleo das sementes seguiu as mesmas etapas, sem a necessidade de utilização do papel manteiga (Lutz, 2008).

2.7 - Teor de lipídios

O percentual de lipídeos contido nas sementes desidratadas e o residual de lipídios contido nas farinhas após a extração por prensagem foram determinados pelo método de extração à quente com solvente apolar, em um determinador de gordura modelo Tecnal TE-044. Utilizando o papel filtro como cápsula,

aproximadamente 2 gramas de amostras foram mantidas em fluxo constante com éter de petróleo à 80 °C por 6 horas. Após a evaporação do solvente os lipídios contidos no reboiler foram pesados utilizando balança analítica (Lutz, 2008).

2.8 - Teor de carboidratos

Análise realizada por diferença de 100 da somatória dos teores de lipídios, proteínas e cinzas.

2.9 - Rendimentos da extração

Os rendimentos (%) do óleo e da farinha foram calculados baseados na massa (g) das sementes de *P. aquatica* em relação às massas (g) obtidas nas temperaturas de extração de 60 °C, 80 °C, 100 °C e 120 °C (Barioni, 2022).

2.10 - Recuperação proteica

O percentual de recuperação proteica foi calculado multiplicando o teor de proteínas contido na farinha desengordurada com a massa utilizada na análise de proteínas, obedecendo a proporcionalidade do rendimento da farinha (Barrioni, 2022).

2.11 - Perdas no processo

As perdas foram mensuradas com base no somatório dos rendimentos do óleo e da farinha das sementes de *P. aquatica* em relação ao peso inicial.

2.12 – Análises estatísticas

Utilizou-se o StatPlus para a análise de variância ANOVA de um fator, com post-hoc Tukey.

3 - RESULTADOS

A composição centesimal das sementes de *P. aquatica* estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição centesimal das sementes desidratadas de *Pachira aquatica*.

Componentes	Teor (%)
EST	96,60 ± 0,19
Lipídios	55,54 ± 0,01
Proteínas	12,08 ± 0,07
Cinzas	4,46 ± 0,42
Carboidratos	27,91 ± 0,50

Média ± desvio padrão (n=3). EST: Extrato seco total. Teor de proteínas em N*6,25. Carboidratos por diferença de 100.

As amostras submetidas ao processo de prensagem em diferentes temperaturas apresentaram comportamentos diferentes entre si, as extrações à 60 °C e à 100 °C não diferiram estatisticamente quando analisado o extrato seco total, indicando que os dois tratamentos foram semelhantes, conforme pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 – Análises da farinha desengordurada das sementes de *Pachira aquatica*.

TE	EST	Proteínas	Lipídios	Cinzas
60	91,94 ^a ± 0,44	26,25 ^b ± 0,39	8,87 ^a ± 0,002	9,00 ^a ± 0,01
80	93,22 ^b ± 0,28	26,94 ^a ± 0,16	9,28 ^a ± 0,010	9,34 ^b ± 0,02
100	92,44 ^{a,b} ± 0,43	25,31 ^c ± 0,16	14,80 ^b ± 0,002	8,71 ^c ± 0,07
120	93,22 ^{c,b} ± 0,05	25,31 ^{d,c} ± 0,14	15,55 ^b ± 0,001	8,71 ^{d,c} ± 0,06

Média ± desvio padrão (n=3). Resultado em percentual. TE: Temperatura de extração em °C. EST: Extrato seco total. Teor de proteínas em N*6,25. Teor de lipídios residual na farinha. Dados seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si com nível de 5% (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Não houve diferenças estatísticas significativas nos residuais de lipídios nos tratamentos de 60 °C e 80 °C, entretanto em todos os demais parâmetros avaliados a extração em 60 °C obteve resultados estatísticos diferentes, quando comparamos os componentes entre si.

Devido a natureza do processo de extração do óleo por prensagem, investigou-se também a presença de proteínas nesta fração, a fim de averiguar se os diferentes tratamentos influenciaram na capacidade dos lipídios em remover

proteínas das sementes. Os resultados desta investigação podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3 – Teor proteico na fração lipídica das sementes de *Pachira aquatica*.

TE	Proteínas
60	2,05 ^a ± 0,14
80	0,82 ^b ± 0,04
100	0,64 ^b ± 0,01
120	0,67 ^b ± 0,03

Média ± desvio padrão (n=3). Temperatura de extração em °C (TE). Teor de proteínas em N*6,25. Dados seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si com nível de 5% (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Outro aspecto avaliado foram os rendimentos e perdas no processo de extração por prensagem nas temperaturas de 60 °C, 80 °C, 100 °C e 120 °C, como demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 – Análise de rendimentos e perdas na extração por prensagem das sementes de *Pachira aquatica*.

