**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

**Faculdade de Nutrição**

**Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos**

**Dissertação**

# Arroz pigmentado: caracterização nutricional, atividade antioxidante e aceitabilidade de preparações

**Ângela Galvan de Lima**

**Pelotas, 2016**

**ÂNGELA GALVAN DE LIMA**

# Arroz pigmentado: caracterização nutricional, atividade antioxidante e aceitabilidade de preparações

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos da Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Nutrição e Alimentos.

Orientadora: Profª. Drª. Kelly Lameiro Rodrigues

Co-orientadora: Profª. Drª. Simone Pieniz

Pelotas, 2016

**Banca examinadora:**

Prof. Drª. Kelly Lameiro Rodrigues
(Universidade Federal de Pelotas - UFPel)
(Presidente)

Prof. Drª. Márcia Arocha Gularte
(Universidade Federal de Pelotas - UFPel)
(Titular)

Prof. Dr. Eliezer Ávila Gandra
(Universidade Federal de Pelotas - UFPel)
(Titular)

Prof. Drª. Ângela Nunes Moreira
(Universidade Federal de Pelotas - UFPel)
(Suplente)

Dedico este trabalho aos meus pais Adão e Salete, a minha Vó Esperança, aos meus irmãos Daniel, Christiane, Betila e Elias e ao meu noivo Bruno pela confiança que depositaram em mim.

**Agradecimentos**

Primeiramente, quero agradecer a Deus por este momento tão importante para a minha vida e aos meus pais Adão e Salete, pelas palavras de afeto, conforto e paciência, sempre me incentivando, apoiando e ajudando para que eu pudesse ir atrás dos meus sonhos e dos meus objetivos. Aos meus irmãos pela força, apoio e palavras de carinho, que mesmo distantes estavam sempre à disposição para esclarecer dúvidas ou apenas para bater um bom papo

Ao meu noivo Bruno, pelo amor e paciência, pelas palavras de força e incentivo nos momentos difíceis, e principalmente por entender que às vezes eu precisava ficar em casa, sozinha no meu canto para refletir e conseguir escrever minha dissertação.

À minha orientadora Kelly, pela paciência e carinho, pelas cobranças e principalmente por sempre me incentivar a concluir a pesquisa da melhor forma possível. Pelo coleguismo, pois além de orientadora é colega de departamento e sempre acreditou no meu potencial, inclusive para passar no Doutorado. Obrigada pelos ensinamentos e pela palavra amiga nas horas de desespero.

À minha co-orientadora Simone, sempre disposta a ajudar, extremamente positiva e dedicada, repassando seus conhecimentos, explicando mil vezes se fosse preciso para que eu pudesse entender, sempre com toda paciência e carinho.

Agradeço às colegas dos laboratórios, principalmente a Joana, Renata e Rosimeri que estavam sempre disponíveis para ajudar e principalmente tirar dúvidas no que fosse preciso. Às amigas Jenifer, Mabel e Sílvia pela ajuda na parte prática do trabalho, à querida Eliane sempre com uma palavra amiga e ao pessoal do Laboratório de grãos da UFPel pelo apoio na pesquisa.

À Epagri pelo fornecimento das amostras utilizadas neste trabalho, aos colegas da Gastronomia e aos professores do Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos da UFPel pela paciência e dedicação em transferirem para mim todo conhecimento durante este período de aprendizado.

A todos, meu sincero agradecimento.

*“Quem dá arroz dá a vida”*

(Buda)

## Resumo geral

LIMA, Ângela Galvan de. **Arroz preto: caracterização nutricional, atividade antioxidante e aceitabilidade de preparações.** 2016. 99f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos. Universidade Federal de Pelotas.

O arroz (*Oryza sativa L*.) destaca-se como alimento base da população mundial devido as suas propriedades nutricionais, sendo consumido predominantemente na forma polida, havendo uma crescente procura por grãos integrais não pigmentados ou pigmentados como o arroz preto. Variedades de arroz pigmentadas, como o arroz preto e o vermelho, têm recebido a atenção dos consumidores, que buscam alimentos saudáveis, e os benefícios advindos do seu consumo para a saúde são conferidos pela presença de compostos bioativos. Este estudo teve como objetivo avaliar a composição nutricional, atividade antioxidante e a digestibilidade proteica do arroz preto em comparação a outras cultivares de arroz e a elaboração de preparações alimentícias com seu grão e sua farinha, aferindo sua aceitabilidade e intenção de compra dos consumidores. Foram realizadas análises da composição físico-química, análise da atividade antioxidante pelos métodos TBARS e DPPH em diferentes concentrações, e determinação de compostos fenólicos pelo método Folin-Ciocalteau. O arroz preto apresentou maior porcentagem de proteína, tanto na amostra crua quanto cozida, menor valor energético e menor porcentagem de carboidrato, obtendo diferença significativa quando comparado ao arroz vermelho, integral, parboilizado e polido. Ao analisar a inibição da peroxidação lipídica pelo método de TBARS em diferentes concentrações aquosas, o arroz preto cru apresentou melhores resultados na concentração de 5%, sendo que nesta mesma concentração nas amostras cozidas o arroz integral apresentou melhores resultados. Com relação à capacidade antioxidante pelo método de DPPH, o arroz preto cru apresentou resultados significativos nas concentrações de 5%, 10% e 15%; já na amostra cozida demonstrou capacidade antioxidante em todas concentrações. Quanto a quantificação do conteúdo de compostos fenólicos totais, o arroz preto apresentou quantidades significativas de compostos fenólicos (cru 506 mg $g^{-1}$, cozido 332 mg $g^{-1}$) e obteve menor redução destes durante a cocção. Para a análise sensorial foram preparadas quatro formulações as quais foram analisadas utilizando a escala hedônica estruturada de sete pontos e o Índice de Aceitabilidade, e realizadas análises físico-químicas para a determinação da composição nutricional e digestibilidade proteica das formulações. O brigadeiro, o arroz doce e o muffin obtiveram aceitabilidade acima de 70%, sendo que o risoto obteve 67,5%. Em relação à digestibilidade proteica, as preparações obtiveram boa digestibilidade, quando comparadas a outros alimentos de origem vegetal e as preparações de arroz doce e muffin demonstraram serem fontes de proteína. Assim, salienta-se que o arroz preto destaca-se dentre os demais tipos de arroz analisados com relação as características nutricionais, antioxidantes e preparações com este tipo de grão podem ser aceitas positivamente pelo consumidor e serem consumidas pela população em geral, bem como, por pessoas com restrição ao glúten.



**Palavras chave:** arroz pigmentado; análise físico-química; sensorial; compostos bioativos.

**Abstract**

LIMA, Ângela Galvan de. **Arroz preto: caracterização nutricional, atividade antioxidante e aceitabilidade de preparações.** 2016. 99f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos. Universidade Federal de Pelotas.

Rice (Oryza sativa L.) stands out as a staple food due to its nutritional properties. It is consumed predominantly in the polite form, when a growing demand for whole grain non-pigmented or pigmented like black rice is observed. Pigmented rice varieties, such as black and red rice, have received the attention of consumers that are looking for healthy foods due to health benefits obtained from their use because the bioactive compounds presence in its composition. This study aimed to evaluate the nutritional composition, antioxidant activity and protein digestibility of black rice comparing to other rice varieties, furthermore the production of food preparations with its grain and their flour, assessing their acceptability and purchase intent of tasters is addressed in this study. Analyzes of the physical-chemical composition and antioxidant activity were made by DPPH and TBARS methods in different concentrations, and the determination of phenolic compounds was made by Folin-Ciocalteu method. Black rice had a higher percentage of protein, either in raw or cooked sample, lower energy and lower percentage of carbohydrate, obtaining a significant difference when compared to other types of rice. By analyzing the inhibition of lipid peroxidation with TBARS method, raw black rice showed better results in concentration of 5%, and in the same concentration in cooked rice samples showed better results. In relation to the antioxidant capacity by DPPH method, raw black rice showed significant results at concentrations of 5%, 10% and 15%. In cooked sample demonstrated antioxidant capacity in all concentrations. Black Rice showed in the content quantification of phenolics total, a significant amount of phenolics and had lower reducing these during its cooking. For sensory analysis, it was used the hedonic scale of seven points besides the Acceptability Index. It was performed physico-chemical analysis to determine the nutritional composition and digestibility of protein preparations. The *Brigadeiro*, Rice Pudding and Muffin showed acceptability above 70%, and the Risotto got 67.5%. Regarding the protein digestibility, preparations had performed well when compared to other plant foods and sweet rice preparations, and Muffin proved to be a good source of protein. Thus, it is noted that black rice stands out among the other analyzed types of rice regarding the nutritional characteristics, antioxidants and preparations, proving that this type of grain can be positively accepted by the consumer and can be used by the general population as well, including people with gluten restriction.

**Keywords:** pigmented rice; physical-chemical analysis; sensory; bioactive compounds.

## Lista de figuras

**Artigo 1**.....

Figura 1. Interação entre os tipos de arroz preto, vermelho, parboilizado, integral e polido cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de TBARS..... 57

Figura 2. Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de TBARS na concentração de 5%..... 57

Figura 3. Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de TBARS na concentração de 10%..... 58

Figura 4. Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de TBARS na concentração de 15%..... 59

Figura 5. Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de TBARS na concentração de 20%..... 59

Figura 6**.** Interação entre os tipos de arroz preto, vermelho, parboilizado, integral e polido cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de DPPH..... 62

Figura 7. Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de DPPH na concentração de 5%..... 63

Figura 8. Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de DPPH na concentração de 10%..... 64

Figura 9. Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de DPPH na concentração de 15%..... 64

Figura 10. Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B)

analisados pelo método de DPPH na concentração de 20%..... 65

**Artigo 2**.....

Figura 1. Índice de aceitabilidade (%) das formulações com arroz preto..... 79

Figura 2. Pontuação (%) obtida pela análise das formulações com arroz preto através da escala hedônica estruturada de sete pontos..... 80

Figura 3. Porcentagem da intenção de compra das formulações com arroz preto obtida através da escala estruturada de sete pontos..... 81

## Lista de Tabelas

**Artigo 1**.....

Tabela 1. Caracterização nutricional de arroz preto, vermelho, parboilizado, integral e polido cru e cozido..... 55

Tabela 2. Análise antioxidante pelo método de TBARS entre os diferentes tipos de arroz na forma crua e cozida e respectivas concentrações..... 56

Tabela 3. Análise antioxidante pelo método de DPPH entre os diferentes tipos de arroz na forma crua e cozida e respectivas concentrações..... 61

Tabela 4. Determinação de Compostos fenólicos presentes nos diferentes tipos de arroz..... 67

**Artigo 2**.....

Tabela 1. Características sócio demográficas dos avaliadores de quatro formulações com arroz preto..... 78

Tabela 2. Composição nutricional e digestibilidade proteica de formulações a base de arroz preto..... 81

**SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO..... 13
2. JUSTIFICATIVA..... 15
3. OBJETIVOS..... 17
3.1. Objetivo geral..... 17
3.2. Objetivos específicos..... 17
4. HIPÓTESES..... 18
5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... 19
5.1. Produção e consumo de arroz no Brasil e no mundo..... 19
5.2. Classificação e composição nutricional do arroz e cultivares..... 20
5.3. Cultivares de arroz..... 21
5.3.1. Arroz preto..... 21
5.3.2. Arroz vermelho..... 22
5.3.3. Arroz Parboilizado..... 23
5.3.4. Arroz integral..... 23
5.3.5. Arroz polido..... 24
5.4. Antioxidantes e compostos fenólicos..... 24
5.5. Preparações e aceitabilidade a base de arroz preto..... 26
PROJETO DE PESQUISA.....
6. RELATÓRIO DE CAMPO..... 46
7. ARTIGO 1..... 47
8. ARTIGO 2..... 71
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 86
REFERÊNCIAS GERAIS..... 87
ANEXOS..... 94

# 1. INTRODUÇÃO GERAL

Arroz (*Oryza sativa L.*) é um dos grãos de cereais mais importantes no mundo. É uma excelente fonte de energia, devido à alta concentração de carboidratos, principalmente o amido, fornecendo também proteínas, vitaminas e minerais. Possui baixo teor de lipídios, constituindo um alimento importante para o equilíbrio alimentar e nutricional na alimentação saudável (WALTER et al., 2008).

O grão de arroz consiste basicamente de três partes, a casca, o farelo e o grão. A casca é formada por duas folhas modificadas, possui minerais e celulose e corresponde à cerca de 20% do peso bruto do grão. O farelo, camada muito fina de tecidos diferenciados, contém fibras, vitaminas do complexo B, proteína e lipídio, sendo a parte mais nutritiva do arroz. É revestido pelo pericarpo que corresponde a uma fina película, a qual fornece proteção ao grão e é responsável pela coloração dos mesmos sendo rico em proteínas, lipídios, vitaminas e minerais. A cariopse, que é chamada popularmente de grão é a parte mais interna onde está localizado o embrião, consistindo principalmente de amido, formado por amilose e amilopectina, as quais determinarão a textura do arroz depois de cozido (JULIANO, 2003; HUFFMAN, 2007; BOTTINI, 2008).

As cultivares de arroz mais consumidas no Brasil são, em ordem decrescente, o polido (branco), o parboilizado e o integral. Para a obtenção do arroz integral, apenas a casca é retirada do grão; já o arroz parboilizado, ainda em casca, é submetido a um processo hidrotérmico que provoca a gelatinização total ou parcial do amido, passando, em seguida pelo descasque; e no arroz branco, todas as camadas externas são retiradas e, posteriormente, o grão é polido. O polimento tem o objetivo de melhorar a aparência e o gosto do arroz, contudo apresenta fatores negativos em termos de valor nutricional, uma vez que parte dos minerais, vitaminas, fibra dietética e outras substâncias de relevância nutricional são retiradas (STORCK et al., 2005; WALTER et al., 2008). Além do arroz branco polido, do parboilizado e do integral, existem variedades que apresentam diferentes pigmentações no grão, como o arroz preto e o vermelho.

Uma pesquisa realizada por Massaretto et al. (2013) colabora para a divulgação de propriedades nutricionais diferenciadas das cultivares pigmentadas de arroz em relação ao arroz integral e ao branco, como alto teor de proteínas e fibras. Além disso, a coloração do pericarpo dos grãos, uma das principais características

que os diferencia visualmente, está vinculada ao acúmulo de compostos fenólicos, os quais têm sido relacionados a efeitos benéficos à saúde.

As propriedades mais conhecidas destes grãos pigmentados são o alto teor de compostos fenólicos e a alta capacidade antioxidante, capaz de fornecer proteção contra espécies reativadas de oxigênio e radicais livres (HU et al., 2003). Tanto o arroz preto como o vermelho estão associados a uma notável atividade antioxidante *in vitro* em função da presença de compostos bioativos específicos, tais como antocianinas e proantocianidinas, ausentes nas variedades não pigmentadas (FINOCCHIARO et al., 2007; FINOCCHIARO; FERRARI, GIANINETTI, 2010).

A utilização das várias variedades de arroz é interessante para a alimentação, devido às características nutricionais e fisiológicas, podendo-se utilizar esse alimento com diferentes fins na alimentação diária (WALTER et al., 2008).

Neste contexto, a utilização dos grãos de cultivares pigmentadas de arroz, em diferentes preparações alimentícias, contribuirá para o aumento dos nutrientes consumidos na dieta alimentar de pessoas celíacas, com sensibilidade ao glúten ou alergia ao trigo, podendo assim, suprir uma demanda por produtos voltados ao atendimento desses nichos específicos de mercado, o qual está em grande ascensão no segmento agroindustrial.

## 2. JUSTIFICATIVA

Cultivares com pericarpo vermelho e preto são utilizadas na alimentação em diversos países, principalmente nos países asiáticos, mas também na região Nordeste do Brasil, em que o consumo de arroz vermelho é um hábito alimentar da população local.

O arroz preto é cultivado na China há mais de 4 mil anos e era popularmente conhecido por ser um produto afrodisíaco sendo chamado de “arroz proibido” no passado, o qual só poderia ser consumido pelo imperador, cabendo aos seus súditos apenas a produção. Dizia-se ainda que o arroz fazia bem à saúde do soberano e que lhe concederia longevidade.

Este tipo diferenciado de arroz tornou-se a sensação entre *chefs* e *gourmets*, começando pela sua cor escura, pela sua textura macia e pelo sabor único com aroma leve de amêndoas. Considerado uma iguaria na Europa e nos Estados Unidos, no entanto o arroz preto demorou a chegar ao Brasil. O conhecimento desse grão extremamente aromático, de sabor diferenciado, ficou restrito aos amantes da alta gastronomia até 15 anos atrás, quando passou a ser encontrado em lojas especializadas.

No Brasil, as primeiras sementes de arroz preto chegaram em 1992 e as pesquisas sobre esse arroz tiveram início em 1994, desenvolvidas pelos pesquisadores do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), órgão da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, em que começaram o trabalho de adaptação das sementes ao clima e ao solo brasileiro, sendo registrado com o nome de IAC-600.

Devido à crescente procura dos consumidores por produtos diferenciados e de melhor qualidade, nos últimos anos os programas de melhoramento genético vêm desenvolvendo pesquisas de forma a obter genótipos melhorados, ampliando a disponibilidade desses grãos para consumo.

O consumo de grãos de arroz com pericarpo pigmentado está relacionado principalmente às características sensoriais, mas algumas pesquisas demonstram que eles também podem apresentar diferenças nas características nutricionais em relação a outras cultivares, principalmente no teor de proteínas, minerais e vitaminas. Além disso, a coloração do pericarpo dos grãos, uma das principais características que os diferencia visualmente, está vinculada ao acúmulo de

compostos fenólicos, os quais têm sido relacionados a efeitos benéficos à saúde em diversos alimentos.

Assim, torna-se imprescindível que se conheçam as variedades de arroz pigmentado, comparando sua composição química com outras cultivares, sua possível atividade antioxidante e a utilização de seus grãos em diferentes preparações alimentícias, incentivando assim o seu consumo.

# 3. OBJETIVOS

## 3.1. Objetivo geral

Avaliar composição nutricional, atividade antioxidante e efeito do cozimento de cultivares de arroz pigmentado em comparação a cultivares não pigmentas e elaborar preparações alimentícias com arroz preto verificando sua aceitação e digestibilidade proteica.

## 3.2. Objetivos específicos

- Avaliar e comparar a composição nutricional do arroz preto, arroz vermelho, arroz parboilizado, arroz integral e arroz branco.
- Avaliar e comparar a atividade antioxidante de compostos presentes nas variedades pigmentadas e não pigmentadas de arroz.
- Elaborar preparações alimentícias com grãos de arroz preto e avaliar a sua aceitabilidade e intenção de compra.
- Avaliar a digestibilidade proteica das preparações com arroz preto em relação a uma cultivar não pigmentada.

## 4. HIPÓTESES

As cultivares de arroz pigmentado apresentam maior atividade antioxidante e melhor composição nutricional em comparação a cultivar não pigmentada de arroz branco, parboilizado e integral.

Preparações alimentícias elaboradas com grãos e/ou farinha de arroz preto serão aceitas nos testes sensoriais com porcentagem acima de 70% de aceitabilidade.

# 5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

## 5.1. Produção e consumo de arroz no mundo e no Brasil

O arroz está entre os cereais mais consumidos do mundo. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2014) o Brasil é o nono maior produtor mundial e na safra de 2013/2014, a cultura teve um aumento de 6,9% na produção total em relação à temporada anterior. No Rio Grande do Sul, que é o maior produtor do país, foram colhidas mais de oito milhões de toneladas. Para a safra de 2015/2016, o Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA, 2014), estima uma produção de 12,2 milhões de toneladas, representando um volume de 8,3 milhões de toneladas de arroz beneficiado.

Na sua forma natural, o arroz é um alimento rico em carboidratos, considerado uma excelente fonte de energia, porém pode ser também uma importante fonte de proteínas, fósforo, ferro, cálcio e vitaminas, fazendo parte de uma dieta saudável (HEINEMANN et al., 2005). Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO), o arroz fornece, diariamente, em média 20% da energia e 15% das proteínas necessárias a dieta humana, se destacando pela sua digestibilidade e pelo fato de ser um produto de origem vegetal, o arroz é um alimento isento de colesterol e com baixo teor de lipídios (FAO, 2010).

A Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), mostrou que o volume per capita de arroz adquirido pelas famílias caiu 40,5% nos domicílios entre os anos de 2003 e 2009. Em termos absolutos, a aquisição de arroz pelas famílias recuou de 24,5 quilos anuais per capita nos anos de 2002 e 2003 para 14,6 quilos nos anos de 2008 e 2009. Esse índice de consumo vem caindo ainda mais, pois com o aumento da renda per capita – 8,6% em média, entre 2008 e 2012 - os alimentos industrializados e com maior valor agregado estão cada vez mais presentes na mesa dos brasileiros, segundo dados do Ministério da Agricultura (MAPA, 2014).

No Brasil, como na maioria dos países, o arroz é consumido principalmente na forma polida, representando mais de 70% da preferência, sendo esta a forma que consta nas estatísticas de produção, consumo e comércio globalizado. Contudo, o consumo do arroz parboilizado vem aumentando gradualmente e já representa 25% da preferência, seguindo pelo arroz integral de 3% a 5% segundo o Instituto Rio

Grandense do Arroz (IRGA, 2010) e a Associação Brasileira das Indústrias de Arroz Parboilizado (ABIAP, 2010).

Observa-se também uma tendência de aumento no consumo de grãos integrais, impulsionada pela contínua divulgação de seus benefícios à saúde, associados principalmente, à redução do risco de doenças crônicas, tais como doenças cardíacas, câncer, diabetes e obesidade (CHUN et al., 2005; SLON, 2005). Além disso, a queda no consumo de arroz branco vem estimulando o desenvolvimento, a produção e a comercialização de outras cultivares de arroz, tais como o arroz preto e o vermelho, visando à retomada do consumo do grão (EMBRAPA, 2014).

## 5.2. Classificação e composição nutricional do arroz e cultivares

Morfologicamente, a semente do arroz é idêntica ao grão comercial, entretanto, semente é aquela produzida com a finalidade de plantio, sob cuidados especiais e obedecendo a normas técnicas, procedimentos e padrões estabelecidos pela legislação (EMBRAPA, 2006).

Com o objetivo de facilitar e regulamentar o sistema de comercialização do arroz, bem como de proteger o consumidor o Ministério da Agricultura estabeleceu normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz. Esses padrões proporcionam um sistema de comercialização por classes e tipos e levam em consideração os fatores de qualidade associados à limpeza, uniformidade, condições sanitárias e pureza do produto. Segundo suas características, o arroz é classificado de acordo com um padrão internacional, baseado em pesquisas de especialistas reunidos no âmbito da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO). Os principais elementos de classificação são o comprimento, a espessura e o aspecto (MAPA, 2010).

A legislação brasileira classifica o arroz em grupos, subgrupos, classes e tipo através da Instrução Normativa n° 12 de 20 de março de 2010. Em grupos, segundo sua forma de apresentação, o arroz pode ser: arroz em casca e arroz beneficiado. Segundo o processo de beneficiamento, o arroz em casca pode ser natural ou parboilizado. O beneficiamento pode ser integral, parboilizado, parboilizado integral e polido. De acordo com as classes, o grão de arroz pode ser curto, médio, longo,

longo e fino e misturado. A classificação pelo tipo é de acordo com a quantidade de grãos defeituosos, que neste caso, é dividido em tipos de 1 a 5, sendo que o primeiro é o de melhor qualidade (BOTTINI, 2008; MAPA, 2012).

O arroz é constituído principalmente por amido, apresentando quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e cinzas. Entretanto, a composição do grão e de suas frações está sujeita a diferenças varietais, variações ambientais, de manejo, de processamento e armazenamento (ZHOU et al., 2002), produzindo grãos com características nutricionais diferenciadas.

Sendo componente obrigatório da refeição brasileira, com as novas pesquisas desenvolvidas na agricultura e o uso de tecnologias mais avançadas no beneficiamento, foram desenvolvidas novas sementes, que se adaptaram melhor ao solo e ao clima do Brasil. Com variações genéticas, a busca por variedades resistentes a pragas e a seleção daquelas de maior produtividade, foram criadas milhares de variedades de arroz. Papel relevante nas pesquisas nacionais é o exercido pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) que, em 2005, lançou no mercado o cultivar IAC-600 de arroz preto, e pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que já desenvolveu novas cultivares de arroz por meio da hidratação e do melhoramento genético (BOTTINI, 2008).

