



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE NUTRIÇÃO
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS**



DAVID EDUARDO JIMENEZ CENTENO

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS
BIOATIVOS EM CASCA DE ARROZ NEGRO (*ORYZA SATIVA L.*)**

**OURO PRETO – MINAS GERAIS – BRASIL
AGOSTO/2025**

David Eduardo Jimenez Centeno

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS
BIOATIVOS EM CASCA DE ARROZ NEGRO (*ORYZA SATIVA L.*)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Luciana Rodrigues da Cunha
Co-Orientadora: Raissa Soares Gomes

OURO PRETO – BRASIL

AGOSTO/2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C397c Centeno, David Eduardo Jimenez.
Caracterização físico-química e determinação de compostos bioativos em casca de arroz negro (*Oryza Sativa* L.). [manuscrito] / David Eduardo Jimenez Centeno. - 2025.
21 f.

Orientadora: Profa. Luciana Rodrigues da Cunha.
Coorientadora: Ma. Raissa Soares Gomes.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Nutrição. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos .

1. Resíduos. 2. Compostos fenólicos. 3. Compostos bioativos. I. Cunha, Luciana Rodrigues da. II. Gomes, Raissa Soares. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 633.18

Bibliotecário(a) Responsável: Sônia Marcelino - CRB6/2247



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
ESCOLA DE NUTRICAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS



FOLHA DE APROVAÇÃO

Davi Eduardo Jimenez Centeno

Caracterização Físico-Química e Determinação de Compostos Bioativos em

Casca de Arroz Negro (*Oryza Sativa* L.)

Monografia apresentada ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Aprovada em 10 de setembro de 2025

Membros da banca

Profa. Dra Luciana Rodrigues da Cunha - Universidade Federal de Ouro Preto
MS - Raissa Soares Gomes - Co-orientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
MS. Brígida D'Avila de Oliveira - Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto

Luciana Rodrigues da Cunha, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 23/12/2025



Documento assinado eletronicamente por **Luciana Rodrigues da Cunha, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/02/2026, às 12:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1062483** e o código CRC **7E1582EF**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.002212/2026-66

SEI nº 1062483

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163
Telefone: 3135591838 - www.ufop.br

AGRADECIMENTOS

Quando decidi vir para o Brasil, em busca da mudança de vida que eu estava precisando, vim com o objetivo inicial de me formar numa universidade reconhecida pela qualidade do ensino. Esse objetivo me levou a ingressar na Universidade Federal de Ouro Preto, onde, a partir do meu ingresso, a minha estadia e jornada experimentou distintas situações desafiadoras. A conquista desta grande etapa da minha vida foi possível em grande parte por pessoas muito especiais para mim, os meus irmãos Alexis e Victor, o meu primo Miguel, o meu tio Ciro, e claro, em especial o meu paizinho Victor Ramiro e a minha mãezinha Felicitas. Vocês contribuíram para este importante passo para mim, o quanto agradeço vocês, não consigo expressar em palavras, muitíssimo obrigado.

“A trivialidade da excelência: As mais impressionantes façanhas humanas são, na realidade, o agregado de inumeráveis elementos isolados, cada um dos quais, em certo sentido, nada tem de extraordinário”.

(Daniel F. Chambliss)

“A excelência está nos lugares óbvios, nos comportamentos triviais que repetimos diariamente. Não há segredo ou fórmula mágica. É a repetição constante do básico bem feito que conduz à excelência”.

(Eslon Delanogare)

RESUMO

O arroz é componente essencial na dieta de aproximadamente 3,5 bilhões de pessoas ao redor do mundo. No Brasil, há uma significativa produção agrícola desse grão. Dentre os tipos de arroz produzidos, encontra-se o arroz negro, notável por seu elevado teor de compostos fenólicos. Entretanto, durante o beneficiamento desse grão, elevada quantidade de resíduos é gerada, incluindo a casca, o que pode acarretar problemas ambientais. Dessa maneira, conhecer a composição das cascas geradas durante o beneficiamento é fundamental para direcionar seu aproveitamento de forma mais eficiente e sustentável. Com base nessas informações, é possível transformar um subproduto, antes descartado, em uma matéria-prima de alto valor agregado. Além disso, o uso de tecnologias limpas no processamento contribui para a redução de custos e minimiza os impactos ambientais associados à destinação inadequada dos resíduos. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar a composição centesimal, as características físico-químicas e o teor de compostos fenólicos totais e antocianinas presentes na casca do arroz negro. A casca de arroz negro foi fornecida por uma fazenda situada na cidade Camaquã no Rio Grande do Sul. A composição centesimal foi conduzida de acordo com metodologia estabelecida pela Association of Official Analytical Chemists, avaliando os teores de proteína, lipídeos, cinzas e umidade. O pH e a acidez titulável foram medidos com base nas normas do Instituto Adolfo Lutz. Compostos fenólicos foram extraídos e quantificados pelo ensaio do reagente Folin-Ciocalteu, e as antocianinas, pelo método proposto por Lees & Francis. A atividade antioxidante foram avaliadas pelos métodos de captura dos radicais DPPH e ABTS. A casca do arroz negro apresentou baixo teor de proteínas (0,24 g/100g) e lipídeos (0,06 g/100g), mas elevada concentração de cinzas (19,90 g/100g), indicando fonte importante de minerais. O pH ácido (5,34) e a acidez titulável baixa (0,07 g de NaOH/100g) sugerem boa estabilidade para conservação. O teor de compostos fenólicos (0,89 mgAGE/g) e antocianinas (3,44 mg equivalente Cy-3-G/100g) foi significativo, refletindo na moderada atividade antioxidante, conforme os métodos DPPH (EC50 44155,19 g extrato/g) e ABTS (25,85 mM Trolox/g). Nesse sentido, a casca do arroz negro demonstrou ser uma fonte potencial de compostos bioativos, pelos teores de antocianinas presentes na casca do arroz negro, que contribuem para a sua capacidade antioxidante. Contudo, este trabalho sugere novos métodos e/ou combinações de solventes que devem ser estudados para potencializar a extração desses compostos.