TE	Óleo	Farinha	Perda
60	48,09 ^a ± 0,02	43,75 ^b ± 0,02	8,16 ^a ± 0,04
80	49,36 ^a ± 0,01	44,28 ^{b,a} ± 0,01	6,19 ^a ± 0,01
100	47,20 ^a ± 0,01	46,70 ^{b,a} ± 0,01	6,10 ^a ± 0,01
120	45,69 ^a ± 0,04	48,45 ^a ± 0,01	5,86 ^a ± 0,04

Média ± desvio padrão (n=3). TE: Temperatura de extração em °C. Resultados em percentual. Perdas referente ao montante inicial menos o somatório dos rendimentos. Dados seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si com nível de 5% (p<0,05) pelo teste de Tukey.

Mesmo com as perdas de material vegetal durante o processo, foi investigado se houveram reduções significativas de proteínas na farinha desengordurada, a fim de verificar se o processo poderia impactar no valor agregado desde subproduto. Os percentuais de recuperação proteica estão demonstrados na Tabela 5, onde pode-se observar o percentual de proteínas em relação proporcional ao rendimento das farinhas após as extrações nas temperaturas de 60 °C, 80 °C, 100 °C e 120 °C.

Tabela 5 – Percentual de recuperação proteica na farinha desengordurada de *Pachira aquatica*.

TE	Proteínas
60	10,50 ^b ± 0,56
80	11,23 ^{b,a} ± 0,13
100	11,09 ^{b,a} ± 0,37
120	11,56 ^a ± 0,30

Média ± desvio padrão (n=3). TE: Temperatura de extração em °C. Resultados em percentual. Dados seguidos pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si com nível de 5% (p<0,05) pelo teste de Tukey.

O tratamento a 60 °C obteve a menor taxa de recuperação, enquanto a maior taxa de recuperação foi obtida em 120 °C.

4 - DISCUSSÃO

No processo de extração do óleo de *Pachira aquatica* a temperatura não influenciou estatisticamente no rendimento (Tabela 4). Entretanto, o rendimento da farinha desengordurada aumentou à medida que houve elevação da temperatura, com maiores rendimentos em 80 °C (44,28%), 100 °C (46,70%) e 120 °C (48,45%). O aumento no rendimento está relacionado ao percentual de lipídios residuais presentes na farinha desengordurada, como demonstrado na Tabela 2. Este resultado pode ser explicado quando observamos as interações dos lipídios com as proteínas em diferentes faixas de temperatura.

Elevadas temperaturas promovem a desdobra e desnaturação térmica das proteínas, expondo os grupos aninos protegidos no interior da estrutura proteica, que por sua vez possuem afinidade natural com os lipídios, favorecendo a retenção deles na matriz proteica (Zahari *et al.*, 2023). Além disso, a característica emulsificante das proteínas pode promover o encapsulamento de pequenas gotas de lipídios (Alzagat e Alli, 2002), formando uma barreira física que impede a extração dos lipídios.

As análises do percentual de proteínas na farinha desengordurada (Tabela 2) demonstraram que os resultados obtidos (25,30% a 26,93%) foram próximos aos de Silva *et al.*, (2015) que obtiveram 28,27%. Dentre os tratamentos empregados, as temperaturas de 60 °C e 80 °C apresentaram maiores percentuais de proteínas (26,25% e 26,93%), respectivamente. Os menores percentuais nas temperaturas de 100 °C (25,30%) e 120 °C (25,31%), podem estar novamente relacionados com o óleo residual contido na farinha desengordurada, pois impacta diretamente no peso da amostra, reduzindo proporcionalmente a quantidade de proteínas.

O teor de proteínas encontrado nas sementes desidratadas de *P. aquatica* foi de 12,08% (Tabela 1), estando em conformidade com Rodrigues *et al.*, (2019) que obtiveram 12,06% e no trabalho de Silva *et al.*, (2015) 13,75%, reforçando os resultados deste estudo. Becker *et al.*, (2018) afirmaram que o alto valor proteico em plantas aumenta sua importância nutricional e apesar do tratamento a 60 °C apresentar o segundo maior percentual de proteínas, este obteve a menor taxa de reaproveitamento proteico (Tabela 5). Dois aspectos podem ter influenciado este

resultado, como o percentual de perda demonstrado na Tabela 4 e o comportamento do óleo em 60 °C na presença das duas principais proteínas constituintes das sementes, a globulina e a albumina.

Silva *et al.*, (2010) classificaram a fração proteica das sementes de *P. aquatica* e identificaram, em ordem decrescente de quantidade, a globulina, albumina, glutelinas e prolamina. A solubilidade das proteínas um produto de interações polares, iônicas, forças eletrostáticas de repulsão, pH, dentre outras (Neves *et al.*, 2003), durante o processo de prensagem das sementes, a temperatura, de certa forma, influenciou nas interações entre os lipídios e proteínas, provocando uma menor capacidade de arrasto com o aumento da temperatura.

