



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO
GROSSO
CAMPUS CUIABÁ - BELA VISTA**

DEPARTAMENTO DE ENSINO

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ARYADNE KAROLINE CARVALHO SANTIAGO

**COMPOSTOS ANTIOXIDANTES EM VARIEDADES DE ARROZ BRANCO,
VERMELHO E PRETO EM DIFERENTES PROCESSAMENTOS TECNOLÓGICOS.**

**Cuiabá
2018**



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO

GROSSO CAMPUS CUIABÁ – BELA VISTA DEPARTAMENTO DE ENSINO

CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

ARYADNE KAROLINE CARVALHO SANTIAGO

**COMPOSTOS ANTIOXIDANTES EM VARIEDADES DE ARROZ BRANCO,
VERMELHO E PRETO EM DIFERENTES PROCESSAMENTOS TECNOLÓGICOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso Campus Cuiabá - Bela Vista para obtenção de título de graduado.

Orientador: Prof. Dr. Josias do Espírito Santo Coringa.

Co-Orientadora: Prof^a Dr^a Elaine de Arruda Oliveira Coringa.

**Cuiabá
2018**

**Divisão de Serviços Técnicos. Catalogação da Publicação na Fonte. IFMT Campus
Cuiabá Bela Vista
Biblioteca Francisco de Aquino Bezerra**

S235c

Santiago, Aryadne Karoline Carvalho

Compostos antioxidantes em variedades de arroz branco, vermelho e preto em diferentes processamentos tecnológicos. / Aryadne Karoline Carvalho Santiago. _ Cuiabá, 2018.

38 f.

Orientador: Prof. Dr. Josias do Espírito Santo Coringa

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a. Elaine de Arruda Oliveira Coringa

TCC (Graduação em Engenharia de Alimentos). Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso.

1. Engenharia de alimentos – TCC. 2. Oryza sativa – TCC. 3. Arroz vermelho – TCC. I. Coringa, Josias do Espírito Santo. II. Coringa, Elaine de Arruda Oliveira. III. Título.

IFMT CAMPUS CUIABÁ BELA VISTA CDU 633.18
CDD 633.18

ARYADNE KAROLINE CARVALHO SANTIAGO

**COMPOSTOS ANTIOXIDANTES EM VARIEDADES DE ARROZ BRANCO,
VERMELHO E PRETO EM DIFERENTES PROCESSAMENTOS TECNOLÓGICOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso em BACHARELADO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS, submetido à Banca Examinadora composta pelos Professores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso Campus Cuiabá Bela Vista como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduado.

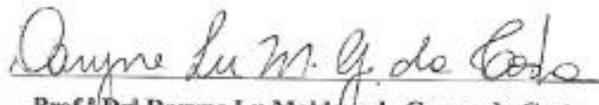
Aprovado em: 23/11/2018



Prof. Dr. Josias do Espirito Santo Coringa
Orientador-IFMT Cuiabá- Bela Vista



Prof. Dr. Elaine de Arruda Oliveira Coringa
Co-orientadora- IFMT Cuiabá- Bela Vista



Prof. Dr. Daryne Lu Maldonado Gomes da Costa
Convidada-IFMT Cuiabá- Bela Vista

Cuiabá
2018

AGRADECIMENTOS

Sou grata primeiramente a Deus, por amavelmente me amparar, por estar sempre ao meu lado, principalmente nos momentos mais difíceis. Por iluminar meu coração, meus dias, minhas conquistas.

À minha heroína mãe que além do apoio, sempre esteve ao meu lado me incentivando com suas palavras, amor, carinho e com seu exemplo.

Ao meu pai, que apesar da distância sempre me incentivou nos estudos com seu exemplo e determinação.

As minhas irmãs Alessandra e Vanessa pelo amor, carinho, paciência e companheirismo.

As minhas amigas, Aurélia Araújo, Wisliane Nascimento, Beatriz Oliveira, Patricia Piereti, Thays Karoline e Isaely Rodrigues pelas boas risadas, tristezas, e dores compartilhadas. Vocês foram demais ao longo desse tempo na minha formação acadêmica.

Á Jandilson Silva por me apoiar nas minhas decisões e também pelo amor, carinho e atenção ao decorrer desse tempo de curso.

Agradeço aos meus professores pela dedicação, sabedoria e compromisso em transmitir seu conhecimento e em especial ao meu orientador Professor Dr. Josias E. S. Coringa por estar sempre disponível a me ajudar quando precisei e pela paciência e confiança que teve comigo durante todo este tempo.