Palavras-chave: Resíduos; compostos fenólicos, compostos bioativos

ABSTRACT

Rice is an essential component of the diet of approximately 3.5 billion people worldwide. In Brazil, there is substantial agricultural production of this grain. Among the types produced is black rice, notable for its high content of phenolic compounds. However, during the processing of this grain, large amounts of residues are generated, including the husk, which can lead to environmental problems. Although commonly regarded as a source of carbohydrates, rice—particularly in its whole-grain form—can also provide proteins, fiber, minerals, and vitamins, broadening its nutritional profile. Anthocyanins are the main flavonoids found in black rice, responsible for its characteristic color and antioxidant properties, and they play important roles in human health. In this context, the aim of this study was to evaluate the proximate composition, physicochemical characteristics, and the contents of total phenolic compounds and anthocyanins present in black rice husk. The black rice husk was supplied by a farm located in the city of Camaquã, Rio Grande do Sul, Brazil. Proximate composition was determined according to methods established by the Association of Official Analytical Chemists, assessing protein, lipid, ash, and moisture contents. pH and titratable acidity were measured based on the standards of the Instituto Adolfo Lutz. Phenolic compounds were extracted and quantified using the Folin–Ciocalteu reagent assay, and anthocyanins by the method proposed by Lees & Francis. Antioxidant activity was evaluated by the DPPH and ABTS assays. The black rice husk showed low protein (0.24 g/100 g) and lipid (0.06 g/100 g) levels, but a high ash content (19.90 g/100 g), indicating an important source of minerals. The acidic pH (5.34) and low titratable acidity (0.07 g NaOH/100 g) suggest good stability for preservation. The contents of phenolic compounds (0.89 mg GAE/g) and anthocyanins (3.44 mg cyanidin-3-glucoside equivalents/100 g) were significant, resulting in moderate antioxidant activity according to the DPPH (EC50 44,155.19 g fruit/g) and ABTS (25.85 mM Trolox/g) methods. Thus, black rice husk proved to be a significant source of bioactive compounds, owing to the anthocyanin levels present in the husk, which contribute to its antioxidant capacity. However, this study suggests that new methods and/or combinations of solvents should be investigated to enhance the extraction of these compounds.

Keywords: Residues; phenolic compounds; bioactive compounds.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	9
2.1. Objetivo geral.....	9
2.2. Objetivos específicos.....	9
3. MATERIAIS E METODOS	10
3.1 Material vegetal	10
3.2 Análises de composição centesimal	10
3.3 Análises físico-químicas	10
3.4 Obtenção do extrato fenólico bruto	10
3.5 Quantificação de compostos fenólicos totais	11
3.6 Quantificação das Antocianinas totais dos extratos	11
3.7 Determinação da capacidade antioxidante dos extratos	12
3.7.1 Captura do Radical DPPH	12
3.7.2 Captura do Radical ABTS	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
4.1 Composição centesimal da casca do arroz negro.....	13
4.2 Resultados das análises físico-químicos da casca do arroz negro	14
4.3 Quantificação do teor de compostos fenólicos totais e antocianinas da casca do arroz negro	15
4.4 Resultados da avaliação da atividade antioxidante da casca do arroz negro	16
5. CONCLUSÃO	17
REFERENCIAS	18

1. INTRODUÇÃO

O arroz, cientificamente denominado *Oryza sativa* L., é fundamental na dieta de quase três bilhões e meio de indivíduos ao redor do mundo, conforme relatado por Bonto *et al.* (2021). Seu cultivo ocorre em todos os continentes, entretanto, o continente asiático apresenta a maior produção mundial (89,9%) (Embrapa, 2021). A produção anual de arroz é estimada em cerca de 514 milhões de toneladas e o Brasil ocupa a décima posição no ranking dos maiores produtores mundiais (Fao, 2018).

Embora seja comumente consumido na forma de arroz branco, é importante ressaltar que existem diversas variedades especiais de arroz que apresentam cores distintas devido a presença de pigmentos, como o arroz negro, que vem se destacando devido ao seu alto teor de fibras, proteínas e de compostos fenólicos, como as antocianinas (Hu *et al.*, 2003; Zhang, 2010; Hao *et al.*, 2015, Lima, 2016). O processo de beneficiamento do arroz negro gera subprodutos, como a casca e o farelo. Embora o descarte desses materiais represente uma perda e um potencial problema ambiental, eles contêm altos teores de compostos fenólicos, que podem ser aproveitados para agregar valor e funcionalidade a esses resíduos (Bassinello *et al.*, 2008; Fernandes, 2019).