Um estudo realizado por Oluwajuyitan e Aluko (2024) identificou a faixa de desnaturação proteica da glubolina entre 68 °C e 72 °C, albumina de 77 °C a 79 °C e de 62 °C a 71 °C para as glutelinas, o que pode explicar os resultados obtidos na Tabela 3, quando houve uma queda significativa da presença de proteínas na fração lipídica no processo de prensagem das sementes em 80 °C. Os tratamentos a partir de 80 °C promoveram a desnaturação térmica, favorecendo as reações mencionadas anteriormente.

As extrações de óleo vegetal por prensagem são considerados processos verdes e por vezes com rendimentos inferiores, entretanto como demonstrado na Tabela 4, todos os tratamentos obtiveram rendimentos similares ou superiores (45,68% a 48,08%) quando comparados com os métodos de extração por solventes, que apresentaram rendimentos de 53,8%, 46,62%, 31,35% e 38,39% nos trabalhos de Oliveira *et al.*, (2000), Silva *et al.*, (2015), Silva *et al.*, (2020) e Jorge e Luzia (2012), respectivamente, evidenciando a eficiência da prensagem na extração do óleo das sementes.

Um aspecto importante para a utilização de processos mecânicos são os impactos ambientais menores quando comparados com as técnicas envolvendo solventes orgânicos. Cheng *et al.* (2018) descrevem riscos elevados ao utilizar tais técnicas, como a exposição a produtos de toxicidade elevada e inflamabilidade, além de resquícios de contaminação no óleo e na farinha, mesmo após o processo de dessolventização. Tais problemas podem facilmente ser contornados nos

processos de extração por prensagem que entregam produtos e subprodutos livres de contaminantes.

Rakita *et al.*, (2023) revisaram a técnica de extração de óleo por prensagem das sementes de oleaginosas e constaram que as farinhas provenientes deste processo, além de serem fontes de proteínas, preservam um importante residual de lipídios, fato este evidenciado neste trabalho, quando se destina à alimentação, em especial a animal. A farinha, portanto, pode ser tratada como um suplemento energético-proteico completo, e não apenas um subproduto da extração de óleo.

Oryschak *et al.* (2020) produziram ração para galinhas poedeiras utilizando farinha de *Brassica napus* e *Brassica juncea* e observaram que os lipídios residuais contribuíram para maior densidade energética, melhoria no perfil de ácido graxo nos ovos e desempenho produtivo estável. Heim e Krebs (2018) também utilizaram uma ração a base de *Brassica napus* para a alimentação vacas leiteiras e gado corte e constaram o aumento de proteínas não degradáveis no rúmen, melhoria na produção e composição do leite, densidade energética elevada, dentre outros.

Portanto a farinha de *P. aquatica* obtida pela prensagem das sementes poderia ser destinada ao desenvolvimento de ração animal, pois além de conter elevados teores de proteínas para uma fonte vegetal (Tabela 2), possui lipídios residuais que, associados a matriz proteica, podem contribuir para o desenvolvimento animal e qualidade dos produtos gerados.

5 - CONCLUSÕES

A extração de óleo por prensagem a quente em 60 °C proporcionou os melhores resultados no extrato seco total e cinzas, além de proporcionar o menor residual de lipídios na farinha. Entretanto a temperatura de 80 °C é a mais adequada, pois otimizou a concentração de proteínas na farinha desengordurada, tornando-a um subproduto com grande potencial para a indústria alimentícia, ao mesmo tempo em que mantém um bom rendimento de óleo. O estudo reforça a importância da espécie como uma fonte sustentável para o desenvolvimento de novos produtos, alinhada aos princípios da economia circular.

6 - AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Paranaense - UNIPAR, ao Centro Universitário de Maringá – UNI Cesumar, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação Araucária pelo apoio financeiro.