## 5.3. Variedades de arroz

### 5.3.1. Arroz preto

O arroz preto, também conhecido como arroz negro, pertence à espécie *Oryza sativa* L., a mesma do arroz branco, e apresenta a casca cor de palha e o pericarpo preto (BASTOS et al., 2004). Seu grão é curto e arredondado, possui textura macia, seu sabor é diferenciado e o aroma lembra amêndoas. Possui alto valor nutritivo e é particularmente rico em ferro. Além disso, é rico em carboidratos, lipídios, proteínas, compostos fenólicos, fibras, cobalto, vitaminas A, B1, B2, B6, B12, niacina, ácido nicotínico, ácido pantotênico, vitaminas C e E. Comparado com o arroz branco, apresenta 20% a mais de proteínas e 30% a mais de fibras, além de conter menor teor de lipídios e menor valor energético que o arroz integral (BERGMAN, 2002; BASSINELLO et al., 2008; BOTTINI, 2008).

Há séculos, o arroz pigmentado é cultivado principalmente no sul da Ásia e em países como Itália, Grécia e Estados Unidos e, ainda hoje são encontrados principalmente como variedades selvagens. O arroz pigmentado há muito tempo vem sendo consumido no Japão e China e, nestas regiões, é popularmente considerado um alimento saudável (FINOCCHIARO; FERRARI; GIANINETTI, 2010).

O arroz preto não atinge a mesma produtividade obtida por variedades tradicionais, não passando de três toneladas por hectare, enquanto variedades do tipo agulinha, por exemplo, podem atingir até oito toneladas por hectare. Durante o beneficiamento de seus grãos - que são vendidos apenas na qualidade *gourmet* - os produtores observam perdas de 25 a 35%. Contudo, essa diferença em produtividade é superada pela diferença entre os preços do arroz preto e do tradicional, o que resulta em maiores lucros para o produtor (GODOY, 2005; BOTTINI, 2008; LUCA, 2012).

### 5.3.2. Arroz vermelho

No Brasil, o arroz vermelho, ainda pouco conhecido, é cultivado em áreas isoladas no centro-oeste, no norte e no nordeste, onde recebe também os nomes de arroz da terra, arroz de Veneza ou arroz do maranhão. É no sertão do estado da Paraíba que se encontra a maior produção de arroz vermelho do Brasil e este é plantado principalmente por pequenos agricultores, utilizando sistemas de produção bastante rudimentares. Na Paraíba, em particular, é considerado um ingrediente comum da culinária regional, mas na maioria das regiões de arroz irrigado, o arroz vermelho é visto como uma planta daninha a ser eliminada das lavouras comerciais de arroz branco devido aos prejuízos às plantações ocasionados pela competição por água, luz e nutrientes, afetando o desenvolvimento do arroz cultivado e pela depreciação do produto final. Ultimamente vem se verificando uma demanda crescente por parte de restaurantes localizados em grandes centros consumidores do País, como São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília, pelo arroz vermelho ser considerado uma iguaria gastronômica pela associação internacional *Slow Food,* uma entidade sem fins lucrativos fundada em 1989 como resposta aos efeitos padronizantes do *fast food* (SLOW FOOD BRASIL, 2008; EMBRAPA, 2011).

O consumo de grãos de arroz com pericarpo vermelho e preto está relacionado às características sensoriais, mas algumas pesquisas demonstram que

eles também podem apresentar diferenças nas características nutricionais em relação ao arroz com pericarpo marrom-claro, principalmente no teor de proteínas, minerais e vitaminas. Além disso, a coloração do pericarpo dos grãos, uma das principais características que os diferencia visualmente, está vinculada ao acúmulo de compostos fenólicos, os quais têm sido relacionados a efeitos benéficos à saúde em diversos alimentos (WALTER, 2009).

### 5.3.3. Arroz parboilizado

A palavra “parboilizado” deriva da expressão em inglês “parboiled”, transmitindo ideia de cozimento (FERREIRA, 2003; PASCUAL, 2013). O arroz parboilizado é aquele que, ainda em casca, é submetido a um processo hidrotérmico que provoca a gelatinização total ou parcial do amido, passando, posteriormente, pelo descasque e polimento.

O processo de parboilização inicia-se na etapa de hidratação dos grânulos de amido por imersão em água aquecida, rompendo as ligações de hidrogênio entre a amilose e a amilopectina, proporcionando a absorção da água de maneira uniforme e irreversível pelo grão. Em paralelo à absorção, ocorre a gelatinização, aferindo ao produto uma melhora na qualidade nutricional em relação ao produto beneficiado polido. À medida que absorve a água, as vitaminas e os sais minerais passam, por osmose, para o interior do grão, conservando as substâncias nutritivas, com aparência física melhorada, se comparado com o arroz polido e o integral. Além disso, a gelatinização do amido permite obter um grão mais resistente, que se conserva por mais tempo. O arroz parboilizado pode ser consumido integral ou polido (MCKEVITH, 2004; BOTTINI, 2008; DEMONT et al., 2012; EMBRAPA, 2012).

### 5.3.4. Arroz integral

Segundo a legislação brasileira, arroz integral é o grão desprovido de casca que mantém de forma intacta o germe e as camadas interna e externa do grão (BRASIL, 1988). O grão integral apresenta grande vantagem perante as demais formas de beneficiamento, proporcionando os maiores índices nutricionais em fibra e matéria mineral (KENNEDY et al., 2002; MONKS et al., 2013).

O arroz integral é mais nutritivo em relação ao polido, possui mais fibras, vitaminas e sais minerais, mas é menos consumido pela população brasileira devido ao seu alto custo, sabor diferenciado e reduzida vida de prateleira (ALMEIDA; NAVES, 2002; BARATA, 2005). Ainda, recentes estudos mostraram a relação entre a composição da microbiota intestinal com a obesidade e diabetes, sugerindo que os efeitos antiobesidade e antidiabéticos do arroz integral estão relacionados com o perfil e a atividade da microbiota intestinal (TREMAROLI; BACKHED, 2012).

### 5.3.5. Arroz branco polido

O arroz polido, popularmente conhecido como arroz branco, é o tipo mais consumido no Brasil (cerca de 80% da preferência dos consumidores). No seu processamento (descascamento e polimento) ocorre a retirada da casca, da película e do germe a fim de conferir à superfície do grão melhor aparência. Neste processo maior parte do óleo e das enzimas é retirada do grão, aumentando assim o tempo de prateleira do produto (BRASIL, 1988; HEINEMANN et al., 2005; PASCUAL, 2010). Por conseguinte, o grão possui basicamente amido, sendo praticamente isento de minerais e vitaminas (FERREIRA, 2003; ABBAS et al., 2011).

Seus grãos podem ser longos, médios ou curtos. O grão de arroz longo é o mais utilizado nas preparações salgadas e para fazer arroz branco comum. Quando cozido de maneira correta, com a quantidade adequada de água, apresenta grãos bem soltos pós-cozimento. Já o arroz de grão médio tem um comprimento três vezes maior que sua espessura, ou seja, não empapa tanto quanto o grão curto, e pode ser utilizado em preparações doces e salgadas, indicado também para o preparo de risotos. O arroz de grão curto e redondo tende a empapar quando cozido sendo tradicionalmente usado para fazer arroz-doce e pode ser utilizado na culinária japonesa (ABREU; SPINELLI, 2014).

## 5.4. Antioxidantes e compostos fenólicos

O termo antioxidante pode ser definido de múltiplas formas por diversos autores. De acordo com Halliwell e Gutteridge (2010) antioxidantes são substâncias que em pequenas concentrações, comparado ao substrato oxidável, retardam ou

previnem significativamente o início ou a propagação da cadeia de reações de oxidação. Outra definição do termo seria qualquer substância que retarda, previne ou remove o dano oxidativo na molécula alvo (HALLIWELL, 2007).

Tanto o arroz preto como o vermelho estão associados a uma notável atividade antioxidante *in vitro* em função da presença de compostos bioativos específicos, ausentes nas variedades não pigmentadas (FINOCCHIARO et al., 2007). Alguns estudos ainda demonstraram que a substituição do arroz branco por arroz preto na dieta ou a administração de extratos de arroz preto diminui o estresse oxidativo*in vivo* e promove o aumento simultâneo da capacidade antioxidante, fatores que estão associados com a redução do risco de desenvolvimento de doenças crônicas, como doenças cardiovasculares, diabetes do tipo 2 e alguns tipos de câncer (LING et al., 2001; KIM; LEE, 2002; HU et al., 2003; XIA et al., 2003).

Comparado ao arroz polido e integral, o arroz preto possui mais proteínas e fibras, dez vezes mais compostos fenólicos (antioxidantes), além de maciez, aroma e sabor diferenciados, e apresenta valor energético inferior ao arroz branco. O arroz preto, conhecido por ser um grão exótico, contém muitos componentes benéficos, incluindo os polifenóis, flavonóides, vitamina E, ácido fítico, γ-orizanol (ICHIKAWA et al., 2001; NAM et al., 2008; KONG et al., 2011), carboidratos, óleos, proteínas, fibras, cobalto, vitaminas A, B1, B6, B12, niacina, ácido nocotínico, ácido pantatênico, vitaminas C e E (BASSINELLO et al., 2008). Os polifenóis têm sido relacionados a efeitos benéficos à saúde como as propriedades antioxidantes, potencial efeito antiproliferativo de células de leucemia, colo do útero e câncer de estômago, além de efeito imunomodulador (CHEN et al., 2012).

Componentes como o amido resistente e a fibra alimentar, por exemplo, em determinados níveis exercem efeitos benéficos ao organismo humano.Estudos relatam que, o auxílio no controle da glicose sanguínea, redução dos lipídios séricos e da pressão arterial, entre outros, são efeitos benéficos à saúde por auxiliarem na prevenção e no controle de doenças crônicas, como diabetes e doenças cardiovasculares (MILLER et al., 1992; KOIDE et al., 1996; QURESHI et al., 1997; RONG et al., 1997; XIA et al., 2003).

Ainda, estudos mostram a relação entre a composição da microbiota intestinal com a obesidade e diabetes, surgindo que os efeitos antiobesidade e antidiabéticos de arroz integral, pigmentados ou não, estão relacionados com o perfil e a atividade da microbiota intestinal (TREMAROLI; BACKHED, 2012). Também tem sido relatado

que uma dieta contendo extratos de arroz preto com um teor de 31,3g/ 100g de antocianina, reduziram o colesterol total, a lipoproteína de baixa densidade (colesterol LDL) e a concentração de triacilgliceróis no plasma de ratos (ZAWISTOWSKI et al., 2009).

### 5.5. Preparações com arroz preto e aceitabilidade

Para satisfazer as demandas de saúde cada vez mais consciente dos consumidores, muitas indústrias de alimentos estão encontrando maneiras de adicionar ingredientes funcionais aos seus produtos (HOLGUÍN-ACUÑA et al., 2008). Em sua grande maioria os produtos de padaria são utilizados como fonte para a incorporação de diferentes ingredientes para a sua diversificação nutricional.

Tanto o grão de arroz como sua farinha podem contribuir para o suprimento da demanda por produtos voltados ao atendimento de nichos específicos de mercado, orientação crescente no segmento agroindustrial. Nesse contexto, a utilização da farinha de arroz tem se expandido para a fabricação de biscoitos, bebidas, alimentos processados, pudins, molhos para salada e pães sem glúten (KADAN et al, 2011).

Segundo Assis et al. (2009) é possível substituir a farinha de trigo por farinha de arroz parboilizado em até 75% na formulação de biscoitos sem afetar sensorialmente, aumentando o teor de amido resistente, melhorando a qualidade tecnológica, como o fato dos produtos tornarem-se mais macios.

Variedades pigmentadas como o arroz preto e o vermelho vêm sendo utilizadas em pesquisas científicas como ingredientes na elaboração de alimentos processados, tais como cereais infantis (HIRAWAN; DIEHL-JONES; BETA, 2011) e macarrão (KONG et al., 2011) na busca pelo desenvolvimento de produtos com propriedades diferenciadas.

O arroz preto e o arroz vermelho também têm sido utilizados como alimento funcional e seus extratos como corantes alimentares em pão, sorvete e licor, em substituição aos corantes artificiais (ZHANG et al., 2010).

Marçal (2014) conduziu uma pesquisa sobre a elaboração de uma bebida alcoólica lupulada e carbonatada a partir de arroz preto do tipo IAC 600 e mostrou

que, existem diversas maneiras de utilizar os benefícios do arroz preto, até mesmo em bebidas.

Segundo Oliveira (2014), pesquisadores do IRGA e da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) indicaram que há uma limitação na adoção da farinha de arroz para o desenvolvimento de produtos, sendo que ainda há resistência por parte das empresas de confeitaria e panificação ao seu uso, mesmo quando acrescentada de forma parcial à elaboração dos produtos. A farinha de arroz apresenta características diferentes da farinha de trigo, o que exigiria ajustes de equipamentos e formulações, o que pode ser considerado uma limitação.

Na indústria, o arroz preto está sendo mais utilizado em preparações com o uso de sua farinha, mas o grão pode ser mais explorado pela sua coloração e principalmente pelo seu gosto acastanhado podendo ser agregado a pratos doces e salgados.

Com isso, fica evidente que cultivares desenvolvidas para as necessidades específicas de nichos de mercado, poderá beneficiar não somente o consumidor, mas também o produtor, pois esse tipo de produto possui um grande valor agregado. Embora essas cultivares não sejam produzidas em grande extensão, há uma demanda crescente no mercado por produtos de qualidade principalmente associados a alimentos com fatores funcionais.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Nutrição

Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos

Projeto de Pesquisa

# Arroz pigmentado: caracterização nutricional, atividade antioxidante e aceitabilidade de preparações

**Ângela Galvan de Lima**

Pelotas, 2015

**Banca Examinadora:**

Profª. Drª. Kelly Lameiro Rodrigues – UFPel (Orientador)

Profª. Drª. Márcia Arocha Gularte - UFPel (Titular)

Profª. Drª. Fabiana Torma Botelho - UFPel (Suplente)

**SUMÁRIO**

RESUMO..... 31
1.MATERIAIS E MÉTODOS..... 32
1.1. Delineamento experimental e amostragem..... 32
1.2. Análises físico-químicas..... 32
1.2.1. Umidade..... 32
1.2.2. Cinzas..... 33
1.2.3. Gorduras totais..... 33
1.2.4. Proteínas..... 33
1.2.5. Fibra bruta..... 34
1.3. Avaliação da atividade antioxidante *in vitro* e análise de compostos fenólicos..... 35
1.3.1. Preparo da amostras..... 35
1.3.2. Reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)..... 35
1.3.3. Capacidade antioxidante pelo método do DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil)..... 35
1.3.4. Compostos fenólicos totais pelo método Folin-Ciocalteau..... 36
1.4. Digestibilidade proteica..... 36
1.5. Aceitabilidade de preparações elaboradas com arroz preto..... 37
1.5.1. Elaboração das preparações com arroz preto..... 38
1.5.2. Teste de aceitabilidade..... 41
1.6. Análise estatística..... 42
1.7. Aspectos éticos..... 42
2. CRONOGRAMA..... 43
3. ORÇAMENTO..... 44
4. PRODUÇÃO ESPERADA..... 45

## RESUMO

O arroz (*Oryza sativa L.*) destaca-se como alimento básico da população mundial devido as suas propriedades nutricionais, sendo consumido predominantemente na forma polida. No entanto, há uma crescente procura por grãos integrais, pigmentados ou não, como o arroz preto. Sabe-se que a composição nutricional e as propriedades sensoriais de grãos pigmentados são distintas, principalmente pela atividade antioxidante. Com isso, o objetivo deste estudo é avaliar a composição nutricional, atividade antioxidante e a digestibilidade proteica do arroz preto em comparação a outras cultivares de arroz e elaborar preparações alimentícias com seu grão e sua farinha, aferindo sua aceitabilidade e intenção de compra dos provadores. Os grãos avaliados serão adquiridos através da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de Itajaí-SC (EPAGRI). Serão analisadas três cultivares de arroz, com pigmentação e sem pigmentação do pericarpo. A cultivar SCS 118 Marques será analisada na sua forma integral, parboilizada e polida; a cultivar SCS 119 Rubi (arroz vermelho), será analisada na sua forma integral bem como a cultivar SCS 120 Ônix (arroz preto). Para a avaliação da composição nutricional serão determinados os teores de umidade, cinzas, lipídeos, proteína, fibra bruta, carboidrato e valor energético total. Os ingredientes utilizados nas formulações serão adquiridos no comércio local de Pelotas-RS. Será analisada a composição nutricional e a digestibilidade proteica das mesmas.



**Palavras chave:** arroz pigmentado; cultivares de arroz; composição nutricional; atividade antioxidante; qualidade proteica; análise sensorial;

# 1. MATERIAIS E MÉTODOS

## 1.1. Delineamento experimental e amostragem

Serão realizadas análises físico-químicas e de atividade antioxidante de amostras de arroz preto (SCS 120 Ônix, subgrupo integral, classe longo fino tipo 1), arroz vermelho (SCS 119 Rubi ,subgrupo integral, classe longo fino tipo 1), arroz integral (SCS 118 Marques, subgrupo parboilizado, classe longo fino tipo 1), arroz integral parboilizado (SCS 118 Marques, subgrupo parboilizado, classe longo fino tipo 1) e arroz polido (SCS 118 Marques, subgrupo polido, classe longo fino tipo 1) todas disponibilizadas pela mesma empresa. Para cada tipo de arroz serão realizadas análises em duplicata de três diferentes lotes, em três experimentos independentes.

## 1.2. Análises físico-químicas

As análises físico-químicas serão realizadas no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

Os teores de carboidrato serão obtidos por cálculo da diferença de 100 e a soma dos valores resultantes das análises de umidade, proteína, gordura, fibra e cinzas em 100g. O valor energético será determinado a partir da soma do produto da multiplicação, dos valores de: proteína, gordura e carboidrato, por 4, 9 e 4kcal/g respectivamente, conforme RDC n° 40/01 (BRASIL, 2001).

### 1.2.1. Umidade

Serão pesadas em balança analítica cerca de 10g da amostra, em cápsulas de alumínio previamente secas em estufa e pesadas na mesma balança. As cápsulas contendo as amostras serão colocadas em estufa com ventilação a 105°C por 12 horas. Após serem retiradas da estufa, as amostras serão colocadas em dessecador com gel de sílica até atingirem temperatura ambiente. Serão então pesadas novamente na mesma balança analítica e o resultado do teor de umidade será obtido por diferença de peso (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

### 1.2.2. Cinzas

Serão pesadas, em balança analítica, cerca de 3g da amostra, em cadinhos de porcelana previamente secos em mufla e pesados na mesma balança. As amostras serão colocadas em mufla a 550°C, por aproximadamente 8 horas, até obtenção de cinzas brancas. Após, retiradas da mufla**,** as amostras serão colocadas em dessecador com gel de sílica até atingir a temperatura ambiente, sendo então pesadas na mesma balança analítica, e o resultado do teor de cinzas será obtido por diferença de peso (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

### 1.2.3. Gorduras totais

Serão pesados cerca de 1 a 5g de amostra conforme o teor de gordura estimada, depois transferidas para um cartucho exterior, sendo secas em estufa, se a umidade da amostra for maior que 8%. Após, serão transferidas para o cartucho Soxhlet. Depois será adicionada quantidade suficiente de solvente (± 200mL) em um balão, sendo conectado ao extrator e ajustado o conjunto ao condensador. A extração será realizada por um período que pode variar de 4 horas a uma velocidade de condensação de 4 - 6 gotas/s até 16h a 2 - 3 gotas/s. Então, será recuperado o solvente e completada a secagem do balão em banho-maria e após estufa a 105ºC por 30 minutos. Será esfriado em dessecador até a temperatura ambiente e realizar-se-á a pesagem. Será repetida a operação de secagem em estufa e pesagem até que a diferença entre as pesagens sucessivas não seja superior a 0,1% do peso da amostra (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

### 1.2.4. Proteínas

Serão pesadas de 0,3 a 0,5g de amostra e adicionado aproximadamente, 2g de mistura catalítica, 5 a 7 pérolas de vidro e de 5 a 10mL de ácido sulfúrico P.A., pela parede do frasco. Deverá ser iniciada a digestão com temperatura baixa, e prosseguir elevando até o máximo de 380ºC, até clareamento completo da mistura. Após o esfriamento, adicionar 10 a 20mL de água destilada. Agitar até a dissolução completa e esfriar. Depois de lavar o destilador, será adicionado 20mL de hidróxido de sódio a 50%. Será realizada a destilação e em seguida, será recolhido cerca de 200mL de destilado em frasco *Erlenmeyer* de 300 ou 500mL contendo 30mL de

ácido bórico 4% e 5 gotas de indicador misto. Após será feita a retirada do excesso de ácido com solução de hidróxido de sódio até a viragem do vermelho para verde. Também será procedida uma prova em branco, para testar a qualidade dos reagentes (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

### 1.2.5. Fibra Bruta

Serão pesados de 1 a 3g de amostra conforme o teor de fibra bruta estimada. Depois será secada, desengordurada (se o teor de gordura for maior que 5%) com 4 porções de 20mL de éter etílico, desprezando o éter. Será seca em estufa a 105ºC por 1 hora. O resíduo será transferido pra um *Erlenmeyer* (ou cadinho de vidro sinterizado para o sistema automático). Será adicionado 200mL de ácido sulfúrico 1,25%, em ebulição (150mL no sistema automático) e algumas gotas de solução antiespumante. Depois deverá ser digerida com refluxo por exatamente 30 minutos. Será filtrada quantitativamente em cadinho de vidro sinterizado ou em funil de *Buchner* com tela de nylon ou poliéster ou aço inox. Depois será lavado o resíduo com água destilada fervente até completa neutralização. Depois será passado o resíduo quantitativamente para o *Erlenmeyer* já usado quando não tiver sido utilizado aparelhagem automática. Lavada a tela ou o cadinho de vidro sinterizado com 200mL de NaOH 1.25% (0,313N) em ebulição (sistema automático usar 150 mL) e adicionadas algumas gotas de solução antiespumente. Digerir então com refluxo por exatamente 30 minutos. Será filtrado diretamente o cadinho de vidro sinterizado utilizando água destilada quente para a transferência. Será realizada a lavagem do cadinho com aproximadamente 20mL de álcool etílico ou acetona e 20mL de acetona ou éter de petróleo. Será colocado na estuda a 105ºC até o peso constante (3 a 6 horas), retirado, deixado esfriar em dessecador até a temperatura ambiente e pesado. Depois será realizada a queima em mufla a 550ºC por 3 horas (colocado o cadinho na mufla ainda frio e então iniciar o aquecimento). Por último, desligar a mufla e quando estiver a 250ºC – 300ºC retirar o cadinho, colocar no dessecador, deixar esfriar até a temperatura ambiente e pesar (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

## 1.3. Avaliação da atividade antioxidante *in vitro* e análise de compostos fenólicos

### 1.3.1. Preparo das amostras

Para a realização das análises de atividade antioxidante de compostos fenólicos, os extratos dos diferentes tipos de arroz serão obtidos por meio da infusão em água e em diferentes concentrações e temperaturas de extrações. Primeiramente, os diferentes tipos de arroz serão triturados em moinho (Fritsch, Pulverisette 14). Após, serão realizadas extrações em água a temperatura ambiente e em água quente (100°C) nas seguintes concentrações: 5%; 10%, 15% e 20%. Todas as extrações serão preparadas no dia do uso.

### 1.3.2. Reação ao ácido tiobarbitúrico (TBARS)

A reação ao ácido tiobarbitúrico será determinada de acordo com a metodologia de Ohkawa; Ohishi; Yagi, (1979). Primeiramente serão incubados em banho-maria a 80ºC, tubos de ensaio contendo água Mili Q, azeite de oliva extra virgem submetidos à oxidação por 100µM de sulfato ferroso, por 10 minutos. Posteriormente, será adicionada em cada tubo a amostra com diferentes concentrações e temperaturas de extração, Lauril Sulfato de Sódio (SDS) 8,1%, Tampão de Ácido Acético pH 3,44 e Ácido Tiobarbitúrico (TBA) 0,6%. Em seguida, será incubado novamente em banho-maria a 100ºC por 1 hora. Os produtos da reação serão determinados por medida de absorbância em 532nm, em espectrofotômetro. A concentração de TBARS será calculada por meio de uma curva padrão, concentrações conhecidas de 1,1,3,3 – tetrametoxipropano, e os resultados foram expressos em nm de Malonaldeído (MDA) $g^{-1}$ de amostra. O experimento será realizado em triplicata.