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários amplamente encontrados na natureza, especialmente em plantas, onde desempenham diversos papéis biológicos importantes (Halliwell e Gutteridge, 2000) como proteção contra a incidência de raios ultravioleta e a proteção contra microrganismos patogênicos (Karimi *et al.*, 2021; Meregalli *et al.*, 2020; Degáspari; Waszczynskyj, 2004). Esses compostos apresentam ampla variedade, sendo categorizados em flavonoides (polifenóis) e não flavonóides (fenóis simples ou ácidos). Os flavonoides são compostos fenólicos encontrados em abundância em frutas e hortaliças, existindo muitas variações desses compostos, tais como flavonóis, flavonas, flavanonas, catequinas, antocianinas, isoflavonas e chalconas (Silva *et al.*, 2010).

As antocianinas são os principais flavonoides encontrados no arroz negro, sendo responsáveis pela sua coloração característica (Meza, 2015). Esses compostos hidrossolúveis possuem duas ou três partes principais: uma parte chamada aglicona (ou antocianidina), um conjunto de açúcares e, na maioria das vezes, um conjunto de ácidos orgânicos (Gomes *et al.*, 2022), sendo sua estabilidade afetada pelo pH, a luz e a temperatura (López *et al.*, 2019).

Os compostos fenólicos também são responsáveis pelas cores, sabores e aromas característicos de muitos alimentos e possuem propriedades antioxidantes, capazes de retardar a oxidação de diversos substratos (Manach *et al.*, 2004; Ribeiro-Santos *et al.*, 2017).

A atividade antioxidante dos compostos fenólicos engloba tanto a capacidade de retardar danos causados por espécies reativas de oxigênio (ERO) quanto a habilidade de evitar a geração dessas espécies (Perron e Brumaghim, 2009). Esses compostos atuam por meio do sequestro de radicais livres e pela doação de elétrons ou átomos de hidrogênio. Essa ação antioxidante neutraliza os efeitos prejudiciais dos radicais livres, que são moléculas altamente reativas (Barbosa *et al.*, 2010). Processo de oxidação pode resultar na degeneração de tecidos vivos e pode ser a origem de várias doenças, incluindo doenças cardiovasculares, neurodegenerativas, câncer, tumores e outras condições patológicas (Sánchez-Valle; Méndez-Sánchez, 2013), reforçando assim o papel bioprotetor desses compostos.

Até o presente momento não foram encontrados relatos relacionados as propriedades antioxidantes e composição centesimal das cascas de arroz negro. Dessa maneira, este estudo irá contribuir para melhor entendimento dessas propriedades.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar as características físico-químicas, composição centesimal da casca do arroz negro (*Oryza sativa L.*) e os compostos bioativos do seu extrato bruto.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar as características físico-químicas e a composição centesimal da casca de arroz negro;
- Obter extratos fenólicos brutos a partir da casca de arroz negro;
- Quantificar o teor de compostos fenólicos totais e antocianinas dos extratos;
- Determinar a atividade antioxidante dos extratos, através dos métodos de captura dos radicais DPPH e ABTS.

3. MATERIAIS E METODOS

3.1 Material vegetal

A amostra de casca de arroz negro foi fornecida pela Fazenda da Coxilha, situada no município de Camaquã, no estado do Rio Grande do Sul. O material foi devidamente armazenado em condições de ausência de luz, garantindo sua preservação até o momento de realização das análises pertinentes.

3.2 Análises de composição centesimal

A análise de composição centesimal da casca foi conduzida conforme metodologia estabelecida pela Association of Official Analytical Chemists (Aoac, 2008). Esta análise permitiu a determinação quantitativa dos componentes principais, incluindo proteínas, lipídeos, umidade e cinzas, as análises realizadas em quadruplicatas.

A quantificação do nitrogênio total foi realizada utilizando o método de Kjeldahl, com a aplicação do fator de conversão 6,25 para a estimativa do conteúdo proteico. A quantificação dos lipídeos foi realizada por meio do método de Soxhlet, que se fundamenta no refluxo do solvente, utilizando éter de petróleo durante o processo de extração. A determinação do conteúdo de umidade foi realizada por meio de um processo de aquecimento a 85°C durante um período de 8 horas, em uma estufa. A composição de cinzas foi determinada através do resíduo resultante da incineração, processo realizado em um forno mufla a uma temperatura de 550°C.

3.3 Análises físico-químicas

A determinação do pH foi conduzida empregando-se um pHmetro, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4 e 7, em conformidade com metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

A determinação da acidez total titulável foi efetuada conforme a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), utilizando-se solução de NaOH 0,1N previamente padronizada. Todas as determinações volumétricas foram feitas em quadruplicata.