A minha co-orientadora Prof^a Dr^a Elaine A. O. Coringa pelos ensinamentos e aos auxilio no desenvolvimento das análises em laboratório.

E a todos que me ajudaram direta ou indiretamente, o meu muito obrigado.

Tudo que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado.

Roberto Shinyashiki



INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Mato Grosso
Campus Cuiabá - Bela Vista

ENGENHARIA DE ALIMENTOS

COMPOSTOS ANTIOXIDANTES EM VARIEDADES DE ARROZ BRANCO, VERMELHO E PRETO EM DIFERENTES PROCESSAMENTOS TECNOLÓGICOS.

SANTIAGO, Aryadne¹
CORINGA, Josias²

RESUMO

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo. Apesar dos grãos com pericarpo claro serem os mais consumidos, existem os que apresentam grãos com pericarpo pigmentado, como o arroz vermelho e o arroz preto, com interessantes propriedades nutricionais. Essas propriedades têm sido relacionadas a diferentes efeitos no organismo como provenientes a presenças de compostos fenólicos que apresentam atividades antioxidantes com benefícios anticarcinogênicas, antialérgica e anti-inflamatória. Dessa forma o do objetivo deste estudo é determinar e comparar a concentração de compostos fenólicos e antocianinas totais e avaliar a capacidade antioxidante de variedades pigmentadas e não pigmentadas disponíveis no comércio. Os resultados mostraram diferença na composição química entre grãos pigmentados e não pigmentados principalmente no teor de cinzas, sendo que alguns genótipos pigmentados possuem maior concentração de certos componentes avaliados, como proteína. Na caracterização antioxidante maiores valores foram encontrados nos grãos com pericarpo vermelho e preto, com correlação positiva e significativa entre estes parâmetros, além de ter sido observada uma relação direta entre o conteúdo de fenólicos totais e a capacidade antioxidante das amostras analisadas. Através dos dados apresentados nesse artigo mostra ser necessário mais estudo sobre as variedades de arroz, a fim de proporcionar padrão limites destes nutrientes. Possibilitando assim a aplicação para a sensibilização da sociedade sobre a melhor escolha dos tipos de arroz, além de ter obtenção de novos produtos com grãos pigmentados oferecendo produtos ricos em nutrientes e atividade antioxidante.

Palavras-chaves: *Oryza sativa*. Compostos Fenólicos. Atividade Antioxidante.

1 . Discente do curso de Engenharia de Alimentos- IFMT- campus Cuiabá- Bela Vista – Mato Grosso, aryadnekaroline@gmail.com;

2. Docente do curso de Engenharia de Alimentos – IFMT- Cuiabá – Bela Vista – Mato Grosso, josias.coringa.blv.ifmt.edu.br.

ABSTRACT

ANTIOXIDANT COMPOUNDS IN VARIETIES OF WHITE, RED AND BLACK RICE IN DIFFERENT TECHNOLOGICAL PROCESSES.

Rice (*Oryza sativa*) is one of the most produced and consumed cereals in the world. Although the grains with light pericarp are the most consumed, there are those with grains with pigmented pericarp, such as red rice and black rice, with interesting nutritional properties. These properties have been related to different effects in the organism as coming from the presences of phenolic compounds that present antioxidant activities with anticarcinogenic, antiallergic and anti-inflammatory benefits. Thus, the objective of this study is to determine and compare the concentration of total phenolic compounds and anthocyanins and to evaluate the antioxidant capacity of pigmented and non-pigmented varieties available in the trade. The results showed a difference in the chemical composition between pigmented and non-pigmented grains mainly in the ash content, and some pigmented genotypes have a higher concentration of certain evaluated components, such as protein. In the antioxidant characterization, higher values were found in the grains with red and black pericarp, with a positive and significant correlation between these parameters, besides a direct relationship between the total phenolic content and the antioxidant capacity of the analyzed samples. Through the data presented in this article shows that more study on rice varieties is needed in order to provide standard boundaries of these nutrients. This makes it possible to raise the awareness of society about the best choice of types of rice, besides obtaining new products with pigmented grains offering products rich in nutrients and antioxidant activity.