### 1.3.3. Capacidade antioxidante pelo método do DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil)

O método DPPH utilizado será o descrito por Brand-Williams; Cuvelier; Berset, (1995), baseado na captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorbância a 515nm. O DPPH será

utilizado na concentração de 60µM, dissolvido em álcool metílico. Em ambiente escuro, será transferida uma alíquota de 0,1mL de amostra para tubos de ensaio contendo 3,9mL do radical DPPH (60µM) e, em seguida, homogeneizados. Será utilizado 0,1mL de uma solução controle (solução controle de álcool metílico 50% (40mL), acetona 70% (40mL) e água (20mL) com 3,9mL do radical DPPH (60µM). Após o preparo, as amostras serão armazenadas em ambiente escuro por 45 minutos. Como branco será utilizado álcool metílico e a curva padrão será realizada a partir da solução inicial de DPPH (60µM), variando a concentração de 10µM a 50µM. Os resultados serão expressos em EC50 (µg $mL^{-1}$). O experimento será realizado em triplicata.

### 1.3.4. Compostos fenólicos totais pelo método Folin-Ciocalteau

A quantificação de compostos fenólicos será determinada através do método adaptado de Swain e Hillis, (1959). Serão homogeneizadas 0,5g de amostra com 20mL de solvente (metanol). As amostras serão centrifugadas a 10000rpm por 15 minutos. Serão coletados 250µL do sobrenadante e adicionados à amostra 4mL de água destilada e 250µL de Folin-Ciocalteau (1:1). Os tubos serão agitados e após 5 minutos, adicionados 0,5mL de $Na^2CO^3$ (7%). Após 2 horas, a absorbância será medida a 725nm. A quantidade de fenóis no extrato de arroz será quantificada por meio de uma curva padrão preparada com ácido gálico entre as concentrações de 10 a 100µg/mL. A quantificação dos compostos fenólicos será realizada em triplicata e os resultados expressos em µg de ácido gálico por g de amostra (µg $g^{-1}$).

## 1.4. Digestibilidade proteica

A digestibilidade proteica será determinada em triplicata por meio do método descrito por Pires et al.(2006) que se baseia na queda de pH medido, após 10 minutos da adição de uma solução contendo as enzimas tripsina e pancreatina (2,5mg/mL de tripsina e 1,6mg/mL de pancreatina) a uma amostra de proteínas. Assim, na medida em que ocorre a hidrólise das ligações peptídicas, há liberação de prótons $H^+$, e consequente queda de pH do meio. A digestibilidade é determinada quando a queda de pH se estabiliza, o que indica térmico da hidrólise das ligações peptídicas.

Inicialmente as amostras serão submetidas à temperatura de 105ºC em estufa, por 5 horas, para retirada da umidade. Para o ensaio será ajustado o pH de 50mL da suspensão proteica em água destilada (contendo 6,25mg/proteína/mL) para 8,0, sob agitação em banho-maria a 37ºC. A solução enzimática contendo 2,5mg de tripsina e 1,6mg de pancreatina por ml de solução será preparada antes de cada série de testes e mantida em banho de gelo. Cinco mililitros da solução enzimática serão adicionados à suspensão proteica, mantida em banho-maria à 37ºC. A queda de pH será medida após a adição da solução enzimática a partir de 15 segundos e posteriormente de 1 em 1 minuto, por período de 10 minutos, usando potenciômetro. A digestão proteica será caracterizada pela queda do pH após 10 minutos da adição da solução enzimática, sendo a digestibilidade *in vitro* calculada utilizando-se a seguinte equação: $\% D = -122{,}53\ pH^2 + 1725{,}3\ pH - 5986{,}7$, onde %D é a digestibilidade *in vitro* e pH a medida do pH após 10 minutos de adição de solução enzimática.

## 1.5. Aceitabilidade de preparações elaboradas com arroz preto

### 1.5.1. Elaboração das formulações com arroz preto

Serão elaboradas formulações utilizando o grão do arroz preto e sua farinha. Os ingredientes utilizados nas formulações serão adquiridos no comércio local de Pelotas-RS. As formulações serão previamente testadas e ajustadas antes da avaliação sensorial.

**Formulação 1 – Muffin salgado de arroz preto**

| Ingredientes | Quantidade |
|---|---|
| Arroz preto cozido | 30,4% |
| Cebola picada | 4% |
| Ovo inteiro | 10% |
| Creme de leite UHT (20% de lipídeos) | 20% |
| Requeijão cremoso | 10% |
| Farinha integral de arroz negro orgânica | 10% |
| Queijo mussarela picado | 10% |
| Salsa fresca picada | 1% |
| Azeite de oliva extra virgem | 3% |
| Fermento químico em pó | 0,6% |
| Sal | 1% |

**Modo de preparo:**

Cozinhar 75g de arroz preto com 300ml de água por 25 minutos, após, tampar e deixar repousar por mais 10 minutos.

Em uma tigela misturar o arroz preto já cozido, ovo, a cebola picada, o creme de leite, o azeite de oliva, a farinha de arroz preto, a salsinha, o sal e o fermento, misturando delicadamente.

Colocar um pouco de massa na forminha de papel tamanho médio, acrescentar um pouco de queijo e requeijão, acrescentar mais um pouco de massa por cima, até cobrir o recheio. Deixar 1cm de espaço na forminha. Repetir esse processo com o restante da massa.

Levar ao forno a 180°C por 25 a 30minutos ou até que dourem levemente.

**Rendimento: 10 porções de 70g cada**

**Formulação 2 – Risoto de arroz preto com limão siciliano**

| Ingredientes | Quantidade |
|---|---|
| Arroz preto | 18,3% |
| Cebola picada | 4,5% |
| Amêndoas laminadas | 1,8% |
| Alho poró | 1,8% |
| Sumo de limão siciliano | 2,7% |
| Raspas da casca de limão siciliano | 0,2% |
| Tomilho fresco | 0,2% |
| Manteiga sem sal | 0,9% |
| Azeite de oliva extra virgem | 0,5% |
| Caldo de legumes natural (50% cebola, 25% cenoura, 25% aipo) | 55% |
| Vinho branco seco de mesa | 9% |
| Queijo parmesão ralado | 4,5% |
| Sal | 0,5% |
| Pimenta do reino moída | 0,1% |

**Modo de preparo:**

Em uma assadeira, colocar as amêndoas laminadas e levar ao forno a 180°C por 10 minutos ou até que dourem levemente.

Em uma panela, dourar a cebola picada e o alho poró cortado em fatias finas com metade da manteiga e o azeite de oliva. Refogar o arroz preto e acrescentar o vinho branco. Deixar evaporar o vinho e acrescentar aos poucos o caldo de legumes quente, sempre mexendo.

Quando a caldo estiver quase secando, acrescentar o sumo e as raspas do limão siciliano, o tomilho, o sal, a pimenta do reino moída e o queijo ralado.

Por fim, junte o restante da manteiga e as amêndoas torradas. Servir logo em seguida.

**Rendimento: 3 porções de 200g cada**

**Formulação 3 – Brigadeiro de arroz preto**

| Ingredientes | Quantidade |
|---|---|
| Arroz preto cozido | 19,5% |
| Leite integral (3% de lipídeos) | 13% |
| Leite condensado | 52% |
| Chocolate em pó 50% cacau | 2,5% |
| Chocolate granulado | 13% |

**Modo de preparo:**

No liquidificador, colocar o arroz preto já cozido, leite condensado, o leite integral e o chocolate em pó. Colocar tudo em uma panela, levar ao fogo e mexer constantemente até desgrudar do fundo da panela.

Deixar esfriar e fazer bolinhas. Passar o brigadeiro no granulado e colocar em forminhas.

**Rendimento: 30 porções de 20g cada**

**Formulação 4 – Arroz doce preto**

| Ingredientes | Quantidade |
|---|---|
| Arroz preto | 11% |
| Água fervente | 36% |
| Leite integral (3% de lipídeos) | 30% |
| Leite condensado tradicional | 15% |
| Leite de coco tradicional | 7,5% |
| Canela em rama | 0,4% |
| Cravo da índia | 0,1% |
| Casca de limão taiti | 0,5% |
| Canela em pó | 0,4% |

**Modo de preparo:**

Em uma panela colocar a água e o arroz e deixar cozinhar por 10 minutos. Adicionar os cravos e a canela em pau. Adicionar o leite em duas ou três etapas sem deixar o arroz secar.

Quando o arroz estiver com 1/3 de líquido, acrescentar o leite condensado e o leite de coco e mexer de vez em quando até engrossar e ficar cremoso.

Desligar o fogo, juntar pedaços de casca de limão e levar à geladeira. Polvilhar canela em pó na hora de servir.

**Rendimento: 4 porções de 100g cada**

### 1.5.2. Teste de aceitabilidade e intenção de compra

Para avaliação sensorial será utilizado o teste de aceitabilidade e intenção de compra, realizado por meio da aplicação da escala hedônica não estruturada de 7 pontos. No momento do teste, as amostras serão servidas em temperatura ambiente (32°C), apresentadas em pratos plásticos brancos descartáveis de 15 cm. As avaliações serão feitas em cabines individuais, usando luz branca. Cada amostra será avaliada por no mínimo 40 provadores não treinados e no máximo 50. A escalada hedônica utilizada no teste de aceitabilidade apresenta pontuação mínima de 1 – desgostei muito a 7 – gostei muito. Para a avaliação de intenção de compra a pontuação varia de 1 – sempre compraria a 7 - nunca compraria (Anexo 1) (DUTCOSKY, 2011). Para o cálculo do índice de aceitabilidade (IA) de cada preparação foi utilizada a formula: IA (%) =A X 100/B, onde B = nota média obtida para o produto e A = nota máxima dada ao produto. Para ser considerado aceito, o produto precisa de um IA de no mínimo 70% (TEIXEIRA; MEINERT,1987).

Serão avaliadas sensorialmente as seguintes receitas (já descritas no item 6.5.1.): Risoto de arroz preto com limão siciliano, Muffin salgado de arroz preto, Baião de dois com arroz preto, Arroz doce preto e Brigadeiro de arroz preto. Cada receita será submetida ao teste de análise sensorial em um dia diferente.

Para escolha dos provadores serão abordados alunos, professores e funcionários que estejam nas proximidades do local de realização da análise sensorial (Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos no Campus Capão do

Leão, Universidade Federal de Pelotas) que serão esclarecidos sobre o estudo e seus objetivos, bem como os ingredientes utilizados na formulação das preparações, participando aqueles que estiverem dispostos e assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo 2), sendo maiores de 18 anos.

### 1.6. Análise estatística

Os resultados serão submetidos à análise de variância (ANOVA) com nível de significância de 5% para a determinação do valor de F. Para valores significativos será utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação entre as médias. O programa SPSS (versão 17.0, 2008, *SPSS Inc*, Chicago) será utilizado para a análise estatística dos dados.

### 1.7. Aspectos éticos

Este projeto será encaminhado ao Comitê de Ética por meio da Plataforma Brasil. O estudo segue os princípios éticos dispostos na Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012, do Conselho Nacional de Saúde (Conselho Nacional de Saúde, 2012).

Todos os participantes do estudo que envolverá análise sensorial deverão assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 2) em duas vias, ficando uma cópia para o pesquisador e uma cópia para o participante.

A identidade dos participantes será preservada em sua totalidade, de forma que a publicação dos resultados do estudo não permitirá a identificação dos indivíduos. Os dados coletados serão armazenados em meio digital, pelos pesquisadores e serão destruídos após cinco anos. A publicação dos resultados será realizada por meio de artigos científicos em revistas e trabalhos a serem apresentados em congressos.

## 2. CRONOGRAMA

| Etapas | 2014 | | | | | 2015 | | | | | | | | | | | | 2016 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai | Jun | Jul | Ago | Set | Out | Nov | Dez | Jan | Fev | Mar | Abr | Mai |
| Revisão Bibliográfica | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaboração do Projeto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Qualificação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Comitê de Ética | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Análises | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Análise dos resultados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Redação de artigos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Defesa da dissertação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*** A análise sensorial será realizada após a aprovação pelo comitê de ética em pesquisa.**

## 3. ORÇAMENTO

| **Materiais** | **Valor total (R$)** |
|---|---|
| Reagentes e materiais para as análises físico-químicas | 5.550,00 |
| Material descartável para análise sensorial | 120,00 |
| Ingredientes para o desenvolvimento das formulações | 280,00 |
| **Total** | **5.950,00** |

As amostras de arroz a serem analisadas, serão fornecidas pela Epagri de Itajaí/SC - Brasil. Para as análises físico-químicas os reagentes e materiais serão adquiridos com a verba do Programa de Pós Graduação em Nutrição e Alimentos (PPGNA), correspondente ao aluno, e recursos de projetos do orientador.

## 4. Produção esperada

- Dois artigos científicos, no mínimo, publicados ou aceitos para publicação em periódicos de impacto técnico científico.

- Apresentação de dois trabalhos, no mínimo, em congressos da área.

## 6. Relatório de campo

As análises da composição nutricional, atividade antioxidante e quantificação do conteúdo de compostos fenólicos totais ocorreram conforme o planejado, sendo realizadas no Laboratório de Bromatologia e no Laboratório de Microbiologia da Faculdade de Nutrição da UFPel. Os grãos utilizados foram adquiridos através da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A., Estação Experimental de Itajaí-SC (EPAGRI). Foram analisadas três cultivares de arroz, com pigmentação e sem pigmentação do pericarpo. A cultivar SCS 118 Marques foi analisada na sua forma integral, polida e parboilizada, a cultivar SCS 119 Rubi (arroz vermelho), foi analisada na sua forma integral bem como a cultivar SCS 120 Ônix (arroz preto).

A digestibilidade proteica e análise da composição nutricional das formulações, ocorreram conforme o planejado e foram compradas com as formulações sem arroz preto. A análise sensorial das preparações com arroz preto foi realizada em cabines separadas com 40 consumidores no Laboratório de Análise Sensorial do Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos, da mesma universidade. Foram avaliadas quatro formulações, duas doces (arroz doce e brigadeiro) e duas salgadas (risoto e muffin). Foi solicitado pela banca de qualificação que houvesse mais preparações típicas brasileiras, como o Baião de dois, substituindo o arroz branco pelo arroz preto. Devido à falta de feijão fradinho no comércio local, na época em que se estava realizando as análises, a preparação não foi avaliada.

## 7. ARTIGO 1

**Título:** Caracterização nutricional e atividade antioxidante de arroz preto em comparação a diferentes cultivares cruas e cozidas de arroz.

**Revista:** Food Chemistry

**Qualis em Nutrição:** A2

# Caracterização nutricional e atividade antioxidante de arroz preto em comparação a diferentes cultivares cruas e cozidas de arroz

ÂNGELA GALVAN DE LIMA[a], JENIFER HELLER CERQUEIRA[b], ESTER WICKERT[c], SIMONE PIENIZ[d], KELLY LAMEIRO RODRIGUES[e]

[a]Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos – angelasananduva@hotmail.com
[b]Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Curso de Nutrição – jenyferheller@hotmail.com
[c]Estação Experimental de Itajaí – EPAGRI - esterwickert@epagri.sc.gov.br
[d]Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Departamento de Nutrição – nutrisimone@yahoo.com.br
[e]Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Departamento de Nutrição –lameiro_78@hotmail.com

## Resumo

Variedades de arroz pigmentadas, como o arroz preto e o vermelho, têm recebido a atenção dos consumidores que buscam alimentos saudáveis, e os benefícios advindos do seu consumo para a saúde são atribuídos à presença de compostos bioativos. Este estudo teve o objetivo de avaliar a composição nutricional, a atividade antioxidante e os compostos fenólicos do arroz preto em comparação ao arroz branco, parboilizado, integral e vermelho. Foram realizadas análises da composição físico-química, da atividade antioxidante pelos métodos TBARS e DPPH

em diferentes concentrações, e da determinação de compostos fenólicos pelo método Folin-Ciocalteau. O arroz preto apresentou maior porcentagem de proteína tanto na amostra crua (8,63) quanto cozida (4,02%), menor valor energético (142 Kcal) e menor porcentagem de carboidrato (29,31%), obtendo diferença significativa quando comparado aos demais cultivares de arroz ($p<0,05$). Ao analisar a inibição da peroxidação lipídica pelo método de TBARS o arroz preto cru apresentou maior capacidade antioxidante na concentração de 5%, sendo que nesta mesma concentração nas amostras cozidas, o arroz integral foi o que demonstrou maior atividade. Com relação à capacidade antioxidante pelo método de DPPH, o arroz preto cru apresentou maior atividade antioxidante nas concentrações de 5%, 10% e 15%; já na amostra cozida demonstrou capacidade antioxidante em todas concentrações. Quanto a quantificação do conteúdo de compostos fenólicos totais, observou-se que o arroz preto apresentou menor redução no teor de compostos fenólicos durante a cocção. Assim, salienta-se que o arroz preto destaca-se dentre as demais cultivares de arroz analisados com relação as características nutricionais e antioxidantes.

**Palavras chave:** arroz pigmentado; composição nutricional; atividade antioxidante; compostos bioativos; cultivares de arroz.

**Abstract**

Varieties of pigmented rice, such as black and red rice, have received attention of consumers which are looking for healthy foods and the benefits arising from their use attributed to the presence of bioactive compounds. This study aims to evaluate the nutritional composition, antioxidant activity and phenolic compounds of black rice compared to white rice, parboiled, brown and red. Analyzes of the Physical-chemical composition and antioxidant activity were made by DPPH and TBARS methods in different concentrations, and the determination of phenolic compounds was made by Folin-Ciocalteu method. Black rice had a higher percentage of protein either in raw sample (8.63) and baked (4.02%), lower energy value (142%) and a lower percentage of carbohydrate (29.31%), obtaining a significant difference when compared with other types of rice ($p <0.05$). By analyzing the raw black rice inhibition of lipid peroxidation by TBARS method it was found better results in concentration of

5%. The same concentration was found in cooked rice samples. Relating to the antioxidant capacity by DPPH method, raw black rice showed significant results at concentrations of 5%, 10% and 15%; even in cooked samples, demonstrating antioxidant capacity over all concentrations. Related to the quantification of the content of total phenolics, black rice showed significant amounts of phenolics and had lower reducing these during cooking. Thus, regarding to the nutritional and antioxidant properties it is noted that black rice stands out among the other types of rice analyzed.

**Keywords:** rice pigmented; nutritional composition; antioxidant activity; bioactive compounds; rice cultivars.

## 1. Introdução

Variedades de arroz pigmentadas (*Oryza sativa L*.), como o arroz preto e vermelho, têm recebido a atenção dos consumidores que buscam alimentos saudáveis. Os benefícios deste tipo de arroz para a saúde são atribuídos à presença de compostos bioativos que possuem atividades antioxidantes, e efeitos anticarcinogênicos, antialérgicos, antiinflamatórios (Deng et al., 2013).

O arroz é considerado fonte de energia por ser rico em amido, sendo a mais importante cultura alimentar do mundo, servindo de base para a alimentação de cerca de um terço da população mundial (Shen, Jin, Xiao, Lu, & Bao, 2009; Monks et al., 2013).

A produção mundial de arroz, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento do Brasil (CONAB) deverá ser de 706,38 milhões de toneladas para a safra 2015/2016, sendo o Brasil o 9º maior produtor, representando 2% da produção mundial (CONAB, 2015).

Recentemente, pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de desenvolver melhores variedades de arroz, ricas em certos compostos funcionais que apresentam atividades antioxidantes (Zhang, Shao, Bao & Beta, 2015), como as antocianinas estudadas por Min et al. (2012) e Pereira-Caro et al. (2013) as quais estão presentes no arroz preto. Essas substâncias têm sido associadas à prevenção de doenças cardiovasculares, certos tipos de câncer e outras doenças relacionadas

ao envelhecimento, graças às suas propriedades antioxidantes (Kim, Tsao, Yang & Cui 2006; Shen, Jin, Xiao, Lu, & Bao, 2009).

Embora o arroz integral, pigmentado ou não, apresente benefícios nutricionais mais elevados do que o arroz branco polido, por possuir maiores teores de proteínas e fibras, seu consumo ainda é inferior quando comprado ao grão polido, principal forma de consumo de arroz no Brasil. Observa-se uma tendência de crescimento nos últimos anos, impulsionada pela contínua divulgação relacionada aos seus benefícios à saúde, e associada principalmente à redução do risco de doenças crônicas, tais como doenças cardíacas, câncer, diabetes e obesidade (Hu, Zawistowski, Ling & Kitts, 2003; Zhou, Robards, Helliwell, & Blanchard, 2004; Sloan, 2005).

Segundo Paiva et al. (2014), a presença da pigmentação no arroz e a dificuldade para preservar a qualidade durante o armazenamento, devido à presença do embrião rico em gordura, são alguns desafios para melhorar sua produção e consumo. Além disso, a falta de divulgação sobre os benefícios atribuídos a este tipo de arroz, seu baixo rendimento na produção e alto custo no fornecimento, fazem com que seu consumo seja restrito. Desta forma, pesquisas visando o conhecimento, os benefícios e os aspectos nutricionais tornam-se relevantes para que o seu consumo seja ampliado à população em geral.

Sendo assim, este estudo teve por objetivo avaliar a composição nutricional, a atividade antioxidante e os compostos fenólicos do arroz preto em comparação ao arroz branco, arroz parboilizado, arroz integral e arroz vermelho.

## 2. Material e Métodos

### *2.1. Amostragem*

Foram realizadas análises físico-químicas e de atividade antioxidante de amostras de arroz preto (SCS 120 Ônix), arroz vermelho (SCS 119 Rubi), arroz integral (SCS 118 Marques), arroz branco parboilizado (SCS 118 Marques) e arroz branco polido (SCS 118 Marques) disponibilizadas pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), através da Estação Experimental de Itajaí-SC-Brasil. Para cada tipo de arroz foram realizadas análises em triplicata.

*2.2. Beneficiamento dos grãos de arroz*

Os grãos avaliados foram obtidos por meio de dois processamentos distintos (integral e polido) submetidos ou não à cocção. Para a obtenção dos grãos integrais, os mesmos foram descascados em um Simulador de Beneficiamento de Arroz (Zaccaria® Modelo PAZ-1-DTA, Brasil), no Laboratório de Grãos da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas-Brasil. A amostra de arroz foi descascada e, posteriormente, polida a um grau de moagem (GDM) de 12% e determinada usando a seguinte equação: GDM = [1 - (peso de amostra do arroz polido/peso do arroz com casca)] x 100. Para a obtenção do arroz parboilizado utilizou-se 300 g de arroz com casca, deixado de molho em becker com capacidade de 3L adicionando-se 1L de água destilada. O material foi mantido em banho-maria a 60 °C por 4 h, sendo posteriormente autoclavado por 10 min. a 108 °C de pressão. Em seguida, a amostra hidratada e autoclavada foi deixada em repouso a temperatura ambiente *overnight*. Por fim a amostra foi seca em forno (Modelo 400-2ND, Nova Ética, Brasil) a 38 °C até a obtenção de um teor de umidade de 13%. O arroz parboilizado em casca foi descascado utilizando o mesmo simulador de beneficiamento de arroz (Paiva et al., 2015).

*2.3. Preparo das amostras*

*2.3.1. Amostras cruas*

As amostras cruas foram moídas no momento da análise em moinho de Laboratório (Fritsch® Modelo Pulverisette 14, Brasil) em quantidades suficientes para as análises.

*2.3.2. Amostras cozidas*

Os grãos foram submetidos à cocção (100 ºC) por imersão em água utilizando becker de 600 mL em quantidade suficiente para cada tipo de arroz até o completo cozimento. Para o arroz polido, a proporção de água foi de aproximadamente 1:2 por 10 min. para o arroz preto, vermelho, integral e parboilizado integral a proporção foi de aproximadamente 1:4 por 30 min.