3.4 Obtenção do extrato fenólico bruto

A obtenção do extrato da casca do arroz negro foi realizado de acordo com metodologia descrita por Bertoldi (2009), com modificações para o material vegetal em análise. As cascas de arroz negro foram trituradas em triturados elétrico e peneiradas em peneira de 0,250 mm

(Granutest, ABNT60). Foram pesadas 10,0 g das amostras em frascos de vidro de 4,0 cm de diâmetro e 13,6 cm de altura e homogeneizadas com 40,0 mL de solução extratora composta de água, etanol, metanol e acetona 1:1:1:1 (v/v/v/v). Após a adição da solução extratora, as amostras foram mantidas sob refrigeração por 1 hora. Durante os primeiros 30 minutos desse período, as amostras foram agitadas em intervalos de 15 minutos e, em seguida, foram submetidos a um tratamento de ultrassom de alta frequência (Sonics & Materials, Newtown, EUA) por 13 minutos a 90% de amplitude. Posteriormente, a amostra foi filtrada em papel Whatman nº 1, transferida para tubos de cor âmbar e mantidas em temperatura de refrigeração. Os solventes foram evaporados em rotavapor (Büchi, Switzerland) a $40^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Os extratos brutos foram acondicionados em tubos falcon, ao abrigo da luz, e mantidos a $-17^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ até o momento das análises.

3.5 Quantificação de compostos fenólicos totais

A quantificação do conteúdo total de compostos fenólicos foi realizada através do ensaio do reagente Folin-Ciocalteu, conforme descrito por Shahidi e Naczki (1995). Uma alíquota de 0,5 mL do extrato fenólico foi diluída em 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu, previamente diluído em água destilada na proporção de 1:10 (v/v). Após um período de repouso de 3 minutos em condições de ausência de luz, adicionou-se 2,0 mL de uma solução saturada de Na_2CO_3 (4 %; m/v). A absorbância foi determinada, após 2 horas de repouso ao abrigo da luz, a 750 nm utilizando-se espectrofotômetro de absorção na região do UV-Visível (UV-1601 PC Shimadzu, Tokyo, Japão). A quantificação dos compostos fenólicos totais foi realizada com base em uma curva padrão de ácido gálico (0-200 mg/L), e os resultados expressos em termos de equivalência ao ácido gálico (mg de ácido gálico equivalente por g de amostra (mg AGE/g de amostra)).

3.6 Quantificação das Antocianinas totais dos extratos

A quantificação de antocianinas foi determinada pela metodologia de diferença de pH descrita por Heinonen *et al.* (2016). O extrato foi preparado com 2 g da amostra previamente triturada e 20 mL de metanol acidificado com HCl 0,1%, e posteriormente, filtrado. Para determinação do teor de antocianina, 1,5 mL de extrato foi homogeneizado com 2,5 mL de solução tampão de pH 1 (tampão cloreto) e mantidos em repouso por 30 minutos. Posteriormente, foi realizada a leitura no espectrofotômetro a 510 e 700nm. O mesmo

procedimento foi realizado com a solução tampão de pH 4,5 (tampão acetato). O teor de antocianinas totais foi calculado por meio da Equação 1:

$$\text{Antocianinas (cianidina3-flucósido, g/L)} = \frac{A \times PM \times FD}{e \times l} \text{ (eq. 1)}$$

Onde, A = (Absorbância 520 - Absorbância 700) pH 1 - (Absorbância 520 - Absorbância 700) pH 4,5. PM = peso molecular da cianidina-3-glucosido (Cy-3-g) (449,2 g/mol). FD = fator de diluição das amostras (10 em todas as amostras), e = coeficiente de extinção molar da (cy-3-g) (26900 em l/mol/cm) e l o comprimento de célula (1 cm).

Os resultados foram expressos em mg de antocianina (Cy-3-G) por 100 g de amostra.

3.7 Determinação da capacidade antioxidante dos extratos

3.7.1 Captura do Radical DPPH

Em ambiente escuro, uma alíquota de 0,1 mL de cada diluição do extrato bruto da casca do arroz negro foi transferida para tubos de ensaio contendo 3,9 mL do radical DPPH 0,06 mM. A absorbância foi determinada a 515 nm por espectrofotometria de absorção na região do UV-Visível (Global Trade Technology, Brasil), após 2 horas de repouso, ao abrigo da luz, tendo metanol como branco. As análises foram realizadas em triplicata. A atividade antioxidante foi determinada utilizando-se curva padrão de DPPH. A partir das absorbâncias, determinou-se a equação da reta, a partir da qual foi calculado o EC50 (g fruta/g DPPH), em que corresponde à concentração de extrato necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.7.2 Captura do Radical ABTS

Em um tubo de ensaio foram adicionados 5 mL da solução aquosa de ABTS 7 mM e 88 µL de persulfato de potássio 140 mM, previamente preparados. A mistura permaneceu em repouso por 16 horas. Em seguida, diluiu-se 1,0 mL desta mistura em etanol até obter uma absorbância de 0,70 nm ± 0,05 nm a 734 nm. O extratos do arroz negro (30 µL) ou 30 µL do composto de referência (Trolox) foram colocados para reagir com 3 mL da solução radical azul-verde ABTS. A redução de absorbância a 734 nm foi avaliada após 6 minutos. Soluções etanólicas de concentrações conhecidas de Trolox foram utilizadas para construção da curva padrão. Os resultados foram expressos como micromoles de Trolox equivalentes (TE) por grama da casca do arroz negro (µmol/g de casca do arroz negro). Todo o experimento foi realizado ao abrigo da luz e em triplicata.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição centesimal da casca do arroz negro

Os resultados da composição centesimal da casca do arroz negro são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição centesimal da casca do arroz negro.