Keywords: *Oryza sativa*. Phenolic Compounds. Antioxidant activity.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação do grão arroz segundo a Portaria n° 269/88.....	14
Tabela 2: Resultados Físico-Químicos de arroz Polido, integral, Parboilizado, vermelho e preto sobre diferentes processamentos.....	22
Tabela 3: Resultados dos parâmetros de compostos bioativos: Compostos fenólicos totais (CFT), Flavonoides totais (FT) e Antocianinas Totais (ACT) em arroz pigmentado e não pigmentados.....	26
Tabela 4: Resultado da Atividade antioxidante (DPPH) em arroz pigmentado e não pigmentados.....	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura do grão de arroz.....	13
Figura 2: Curva Padrão DPPH.....	21
Figura 3: Concentração de compostos fenólicos dos grãos de arroz com pericarpo pigmentado e não pigmentados.....	28
Figura 4: Concentração de Flavonoides dos grãos de arroz com pericarpo pigmentado e não pigmentados.....	29
Figura 5: Concentração de antocianinas dos grãos de arroz com pericarpo pigmentado e não pigmentados.....	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. Arroz: Aspectos Históricos.....	12
2.2. Estrutura e Composição Química do Grão de arroz	13
2.3. Classificações do arroz	14
2.4. Compostos Bioativos.....	16
2.5. Compostos fenólicos	16
2.6. Flavonóides.....	17
2.7. Capacidade Antioxidante.....	18
3. METODOLOGIA.....	19
3.1. Amostras.....	19
3.2. Parâmetros Físico-Químicos	19
3.3. Parâmetros da Análise de Compostos Bioativos	20
3.4. Parâmetros da Análise de Atividade Antioxidante.....	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
4.1. Parâmetros Físico- Químicos	22
4.2. Parâmetros de Compostos Bioativos	26
4.3. Parâmetros de Atividade Antioxidante.....	30
5. CONCLUSÕES	32
6. REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo. O seu maior consumo é na forma de grão sendo uma excelente fonte de energia, devido à alta concentração de amido, fornecendo também proteínas, vitaminas e minerais, com baixo teor de lipídio. As diversas variedades de arroz são importantes para a alimentação, devido à diferença nas características nutricionais e fisiológicas, podendo-se utilizar esse alimento com diferentes fins na alimentação diária, além de proporcionar benefícios à saúde.

Os grãos de arroz mais consumidas no Brasil são, em ordem decrescente, o polido (branco), o parboilizado e o integral. Apesar dos grãos com pericarpo claro serem os mais consumidos, existem cultivares que apresentam grãos com pericarpo pigmentado, como o arroz vermelho e o arroz preto, com interessantes propriedades nutricionais. Essas propriedades são encontradas no farelo e/ ou no endosperma têm sido relacionados a diferentes efeitos no organismo como provenientes a presenças de compostos fenólicos que apresentam atividades antioxidantes que 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).

Esses Compostos fenólicos são encontrados em grãos de arroz de coloração pigmentado, como o preto e vermelho, e em arroz não pigmentado, como o arroz branco, parboilizado e integral, que estão principalmente distribuídos no seu pericarpo. Podem ser separados em três principais grupos: ácidos fenólicos, flavonóides e proantocianidinas. Diferentemente de frutas e vegetais, os grãos de arroz apresentam altas concentrações de ácido ferúlico, composto com grande potencial anti-inflamatório. Os principais flavonoides encontrados em arroz de pericarpo preto e vermelho são as antocianinas sendo considerados os compostos com maior capacidade antioxidante neste grão.

Recentemente, pesquisas têm sido realizadas com o objetivo de desenvolver melhores variedades de arroz, ricas em certos compostos funcionais. Essas substâncias têm sido associadas à prevenção de alguns tipos de doenças como cardiovasculares, certos tipos de câncer e outras doenças relacionadas ao envelhecimento, graças às suas propriedades antioxidantes.

Os antioxidantes são definidos como moléculas orgânicas capazes de promover a saúde através da proteção de células corporais contra os danos causados pelos radicais livres e

pelas espécies reativas de oxigênio, os quais podem exercer efeitos metabólicos deletérios. O arroz é rico em compostos antioxidantes como os flavonóides, a isovitexina, o alfa-tocoferol, o c-oryzanol, a vitamina E, as antocianinas e o ácido fítico.

Esta pesquisa tem por objetivo determinar e comparar a concentração de compostos fenólicos e antocianinas totais e avaliar a capacidade antioxidante de arroz polido, integral e parboilizado, de variedades pigmentadas e não pigmentadas disponíveis no comércio.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2. 1. Arroz: Aspectos Históricos

Diversos historiadores apontam o sudeste da Ásia como o local de origem do arroz. Duas formas silvestres são apontadas na literatura como precursoras do arroz cultivado: a espécie *Oryza rufipogon*, procedente da Ásia, originando a *O. sativa*; e a *Oryza barthii* (*Oryza breviligulata*), derivada da África Ocidental, dando origem à *O. glaberrima* (EMBRAPA, 2010).