7- REFERÊNCIAS

- ALZAGTAT, A. A.; ALLI, I. Protein–lipid interactions in food systems: a review. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 53, p. 249-260, 2002.
- BARRIONI, R. *et al.* Determinação do balanço de massa para uma agroindústria produtora de café especial. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 6, n. 1, 12 nov. 2022.
- BECKER, M. M. *et al.* Mineral and bromatological assessment and determination of the antioxidant capacity and bioactive compounds in native Amazon fruits. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. e2018022, 2018.
- CHENG, M. *et al.* Environmental impact assessment of soybean oil production: Extruding-expelling process, hexane extraction and aqueous extraction. **Food and Bioproducts Processing**, v.108, p. 58-68, 2018.
- COSTA, A. K. B.; ALTEMIO, Â. D. C. Desenvolvimento e caracterização sensorial de Paçoca de Munguba (*Pachira aquática* Aubl.). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e9810816945-e9810816945, 2021.
- HEIM, R.; KREBS, G. Expeller Barrel Dry Heat and Moist Heat Pressure Duration Induce Changes in Canola Meal Protein for Ruminant Utilisation. **Animals**, 8:147, 2018.
- JORGE, N.; LUZIA, D. M. M. Caracterização do óleo das sementes de *Pachira aquatica* Aublet para aproveitamento alimentar. **Acta Amazonica**, v. 42, p. 149-156, 2012.
- LUTZ, I. A. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. **São Paulo: ANVISA**, p. 1020, 2008.
- MATSUDA, G. *et al.* Extraction, characterization, and optimization of biodiesel production from *Pachira aquatica* Aubl. **Reserch, Society and development**, v. 10, n. 17, e171101721544, 2021.
- MILIÃO, G. L. *et al.* Unconventional food plants: Nutritional aspects and perspectives for industrial applications. **Future Foods**, v. 5, p. 100124, 2022.
- Município de Umuarama. **Minuta de projeto de lei complementar**. Disponível em: <<https://www.umuarama.pr.gov.br/files/ArquivoDiversos/arquivo/caderno-e-minuta-1591123124.pdf>>. Acesso em: 13 de janeiro de 2026.
- NEVES, V. A. *et al.* Características da solubilidade proteica e isolamento da globulina principal de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Cultivar BR 14-mulato*, **Alim. Nutr.**, v. 14, n.1, p. 47-55, 2003.

OLIVEIRA, J. T. A. *et al.* Composition and nutritional properties of seeds from *Pachira aquatica* Aubl, *Sterculia striata* St Hil et Naud and *Terminalia catappa* Linn. **Food Chemistry**, v. 70, n. 2, p. 185-191, 2000.

OLUWAJUYITAN, T. D.; ALUKO, R. E. Structural and functional properties of fava bean albumin, globulin and glutelin protein fractions. **Food Chemistry: X**, 102104, 2025.

M. A. ORYSCHAK, M. A. *et al.* *Brassica napus* and *Brassica juncea* extruded-expelled cake and solvent-extracted meal as feedstuffs for laying hens: Lay performance, egg quality, and nutrient digestibility. **Poultry Science**, 99:350–363, 2020.

PEIXOTO, A. L.; ESCUDEIRO, A. *Pachira aquatica* (Bombacaceae) na obra “história dos Animais e Árvores do Maranhão” de Frei Cristóvão de Lisboa. **Rodriguésia**, v. 53, n. 82, p. 123-130, 2002.

POWO. **Plants of the World Online: Kew Science**. Disponível em: <<https://powo.science.kew.org>>. Acesso em: 2 de novembro de 2025.

PUBCHEM. **National Library of Medicine**. Disponível em: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/985#section=Boiling-Point>>. Acesso em: 2 de novembro de 2025.

RAHAL, I. L. *et al.* *Pachira aquatica*: biological activity and chemical composition of leaves, flowers, and seeds. **Natural Product Research**, p. 1-6, 2024.

RAKITA, S. *et al.* Cold-Pressed Oilseed Cakes as Alternative and Sustainable Feed Ingredients: A Review. **Foods**, 2023, 12, 432.

RODRIGUES, A. P. *et al.* Chemical composition and antioxidant activity of Monguba (*Pachira aquatica*) seeds. **Food research international**, v. 121, p. 880-887, 2019.

SANTANA, A. J. *et al.* Removal of mercury (II) ions in aqueous solution using the peel biomass of *Pachira aquatica* Aubl: kinetics and adsorption equilibrium studies. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, p. 1-11, 2016.

SILVA, B. L. *et al.* Caracterização química parcial das Proteínas das Sementes da Munguba (*Pachira aquatica* Aubl). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 69, n. 3, p. 333-340, 2010.

SILVA, B. L. *et al.* Propriedades funcionais das proteínas de sementes da munguba (*Pachira aquatica* Aubl.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, p. 193-200, 2015.

SILVA, T. G. *et al.* Addition of *Pachira aquatica* oil and *Platonia insignis* almond in cookies: Physicochemical and sensorial aspects. **Food Science & Nutrition**, v. 8, n. 10, p. 5267-5274, 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **One Health**. Disponível em: <
https://www.who.int/health-topics/one-health#tab=tab_1>. Acesso em: 13 de janeiro de
2026.

ZAHARI, I. *et al.* Extrusion of high-moisture meat analogues from hempseed protein concentrate and oat fibre residue. **Journal of Food Engineering**, 354:111567, 2023.

ZHANG, W. *et al.* Comparison of solvents for extraction of *Pachira macrocarpa* (Cham. et Schlecht.) Walp seed oils. **Food Bioscience**, 102240, 2022.