Análises	Média ± desvio padrão
Proteínas (g/100g)	0,24 ± 0,16
Lipídeos (g/100g)	0,06 ± 0,04
Cinzas (g/100g)	19,90 ± 0,05
Umidade (g/100g)	11,42 ± 0,19

Conforme apresentado na Tabela 1, observa-se que a casca do arroz apresentou teor de proteínas relativamente baixo, com média de 0,24 g/100g. O baixo valor proteico da casca do arroz é esperado, uma vez que a casca não é a fonte principal de proteínas deste grão, corroborando estudos anteriores, como o do Reyes *et al.* (1998) na qual também observavam baixos teores de proteína na casca do arroz branco (apud PIRES, 2016, pag. 10).

Com relação aos lipídeos, foi encontrado teor de 0,06g/100g ± 0,04 na casca do arroz negro, evidenciando o baixo teor desse componente na casca. No trabalho realizado por Nnadiukwu *et al.* (2023), foi observado teor de lipídeos bruto de 3,76 ± 0,42 g/100 g na casca do arroz branco, valor similar ao relatado por Okoro *et al.* (2016), que encontraram teor de 4,80 ± 0,018 g/100 g na casca do arroz. Diante disto, pode-se observar a baixa concentração de lipídeos presentes na casca do grão de arroz.

Um resultado interessante nas análises da casca do arroz negro, foi o elevado teor de cinzas de 19,90 g/100g da amostra. Este resultado demonstra que a casca do arroz negro é uma fonte importante de minerais. Concordante com o relatado por Kumar *et al.* (2012) que mencionou uma faixa de 10 % a 20 % de cinzas presentes na casca do arroz. Por outro lado, Nzereogu *et al.* (2023) também menciona o elevado teor cinzas presente na casca do grão, ressaltando que este é representado em sua maioria por 87 % a 97 % de sílica, mineral de importante uso industrial.

A casca apresentou baixo teor de umidade ($11,42 \% \pm 0,19$), corroborando resultados encontrados por Okoro *et al.* (2016) que observaram teor de $8,6 \% \pm 0,12$. 11 Estes resultados podem sugerir a que a casca do arroz negro apresenta boa estabilidade na sua conservação.

De acordo com Imran *et al.* (2024), fatores como solo e clima podem influenciar no teor de proteínas, lipídeos e cinzas dos vegetais, justificando, portanto, os diferentes valores observados nesse estudo. 4.2 Resultados das análises físico-químicos da casca do arroz negro

A Tabela 2 apresenta os resultados físico-químicos da casca do arroz negro,

Tabela 2 – Características físico-química da casca do arroz negro.

Análises	Média \pm desvio padrão
pH	$5,34 \pm 0,01$
Acidez Total Titulável (Expresso em g. de NaOH/100 g da amostra)	$0,07 \pm 0,00$

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, pode-se observar acidez total titulável de $0,07 \pm 0,00$ g expressado em termos de NaOH / 100 g da amostra. Este resultado foi superior ao encontrado por Guimarães *et al.* (2012), que relataram teor de 0,03 miliequivalentes de NaOH por 100 g da casca do arroz branco submetido a radiação gama. Em outro estudo seguido por Kawski (2015), foi avaliado a acidez da farinha de arroz integral, encontrando valor relativamente mais elevado expressado em termos de NaOH (0,32% a 1,46%).

Com relação ao pH, foi observado valor de $5,34 \pm 0,01$, indicando leve acidez na casca do arroz negro. Estudos realizados por Da Silva *et al.* (2023) mostraram a caracterização de leites produzidos a partir dos grãos de arroz preto, onde obtiveram pH de 6,35, relativamente mais elevado ao observado neste trabalho.

Destes resultados obtidos, o pH relativamente ácido sugere que a casca do arroz negro pode ser menos susceptível à degradação durante o armazenamento e ter uma melhora na sua conservação (Bansal *et al.*, 2023).

4.3 Quantificação do teor de compostos fenólicos totais e antocianinas da casca do arroz negro

A Tabela 3 apresenta o teor de compostos fenólicos totais e antocianinas presentes na casca do arroz negro.