*2.4. Análises físico-químicas*

As análises físico-químicas foram realizadas em duplicata no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Nutrição da UFPel, de acordo com as metodologias descritas pela Association of Official Analytical Chemists International – AOAC (2000).

A caracterização do teor de umidade das amostras foi baseada na determinação de perda de peso do produto, submetido ao aquecimento em estufa a 105 °C até peso constante (método n° 935.29). A obtenção do percentual de cinzas das amostras baseou-se na determinação da perda de peso do material submetido à queima em temperaturas de 550 °C até a obtenção de cinzas brancas (método n° 923.03). A concentração de lipídeos foi determinada pela extração em extrator de Soxhlet com éter de petróleo (método n° 920.85); as proteínas foram determinadas pelo método de micro-Kjeldahl e o resultado foi convertido utilizando o fator de conversão de 5,95 (método n°920,87) e a fibra bruta foi determinada como descrito no método oficial n° 991.43 (AOAC, 2000).

Os teores de carboidrato foram obtidos por cálculo da diferença de 100 e a soma dos valores resultantes das análises de umidade, proteína, lipídeos, fibra bruta e cinzas em 100 g conforme AOAC (1995). O valor energético foi determinado a partir da soma do produto da multiplicação, dos valores de: proteína, gordura e carboidrato, por 4, 9 e 4 kcal/g respectivamente.

*2.5. Avaliação da atividade antioxidante in vitro*

Para a análise da atividade antioxidante as amostras cruas e cozidas foram analisadas nas concentrações de 5%, 10%, 15% e 20%. Estas concentrações foram selecionadas baseadas em estudo piloto prévio, o qual apontou que por se tratar de amostras com elevado conteúdo de amido, concentrações superiores absorveram todo o conteúdo aquoso, não havendo possibilidade de extração da amostra. As amostras cruas foram dissolvidas em água destilada utilizando os grãos moídos conforme descrito anteriormente; da mesma forma, as amostras cozidas foram dissolvidas em água destilada utilizando os grãos coccionados conforme descrito anteriormente, sendo homogeneizados em mixer (Modelo 2612 & 2616, Oster, China) por 1 min. O período de extração foi de 30 minutos para ambas as amostras.

*2.5.1. Reação ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS)*

A Reação ao Ácido Tiobarbitúrico foi determinada de acordo com a metodologia de Ohkawa et al. (1979). Primeiramente foi incubado em banho-maria a 80 ºC, tubos de ensaio contendo água Mili Q, Azeite de Oliva Extra Virgem submetidos à oxidação por 100 µM de sulfato ferroso, por 10 min. Posteriormente, foi adicionado em cada tubo a amostra com diferentes concentrações e temperaturas de extração, Lauril Sulfato de Sódio (SDS) 8,1%, Tampão de Ácido Acético pH 3,44 e Ácido Tiobarbitúrico (TBA) 0,6%. Em seguida, foi incubado novamente em banho-maria a 100 ºC por 1 h. Os produtos da reação foram determinados por medida de absorbância em 532 nm, em espectrofotômetro. A concentração de TBARS foi calculada através de uma curva padrão, concentrações conhecidas de 1, 1, 3, 3 – tetrametoxipropano, e os resultados foram expressos em nm de Malonaldeído (MDA) $g^{-1}$ de amostra. O experimento foi realizado em triplicata.

*2.5.2 Capacidade antioxidante pelo método do DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil)*

O método DPPH utilizado foi o descrito por Brand-Williams, Cuvelier & Berset (1995), baseado na captura do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorbância a 515 nm. O DPPH foi utilizado na concentração de 60 µM, dissolvido em álcool metílico. Em ambiente escuro, foi transferida uma alíquota de 0,1 mL de amostra para tubos de ensaio contendo 3,9 mL do radical DPPH (60 µM) e, em seguida, homogeneizados. Foi utilizado 0,1 mL de uma solução controle (solução controle de álcool metílico 50% (40 mL), acetona 70% (40 mL) e água (20 mL)) com 3,9 mL do radical DPPH (60 µM). Após o preparo, as amostras foram armazenadas em ambiente escuro por 45 min. Como branco foi utilizado álcool metílico e a curva padrão foi realizada a partir da solução inicial de DPPH (60 µM), variando a concentração de 10 µM a 50 µM. Os resultados foram expressos em $EC_{50}$ (µg $mL^{-1}$). O experimento foi realizado em triplicata.

*2.6. Compostos fenólicos totais pelo método Folin-Ciocalteau*

A quantificação de compostos fenólicos foi determinada através do método adaptado de Swain & Hillis (1959). Foram homogeneizadas 0,5 g de cada amostra crua e cozida com 20 mL de solvente (metanol). As amostras foram centrifugadas a 10000 rpm por 15 min. Foram coletados 250 µL do sobrenadante e adicionados à amostra 4 mL de água destilada e 250 µL de Folin-Ciocalteau (1:1). Os tubos foram agitados e após 5 min. foram adicionados 0,5 mL de $Na_2CO_3$ (7%). Após 2 hs, a absorbância foi medida a 725 nm. A quantidade de fenóis dos extratos de arroz foi quantificada por meio de uma curva padrão preparada com ácido gálico entre as concentrações de 10 a 100 µg/mL. A quantificação dos compostos fenólicos foi realizada em triplicata e os resultados foram expressos em mg de ácido gálico por g de amostra (mg $g^{-1}$).

*2.4. Análise estatística*

Os dados foram analisados utilizando a análise de variância (ANOVA) e o teste de comparação de médias (teste Tukey), tomando como base os níveis de significância maiores que 5%. O programa Assistat (versão 7.7 beta, Brasil) foi utilizado para a análise estatística dos dados.

**3. Resultados e discussão**

*3.1. Composição nutricional dos grãos de arroz*

Por meio da determinação da análise físico-química realizada nas amostras cruas e cozidas de arroz preto, arroz vermelho, arroz parboilizado e arroz polido apresentadas na Tabela 1, pode-se observar maior teor de lipídio no arroz integral tanto cru como cozido (1,90 e 1,10%, respectivamente), seguido do arroz preto (1,21 e 0,96%, respectivamente). Nas amostras cozidas, o arroz preto apresentou maior porcentagem de proteína (4,02%) e um menor valor energético total (142 Kcal), porém os valores não foram significativos ($p>0,05$) em relação as demais cultivares. Observou-se ainda, menor quantidade de carboidrato (29,31%), obtendo diferença significativa quando comparado aos outros tipos de arroz ($p<0,05$).

Estes estudos sugerem que as variedades pigmentadas de arroz apresentam, em média, maiores teores de proteína e menores teores de carboidrato quando comparadas as variedades não pigmentadas, porém, esses valores dependem da variedade do arroz analisado.

**Tabela 1.** Caracterização nutricional de arroz preto, vermelho, parboilizado, integral e polido cru e cozido. Resultados expressos em Média ± Desvio padrão.

| | CRU | | | | | COZIDO | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ----- % em 100 g ----- | | | | | ----- % em 100 g ----- | | | | |
| | **Preto** | **Vermelho** | **Parboilizado** | **Integral** | **Polido** | **Preto** | **Vermelho** | **Parboilizado** | **Integral** | **Polido** |
| **UMI*** | 13,32±0,0$^{c**}$ | 13,87±0,0$^{b}$ | 12,12±0,0$^{d}$ | 14,49±0,0$^{a}$ | 14,52±0,0$^{a}$ | 64,84±0,1$^{a**}$ | 61,55±0,3$^{b}$ | 64,17±0,1$^{a}$ | 61,44±0,2$^{b}$ | 64,25±0,0$^{a}$ |
| **LIP** | 1,21±0,0$^{b}$ | 0,55±0,0$^{c}$ | 0,50±0,0$^{c}$ | 1,90±0,0$^{a}$ | 0,89±0,0$^{bc}$ | 0,96±0,1$^{ab}$ | 0,76±0,0$^{c}$ | 0,86±0,0$^{bc}$ | 1,10±0,0$^{a}$ | 0,11±0,0$^{d}$ |
| **PTN** | 8,63±0,0$^{a}$ | 7,68±0,0$^{b}$ | 6,88±0,0$^{c}$ | 7,41±0,1$^{b}$ | 6,91±0,0$^{c}$ | 4,02±0,0$^{a}$ | 3,70±0,0$^{ab}$ | 3,28±0,0$^{bc}$ | 3,53±0,0$^{abc}$ | 2,98±0,0$^{c}$ |
| **CIN** | 1,71±0,0$^{a}$ | 1,19±0,1$^{bc}$ | 1,24±0,1$^{b}$ | 1,14±0,1$^{c}$ | 0,28±0,0$^{d}$ | 0,81±0,0$^{a}$ | 0,45±0,2$^{b}$ | 0,39±0,1$^{b}$ | 0,50±0,0$^{b}$ | 0,04±0,1$^{c}$ |
| **FIB** | 1,26±0,1$^{b}$ | 1,14±0,0$^{b}$ | 0,82±0,0$^{c}$ | 1,63±0,1$^{a}$ | 0,14±0,0$^{d}$ | 0,04±0,0$^{ab}$ | 0,03±0,0$^{b}$ | 0,05±0,0$^{a}$ | 0,04±0,1$^{ab}$ | 0,01±0,0$^{c}$ |
| **CHO** | 73,86±0,1$^{d}$ | 75,81±0,3$^{c}$ | 78,59±0,1$^{a}$ | 73,43±0,1$^{d}$ | 77,27±0,0$^{b}$ | 29,31±0,1$^{c}$ | 33,49±0,5$^{a}$ | 31,23±0,2$^{b}$ | 33,38±0,2$^{a}$ | 32,54±0,1$^{ab}$ |
| | ----- Kcal ----- | | | | | ----- Kcal ----- | | | | |
| **VET** | 340,92±0,7$^{bc}$ | 338,91±1,2$^{c}$ | 346,45±0,7$^{a}$ | 340,46±0,3$^{c}$ | 344,71±0,2$^{ab}$ | 142,00±0,4$^{b}$ | 155,64±0,9$^{a}$ | 145,82±0,7$^{b}$ | 157,58±1,3$^{a}$ | 143,07±0,2$^{b}$ |

* UMI: Umidade; LIP: Lipídeos; PTN: Proteína Bruta; CIN: Cinzas; FIB: Fibra Bruta; CHO: Carboidrato; VET: Valor Energético Total.
** Letras iguais na mesma linha não apresentam diferença estatística entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Estes valores foram inferiores aos encontrados por Sompong et al. (2011) e Massaretto (2013) os quais apresentaram teores de lipídios para o arroz preto cru de 2,8% e 3,6%, respectivamente. A maior porcentagem de proteína foi encontrada no arroz preto cru (8,63%). Massaretto (2013) avaliou diferentes cultivares de arroz preto e encontrou valores semelhantes (8,8 a 11,2%). Meza (2015) analisou a mesma variedade de arroz preto (SCS 120 Ônix) e encontrou um percentual de 10,1% de proteína.

### *3.2. Inibição da peroxidação lipídica*

De acordo com os resultados obtidos pode-se inferir que na análise da inibição da peroxidação lipídica realizada pelo método de TBARS na análise da interação entre os diferentes tipos de arroz na forma cozida e crua e suas respectivas concentrações, observou-se que na concentração de 5% destacam-se nas amostras cozidas com maior capacidade antioxidante (Tabela 2) o arroz integral (42,65 nmol de MDA $g^{-1}$), seguido do arroz parboilizado (406,98 nmol de MDA $g^{-1}$) e

do arroz vermelho (593,41 nmol de MDA $g^{-1}$) ($p<0,01$). Nas amostras cruas ainda na concentração de 5% destacam-se as amostras de arroz preto (549,95 nmol de MDA $g^{-1}$), seguido do arroz vermelho (574,26 nmol de MDA $g^{-1}$) ($p<0,01$). Já na concentração de 10% somente o arroz parboilizado cru apresentou capacidade antioxidante (476,84 nmol de MDA $g^{-1}$) ($p<0,01$).

**Tabela 2.** Análise antioxidante pelo método de TBARS entre os diferentes tipos de arroz na forma crua e cozida e respectivas concentrações. Resultados expressos em Média ± Erro padrão.

| | **Arroz preto** | | **Arroz vermelho** | | **Arroz parboilizado** | | **Arroz integral** | | **Arroz polido** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Cru** | **Cozido** | **Cru** | **Cozido** | **Cru** | **Cozido** | **Cru** | **Cozido** | **Cru** | **Cozido** |
| | | | | | **----- $EC_{50}$µg $mL^{-1}$-----** | | | | | |
| **0%** | 828±61$^{bc*}$ | 831±14$^{a}$ | 828±61$^{a}$ | 831±14$^{a}$ | 828±61$^{a}$ | 831±14$^{a}$ | 828±61$^{ab}$ | 831±14$^{a}$ | 828±61$^{b}$ | 831±14$^{a}$ |
| **5%** | 550±24$^{c}$ | 893±42$^{a}$ | 574±34$^{b}$ | 593±68$^{b}$ | 885±62$^{a}$ | 407±60$^{b}$ | 712±38$^{b}$ | 43±11$^{b}$ | 851±38$^{b}$ | 820±144$^{a}$ |
| **10%** | 982±48$^{ab}$ | 1048±118$^{a}$ | 1229±94$^{a}$ | 842±75$^{ab}$ | 477±43$^{b}$ | 720±53$^{ab}$ | 857±54$^{ab}$ | 570±184$^{ab}$ | 1199±48$^{ab}$ | 1144±101$^{a}$ |
| **15%** | 1062±58$^{ab}$ | 1106±136$^{a}$ | 964±113$^{ab}$ | 935±56$^{ab}$ | 949±39$^{a}$ | 1165±109$^{a}$ | 929±36$^{ab}$ | 1116±60$^{a}$ | 1322±39$^{a}$ | 1357±10$^{a}$ |
| **20%** | 1318±40$^{a}$ | 1013±116$^{a}$ | 1073±39$^{ab}$ | 1257±50$^{a}$ | 995±24$^{a}$ | 1289±136$^{a}$ | 1223±81$^{a}$ | 857±115$^{a}$ | 1031±40$^{ab}$ | 1103±122$^{a}$ |

* Letras iguais na mesma linha não apresentam diferença estatística entre si pelo teste de Tukey ($p<0,05$).

Por meio dos resultados obtidos na análise da inibição da peroxidação lipídica realizada pelo método de TBARS (Figura 1), pode-se inferir que na análise da interação entre os diferentes tipos de arroz, tanto nas amostras cozidas (Figura 1A) como cruas (Figura 1B) não houve diferença significativa em relação ao controle ($p>0,05$), destacando uma oxidação significativa ($p<0,01$) nas amostras cruas nas concentrações de 15% e 20%.

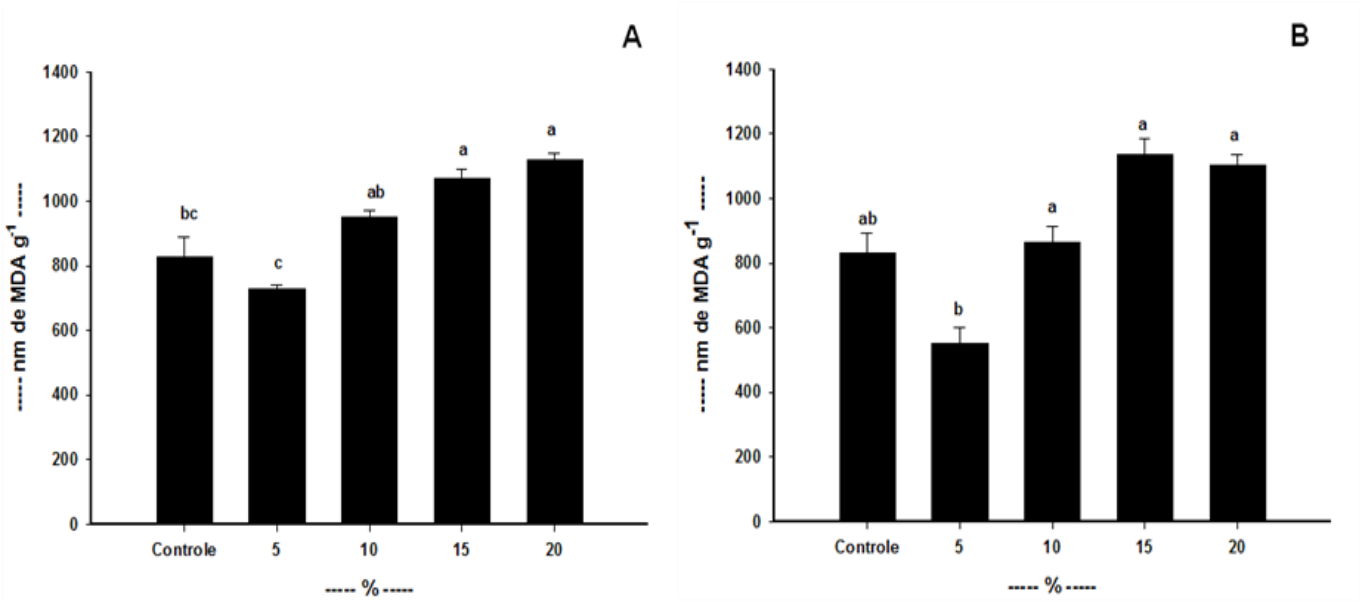


**Figura 1.** Interação entre os tipos de arroz preto, vermelho, parboilizado, integral e polido cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de TBARS. Resultados expressos em média ± erro padrão.

Em relação à concentração de 5% (Figura 2), apenas a amostra de arroz integral cozida apresentou diferença significativa ($p<0,01$) em relação ao controle (Figura 2A). Já nas amostras cruas o arroz preto e o vermelho demonstraram diferença significativa ($p<0,01$) com relação ao controle e assim, consequentemente, maior capacidade antioxidante (Figura 2B).

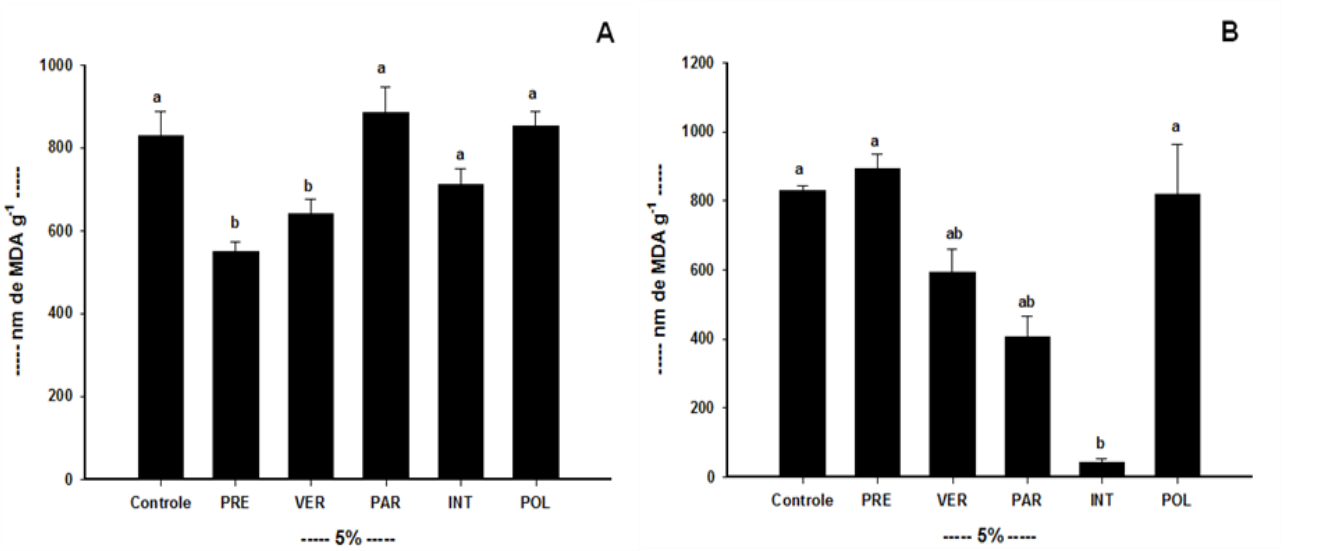


**Figura 2.** Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de TBARS na concentração de 5%. Resultados expressos em média ± erro padrão.

Na concentração de 10% (Figura 3) não houve diferença significativa em relação ao controle quando analisada as amostras cozidas (Figura 3A). Nas amostras cruas, apenas o arroz parboilizado apresentou diferença significativa em relação ao controle (p<0,01) obtendo melhor capacidade de inibição da peroxidação lipídica (Figura 3B).

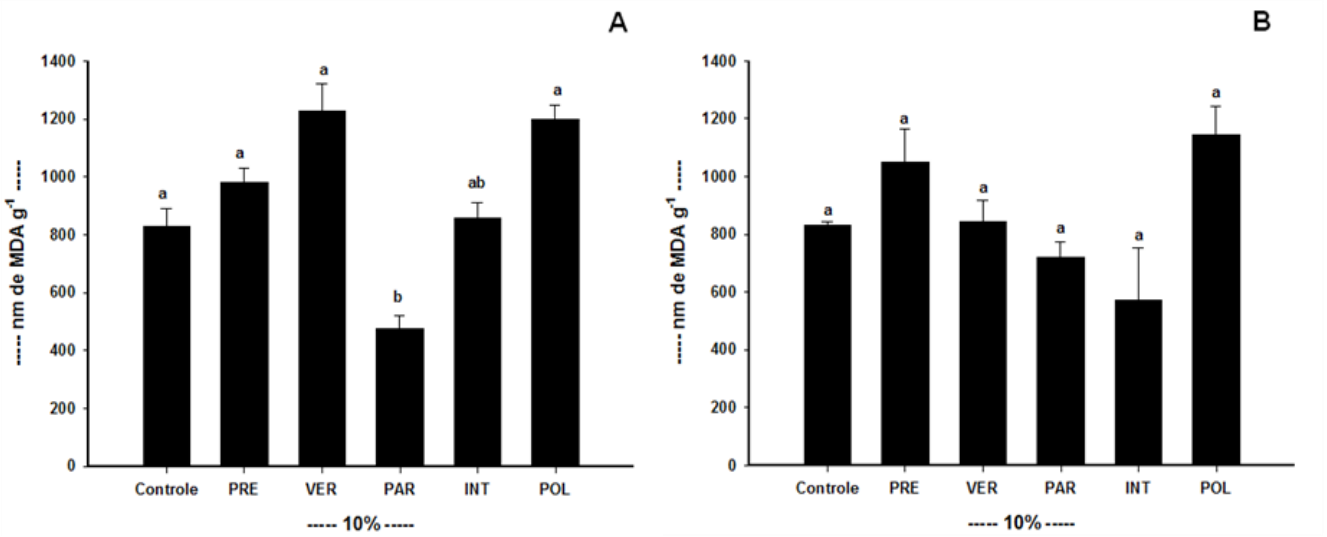


**Figura 3.** Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de TBARS na concentração de 10%. Resultados expressos em média ± erro padrão.

Ao analisar os dados obtidos pelo método de TBARS na concentração de 15% (Figura 4), não foi observada capacidade de inibição da peroxidação lipídica em ambas as amostras cozidas (Figura 4A) e cruas (Figura 4B), ao contrário, observou-se uma oxidação na amostra de arroz polido em relação ao controle (Figura 4B).