Alguns pesquisadores apontam o Brasil como o primeiro país a cultivar esse cereal no continente americano, porém há uma série de controvérsias quanto à introdução do arroz europeu no Brasil. O arroz era o "milho d'água" (abati-uaupé) que os tupis, muito antes de conhecerem os portugueses, já colhiam nos alagados próximos ao litoral. Foi também mencionado na famosa *Carta do Achamento do Brasil*, escrita por Pero Vaz de Caminha, que afirma que os indígenas "de tudo o que lhes deram comeram mui bem, especialmente ladão cozido, frio e arroz". Em 1766, a Coroa Portuguesa autorizou a instalação da primeira descascadora de arroz no Brasil, na cidade do Rio de Janeiro. Portanto, a prática da orizicultura no Brasil, de forma organizada e racional, aconteceu em meados do século XVIII e, daquela época até a metade do século XIX, o país foi um grande exportador de arroz (EMBRAPA, 2010; SLOW FOOD BRASIL, 2011).

A produção anual mundial de arroz é de aproximadamente 606 milhões de toneladas. O continente asiático é a principal região produtora, representando mais de 87% da produção mundial. O Brasil participa com 13.140.900 toneladas e destaca-se como único país não asiático entre os 10 maiores produtores, sendo o maior fora do continente asiático e assim ocupa a 9ª posição, o que corresponde a 2,2% da produção mundial e 50% da produção da América Latina (FAO, 2006; CONAB, 2007). A China lidera o *ranking* de maior produtor mundial de arroz, detendo mais de 30% do volume total produzido no planeta (INFOCOMM,

2010). O Continente da América Latina é o segundo maior produtor e o terceiro maior consumidor de arroz (EMBRAPA, 2007).

O Brasil possui grande potencial para aumentar a colheita de arroz, seja expandindo a área cultivada ou aumentando a produtividade nas diferentes regiões orizícolas (CONAB, 2007). No Brasil, o cereal ocupa o terceiro lugar na produção de grãos, ficando somente atrás da soja e do milho (EMBRAPA, 2005).

2.2. Estrutura e Composição Química do Grão de arroz

O grão de arroz consiste basicamente de endosperma, de várias camadas protetoras e do gérmen, como apresentado na figura esquemática 1. O endosperma corresponde a 89 – 94% do arroz integral que consistem basicamente de células ricas em grânulos de amido e com alguns corpos proteicos. As diferentes camadas protetoras que envolvem o endosperma são conhecidas no seu conjunto como farelo e corresponde, da mais externa para a mais interna, ao pericarpo, tegumento e camada de aleurona. O farelo representa ao redor de 10% do peso do grão e sua composição química não é uniforme. O pericarpo é rico em proteínas, lipídeos, vitaminas, sais minerais e também em compostos bioativos, incluindo os grãos pigmentados que conferem a coloração ao grão vermelho. A chamada de aleurona apresenta duas estruturas de armazenamento proeminentes sendo um corpo proteico e outro lipídico. Já o embrião ou gérmen está localizado no lado ventral, na base do grão, sendo em rico em proteínas e lipídio, representando em 2-3% do arroz integral (ZHOU et al., 2002).

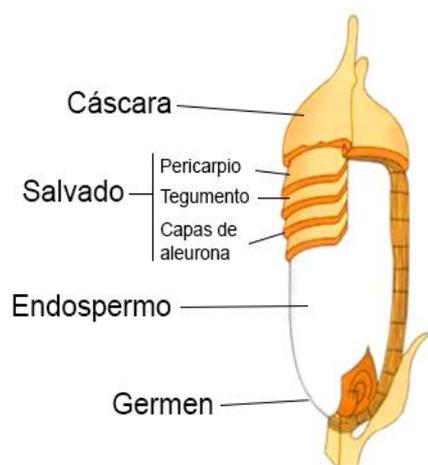


Figura 1: Estrutura do grão de arroz

Fonte: Zamorasfoo

2.3. Classificações do arroz

O arroz pode ser classificado em grupos, subgrupos, classes e tipo segundo a portaria nº 269/88 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA. Conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Classificação do grão arroz segundo a Portaria nº 269/88 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento- MAPA.

Grupo	Subgrupo
Arroz em casca	Natural
	Parboilizado
Arroz Beneficiado	Integral
	Parboilizado
	Parboilizado Integral
	Polido

Fonte: Portaria nº 269/88 do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (BRASIL, 1988).