Tabela 3 – Teor de compostos fenólicos totais e antocianinas presentes na casca do arroz negro

Análises	Média ± desvio padrão
Compostos Fenólicos totais (mgAGE/g casca arroz negro)	0,89 ± 0.04
Antocianinas (mg equivalente Cy-3-G/100g casca do arroz negro)	3,44 ± 0,94

De acordo com os dados apresentados na Tabela 3, observa-se que a casca do arroz negro apresentou teor de compostos fenólicos totais de $0,89 \pm 0.04$ mgAGE/g da amostra. Utilizando como referência a classificação de Vasco *et al.* (2008) para frutas, o qual estabelece como teores baixo (< 1 mg AGE /g), médio (1-5 mg AGE /g) e alto (> 5 mg AGE /g), a casca de arroz negro pode ser classificada como de baixo teor. Essa observação é reforçada quando comparada a outros subprodutos. Estudos realizados por Oliveira *et al.* (2008) com cascas verdes de nozes (*Juglans regia L.*) foram observados teores de fenólicos que variaram de 32,61 a 74,08 mg/g do extrato aquoso, valores expressivamente superiores. Da mesma forma, um estudo sobre a otimização da extração de fenóis da casca de areca (*Areca catechu L.*), assistida por ultrassom, foi observado teores de fenólicos de 15,37 mg AGE/g casca de areca (Chen *et al.*, 2012). A discrepância entre os resultados pode ser atribuída tanto às diferenças da matriz vegetal trabalhadas quanto aos métodos de extração empregados, sugerindo que diferentes solventes ou tecnologias poderiam otimizar o rendimento para a casca de arroz negro (Wanyo *et al.*, 2016).

O teor de antocianinas, uma importante classe de flavonoides (Giada; Mancini Filho, 2006), foi de 3,44 mg equivalente Cy-3-G/100g na casca do arroz negro. Este valor, embora modesto, confirma a presença destes pigmentos bioativos no subproduto. De fato, o resultado obtido para a casca é consideravelmente inferior ao de outras frações do grão, onde estes compostos se encontram em maior abundância. O farelo, por exemplo, pode apresentar teores de até 3.576 mg/g (Shao *et al.*, 2014), ou no próprio grão, com valores que variam de 79,5 mg/100g a 473,7mg/100g (Chen *et al.*, 2012). Mesmo em menor concentração, a presença de antocianinas na casca é relevante, pois são estes os flavonoides responsáveis por sua cor

característica e que contribuem significativamente para a capacidade antioxidante do material (Walter *et al.*, 2013).

4.4 Avaliação da atividade antioxidante da casca do arroz negro

A capacidade antioxidante do extrato da casca de arroz negro foi determinada pelos métodos DPPH e ABTS. Os resultados estão consolidados na Tabela 4.

Tabela 4 – Atividade antioxidante DPPH e ABTS da casca do arroz negro pelos métodos de captura dos radicais ABTS e DPPH.

Análises	Média ± desvio padrão
Atividade Antioxidante DPPH (EC ₅₀ g extrato/ g DPPH)	44155.19 ± 754.23
Atividade Antioxidante ABTS (mM Trolox/g)	25.85 ± 1.38

Pelo método DPPH, obteve-se um valor de EC₅₀ de 44155,19 g extrato/g DPPH. O valor de EC₅₀ (Concentração Eficiente) representa a quantidade de extrato necessária para sequestrar 50% da concentração inicial do radical DPPH. Deste modo, quanto menor o valor de EC₅₀, maior é a atividade antioxidante da amostra (Oliveira *et al.*, 2008). Já no ensaio ABTS, o resultado foi de 25,85 µmol TE/g de casca, um valor que é lido de forma direta, ou seja, quanto maior o valor, mais elevada é a capacidade antioxidante, pois expressa a equivalência da amostra a uma concentração do antioxidante padrão Trolox (Re *et al.*, 1999).

A utilização de mais de um método para avaliar a capacidade antioxidante é uma estratégia fundamental para obter uma caracterização mais completa e fidedigna do extrato (Rufino *et al.*, 2010). Os ensaios DPPH e ABTS, embora ambos baseados na captura de radicais livres, possuem mecanismos e afinidades distintas para diferentes tipos de compostos antioxidantes (Platzer *et al.*, 2021). O radical ABTS•+, por ser solúvel em meios aquosos e orgânicos, é capaz de reagir com compostos hidrofílicos e lipofílicos. Em contrapartida, o radical DPPH• é dissolvido em meio orgânico (metanol ou etanol) e tende a reagir mais lentamente e de forma mais seletiva, mostrando maior afinidade por compostos apolares (Prior; Wu; Schaich, 2005). Dessa forma, a aplicação conjunta dos dois métodos permite avaliar um espectro mais amplo de compostos presentes na casca do arroz negro, fornecendo um perfil antioxidante mais robusto e evitando conclusões baseadas em um único mecanismo de reação.

5. CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos no presente trabalho, pode-se observar que a casca do arroz negro (*Oryza sativa L.*) apresentou baixo teor de proteínas e lipídeos, contudo, se destacou por sua elevada concentração de minerais, com um teor de cinzas de 19,90 %. O teor de umidade relativamente baixa (11,42%) e pH ácido (5,34) indicam a boa estabilidade na conservação da casca do arroz negro. O teor de compostos fenólicos totais (0,89 mg AGE/g) e antocianinas (3,44 mg equivalente Cy-3-G/100g) foram relativamente baixos quando comparado a outros estudos, demonstrado também pela baixa capacidade antioxidante pelos métodos de captura dos radicais DPPH (EC50 44155,19 g extrato/g) e ABTS (25,85 mM Trolox/g), reforçando a necessidade de avaliar outros métodos para potencializar a extração de compostos bioativos da casca do arroz negro.