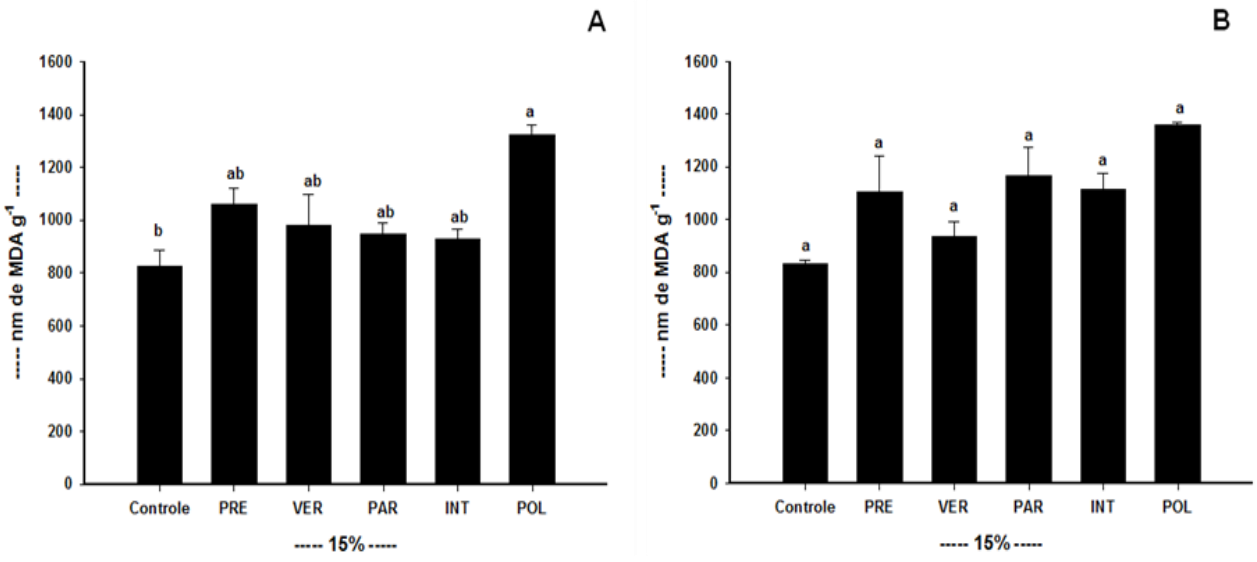


**Figura 4.** Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de TBARS na concentração de 15%. Resultados expressos em média ± erro padrão.

Da mesma forma, ao analisar os dados na concentração de 20% (Figura 5), não foi observada capacidade de inibição da peroxidação lipídica em ambas as amostras cozidas (Figura 5A) e cruas (Figura 5B).

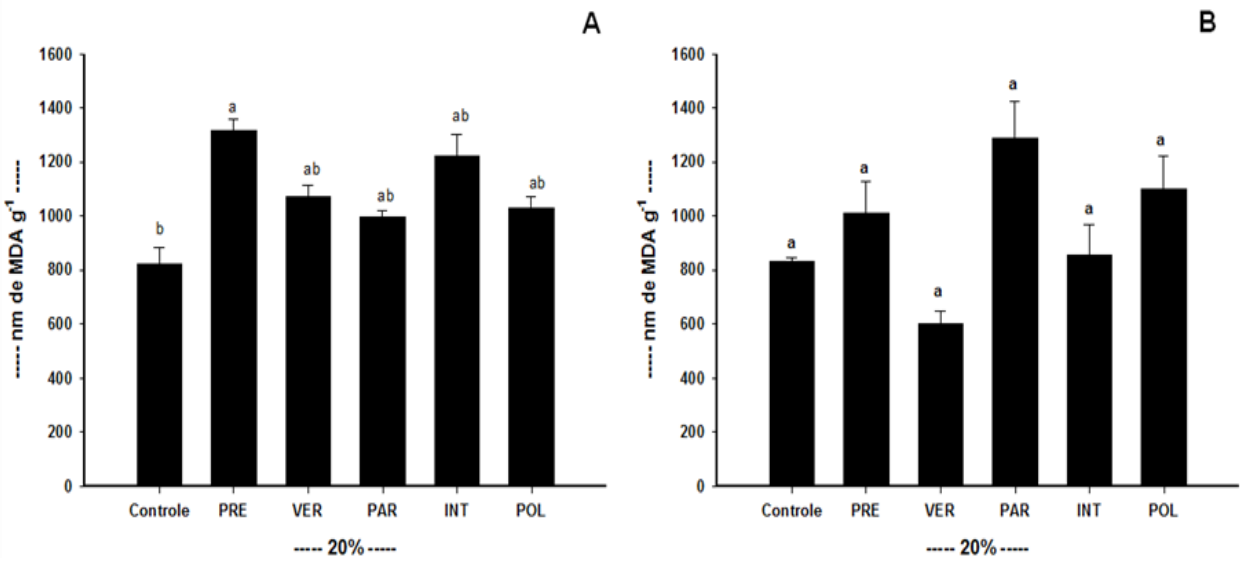


**Figura 5.** Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de TBARS na concentração de 20%. Resultados expressos em média ± erro padrão.

Por meio dos resultados obtidos, observou-se na análise da composição centesimal, uma maior porcentagem de lipídeos nas amostras de arroz integral seguido do arroz preto. Este fato justifica a metodologia de TBARS empregada no presente estudo para analisar uma possível oxidação dos grãos de arroz devido à presença de gordura em seus conteúdos.

A técnica de TBARS baseia-se na quantificação do malonaldeído (MDA) produzido na peroxidação lipídica de determinado tecido ou composto lipídico sobre um fator oxidante específico (Sánchez, 2002). De acordo com Ferreira & Matsubara (1997), quando a peroxidação lipídica ocorre, há perda da seletividade na troca iônica e liberação do conteúdo de organelas com as enzimas hidrolíticas dos lisossomos, e formação de produtos citotóxicos, como por exemplo, o MDA, resultando na morte celular.

A elevada inibição da peroxidação lipídica por extratos de plantas pode representar um indicador de elevado potencial terapêutico (Ganie et al., 2014). Muntana & Prasong (2010) reportam em seu estudo que o arroz vermelho possui maior capacidade de inibição da peroxidação lipídica em relação ao arroz preto. Porém, Vichit & Saewan (2015) relatam em seu estudo que amostras de arroz preto e vermelho não apresentaram diferença significativa quando analisada a inibição da peroxidação lipídica pelo método de TBARS. Este resultado corrobora com o presente estudo, no qual não foi observada diferença significativa entre as cultivares de arroz preto e vermelho.

### *3.3. Capacidade de sequestro de radicais livres*

Com relação à capacidade antioxidante pelo método de DPPH na análise da interação entre os diferentes tipos de arroz na forma cozida e crua e suas respectivas concentrações, os resultados encontrados no presente estudo demonstram que na concentração de 5% destacam-se as amostras cruas com maior capacidade antioxidante (Tabela 3) entre elas o arroz integral (0,10 $EC_{50}$µg $mL^{-1}$), seguido do arroz parboilizado (0,16 $EC_{50}$µg $mL^{-1}$), arroz vermelho (0,61 $EC_{50}$µg $mL^{-1}$) e arroz preto (0,86 $EC_{50}$µg $mL^{-1}$) ($p<0,01$). Ao analisar os resultados na concentração de 10% observou-se que a maior capacidade de sequestro de radicais livres foi observado nas amostras cruas de arroz vermelho (0,39 $EC_{50}$µg $mL^{-1}$), seguido do arroz parboilizado (0,40 $EC_{50}$µg $mL^{-1}$) e arroz preto (0,73 $EC_{50}$µg $mL^{-1}$)

(p<0,01). Já na concentração de 15% somente o arroz polido cru foi o que apresentou capacidade antioxidante (0,95 $EC_{50}$µg $mL^{-1}$) (p<0,01). Da mesma forma, na concentração de 20% apenas a amostra de arroz preto crua apresentou capacidade antioxidante (0,44 $EC_{50}$µg $mL^{-1}$) (p<0,01).

**Tabela 3.** Análise antioxidante pelo método de DPPH entre os diferentes tipos de arroz na forma crua e cozida e respectivas concentrações. Resultados expressos em Média ± Erro padrão.

| | **Arroz preto** | | **Arroz vermelho** | | **Arroz parboilizado** | | **Arroz integral** | | **Arroz polido** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Cru** | **Cozido** | **Cru** | **Cozido** | **Cru** | **Cozido** | **Cru** | **Cozido** | **Cru** | **Cozido** |
| | | | | | **----- $EC_{50}$µg $mL^{-1}$-----** | | | | | |
| **0%** | 2,22±0,0$^{a*}$ | 2,77±0,0$^{a}$ | 2,22±0,0$^{a}$ | 2,77±0,0$^{a}$ | 2,22±0,0$^{a}$ | 2,77±0,0$^{a}$ | 2,22±0,0$^{a}$ | 2,77±0,0$^{a}$ | 2,22±0,0$^{a}$ | 2,77±0,0$^{a}$ |
| **5%** | 0,86±0,1$^{b}$ | 1,25±0,0$^{c}$ | 0,61±0,1$^{b}$ | 1,78±0,0$^{bc}$ | 0,16±0,0$^{b}$ | 2,41±0,0$^{b}$ | 0,10±0,0$^{c}$ | 2,21±0,0$^{a}$ | 1,24±0,1$^{bc}$ | 1,98±0,0$^{b}$ |
| **10%** | 0,73±0,1$^{b}$ | 1,82±0,0$^{b}$ | 0,39±0,1$^{b}$ | 1,70±0,0$^{c}$ | 0,40±0,1$^{b}$ | 2,24±0,0$^{b}$ | 2,12±0,2$^{ab}$ | 2,26±0,0$^{a}$ | 1,82±0,2$^{ab}$ | 2,22±0,0$^{b}$ |
| **15%** | 1,93±0,2$^{a}$ | 1,95±0,0$^{b}$ | 1,95±0,0$^{a}$ | 1,79±0,0$^{bc}$ | 2,00±0,2$^{a}$ | 2,25±0,0$^{b}$ | 1,64±0,1$^{b}$ | 2,16±0,0$^{a}$ | 0,95±0,1$^{c}$ | 2,20±0,0$^{b}$ |
| **20%** | 0,44±0,1$^{b}$ | 2,18±0,0$^{b}$ | 2,18±0,2$^{a}$ | 2,50±0,0$^{ab}$ | 2,06±0,2$^{a}$ | 2,88±0,0$^{a}$ | 1,86±0,2$^{ab}$ | 2,63±0,0$^{a}$ | 1,93±0,2$^{a}$ | 3,05±0,0$^{a}$ |

* Valores com letras iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Vichit & Saewan (2015), analisaram seis amostras cruas de arroz preto e seis amostras cruas de arroz vermelho e relataram maior atividade antioxidante nas amostras de arroz vermelho, com uma média de 0,33 $EC_{50}$mg $mL^{-1}$, e nas amostras de arroz preto obtiveram uma média de 0,44 $EC_{50}$mg $mL^{-1}$.

Com relação à capacidade de sequestro de radicais livres pelo método de DPPH (Figura 6), os resultados encontrados na análise da interação entre os diferentes tipos de arroz, as amostras cozidas demonstraram diferença significativa (p<0,01), em relação ao controle nas concentrações de 5%, 10% e 15%, não havendo diferença significativa entre estas (p>0,05) (Figura 6A). Já na análise com as amostras cruas houve diferença significativa (p<0,01) em relação ao controle apenas nas concentrações de 5% e 10%, não havendo diferença entre estas (p>0,05) (Figura 6B).

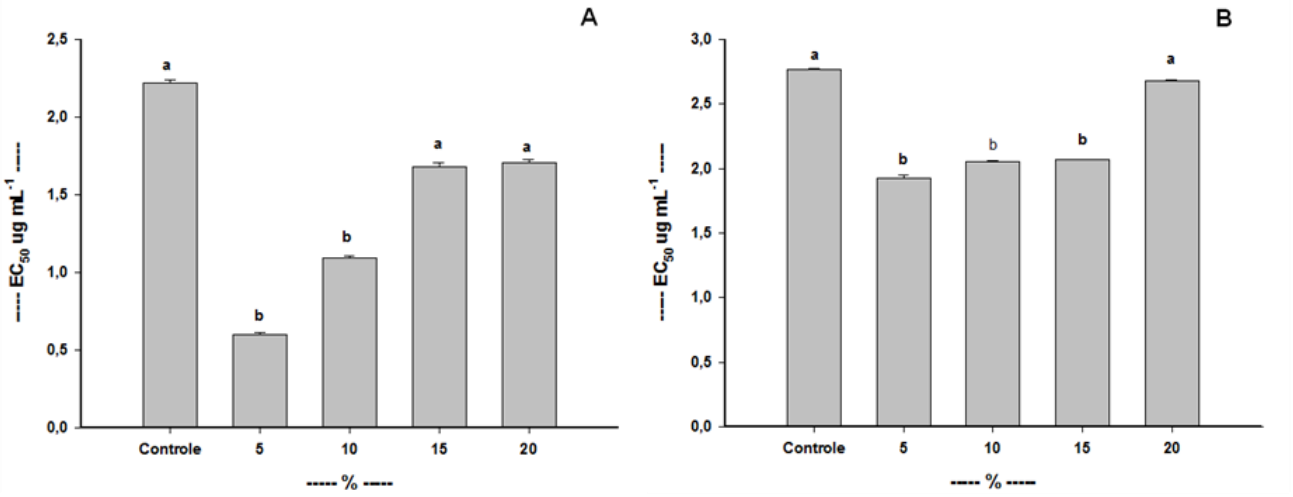


**Figura 6.** Interação entre os tipos de arroz preto, vermelho, parboilizado, integral e polido cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de DPPH. Resultados expressos em média ± erro padrão.

Analisando os diferentes tipos de arroz na concentração de 5% (Figura 7), observou-se que nas amostras cozidas o arroz preto apresentou maior capacidade de sequestro de radicais livres pelo método DPPH quando comparado ao controle ($p<0,01$). Esta diferença significativa pode ser observada também entre arroz vermelho, parboilizado e integral (Figura 7A). Quando analisados na sua forma crua (Figura 7B), todos os tipos de arroz apresentaram capacidade antioxidante quando comparados ao controle ($p<0,01$), porém destaca-se o arroz integral seguido do arroz parboilizado com a maior capacidade antioxidante.

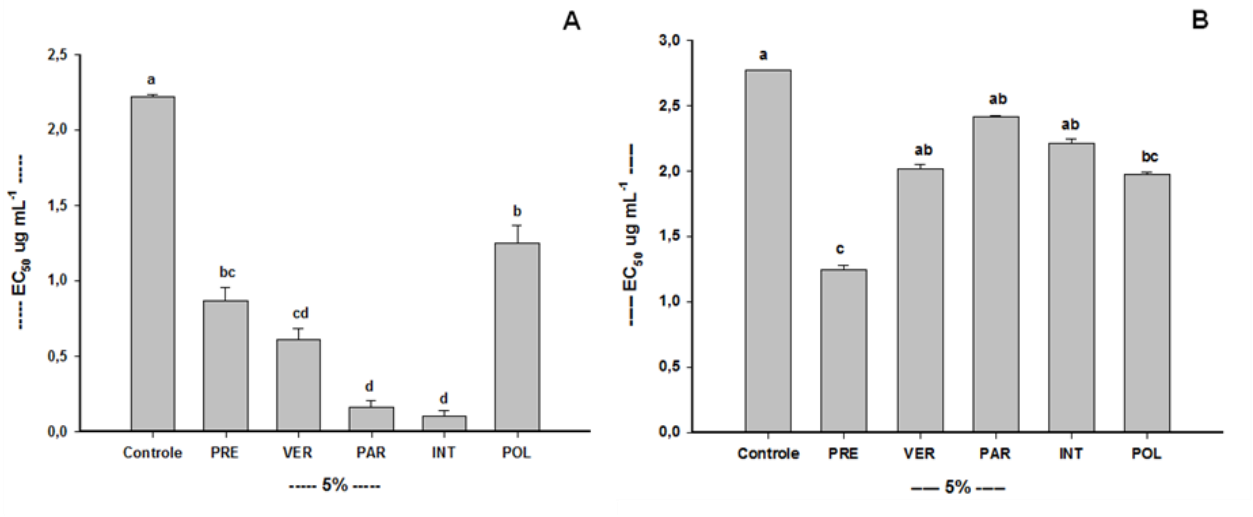


**Figura 7.** Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de DPPH na concentração de 5%. Resultados expressos em média ± erro padrão.

Na concentração de 10% (Figura 8) as amostras de arroz preto e arroz vermelho cozidas obtiveram melhores resultados antioxidantes quando comparados ao controle ($p<0,01$), seguido do arroz parboilizado, integral e polido (Figura 8A). Nas amostras cruas (Figura 8B), o arroz preto, vermelho e parboilizado obtiveram maior capacidade de sequestro de radicais livres demonstrando diferença significativa ($p<0,01$) quando comparados ao controle. Diferentemente, o arroz integral e polido não demonstraram capacidade antioxidante nesta concentração ($p>0,05$).

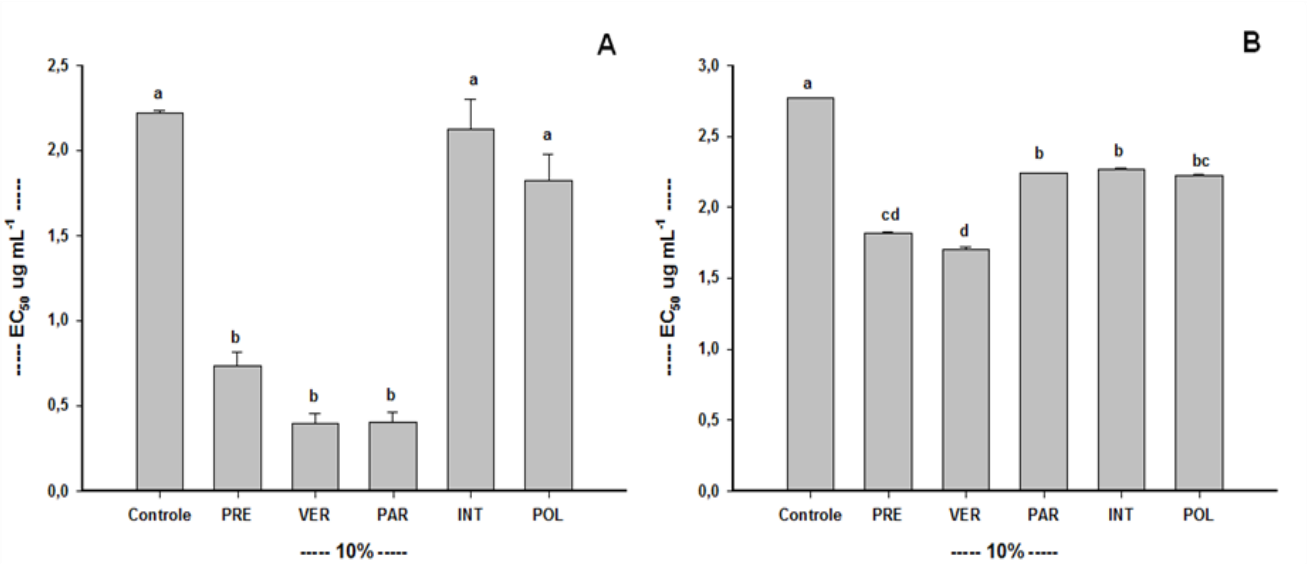


**Figura 8.** Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de DPPH na concentração de 10%. Resultados expressos em média ± erro padrão.

Ao analisar os dados na concentração de 15% (Figura 9), todas as amostras cozidas obtiveram diferença significativa em relação ao controle ($p<0,01$) sendo a maior capacidade antioxidante demonstrada nas amostras de arroz preto e vermelho (Figura 9A). Para as amostras cruas (Figura 9B), apenas o arroz polido obteve capacidade de sequestro de radicais livres quando comparado ao controle ($p<0,01$).

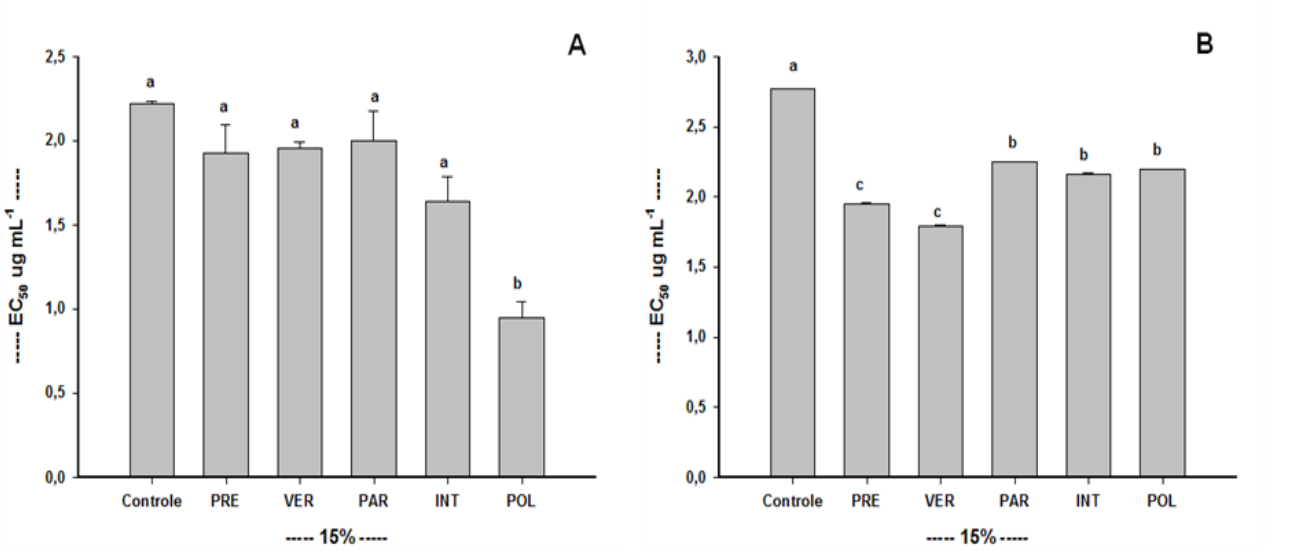


**Figura 9.** Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de DPPH na concentração de 15%. Resultados expressos em média ± erro padrão.

Na concentração de 20% (Figura 10), observou-se que apenas o arroz preto tanto nas amostras cozidas (Figura 10A) como nas amostras cruas (Figura 10B), apresentou capacidade antioxidante significativa (p<0,01) pelo método de DPPH.

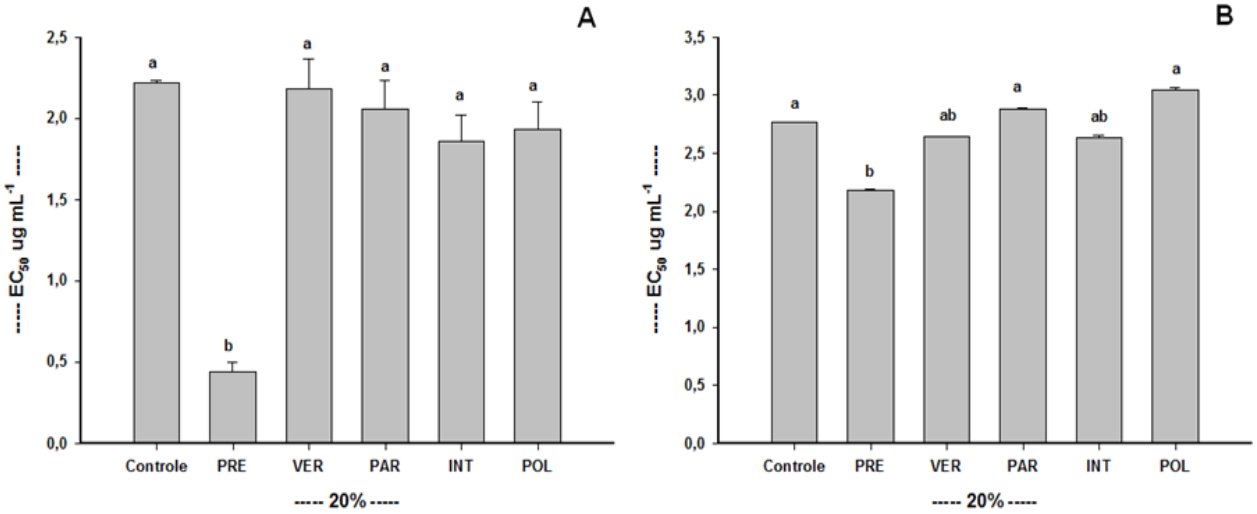


**Figura 10.** Análise entre os tipos de arroz preto (PRE), vermelho (VER), parboilizado (PAR), integral (INT) e polido (POL) cru (A) e cozido (B) analisados pelo método de DPPH na concentração de 20%. Resultados expressos em média ± erro padrão.