REFERENCIAS

- BANSAL, S.; SUNDARARAJAN, S.; SHEKHAWAT, P. K.; et al. **Rice lipases: a conundrum in rice bran stabilization**: a review on their impact and biotechnological interventions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, v. 29, n. 7, p. 985-1003, 2023. DOI: 10.1007/s12298-023-01343-3.
- BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N, M, B.; ALFENAS, R. C. G.; PAULA, S. O.; MINIM, V. R.; BRESSAN, J. **Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios**. *Revista de Nutrição*, v. 23, n. 4, p.629-643, 2010
- BASSINELLO, P. Z.; GARCIA, J. S.; SOARES, L. A.; KOAKUZU, S. N.; NETO, F. P. M.; FERREIRA, R. A.; MENDONÇA, J. A.; SANTIAGO, C. M.; RANGEL, P. H. **Arroz Preto: nova opção culinária para o Brasil**. Comunicado Técnico, EMBRAPA. Santo Antônio de Goiás, GO Agosto, 2008.
- BERTOLDI, M. C. **Antioxidant capacity, anticancer effects and absorption of mango (mangifera indica l.) Polyphenols in vitro**. [s.l.] Universidade Federal de Viçosa, 2009.
- BONTO, A.P. *et al.* **Impact of ultrasonic treatment on rice starch and grain functional properties: a review**. *Ultrasonós sonoquímica*, 71, 105383, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105383>
- CHEN, X. Q. *et al.* **Anti-oxidative analysis, and identification and quantification of anthocyanin pigments in different coloured rice**. *Food Chemistry*, v. 135, n. 4, p. 2783–2788, dez. 2012.
- CHEN, W. *et al.* **Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from areca husk**. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2012.
- DA SILVA, L. R.; VELASCO, J. I.; FAKHOURI, F. M. **Use of rice on the development of plant-based milk with antioxidant properties**: From raw material to residue. *Lwt*, v. 173, n. September 2022, 2023.
- DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N. **Propriedades Antioxidantes De Compostos Fenólicos**. *Visão Acadêmica*, v. 5, n. 1, p. 33–40, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Arroz em números (safra 2020/21)**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/arroz-e-feijao/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1139902/arroz-em-numeros-safra-2020-2021>. Acesso em: 5 jul. 2024.
- FAO. **World food and agriculture: statistical pocketbook 2018**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2018.
- FERNANDES, T. S. **Processo verde para aproveitamento de subproduto e resíduos do beneficiamento do arroz negro**: uma alternativa para extração de antocianinas. 2019. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Núcleo de Pesquisas e Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.
- GIADA, M. L. R.; MANCINI FILHO, J. **Importância dos compostos fenólicos da dieta na promoção da saúde humana**. Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde, Ponta Grossa, v. 12, n. 4, p. 7-15, dez. 2006.
- GOMES, B. B. *et al.* **Efeitos das antocianinas na saúde**: uma revisão sistemática. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 4, p. e6411427069, 2022.

- GUIMARÃES, Í. C. DE O. *et al.* **Efeito da irradiação gama (Co60) nas propriedades físicas e físico-químicas do arroz.** *Ciencia e Agrotecnologia*, v. 36, n. 2, p. 210–216, 2012.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. **Free radicals in biology and medicine.** 4th ed. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- HAO, J.; ZHU, H.; ZHANG, Z.; YANG, S.; LI, H. **Identification of anthocyanins in black rice (*Oryza sativa* L.) by UPLC-LTQ-Orbitrap-MS/MS and their in vitro and in vivo antioxidant activities.** *Journal of Cereal Science*, v. 64, p. 89-96, 2015.
[10.1016/j.jcs.2015.05.003](https://doi.org/10.1016/j.jcs.2015.05.003)
- HEINONEN, J. *et al.* **Extraction and purification of anthocyanins from purple-fleshed potato.** *Food and Bioproducts Processing*, v. 99, p. 136–146, 2016.
- HU, C.; ZAWISTOWSKI, J.; LING, W.; KITTS, D. D. **Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems.** *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 51, n. 18, p. 5271-5277, 2003. <https://doi.org/10.1021/jf034466n>
- IMRAN, M.; LEE, S.-G.; PARK, S.-Y. *et al.* **Influence of environmental factors and genotype on natural variation in the chemical composition of maize seeds.** *Sustainability*, v. 16, n. 23, 10451, 2024. DOI: 10.3390/su162310451.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físicos-químicos para análise de Alimentos.** 1ª Edição ed. São Paulo: [s.n.].
- KARIMI, A. *et al.* **Bioactive compounds from by-products of eggplant: Functional properties, potential applications and advances in valorization methods.** *Trends in Food Science and Technology*, v. 112, n. March, p. 518–531, 2021.
- KAWSKI, V. L. **Avaliação de estratégias de estabilização oxidativa do farelo de arroz integral.** [s.l.] Universidade Federal de Santa Maria, 2015.
- KUMAR, A. *et al.* **Properties and Industrial Applications of Rice husk : A review.** *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, v. 2, n. 10, p. 86–90, 2012.
- LIMA, Â. G. DE. **Arroz pigmentado: caracterização nutricional, atividade antioxidante e aceitabilidade de preparações.** [s.l.] Universidade Federal de Pelotas, 2016.
- LÓPEZ, C. J. *et al.* **Stability of a cyanidin-3-O-glucoside extract obtained from *Arbutus unedo* L. and incorporation into wafers for colouring purposes.** *Food Chemistry*, v. 275, n. June 2018, p. 426–438, 2019.
- MANACH, C.; SCALBERT, A.; MORAND, C.; RÉMÉSY, C.; JIMÉNEZ, L. **Polyphenols: food sources and bioavailability.** *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.79, n. 5, p.727-747, 2004.
- MEREGALLI, M. M. *et al.* **Conventional and ultrasound-assisted methods for extraction of bioactive compounds from red araçá peel (*Psidium cattleianum* Sabine).** *Arabian Journal of Chemistry*, v. 13, n. 6, p. 5800–5809, 2020.
- MEZA, S. L. R. **Características químicas, tecnológicas e sensoriais de extrusados expandidos a partir de arroz pigmentado.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 21 out. 2015.