O fundamento da técnica do DPPH se baseia pela capacidade das substâncias presentes nos extratos impedirem a oxidação do radical DPPH, reduzindo-o à hidrazina e, consequentemente, promovendo mudança de coloração roxa para amarela, produzindo um decréscimo da absorbância a 515 nm (Mensor et al., 2001). Assim, pode-se inferir que na amostra cozida de arroz preto na concentração de 5% e 20% apresentou significativa capacidade antioxidante. Da mesma forma, na amostra crua na concentração de 5%, 10% e 20% o arroz preto apresentou significativa capacidade de sequestro de radicais livres, indicando assim, capacidade antioxidante das mesmas.

Como demonstrado no presente estudo tanto pelo método de TBARS quanto no método de DPPH, as cultivares avaliadas apresentaram capacidade antioxidante por ambos os métodos. Porém, observou-se que quanto maior a concentração da amostra menor capacidade antioxidante foi exibida. Este fato pode estar relacionado a alta concentração de compostos bioativos presentes nos grãos pigmentados, podendo apresentar atividade pró-oxidante em doses mais elevadas. De acordo com Wajen 2005 e Galati 2006, embora a capacidade antioxidante dos fotoquímicos seja bem reconhecida, a atividade antioxidante ou pró-oxidante depende muito de sua

concentração, pois vários polifenóis anteriormente conhecidos como antioxidantes, como a quercetina, catequinas e ácido gálico foram destacados por possuírem atividade pró-oxidante em doses elevadas.

*3.4. Determinação dos fenólicos totais*

O resultado para quantificação do conteúdo de compostos fenólicos totais (CFT) dos diferentes tipos de arroz analisados estão apresentados na Tabela 4.Observou-se que o arroz preto apresentou comportamento diferente em relação ao arroz vermelho, quando avaliado o efeito do cozimento sobre os teores de compostos fenólicos. O cozimento no arroz preto reduziu 34% do conteúdo de CFT (506 para 332 mg $g^{-1}$) enquanto que a amostra de arroz vermelho teve uma redução de 87% (1339 para 173 mg $g^{-1}$). Estes resultados indicam que os CFT do arroz preto são mais resistentes ao cozimento quando comparado ao arroz vermelho.

Finocchiaro et al. (2007) analisaram dois genótipos de arroz, um pigmentado (pericarpo vermelho) e outro não pigmentado, antes e após o cozimento. Os teores dos ácidos ferúlico e sinápico foram significativamente reduzidos com o cozimento, tanto na amostra pigmentada como na não pigmentada, e as pro-antocianidinas do arroz vermelho foram drasticamente reduzidas (70%) na amostra cozida. A amostra de arroz não pigmentado possui teores de 6 a 10 vezes menores de CFT quando comparado as variedades pigmentadas. Em um estudo realizado por Massaretto (2013) com 10 genótipos de arroz integral branco os teores variaram de 38,8 a 89,3 mg $g^{-1}$. Saika, Dutra, Saika & Mahanta (2012), Huang, Ou & Prior (2012) e Shao et al. (2014), descrevem valores de 41,0; 24,0 a 45,0 e 13,0 mg $g^{-1}$, respectivamente, valores estes abaixo do encontrado no presente estudo (81,0 mg $g^{-1}$). Nas amostras não pigmentadas, a redução dos CFT das amostras cruas para as cozidas foi acima de 50%, sendo que a única amostra que teve um pequeno aumento (7%) foi o arroz parboilizado.

**Tabela 4.** Determinação de compostos fenólicos presentes nos diferentes tipos de arroz. Resultados expressos em Média ± Erro padrão.

| | Cozido | Cru |
|---|---|---|
| | ----- mg $g^{-1}$ ----- | |
| **Arroz preto** | 332±0,008[a*] | 506±0,050[b] |
| **Arroz vermelho** | 173±0,013[b] | 1339±0,099[a] |
| **Arroz parboilizado** | 138±0,001[bc] | 128±0,008[c] |
| **Arroz integral** | 081±0,003[cd] | 164±0,009[bc] |
| **Arroz polido** | 0.029±0,001[d] | 0.070±0,007[c] |

*Valores com letras iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa entre si.

Poucos estudos com cereais têm sido realizados visando avaliar o efeito do cozimento, com o perfil dos compostos fenólicos presentes nos cereais, na capacidade antioxidante e demais atividades biológicas. A redução dos CFT com o cozimento pode ser explicada por diversos fatores como degradação térmica, alterações na reatividade química ou ainda formação de complexos insolúveis com outros componentes tais como proteínas, tornando-se de difícil extração (Soares, Mateus & Freitas, 2007). Tendo em vista que, obrigatoriamente o arroz para consumo humano precisa passar pelo cozimento úmido, esse processo térmico ocasionará a redução na quantidade de polifenóis presentes no grão.

Ressalta-se ainda que, na amostra de arroz parboilizado, apesar de apresentar menor conteúdo de CFT quando comparada as amostras pigmentadas, observou-se um ligeiro aumento no seu conteúdo após o cozimento. Este aumento pode ser oriundo do processo de parboilização do grão, o qual fica em contato direto com a água e, desta forma, substâncias bioativas presentes na casca são absorvidas pelo grão.

## 4. Conclusão

Os dados obtidos no presente estudo sugerem que o arroz preto diferencia-se de outras cultivares por possuir melhor composição nutricional demonstrando maior porcentagem de proteína, percentual razoável de fibras, teor reduzido de carboidrato e menor valor energético quando comparado aos demais cultivares de arroz analisados. Ressalta-se ainda que, este possui um teor considerável de compostos fenólicos, obtendo menor perda destes no cozimento, sendo este fato de extrema

importância visto que o seu consumo ocorre na forma cozida. Pode-se também observar, capacidade antioxidante quando analisado por diferentes métodos e concentrações. Assim, salienta-se que o arroz preto distingui-se dentre as demais cultivares de arroz analisados com relação as características nutricionais e antioxidantes.

**Agradecimentos**

Os pesquisadores gostariam de agradecer ao suporte da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) à realização da pesquisa.

## 5. Referências Bibliográficas

Brand-Wiliams, W., Cuvelier, M. E., Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, v. 28, p.25-30.

Brasil, Ministério da Saúde. (2001). Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Legislação: Resolução – RDC n.12, de 02 de janeiro de 2001. In: Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos. Compêndio de legislação de alimentos. São Paulo: ABIA, v.1.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. (2014). Levantamento de estoques privados de arroz / Companhia Nacional de Abastecimento. Lev. est. priv. arroz, v. 4, p. 1-13. Brasília - DF. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em 09 de abril de 2015.

Deng, G. F., Xu, X. R., Zhang, Y., Li, D., Gan, R. Y., & Li, H. B. (2013). Phenolic compounds and bioactivities of pigmented rice. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 53(3), 209–306.

Finocchiaro, F., Ferrari, B., Gianinetti, A., Dallásta, C., Galaverna, G., Scazzina, F., Pellegrini, N. Characterization of antioxidant compounds of red and White Rice andchanges in total antioxidant capacity during processing. Molecular Nutricion Food Research, v. 51, p.1006-1019, 2007.

Galati G, Lin A, Sultan AM, O'Brien PJ: Cellular and in vivo hepatotoxicity caused by green tea phenolic acids and catechins. Free Radical Bio Med 2006, 40:570–580.

Genie, S. A., Dar, T. A., Hamid, R., Zargar, O., Abeer, S. U., Massod, A., Amin, S., Zargar, A. (2014). In vitro antioxidant and cytotoxic activities of Arnebia benthamii (Wall ex. G. Don): a critically endangered medicinal plant of kashmir valley. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, v. 2014, p. 1-8.

Hu, C., Zawistowski, J., Ling, W. & Kitts, D. D. (2003), Black rice (*Oryza sativa* L. *indica*) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. *J Agric Food Chem*, 51, 5271-5277.

Huang, D., Ou, B., Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.53, p.1841-1856.

Instituto Adolfo Lutz. (2008). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenadores: Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz.

Kim, K. H., Tsao, R., Yang, R., & Cui, S. W. (2006). Antioxidative compounds in the extracts of black rice brans. Jounal of Health Science, 52, 495-511.

Massaretto, I. L. (2013). Estudo comparativo de macronutrientes, compostos bioativos e capacidade antioxidante de arroz preto, vermelho e selvagem. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

Mensor, L. L., Menezes, F. S., Leitão, G. G., Reis, A. S., Santos, T. C., Coube, C. S., Leitão, S. G. (2001). Screening of Brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. Phytotherapy Research, 15: 127-130.

Meza, S. L. R. (2015). Características químicas, tecnológicas e sensoriais de extrusados expandidos a partir de arroz pigmentado. Dissertação (Mestrado em Ciência do Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

Min, B., Gu, L., McClung, A. M., Bergman, C. J., & Chen, M. H. (2012). Free and bound total phenolic concentrations, antioxidant capacities, and profiles of proanthocyanidins and anthocyanins in whole grain rice (Oryza sativa L.) of different bran colours. Food Chemistry, 133, 715–722.

Monks, J. F., Vanier, N. L., Casaril, J., Berto, R. M., de Oliveira, M., Gomes, C. B., et al. (2013). Effects of milling on proximate composition, folic acid, fatty acids and technological properties of rice. Journal of Food Composition and Analysis, 30, 73–79.

Muntana, N., & Prasong, S. (2010) Study on total phenolic contents and their antioxidant activities of Thai white, red and black rice bran extracts. Pakistan Journal of Biological Sciences; 13 (4): 170-4.

Ohkawa, H., Ohishi, N., Yagi, K. (1979). Assay for peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. Analitical Biochemistry 95: 351-358.

Paiva, F. F., Vanier, N. L., Berrios, J. J., Pan, J., Villanova, F. A., Takeoka, G., et al. (2014). Physicochemical and nutritional properties of pigmented rice subjected to different degrees of milling. Journal of Food Composition and Analysis, 35(1), 10–17.

Pereira-Caro, G., Watanabe, S., Crozier, A., Fujimura, T., Yokota, T., Ashihara, H., (2013). Phytochemical profile of a Japanese black-purple rice. Food Chemistry 141 (3), 2821-2827.

Saika, S., Dutra, H., Saika, D., Mahanta, C. L. (2010) Quality characterisation and estimation of phytochemicals content and antioxidant capacity of aromatic pigmented and non-pigmented rice varieties. Food Research International, v. 46, p.334-340.

Sánchez-Moreno C. (2002). Review: methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. Food Sci Technol Int; 8:121-37.

Shao, Y., Xu, F., Sun, X., Bao, J., Beta, T. (2014). Phenolic acids, anthocyanins, and antioxidant capacity in rice (Oryza sativa L.) grains at four stages of development after flowering. Food Chemistry, v.143, p.90-96.

Shen, Y., Jin, L., Xiao, P., Lu, Y., & Bao, J. (2009). Total phenolics, flavonoids, antioxidant capacity in rice grain and their relations to grain color, size and weight. Journal of Cereal Science, 49(1), 106–111.

Slon, A. E. (2005). Wholly grain. Food Technology, v. 59, n. 6, p. 16.

Soares, S., Mateus, N., Freitas, V. (2007). Interaction of different polyphenols with bovine serum albumin (BSA) and human salivary alpha-amylase (HSA) by fluorence quenching. Journal Agricultural Food Chemistry, v. 55, p. 6726-6735.

Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G., Berghofer, E., (2011) Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. Food Chem. 124:132–140.

Swain, T., Hills, W.E. (1959). The phenolic constituents of Punnus domestica. The quantitative analysis of phenolic constituents. Journal of the Science of Food and Agriculture, London, v.19, p. 63-68.

Wajen W, Michels G, Steffan B, Niering P, Chovolou Y, Kampkotter A, TranThi QH, Proksch P, Kahl R: Low concentrations of flavonoids are protective in rat H4IIE cells whereas high concentration cause DNA damage and apoptosis. J Nutr 2005, 135:525–531.

Vichit, W., Saewan, N. (2015). Antioxidant activities and cytotoxicity of thai pigmented rice. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, v. 7, p. 329-334.

Zhang H C, Shao Y F, Bao J S, Beta T. (2015). Phenolic compounds and antioxidant properties of breeding lines between the white and black rice. Food Chemistry, 172: 630–639.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. & Blanchard, C. (2004) The distribution of phenolic acids in rice. Food Chemistry, v.87, p.401-406.

## 8. ARTIGO 2

**Título:** Aceitabilidade, composição nutricional e digestibilidade proteica de preparações elaboradas com arroz preto.

**Revista:** International Journal of Consumer Studies

**Qualis em Nutrição:** B2

# Aceitabilidade, composição nutricional e digestibilidade proteica de preparações elaboradas com arroz preto

ÂNGELA GALVAN DE LIMA[a], MABEL TAVERES BARUM[b], RENATA PEREIRA RAMIREZ[b], SÍLVIA FERREIRA FONSECA[b], SIMONE PIENIZ[c], KELLY LAMEIRO RODRIGUES[c]

[a]Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Alimentos – angelasananduva@hotmail.com

[b]Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Curso Superior de Tecnologia em Gastronomia – mabelbarum@gmail.com; re7ramirez@gmail.com; silvia-f-f@yahoo.com.br

[c]Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Nutrição, Departamento de Nutrição – nutrisimone@yahoo.com.br; lameiro_78@hotmail.com

## Resumo

Devido às suas propriedades nutricionais, o arroz destaca-se como alimento base da população mundial, havendo uma crescente procura por grãos integrais não pigmentados ou pigmentados como o arroz preto. O objetivo deste estudo foi elaborar preparações alimentícias com o arroz preto e sua farinha, avaliando sua aceitabilidade, composição nutricional e digestibilidade proteica. Para a análise sensorial foi utilizada a escala hedônica estruturada de sete pontos e o Índice de Aceitabilidade, e realizadas análises físico químicas para a determinação da composição nutricional e digestibilidade proteica das preparações. O brigadeiro e o

arroz doce obtiveram aceitabilidade de 97,14% e 80%, respectivamente, enquanto o muffin e o risoto obtiveram aceitabilidade de 78,6% e 67,50%, respectivamente. Em relação à digestibilidade proteica, o risoto obteve maior digestibilidade (83,93%) seguido do arroz doce (74,36%), muffin (69,50%) e brigadeiro (63,41%). Preparações com arroz pigmentado e sua farinha podem ser aceitas positivamente pelo consumidor. O arroz doce e o muffin demonstraram serem fontes de proteína e os resultados da digestibilidade proteica mostraram que as preparações com arroz preto obtiveram bons resultados se comparado com outros alimentos de origem vegetal.

**Palavras chave:** Arroz pigmentado; análise sensorial; composição centesimal; qualidade proteica.

**Abstract**

Due to its nutritional properties, rice is highlighted as a staple food in population worldwide, with increasing demands for whole grain rice and even for pigmented types, such as black rice. Current study aims at preparing food with black rice and its flour to assess its acceptability, nutritional composition and protein digestibility. The 7-point hedonic scale and the Acceptability Index were employed for sensorial analysis. Physical and chemical analyses were performed to determine the food´s nutritional composition and protein digestibility. Chocolate and sweet rice candies had respectively 97.14% and 80% acceptability rates whilst muffin and risotto respectively reached 78.6% and 67.50% acceptability rates. The risotto had the best protein digestibility (83.93%), followed by sweet rice (74.36%), muffin (69.50%) and chocolate truffle (63.41%). In fact, consumers may easily accept receipts prepared from pigmented rice and its flour. Sweet rice and muffin were actually protein sources and digestibility results revealed that formulae with black rice obtained good results with other food of vegetal origin.

**Keywords:** pigmented rice; sensory analysis; chemical composition; protein quality.

## 1. Introdução

Há séculos, o arroz pigmentado é cultivado principalmente no sul da Ásia e em países como Itália, Grécia e Estados Unidos e, ainda hoje são encontrados principalmente como variedades selvagens. Esse tipo de grão já é bastante consumido no Japão e China e, nestas regiões, é popularmente considerado um alimento saudável (FINOCCHIARO; FERRARI & GIANINETTI, 2010).

Variedades pigmentadas como o arroz preto e o vermelho vêm sendo utilizadas em pesquisas científicas, como ingredientes na elaboração de alimentos processados, tais como cereais infantis (HIRAWAN; DIEHL-JONES & BETA, 2011) e macarrão (KONG et al., 2011) na busca pelo desenvolvimento de produtos com propriedades diferenciadas. O arroz preto e o arroz vermelho também têm sido utilizados como alimento funcional e seus extratos como corantes alimentares em pão, sorvete e licor, em substituição aos corantes artificiais (ZHANG et al., 2010). Marçal (2014) conduziu uma pesquisa sobre a elaboração de uma bebida alcoólica lupulada e carbonatada a partir de arroz preto do tipo IAC 600 e mostrou que, existem diversas maneiras de utilizar os benefícios do arroz preto, até mesmo em bebidas.

A utilização das diversas variedades de arroz é importante para a alimentação, devido à diferença nas características nutricionais e fisiológicas, podendo-se utilizar esse alimento com diferentes fins na alimentação diária (WALTER et al., 2008). A inclusão da farinha e dos grãos de cultivares pigmentadas em diferentes preparações alimentícias contribuirá para o aumento das propriedades nutricionais, podendo suprir uma demanda por produtos voltados ao atendimento de nichos específicos de mercado, como pessoas celíacas, com sensibilidade ao glúten e alergias ao trigo, o qual está em grande ascensão no segmento agroindustrial. Nesse contexto, a utilização da farinha de arroz tem se expandido para a fabricação de biscoitos, bebidas, alimentos processados, pudins, molhos para salada e pães sem glúten (KADAN et al., 2001).

Segundo Oliveira (2014), pesquisas indicaram que há uma limitação na adoção da farinha de arroz para o desenvolvimento de produtos, sendo que ainda há resistência por parte das empresas de confeitaria e panificação ao seu uso, mesmo quando acrescentada de forma parcial à elaboração dos produtos. A farinha de arroz apresenta características diferentes da farinha de trigo, exigindo ajustes de

equipamentos e formulações, o que pode ser considerado um empecilho, mesmo que a utilização da farinha de arroz possa resultar em melhorias no produto final.

Na indústria, o arroz preto está sendo mais utilizado em preparações com o uso de sua farinha, mas o grão pode ser mais explorado pela sua coloração e principalmente pelo seu gosto acastanhado podendo ser agregado a pratos doces e salgados. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi elaborar preparações alimentícias com o arroz preto, avaliando sua aceitabilidade, composição nutricional e digestibilidade proteica.

## 2. Material e Métodos

### 2.1. Elaboração das preparações com arroz preto

Para o estudo foram escolhidas adaptações de preparações tradicionais e de fácil elaboração, utilizando o arroz preto como base, sendo cada formulação previamente testada e ajustada antes da avaliação sensorial. Os ingredientes foram adquiridos em estabelecimentos comerciais, como supermercados e feiras da cidade de Pelotas/RS.

Para o muffin salgado foram utilizados: 30,4% de arroz preto cozido, 4% de cebola picada, 10% de ovo inteiro, 20% de creme de leite UHT com 20% de lipídeos, 10% de requeijão cremoso, 20% de farinha integral de arroz negro orgânica, 10% de queijo mussarela picado, 1% de salsa fresca picada, 3% de azeite de oliva extra virgem, 0,6% de fermento químico em pó e 1% de sal. O arroz preto foi cozido em 500mL de água por 30 minutos e após permaneceu tampado por mais 10 minutos. Ao arroz preto cozido foi adicionado o ovo levemente batido, a cebola picada, o creme de leite, o azeite de oliva, a farinha de arroz negro, a salsa, o sal e o fermento. A massa foi distribuída em formas de papel de tamanho médio, adicionou-se o queijo picado e requeijão e foi submetida ao forno em temperatura de 180ºC por 25 a 30 minutos.

Para o risoto foram utilizados: 18,3% de arroz preto, 4,5% de cebola picada, 1,8%g de amêndoas laminadas, 1,8% de alho poró, 2,7% de sumo de limão siciliano, 0,2% de raspas de limão siciliano, 0,2% de tomilho fresco, 0,9% de manteiga sem sal, 0,5% de azeite de oliva extra virgem, 55% de caldo de legumes natural feito com 50% de cebola, 25% de cenoura e 25% de aipo; 9% de vinho

branco seco de mesa, 4,5% de queijo parmesão ralado, 0,5% de sal, 0,1% de pimenta do reino moída. As amêndoas laminadas foram levemente tostadas no forno a 180ºC por 10 minutos, a cebola e o alho foram picados e refogados em uma panela de fundo triplo com metade da manteiga e o azeite de oliva, após adicionou-se o arroz preto cru. Em seguida, acrescentou-se o vinho branco, deixando-o evaporar e acrescentou-se aos poucos o caldo de legumes quente, sempre mexendo. Ao final, foi adicionado o sumo e as raspas do limão siciliano, o tomilho picado, o sal, a pimenta do reino moída, queijo ralado, o restante da manteiga e as amêndoas tostadas.

Para o brigadeiro foram utilizados: 20% de arroz preto cozido, 13% de leite integral (3% de lipídeos), 52% de leite condensado tradicional, 2% de chocolate em pó com 50% de cacau e 13% de chocolate granulado. O arroz preto cozido foi triturado e homogeneizado juntamente com o leite condensado, o leite integral e o chocolate em pó. Após, essa mistura foi transferida para uma panela de fundo triplo e submetida ao aquecimento em fogo brando, mexendo constantemente até a obtenção da textura de doce em pasta. Após o esfriamento da massa, os doces foram moldados com as mãos e cobertos com o chocolate granulado.

Para o arroz doce foram utilizados: 11% de arroz preto, 36% de água fervente, 30% de leite integral (3% de lipídeos), 15% de leite condensado tradicional, 7,5% de leite de coco tradicional, 0,4% de canela em rama, 0,1% de cravo da Índia, 0,5% de casca de limão taiti, 0,4% de canela em pó. O arroz foi cozido na água por 10 minutos e após adicionou-se os cravos, a canela e o leite em três etapas, sem deixar o arroz secar. Quando o arroz absorveu 1/3 do líquido foi adicionado o leite condensado e o leite de coco e misturados até a obtenção de uma textura cremosa. Após, fora do fogo, foi adicionada a casca de limão e a preparação foi submetida à refrigeração.

## 2.2. Teste de aceitação e intenção de compra

A análise sensorial das preparações foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial do Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) em dias alternados para as preparações doces (brigadeiro e arroz doce) e as salgadas (muffin e risoto). Foi aplicado o teste de aceitação utilizando-se a escala hedônica estruturada de 7 pontos (“desgostei

muitíssimo” = 1 a “gostei muitíssimo” = 7) para a avaliação das preparações. Para a avaliação da intenção de compra do consumidor a escala variou de “sempre compraria” = 1 a “nunca compraria” = 7 (DUTCOSKY, 2011). Foram servidas em média 15g de amostra em temperatura ambiente, apresentadas em pratos plásticos brancos descartáveis de 15 cm, e as avaliações realizadas em cabines individuais, usando luz branca. O painel sensorial foi composto por 40 provadores não treinados de ambos os sexos, todos maiores de 18 anos, somente participando os que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Este projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, via Plataforma Brasil sob o registro número 1.170.767, de 30/07/2015.

Para o cálculo do Índice de Aceitabilidade (IA) de cada preparação foi utilizada a fórmula: IA (%) = A X 100/B, onde A = nota média obtida pelo produto e B =nota máxima dada ao produto sendo considerado aceito, o produto que apresenta um IA $\geq$ 70% (TEIXEIRA; MEINERT & BARBETTA,1987).

## 2.3. Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas em duplicata no Laboratório de Bromatologia da Faculdade de Nutrição da UFPel, de acordo com as metodologias descritas pela Association of Official Analytical Chemists International – AOAC (2000).

A caracterização do teor de umidade das amostras foi baseada na determinação de perda de peso do produto, submetido ao aquecimento em estufa a 105 °C até peso constante (método n° 935.29). A obtenção do percentual de cinzas das amostras baseou-se na determinação da perda de peso do material submetido à queima em temperaturas de 550 °C até a obtenção de cinzas brancas (método n° 923.03). A concentração de lipídeos foi determinada pela extração em extrator de Soxhlet com éter de petróleo (método n° 920.85); as proteínas foram determinadas pelo método de micro-Kjeldahl e o resultado foi convertido utilizando o fator de conversão de 5,95 (método n°920,87) e a fibra bruta foi determinada como descrito no método oficial n° 991.43 (AOAC, 2000).

Os teores de carboidrato foram obtidos por cálculo da diferença de 100 e a soma dos valores resultantes das análises de umidade, proteína, lipídeos, fibra bruta e cinzas em 100 g conforme AOAC (1995). O valor energético foi determinado a

partir da soma do produto da multiplicação, dos valores de: proteína, gordura e carboidrato, por 4, 9 e 4 kcal/g respectivamente.

2.4. Digestibilidade proteica

A digestibilidade proteica foi determinada em triplicata por meio do método descrito por Pires et al. (2006) que se baseia na queda de pH medido, após 10 minutos da adição de uma solução contendo as enzimas tripsina e pancreatina (2,5mg/mL de tripsina e 1,6mg/mL de pancreatina) a uma amostra de produto.

2.5. Análise estatística

A partir da tabulação dos dados obtidos foi realizada a estatística descritiva analítica, com cálculo de média e desvio padrão utilizando-se o programa SPSS (versão 17.0, 2008, *SPSS Inc*, Chicago).

**3. Resultados e discussão**

3.1. Perfil dos consumidores e análise sensorial

Quarenta provadores não treinados participaram da avaliação do brigadeiro e arroz doce, sendo 90% mulheres, 62,5% com idade entre 25 e 34 anos e 60% possuíam ensino superior. Na avaliação do muffin e do risoto também participaram 40 provadores não treinados, sendo 55% mulheres, 62,5% com idade entre 18 a 24 anos e 45% possuíam ensino superior (tabela 1).

**Tabela 1.** Características sócio demográficas dos avaliadores de quatro formulações com arroz preto. Pelotas-RS, Brasil, 2016.

| **Painel sensorial** | **Muffin** n (%) | **Risoto** n (%) | **Brigadeiro** n (%) | **Arroz doce** n (%) |
|---|---|---|---|---|
| **Gênero** | | | | |
| Masculino | 18 (45,0) | 18 (45,0) | 04 (10,0) | 04 (10,0) |
| Feminino | 22 (55,0) | 22 (55,0) | 36 (90,0) | 36 (90,0) |
| **Faixa etária** | | | | |
| 18 a 24 anos | 25 (62,5) | 25 (62,5) | 09 (22,5) | 09 (22,5) |
| 25 a 34 anos | 05 (12,5) | 05 (12,5) | 25 (62,5) | 25 (62,5) |
| 35 a 44 anos | 06 (15,0) | 06 (15,0) | 03 (7,5) | 03 (7,5) |
| 45 a 55 anos | 04 (10,0) | 04 (10,0) | 03 (7,5) | 03 (7,5) |
| **Escolaridade** | | | | |
| Ensino Médio | 11 (27,5) | 11 (27,5) | 09 (22,5) | 09 (22,5) |
| Ensino Superior | 18 (45,0) | 18 (45,0) | 24 (60,0) | 24 (60,0) |
| Pós Graduação | 11 (27,5) | 11 (27,5) | 07 (17,5) | 07 (17,5) |

Esse painel mostra que devido à análise sensorial ter sido realizada dentro de uma universidade, a maioria dos participantes tinha idade entre 18 e 34 anos e possuía ensino superior.

Para que um produto seja considerado aceito, em termos de suas propriedades sensoriais é necessário que se obtenha um Índice de Aceitabilidade (IA) de no mínimo 70% (TEIXEIRA; MEINERT & BARBETTA 1987). Desse modo, o arroz doce e o muffin obtiveram aceitação positiva, apresentando, respectivamente, 80% e 78,6% de aceitabilidade (Figura 1).

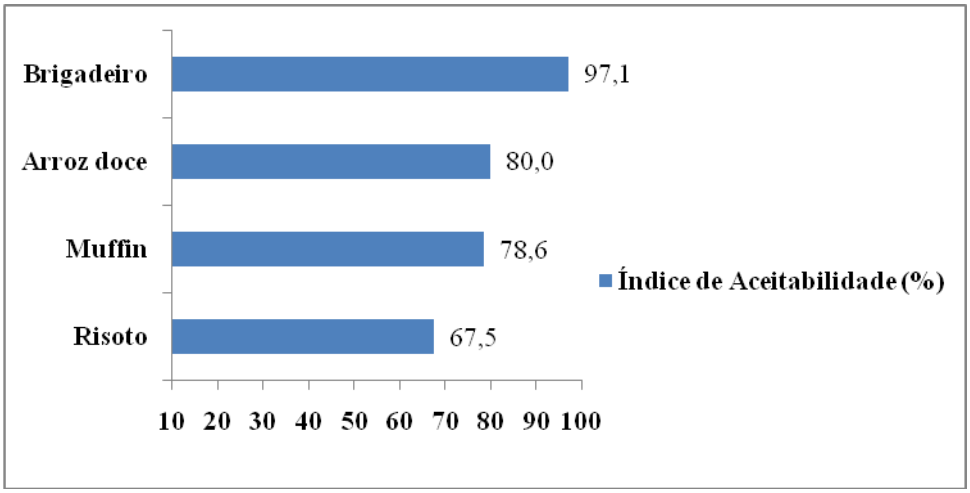


**Figura 1.** Índice de aceitabilidade (%) das formulações com arroz preto. Pelotas-RS, Brasil, 2016.

O brigadeiro apresentou um elevado índice de aceitabilidade (97,14%) e recebeu comentários positivos a respeito do seu sabor e textura, sendo comparado com o brigadeiro tradicional. Em um estudo avaliando brigadeiro enriquecido com feijão, Correia et al. (2010), obtiveram 94,12% de aceitação entre crianças de 6 a 7 anos. Em outro estudo realizado por Alencar et al. (2014), o valor de aceitação de brigadeiro enriquecido com biomassa de banana verde foi de 98,14%, valor semelhante ao encontrado no presente estudo.

O elevado percentual de aceitabilidade obtido na avaliação do brigadeiro pode estar relacionado à popularidade deste doce. O brigadeiro, criação da culinária brasileira, surgiu por meio da incorporação do chocolate ao leite condensado com o intuito de homenagear o Brigadeiro Eduardo Gomes, candidato à eleição presidencial no fim da Era Vargas, em 1945. A partir de então essa guloseima ganhou popularidade principalmente entre as crianças, estando presente em festas e comemorações, conquistando paladares no Brasil e no mundo (CASTILHO, 2013 & QUINTAS, 2010).

Dentre as preparações avaliadas, a única que não obteve índice de aceitabilidade acima de 70% foi o risoto (67,50%) (Figura 1). Isto pode ser explicado, em parte, por comentários observados nas fichas de análise sensorial, onde alguns provadores atribuíram a esta amostra sabor forte do limão e/ou dureza do próprio grão. Ainda pode ser explicado pelo desconhecimento da textura original do risoto, prato típico italiano onde o grão deve ser servido *al dente* (HAZAN, 2000). Nesta mesma análise, alguns provadores, na parte dos comentários, elogiaram a

preparação dizendo que poderia estar presente em restaurantes da cidade. A maioria dos avaliadores que aprovaram as preparações muffin, arroz doce e brigadeiro, relataram nos comentários, serem estas bastante palatáveis, com aroma e textura agradáveis.

De acordo com a escala hedônica 82,5% dos provadores gostaram muito do brigadeiro e apenas 35% tiveram essa mesma resposta para o arroz doce. Em relação às preparações salgadas, muffin e risoto, a maioria dos provadores gostou moderadamente, com as preparações obtendo 32,5% e 30% respectivamente (figura 2).

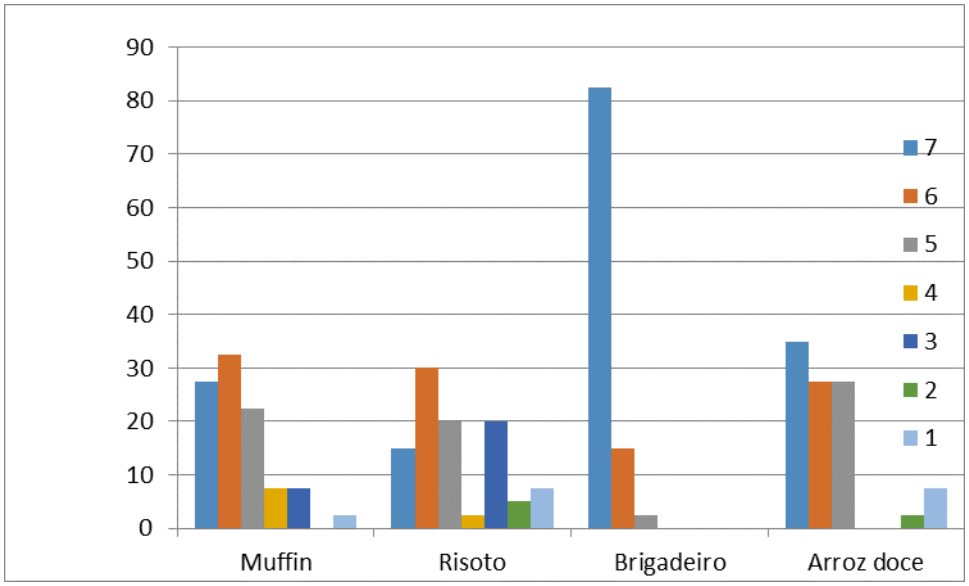


**Figura 2.** Pontuação (%) obtida pela análise das formulações com arroz preto através da escala hedônica estruturada de sete pontos. Pelotas, Brasil, 2016.

A intenção de compra das formulações analisadas demonstra que o brigadeiro obteve 97,5% de atitude positiva de intenção de compra, o arroz doce 62,5%, o muffin 60% e o risoto 50%, dados que corroboram com a aceitação sensorial dos produtos (figura 3).

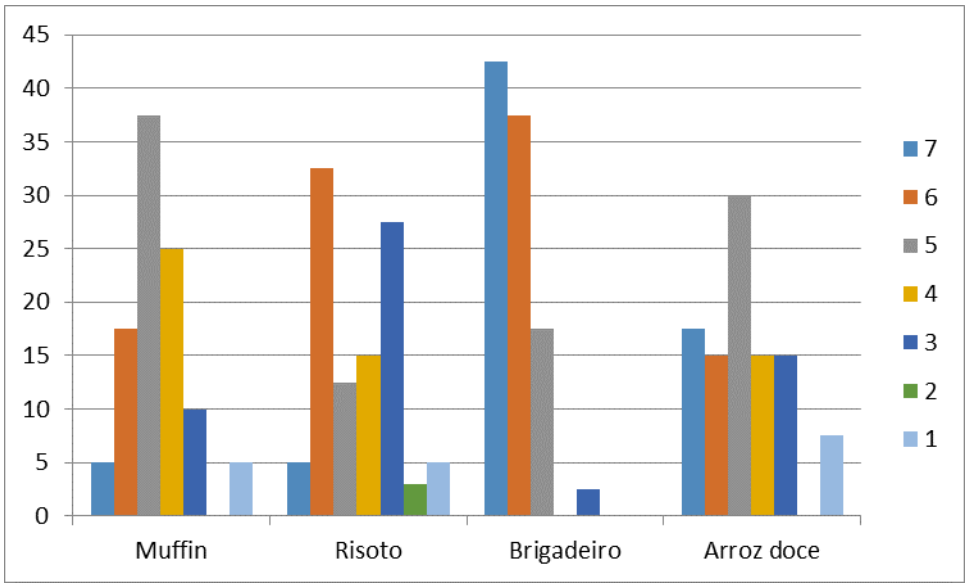


**Figura 3.** Porcentagem da intenção de compra das formulações com arroz preto obtida através da escala estruturada de sete pontos. Pelotas, Brasil, 2016.

Os baixos índices da intenção de compra obtidos pelo arroz doce, muffin e risoto podem estar relacionados com a aparência das formulações que ficaram escuras por causa da coloração do arroz preto e também pelo fato de ser um grão com alto valor agregado em relação a outras cultivares, podendo, assim aumentar o custo da preparação.

A análise da composição nutricional do muffin apresentou maior porcentagem de proteínas e lipídios devido à adição de ingredientes fontes destes nutrientes como queijo, ovos e creme de leite (tabela 2).

**Tabela 2.** Composição nutricional e digestibilidade proteica de formulações a base de arroz preto. Pelotas-RS, Brasil, 2016.

| **Análises[a]** | **Muffin[b]** | **Risoto[b]** | **Brigadeiro[b]** | **Arroz doce[b]** |
|---|---|---|---|---|
| **Umidade (%)** | 42,55±0,25 | 57,58±031 | 29,52 ±2,47 | 44,92±0,01 |
| **Cinzas (%)** | 2,99±0,03 | 1,16±0,02 | 1,64±0,06 | 1,35±0,07 |
| **Fibra bruta (%)** | 0,81±0,07 | 1,21±0,10 | 0,66±0,15 | 0,87±0,14 |
| **Proteínas (%)** | 8,11±0,13 | 5,07±0,26 | 5,94±0,11 | 6,56±0,07 |
| **Lipídios (%)** | 14,03±0,19 | 4,74±0,16 | 8,57±0,04 | 3,93±0,57 |
| **Carboidratos (%)** | 31,51 | 30,24 | 53,7 | 42,37 |
| **Valor energético (%)** | 284,87 | 183,9 | 315,57 | 231,09 |
| **Digestibilidade Proteica (%)** | 69,50 | 83,93 | 63,41 | 74,36 |

[a]valores de umidade, cinzas, fibra bruta, proteínas, lipídios, carboidratos e valor energético em 100g de produto. [b]média das determinações ± Desvio Padrão.

O arroz doce e o muffin podem ser consideradas preparações fonte de proteína, pois de acordo com a RDC n° 54 de 12/11/2012 da ANVISA, um alimento, para ser considerado fonte de proteínas é preciso conter no mínimo 6 g por 100 g ou 100 ml. O arroz doce apresentou 6,56g de proteína e o muffin 8,14g de proteína em 100g de cada preparação.

Salienta-se que todas as preparações submetidas à análise sensorial são isentas de glúten, tornando-as uma alternativa para consumo por portadores da doença celíaca (TONUTTI & BIZZARO, 2014). Os avanços tecnológicos vêm proporcionando o desenvolvimento de diferentes alimentos isentos de glúten (CASTRO, 2007). No entanto, esses produtos, geralmente são elaborados com farinhas refinadas e, portanto, apresentam baixo teor de fibras, vitaminas e minerais, sendo alguns dos fatores responsáveis pelo consumo inadequado destes nutrientes pelos celíacos (THOMPSON et al., 2005). Diante disso, o desenvolvimento de novos produtos com a utilização de matérias primas com valor nutricional agregado, como o caso do arroz preto, é fundamental para melhorar o aspecto nutricional da alimentação.

Em relação à digestibilidade proteica das formulações com arroz preto, o maior valor encontrado foi para o risoto (83,93%), seguido do arroz doce (74,36%), muffin (69,50%) e brigadeiro (63,41%). Analisando as mesmas formulações na versão tradicional sem arroz preto, os valores encontrados formam semelhantes sendo que o maior valor foi para o muffin (86,63%), seguido do risoto (78,77%), brigadeiro (78,20%) e arroz doce (62,11%). Os alimentos considerados fontes de proteína vegetal apresentam percentual de digestibilidade proteica entre 74% e 85% (Pires, 2006). As formulações contêm diversos ingredientes além dos alimentos fonte de proteína vegetal, apresentando assim percentuais de digestibilidade proteica elevados.

As formulações brigadeiro e muffin com arroz preto sofreram dois tratamentos térmicos e obtiveram percentuais de digestibilidade proteica menores. Tratamentos térmicos severos podem levar à formação de ligações cruzadas entre o grupo amino da lisina e o grupo amida do ácido glutâmico ou aspártico, impedindo a ação das proteases e diminuindo assim a digestibilidade. Deste modo, sugere-se que o tratamento térmico moderado em proteínas de origem vegetal é benéfico, levando à inativação de inibidores de proteases e aumentando a digestibilidade e a biodisponibilidade de aminoácidos, além da possibilidade de reestruturações

químicas de outros componentes dos alimentos (PELUZIO & BATISTA, 2008; ARAÚJO, 1999).

## 4. Conclusão

Conclui-se que preparações com arroz pigmentado e sua farinha podem ser aceitas positivamente pelo consumidor, evidenciando a oportunidade para o desenvolvimento de novos produtos que atendam necessidades específicas de nichos de mercado.

Quanto à composição nutricional, o arroz doce e o muffin demonstraram serem fontes de proteína. As preparações com arroz preto obtiveram boa digestibilidade proteica quando comparadas a outros alimentos fontes de proteína vegetal.

## Agradecimentos

Os pesquisadores gostariam de agradecer ao suporte da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) à realização da pesquisa.

## 5. Referências Bibliográficas

Alencar, L. O.; Santos, E. D. S.; Fernandes, A. C. C. F. Desenvolvimento, aceitabilidade e valor nutricional de brigadeiro com biomassa de banana verde. Revista Interdisciplinar. v. 7, n. 4, p. 91-98, out. nov. dez. 2014.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of International. 17th. 1 CD-ROM,2000.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of International. V.1, 16th ed. Arlington: AOAC International, 1995.

Araújo, J. M. A. Química de alimentos: teoria e prática. 2. ed. Viçosa: UFV. 1999. 416p.

Brasil. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Legislação: Resolução – RDC n. 54, de 12 de Novembro de 2012.

Castilho, T. Guia do Brigadeiro. Bauru: Alto Astral, 2013.

Castro, L. I. A.; Vila Real, C. M.; Pires, I. S. C.; Pires, C. V.; Pinto, N. A. V. D.; Miranda, L. S.; Rosa, B. C.; Dias, P. A. Quinoa (*Chenopodiumquinoa*Willd): *in vitro* digestibility, developmentand sensorial analysis of preparations for celiac patients. Alim. Nutr. Araraquara, v.18, n.3, p. 413-419, out./dez. 2007.

Correia, C. B. L. et al. Teste de aceitação de brigadeiro de feijão. Anais da X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX – UFRPE: Recife, 18 a 22 de outubro, 2010.

Dutcosky, S. D. Análise sensorial de alimentos. 3ª ad. Curitiba: Champagnat, 2011. 426 p.

Finocchiaro, F.; Ferrari, B.; Gianinetti, A.A study of biodiversity of flavonoid contemn in the Rice caryopsis evidencing simultaneo us accumulation of anthocyanins and proanthocyanidins in a Black-grain ed genotype. Journal of Cereal Science, v. 51, p. 28-34, 2010.

Hazan, M. Essentials of classic Italian cooking. Alfred A. Knopf. New York, 2000.

Hirawan, R.; diehl-jones, W.; Beta, T. Comparative evaluation of the antioxidant potencial of infant cereals produced from purple wheat and red Rice grains and LC-MS analysis of their anthocyanins. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 59, p. 12330-12341, 2011.

kadan, R. S.; Robinson, M. G.; Thibodeux, D. P.; Pepperman. A. B. Jr. Texture and other physico chemical properties of whole Rice bread. Journal Food Science. 66 (7): 940-4. 2001.

Kong, S.; Kim, D.; Oh., S.; Choi, I.; Jeong, H.; Lee, J. Black Rice bran as an ingredient in noodles: chemical and functional evaluation. Journal of Food Science, v. 77, p. 3003-307, 2011.

Marçal, R. L. Elaboração de uma bebida alcoólica lupulada e carbonatada a partir de arroz preto do tipo IAC-600 (*Oryza sativa*). Lorena/SP, 2014. p. 58.

Oliveira C. A. O. et al. Farinha de arroz e derivados como alternativas para a cadeia produtora do arroz. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande. v. 16, n 1, p. 61-67, 2014.

Peluzio M. C. G., Batista E. S. Proteínas. In Costa NMB, Peluzio MCG. Nutrição Básica e Metabolismo. Ed. UFV, Viçosa. 2008: 102-54.

Pires, C. V. et al. Qualidade nutricional e escorre químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas. Ciências e Tecnologias de Alimentos. Campinas, 26(1): 179-187, Jan. Mar. 2006.

Quintas, F. A. Saga do Açúcar.Recife: Fundação Gilberto Freyre, 2010.

Statistical Package For Social Sciences (SPSS).Versão 16. 2007. (SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Teixeira, E.; Meinert, E. M. Barbetta P. A. Análise sensorial de alimentos. Florianópolis: Ed. UFSC, 1987. 180 p.

Thompson, T. et al. Gluten-free survey: are the Americans with celiac disease consumingre commended amounts of fibre, iron, calcium and grain foods? The British Dietetic Association. LTDA. Journal of Human Nutrition and Dietetics, v.18, p.163-169, 2005.

Tonutti, E; Bizzaro, N. Diagnosis and classification of celiac disease and gluten sensitivity. Autoimmunity Reviews 13, 472–476, 2014.

Walter, M.; Marchezan, E.; Avila, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. Santa Maria: Ciência Rural, v.38, n.4, p.1184-1192, jul. 2008.

Zhang, G.; Zhang, X.; Ma, J.; Xu, H. & Cai, Z. Effect of drain age in the fallow season on reduction of CH4 production and emission from permanently flood end rice fields. Nutrient Cycling in Agro ecosystems. Dordrecht, v.89, n.1, p.81-91, 2010.

## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- A composição química de grãos de arroz das cultivares avaliadas apresentam diferenças significativas entre eles obtendo destaque para e arroz preto por possuir maior porcentagem de proteína, menor porcentagem de carboidrato e menor valor energético total.

- Além das diferenças na composição química, foi observada variações nas características antioxidantes das variedades, sendo os maiores valores de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante observados nos grãos pigmentados de arroz preto e vermelho.

- O cozimento dos grãos de arroz provoca perda significativa na composição nutricional, nos teores de compostos fenólicos totais e na atividade antioxidante.

- Os grãos pigmentados apresentam perfil diferente de fotoquímicos, quando comparados aos grãos não pigmentados e, consequentemente, podem exercer funções diferentes no organismo humano.

- Preparações com arroz pigmentado são bem aceitas pelos consumidores, principalmente formulações doces as quais se remetem à preparações já conhecidas.

- Preparações a base de arroz preto possuem boa digestibilidade proteica, quando comparadas a outros alimentos fontes de proteína vegetal.

## REFERÊNCIAS GERAIS


ABBAS, A.; MURTAZA, S.; ASLAM, F.; KHAWAR, A.; RAFIQUE, S.; NAHEED, S. Effect of Processing on Nutritional Value of Rice (Oryza sativa). **World Journal of Medical Sciences**, v. 6, n. 2, p. 68-73, 2011.

ABIAP. Associação Brasileira das Indústrias de Arroz Parboilizado. 2010. Disponível em http://www.abiap.com.br Acesso em 22 de Abril de 2015.

ALMEIDA, L. C. M.; NAVES, M. M. V**. Biodisponibilidade de ferro em alimentos e refeições: aspectos atuais e recomendações alimentares. Pediatria Moderna**, São Paulo, v.38, n.6, p. 272-278, 2002.

ANÁLISE ESTATÍSTICA ANOVA - versão 17.0, 2008, *SPSS Inc*, Chicago.

ASSIS, L. M.; ZAVAREZE, E. R.; RADÜNZ, A. L.; DIAS, A. R. G.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C. Propriedades nutricionais, tecnológicas e sensoriais de biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha de aveia ou farinha de arroz parboilizado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 15-24, 2009.

BARATA, T. S. **Caracterização do consumo de arroz no Brasil: um estudo na Região Metropolitana de Porto Alegre.**2005. Xf. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Cepan), Porto Alegre, 2005.

BASSINELLO, P. Z.; GARCIA, J. S.; SOARES, L. A.; KOAKUZO, S. N.; MOURA NETO, F. P.; FERREIRA, R. A.; MENDONÇA, J. A.; SANTIAGO, C. M.; RANGEL, P. H. N. **Arroz preto: nova opção culinária para o Brasil.** Comunicado Técnico Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás – GO, 2008.

BASSINELO, P.Z., S.N. KOAKUZO, L.A. SOARES, e R.A FERREIRA. **"Determinação da qualidade de grãos em arroz preto."** 48º Congresso de Química Brasileiro. Rio de Janeiro, 2008.

BASTOS, R.C. et al., IAC 600 – **Cultivar de arroz tipo especial exótico preto**. Instituto agronômico de Campinas, 2004. Folder disponível em:http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/graos/arroz.php. Acesso em 4 de mai. de 2015.

BERGMAN, C. J. **Characterizing and enhancing Rice bran fractions with potential health benefits and industrial uses.**In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., 2002, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: SBCTA, 2002. 1 CD-ROM.