- NNADIUKWU, U. C. *et al.* **Phytochemical and nutrient composition of rice husks.** Tropical Journal of Natural Product Research, v. 7, n. 2, p. 2457–2463, 2023.
- NZEREOGU, P. U. *et al.* **Silica extraction from rice husk: Comprehensive review and applications.** Hybrid Advances, v. 4, n. October, p. 100111, 2023.
- OKORO, H. K. *et al.* **Comparative proximate analysis of rice husk oil and commercially available vegetable oil.** Ilorin Journal of Science, v. 3, n. 1, p. 27–39, 1 jun. 2016.
- OLIVEIRA, I. *et al.* **Total phenols, antioxidant potential and antimicrobial activity of walnut (*Juglans regia* L.) green husks.** Food and Chemical Toxicology, v. 46, n. 7, p. 2326–2331, jul. 2008.
- PERRON, N. R.; BRUMAGHIM, J. L. **A review of the antioxidant mechanisms of polyphenol compounds related to iron binding.** Cell Biochemistry and Biophysics, v. 53, n. 2, p. 75-100, 2009.
- PIRES, B. D. S. **Utilização da casca de soja e casca de arroz na alimentação de pacu.** [s.l.] Universidade Federal do Pampa, 2016.
- PLATZER, M. *et al.* **Common Trends and Differences in Antioxidant Activity Analysis of Phenolic Substances Using Single Electron Transfer Based Assays.** Molecules, v. 26, n. 5, p. 1244, 25 fev. 2021.
- PRIOR, R. L.; WU, X.; SCHAICH, K. **Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 53, n. 10, p. 4290–4302, 1 maio 2005.
- RE, R. *et al.* **Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay.** Free Radical Biology and Medicine, v. 26, n. 9–10, p. 1231–1237, maio 1999.
- REYES, J.; ZAMORA, P. P.; DURAN, N. **Hidrólise enzimática de casca de arroz utilizando- se celulases.** Efeito de tratamentos químicos e fotoquímicos. Química Nova, v.21, n.2, p.140- 143, 1998.
- RIBEIRO-SANTOS, R.; ANDRADE, M.; MELO, R. N.; SANCHES-SILVA, A. **Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends.** Trends in Food Science & Technology, v. 61, p. 132-140, 2017.
- RUFINO, M. DO S. M. *et al.* **Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil.** Food Chemistry, v. 121, n. 4, p. 996–1002, 25 ago. 2010.
- SÁNCHEZ-VALLE, V.; MÉNDEZ-SÁNCHEZ, N. **Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad periodontal.** Revista de la Asociación Dental Mexicana, v. 70, n. 6, p. 298–301, 2013.
- SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics : sources, chemistry, effects, applications.** Pennsylvania: Technomic Publishing Company, 1995.
- SHAO, Y. *et al.* **Identification and quantification of phenolic acids and anthocyanins as antioxidants in bran, embryo and endosperm of white, red and black rice kernels (*Oryza sativa* L.).** Journal of Cereal Science, v. 59, n. 2, p. 211–218, 2014.
- SILVA, M. L. C. *et al.* **Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em**

produtos vegetais. Semina: Ciências Agrárias, v. 31, n. 3, p. 669, 1 set. 2010.

VASCO, C.; RUALES, J.; KAMAL-ELDIN, A. **Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador.** Food Chemistry, v. 111, n. 4, p. 816–823, 15 dez. 2008.

WANYO, P. *et al.* **Bioactive compounds and antioxidant properties of different solvent extracts derived from Thai rice by-products.** Applied Biological Chemistry, v. 59, n. 3, p. 373–384, 4 jun. 2016.

WALTER, M. *et al.* **Antioxidant properties of rice grains with light brown, red and black pericarp colors and the effect of processing.** Food Research International, v. 50, n. 2, p. 698–703, 2013.

ZHANG, M. W.; ZHANG, R. F.; ZHANG, F. X.; LIU, R. H. **Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 58, n. 13, p. 7580-7587, 2010.
<https://doi.org/10.1021/jf1007665>