BOTTINI, Renata Lucia. **Arroz: História, variedades, receitas**. São Paulo: Ed. Senac, 2008.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity.**Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, v. 28, p 25-30.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução no 466, de 12 de dezembro de 2012.** Brasília, 2012. Disponível em: http://www.conselho. saude.gov.br/web_comissoes/conep/index.html. Acesso em 04 mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Comissão Técnica de Normas e Padrões. Normas de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz.** Brasília, DF, v.8, 25p, n.20/6, 1988.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Projeções do Agronegócio: Brasil 2009/2010 a 2019/2020.** Assessoria de Gestão Estratégica. Brasília, 2014, 76 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.**INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 2, DE 6 DE FEVEREIRO DE 2012.**

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Legislação: Resolução – RDC n.12, de 02 de janeiro de 2001.** In: Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos. Compêndio de legislação de alimentos. São Paulo: ABIA, 2001b. v.1

CHEN, M.; CHOI, S. H.; NOBUYUKE KOZUKUE, N.; HYUN-JEONG KIM, H.; FRIEDMAN, M. Growth-Inhibitory Effects of Pigmented Rice Bran Extracts and Three Red Bran Fractions against Human Cancer Cells: Relationships with Composition and Antioxidative Activities. American Chemical Society, **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 60, n. 17, p. 915-916, 2012.

CHUN, O. K.; KIM, D. O.; SMITH, H.; SCHROEDER, D.; HAN, J. T.; LEE, C. Y. Daily consumptionofphenolicsandtoantioxidantcapacityfromfruitandvegetables in the american diet. **Journal of Science of Food Agriculture**, v.85, p.1715-1724, 2005.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Levantamento de estoques privados de arroz / Companhia Nacional de Abastecimento.** Lev. est. priv. arroz, v. 4, 2014, p. 1-13. Brasília - DF. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em 09 de abril de 2015.

DEMONT, M.; ZOSSOU, E.; RUTSAERT, P.; NDOUR, M.; MELE, P. V.; VERBEKE, W. Consumer evaluation of improved Rice parboiling technologies in Benin. **Food Quality and Preference**, v. 23, p. 63–70, 2012.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos.** 3ª ad. Curitiba: Champagnat, 2011. 426 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA) 2014.**O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro.** Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/104753/1/O-agronegocio-da-soja-nos-contextos-mundial-e-brasileiro.pdf> Acesso em 16 de mar. 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). **Arroz vermelho em extinção.** Disponível em: <www.cnpaf.embrapa.br/eventosenoticias/anteriores/anteriores2006/060109.ht>. Acesso em: 03 de abr.2015.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA (EPAGRI). 2012. Disponível em: <http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=936:tipos-especiais-de-arroz&catid=30:suinocultura&Itemid=47>. Acesso em: 23 de mai. 2015.

FERREIRA, A. L. B. **Desenvolvimento de um secador intermitente de fluxos concorrentes-contracorrentes para arroz parboilizado.** 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

FINOCCHIARO, F.; FERRARI, B.; GIANINETTI, A. A study of biodiversity of flavonoid conten in the Rice caryopsis evidencing simultaneous accumulation of anthocyanins and proanthocyanidins in a Black-grain ed genotype. **Journal of Cereal Science,** v. 51, p. 28-34, 2010.

FINOCCHIARO, F.; FERRARI, B.; GIANINETTI, A.; DALLÁSTA, C.; GALAVERNA, G.; SCAZZINA, F.; PELLEGRINI, N. Characterization of antioxidant compounds of red and White Rice and changes in total antioxidant capacity during processing. **Molecular Nutricion Food Research**, v. 51, p.1006-1019, 2007.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). **Rice Market Monitor,** 2010. Disponível em: http://www.fao.org/docrep/013/am016e/am016e00.pdf. Acesso em: 09 mai. 2015.

GODOY, J.L. “A vez dos "gourmets!”. **Revista Rural**, v. 91, 2005. Disponível em: http://www.revistarural.com.br/Edicoes/2005/artigos/rev91_arroz.htm. Acesso em: 22 de maio de 2015.

GUTTERIDGE, J. M. C.; HALLIWELL, B.; **Free radicals in Biology and Medicine,** 40 ed.,Oxford University Press, 2007.

HALLIWELL, B. Dietary polyphenols: good, bad, or indifferent for your health? **Cardiovascular Research**, Oxford, v. 73, n. 2, p. 341-347, Jan. 2007.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Antioxidants: Molecules, medicines and myths. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 393, p.561-564, 2010.

HEINEMANN, R. J. B. et al. Comparative study of nutrient composition of commercial Brown, parboiled and milled Rice from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**. Oxford, v. 18, n. 4, p. 287-296, Jun. 2005.

HIRAWAN, R.; DIEHL-JONES, W.; BETA, T. Comparative evaluation of thean tioxidant potencial of infant cereals produced from purple wheat and red Rice grains and LC-MS analysis of their anthocyanins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, p. 12330-12341, 2011.

HOLGUÍN-ACUÑA, A. L. et al. Maize bran/o at flour extruded break fast cereal: a novel source of complex polysaccharides and an antioxidant. **Food Chem**., v. 111, n. 3, p. 654-657, 2008.

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 biológica lmodel systems. **Journal Of Agriculture and Food Chemistry**, v. 51, p. 5271-527, 2003.

IBGE. **Pesquisa de orçamentos familiares, 2008-2009:** aquisição alimentar domiciliar per capita, Brasil e Grandes Regiões. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

ICHIKAWA, H.; ICHIYANAGI, T.; XU, B.; YOSHI, Y.; NAKAJIMA, M.; KONISHI, T. Antioxidant activity of anthocyanin extract from purple Black Rice.**Journal os Madicinal Food**, v. 4 n. 4, p. 211-218, 2001.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** Coordenadores: Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

INSTITUTO AGRONÔMICO (IAC) **"IAC 600 Primeiro cultivar de arroz preto para o Estado de São Paulo."** Disponível em: http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/v56-1_cultivaresiac.pdf. O Agronômico 56, n. 1, 2004. Acesso em 20 de maio de 2015.

IRGA – **Instituto Riograndense do Arroz.** Disponível em: http://irga.rs.gov.br. 2010. Acesso em 19 de mar. de 2015.

JULIANO, B. O. **Rice Chemistry and Quality,** Island Publishing House, Philippines, Cap. 2: Structure and Gross Composition of the Rice Grain, p. 25-54, 2003.

KADAN, R. S.; ROBINSON, M. G.; THIBODEUX, D.P.; PEPPERMAN. A. B. Jr. Texture and other physico chemical properties of whole Rice bread. **Journal Food Science.** 66 (7): 940-4. 2001.

KENNEDY, G. et al, Nutrient impact assessment of Rice in major Rice-conuming countries. **International Rice Commission Newsletter**, Rome, v. 51, n. 1, p. 33-42, Jan. 2002.

KIM, D. O.; LEE, C. Y. Extration and isolation of polyphenolics. In: WROLSTAD, R. E. Current Protocols in **Food Analytical Chemistry**, John Wiley & Sons, Inc., cap. I 1.2, 2002.

KOIDE, T.; KAMEI, H.; KOJIMA, T.; HASEGAWA, M. Antitumor effect of hydrolyzed anthocyanin from graperinds and red rice. **Cancer Biotherapy and Radio pharmacology**, v.11, n.4, p.273-277, 1996.

KONG, S.; KIM, D.; OH., S.; CHOI, I.; JEONG, H.; LEE, J. Black Rice bran as na ingredient in noodles: chemical and functional evaluation. **Journal of Food Science,** v. 77, p. 3003-307, 2011.

LING, W. H. et al. Red and Black Rice decrease at heroscletoric plaque formation and increase antioxidant status in rabbits.**Journal of Nutrition, Bethesda,** v. 131, n. 5, p. 1421-1426, May. 2001.

LUCA, M. **Produtores apostam em variedades especiais de arroz em São Paulo.** Canal Rural, Pindamonhangaba – SP. Disponível em: http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/produtores-apostam-variedades-especiais-arroz-sao-paulo-778. Acesso em 20 de mar. 2015.

MARÇAL, R. L. **Elaboração de uma bebida alcoólica lupulada e carbonatada a partir de arroz preto do tipo IAC-600 (*Oryza sativa*)**. Lorena/SP, 2014. p. 58.

MASSARETTO, Isabel Louro. **Características químicas e nutricionais de arroz-preto, vermelho e selvagem e comparação por análise estatística multivariada [tese].** São Paulo: Faculdade de Ciências Farmacêuticas; 2013.

MCKEVITH, B. Nutritional aspects of cereals**. Nutrition Bulletin**, v.29, n. 2, p.111-142, 2004.

MILLER, J. B. et al. Rice: a high orlowglycemic índex food? **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 56, n. 6, p. 1034-1036, Dec. 1992.

MONKS, J. L. F.; VANIER, N. L.; CASARIL, J.; BERTOA, R. M.; LIVEIRA, M.; GOMES, C. B.; CARVALHO, M. P.; DIAS, A. R. G.; ELIAS, M. C. Effects of millingon proximate composition, folicacid, fattyacids and technological properties of rice. **Journal of Food Compositionand Analysis**, v. 30, p. 73-79, 2013.

NAM, S. H. et al. Antioxidative, antimutagenic, and anticarcinogenic ativities of Rice bran extracts in chemical and cellassys. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 3, p. 816-822, Feb. 2008.

OHKAWA, H., OHISHI, N., YAGI, K. Assay for peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction.**Analitical Biochemistry** 95: 351-358, 1979.

PASCUAL, C. S. C. I. **Efeitos da parboilização do arroz (*Oryza sativa L.*) integral sobre os compostos bioativos e a disponibilidade do amido.** São Paulo, 102p. FCF/USP, 2010.

PASCUAL, C. S. C. I.; MASSARETTO, I. L.; KAWASSAKI, F.; BARROS, R. M. C.; NOLDIN, J. A.; MARQUEZ, U. M. L. Effects of parboiling, storage and cooking on the levels of tocopherols, tocotriends and γ-orizanol in Brown Rice (*OryzasativaL*.). **Food Research International**, v. 50, p.676-681, 2013.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; CUTRIM, V. DOS A.; RIBEIRO, V, Q. **Comparação entre características agronômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho.** Caatinga, Mossoró, Brasil, v.22, n.1, p.243-248, janeiro/março 2009.

PIRES, C. V. et al. **Qualidade nutricional e escorre químico de aminoácidos de diferentes fontes proteicas.** Ciência e Tecnologias de Alimentos. Campinas, 26(1): 179-187, Jan. Mar. 2006.

QURESHI, A. A. et al. Novel tocotrienols of Rice bran modulate cardiovascular disease risk parameters of hypercholesterolemic humans. **Journal of Nutrition Biochemistry**. Oxford, v.8, n. 5, p. 290-298, May 1997.

RONG, N. et al. Oryzanol decrease cholesterol absorption and aortic fatty streaks in hamsters. **Lipids**, New York, v. 32, n. 3, p. 303-309, Mar, 1997.

SLON, A. E. Wholly grain. **Food Technol**., v. 59, n. 6, p. 16, 2005.

SLOW FOOD BRASIL, **Fortaleza do arroz-vermelho.** Publicado em 13 de julho de 2007. Disponível em: <www.slowfoodbrasil.com/content/view/130/60/>. Acesso em: 15 de mai. 2015.

SOUZA, Amanda de Moura. **Alimentos mais consumidos no Brasil:** Inquérito Nacional de Alimentação 2008-2009.Rev Saúde Pública 2013;47(1Supl):190S-9S. Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.scielosp.org/pdf/rsp/v47s1/05.pdf. Acesso em 25 de Fevereiro de 2015.

STORCK, C. R.; SILVA, L.P.; COMARELLA, C. G. (2005) Influência do processamento na composição nutricional de grãos de arroz. Araraquara: Alim. Nutr., v.16, nº 3, pp. 259-264.

SPINELLI, M. G. N. Leguminosas. In: ABREU, E. S; SPINELLI, M. G. N. **Seleção e preparo de alimentos:** gastronomia e nutrição**.** São Paulo: Metha, 2014. 411p.

SWAIN, T.; HILLS, W. E. The phenolic constituents of Punnus domestica. The quantitative analysis of phenolic constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.19, p. 63-68, 1959.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M. **Análise sensorial de alimentos.** Florianópolis: Ed. UFSC, 1987. 180 p.

TREMAROLI, V.; BACKHED, F. Functional interactions between the gut microbiota and host metabolism. **Nature**, v. 489, n. 7415, p. 242-9, 2012.

WALTER, M. **Composição química e propriedades antioxidantes de grãos de arroz com pericarpo marrom-claro, vermelho e preto.** 2009. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2009.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. **Arroz: composição e características nutricionais.** Santa Maria: Ciência Rural, v.38, n.4, p.1184-1192, jul. 2008.

XIA, M. et al. Supplementation of diets with the Black Rice pigment fraction attenuates atherosclerotic plaque formation in apolipoprotein and deficient mice. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 133, n. 3, p. 744-751, Mar. 2003.

XU, F.; SHAO, Y.; SUN, X.; BAO, J.; BETA, T. Phenolicacids, anthocyanins, and antioxidant capacity in Rice (*Oryza sativa L.*) grains at four stages of development after flowering. **Food Chemistry**, v. 143, p. 90-96, 2014.

ZAWISTOWSKI, J.; BILIADERIS, C.G.; ESKIN, N.A.M. ROBINSON, D.S.; ESKIN, N.A.M. Polyphenol oxidases. In: Oxidative enzymes in foods. New York: **Elsevier Applied Science**, 2009. p. 217-274.

ZHANG, G.; ZHANG, X.; MA, J.; XU, H. & CAI, Z. Effect of drain age in the fallow season on reduction of CH4 production and emission from permanently flooded rice fields. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. Dordrecht, v.89, n.1, p.81-91, 2010.

ZHOU, Z. et al. Composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, Chester, v. 37, n. 8, p. 849-868, Dec. 2002.

# Anexos

**Anexo 1: Teste sensorial**

**Nome:_____Data_____/_____/____**

**Sexo: (  ) Masculino  (  ) Feminino**

**Faixa etária:** (  ) 18 a 24 anos  (  ) 25 a 34 anos  (  ) 35 a 44 anos

(  ) 45 a 55 anos  (  ) ≥ 56 anos

**Grau de escolaridade:** (  ) Ensino Fundamental  (  ) Ensino Médio

(  ) Ensino Superior  (  ) Pós-Graduação

Por favor, avalie a amostra utilizando a escala baixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou do produto. Marque a posição da escala que melhor reflita seu julgamento.

(  ) gostei muito
(  ) gostei moderadamente
(  ) gostei pouco
(  ) indiferente
(  ) desgostei pouco
(  ) desgostei moderadamente
(  ) desgostei muito

**Você compraria esse produto se estivesse disponível no mercado?**

(  ) sempre compraria
(  ) ocasionalmente compraria
(  ) provavelmente compraria
(  ) indiferente
(  ) provavelmente não compraria
(  ) ocasionalmente não compraria
(  ) nunca compraria

Comentários:

_____
_____
_____
_____
_____
_____

**Anexo 2: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – FACULDADE DE NUTRIÇÃO - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada: “Arroz preto: caracterização nutricional, atividade antioxidante e aceitabilidade de preparações”, que tem o objetivo de avaliar a composição nutricional e a capacidade de digestão pelo organismo humano do arroz preto em comparação a outras cultivares de arroz e elaborar preparações alimentícias com seus grãos e sua farinha verificando sua aceitação.

**PROCEDIMENTOS**: Fui informado(a) de que receberei amostra de **Risoto de arroz preto com limão siciliano** contendo seguintes ingredientes: arroz preto, cebola, amêndoas, alho poro, limão siciliano, tomilho, manteiga, azeite de oliva, caldo de legumes, vinho branco, queijo parmesão, sal e pimenta, para que eu avalie as suas características sensoriais.

**RISCOS E POSSÍVEIS REAÇÕES:** Fui informado(a) de que não existem riscos físicos no estudo, e caso eu sinta qualquer desconforto poderei desistir da participação na pesquisa em qualquer momento. Fui informado(a) anteriormente dos ingredientes contidos nas preparações.

**BENEFÍCIOS:**O benefício de participar da pesquisa relaciona-se ao fato que os resultados serão incorporados ao conhecimento científico e posteriormente a situações de ensino-aprendizagem, além da elaboração de novos produtos.

**PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA:** A minha adesão à pesquisa ocorrerá de forma voluntária e nenhum tipo de penalidade será aplicada caso não seja do meu interesse participar. Salientamos ainda que não haverá custos na participação do estudo.

**CONFIDENCIALIDADE:** Estou ciente que a minha identidade permanecerá confidencial durante o estudo e que os dados coletados só serão utilizados para fins de pesquisa e divulgados em material acadêmico.

**CONSENTIMENTO:** Ciente das informações citadas anteriormente, eu concordo em participar da avaliação sensorial dos produtos elaborados no estudo. Duas vias serão assinadas, ficando uma com o pesquisador e outra com o participante.

ASSINATURA: _____

DATA: __ __ / __ __ / 20__ __

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL: _____

Profª. Drª. Kelly Lameiro Rodrigues - Universidade Federal de Pelotas/ Faculdade de Nutrição - Telefone para informações: (53) 3921-1397

Demais pesquisadores:

Simone Pieniz e Ângela Galvan Lima (Professoras da Faculdade de Nutrição - UFPEL).

**Anexo 3:UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – FACULDADE DE NUTRIÇÃO - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada: “Arroz preto: caracterização nutricional, atividade antioxidante e aceitabilidade de preparações”, que tem o objetivo de avaliar a composição nutricional e a capacidade de digestão pelo organismo humano do arroz preto em comparação a outras cultivares de arroz e elaborar preparações alimentícias com seus grãos e sua farinha verificando sua aceitação.

**PROCEDIMENTOS**: Fui informado(a) de que receberei amostra de **Muffin salgado de arroz preto** contendo seguintes ingredientes: arroz preto, cebola, ovo, creme de leite, requeijão, farinha de arroz preto, queijo mussarela, salsinha, azeite de oliva, fermento químico em pó e sal, para que eu avalie as suas características sensoriais.

**RISCOS E POSSÍVEIS REAÇÕES:** Fui informado(a) de que não existem riscos físicos no estudo, e caso eu sinta qualquer desconforto poderei desistir da participação na pesquisa em qualquer momento. Fui informado(a) anteriormente dos ingredientes contidos nas preparações.

**BENEFÍCIOS:**O benefício de participar da pesquisa relaciona-se ao fato que os resultados serão incorporados ao conhecimento científico e posteriormente a situações de ensino-aprendizagem, além da elaboração de novos produtos.

**PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA:** A minha adesão à pesquisa ocorrerá de forma voluntária e nenhum tipo de penalidade será aplicada caso não seja do meu interesse participar. Salientamos ainda que não haverá custos na participação do estudo.

**CONFIDENCIALIDADE:** Estou ciente que a minha identidade permanecerá confidencial durante o estudo e que os dados coletados só serão utilizados para fins de pesquisa e divulgados em material acadêmico.

**CONSENTIMENTO:** Ciente das informações citadas anteriormente, eu concordo em participar da avaliação sensorial dos produtos elaborados no estudo. Duas vias serão assinadas, ficando uma com o pesquisador e outra com o participante.

ASSINATURA: _____

DATA: __ __ / __ __ / 20__ __

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL: _____

Profª. Drª. Kelly Lameiro Rodrigues - Universidade Federal de Pelotas/ Faculdade de Nutrição - Telefone para informações: (53) 3921-1397

Demais pesquisadores:

Simone Pieniz e Ângela Galvan Lima (Professoras da Faculdade de Nutrição - UFPEL).

**Anexo 4: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – FACULDADE DE NUTRIÇÃO - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada: “Arroz preto: caracterização nutricional, atividade antioxidante e aceitabilidade de preparações”, que tem o objetivo de avaliar a composição nutricional e a capacidade de digestão pelo organismo humano do arroz preto em comparação a outras cultivares de arroz e elaborar preparações alimentícias com seus grãos e sua farinha verificando sua aceitação.

**PROCEDIMENTOS**: Fui informado(a) de que receberei amostra de **Arroz doce preto** contendo seguintes ingredientes: arroz preto, leite integral, leite condensado, leite de coco, canela, cravo da índia e limão, para que eu avalie as suas características sensoriais.

**RISCOS E POSSÍVEIS REAÇÕES:** Fui informado(a) de que não existem riscos físicos no estudo, e caso eu sinta qualquer desconforto poderei desistir da participação na pesquisa em qualquer momento. Fui informado(a) anteriormente dos ingredientes contidos nas preparações.

**BENEFÍCIOS:**O benefício de participar da pesquisa relaciona-se ao fato que os resultados serão incorporados ao conhecimento científico e posteriormente a situações de ensino-aprendizagem, além da elaboração de novos produtos.

**PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA:** A minha adesão à pesquisa ocorrerá de forma voluntária e nenhum tipo de penalidade será aplicada caso não seja do meu interesse participar. Salientamos ainda que não haverá custos na participação do estudo.

**CONFIDENCIALIDADE:** Estou ciente que a minha identidade permanecerá confidencial durante o estudo e que os dados coletados só serão utilizados para fins de pesquisa e divulgados em material acadêmico.

**CONSENTIMENTO:** Ciente das informações citadas anteriormente, eu concordo em participar da avaliação sensorial dos produtos elaborados no estudo. Duas vias serão assinadas, ficando uma com o pesquisador e outra com o participante.

ASSINATURA: _____

DATA: __ __ / __ __ / 20__ __

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL:_____

Profª. Drª. Kelly Lameiro Rodrigues - Universidade Federal de Pelotas/ Faculdade de Nutrição - Telefone para informações: (53) 3921-1397

Demais pesquisadores:
Simone Pieniz e Ângela Galvan Lima (Professoras da Faculdade de Nutrição - UFPEL).

**Anexo 5: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – FACULDADE DE NUTRIÇÃO - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada: “Arroz preto: caracterização nutricional, atividade antioxidante e aceitabilidade de preparações”, que tem o objetivo de avaliar a composição nutricional e a capacidade de digestão pelo organismo humano do arroz preto em comparação a outras cultivares de arroz e elaborar preparações alimentícias com seus grãos e sua farinha verificando sua aceitação.

**PROCEDIMENTOS**: Fui informado(a) de que receberei amostra de **Brigadeiro de arroz preto** contendo seguintes ingredientes: arroz preto, leite integral, leite condensado, chocolate em pó 50 % cacau e chocolate granulado, para que eu avalie as suas características sensoriais.

**RISCOS E POSSÍVEIS REAÇÕES:** Fui informado(a) de que não existem riscos físicos no estudo, e caso eu sinta qualquer desconforto poderei desistir da participação na pesquisa em qualquer momento. Fui informado(a) anteriormente dos ingredientes contidos nas preparações.

**BENEFÍCIOS:**O benefício de participar da pesquisa relaciona-se ao fato que os resultados serão incorporados ao conhecimento científico e posteriormente a situações de ensino-aprendizagem, além da elaboração de novos produtos.

**PARTICIPAÇÃO VOLUNTÁRIA:** A minha adesão à pesquisa ocorrerá de forma voluntária e nenhum tipo de penalidade será aplicada caso não seja do meu interesse participar. Salientamos ainda que não haverá custos na participação do estudo.

**CONFIDENCIALIDADE:** Estou ciente que a minha identidade permanecerá confidencial durante o estudo e que os dados coletados só serão utilizados para fins de pesquisa e divulgados em material acadêmico.

**CONSENTIMENTO:** Ciente das informações citadas anteriormente, eu concordo em participar da avaliação sensorial dos produtos elaborados no estudo. Duas vias serão assinadas, ficando uma com o pesquisador e outra com o participante.

ASSINATURA: _____

DATA: __ __ / __ __ / 20__ __

ASSINATURA DO PESQUISADOR RESPONSÁVEL:_____

Profª. Drª. Kelly Lameiro Rodrigues - Universidade Federal de Pelotas/ Faculdade de Nutrição - Telefone para informações: (53) 3921-1397

Demais pesquisadores:
Simone Pieniz e Ângela Galvan Lima (Professoras da Faculdade de Nutrição - UFPEL).