O arroz em casca natural é o produto que antes do beneficiamento não passa por qualquer preparo industrial ou processo tecnológico. Após o recebimento do produto bruto na indústria, o arroz passa por uma etapa de amostragem e classificação para aferição da qualidade. Os próximos passos são o da limpeza e beneficiamento dos grãos (AMATO *et al*, 2005). O arroz descascado ou arroz integral (esbramado) é o produto do qual somente a casca foi retirada, enquanto arroz beneficiado é o produto maduro que foi submetido a algum processo de beneficiamento e se encontra desprovido, no mínimo, da sua casca. No Brasil, o arroz é consumido e comercializado principalmente na forma polida, mas outras formas de beneficiamento - integral, parboilizado polido e parboilizado integral – são comercializados em menor escala (AMATO *et al*, 2005).

O arroz polido passa pelo processo de beneficiamento onde se retirada a casca, e o grão é feito um polimento. Neste processo ocorre a remoção da película e embrião, que são as camadas mais ricas em nutrientes, fazendo com que o grão perca grande parte da sua riqueza nutricional.

Quanto mais intensa a remoção de farelo mais claro será o arroz produzido. A cor do arroz é um importante parâmetro sensorial, já que em muitas regiões quanto mais claro o grão

for beneficiado maior o seu valor de mercado (KENNEDY et al., 2002; LAMBERTS et al., 2007; LIANG et al., 2008). Segundo Monks et al. (2013) a maioria dos consumidores prefere um grão sem farelo remanescente no endosperma ou com pouco de farelo, ou seja, preferem um arroz bem polido.

O processo de parboilização foi descoberto, por acaso, pelo químico e nutrólogo inglês Eric Huzenlaub, no início do século XX. Na década de 1940, Huzenlaub associou-se ao americano Gordon L. Harwell e fundaram, nos Estados Unidos a Converted Rice, Inc., a primeira empresa de arroz a utilizar tecnologia na parboilização do arroz. No Brasil, a tecnologia de parboilização foi introduzida na década de 1950. O arroz parboilizado era conhecido como arroz Malekizado e, também, como: amarelão, amarelo e macerado. A parboilização é o processo hidrotérmico no qual o arroz em casca é imerso em água potável a uma temperatura acima de 58°C, seguidos de gelatinização parcial ou total do amido e secagem. Durante o processo de pré-cozimento, em que os nutrientes do pericarpo são parcialmente passados para a cariopse do grão.

Seu sabor característico e seu tom amarelado são decorrentes da mudança da estrutura do amido e fixação dos nutrientes, o que indica que o arroz parboilizado tem preservadas suas propriedades nutritivas naturais. A palavra parboilizado tem origem na adaptação do termo inglês parboiled, proveniente da aglutinação de partial + boiled, ou seja, parcialmente fervido (AMATO *et al.*, 2005).

O grão pode ser comercializado na forma integral ou polido, com aumento do rendimento industrial. O arroz Integral é o subgrupo que sofre apenas a retirada da casca, não sendo submetido ao polimento. Sua aparência mais escura deve-se à presença da camada de farelo e do germe. Concentra uma maior quantidade de fibras, proteínas, cálcio, fósforo, ferro e vitaminas do complexo B (ALMANAQUE DO ARROZ, 2011).

O “arroz vermelho” deve-se à coloração avermelhada do pericarpo dos grãos, devido ao acúmulo de tanino ou de antocianina. A forma mais conhecida desses grãos é a espontânea, considerada uma planta daninha na cultura do arroz devido aos prejuízos à lavoura ocasionados pela competição por água, luz e nutrientes, afetando o desenvolvimento do arroz cultivado, e pela depreciação do produto final (WALTER, 2009).

Apesar de ser uma “praga” nas lavouras, o arroz-vermelho é considerado um dos principais componentes na dieta alimentar das populações que habitam grande parte do Semiárido nordestino brasileiro. É cultivado também em áreas isoladas no centro-oeste, e no Norte, onde recebe também os nomes de arroz da terra, arroz de Veneza, arroz maranhão entre outros. 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, sendo o arroz-vermelho considerado uma iguaria gastronômica e uma das fortalezas, pela associação internacional *Slow Food* (entidade sem fins lucrativos fundada em 1989 como resposta aos efeitos padronizantes do *fast food*) (SLOW FOOD BRASIL, 2008; EMBRAPA, 2008).

Arroz Preto conhecido como “arroz proibido”, por ter sido consumido antigamente só pelo imperador chinês. Cultivado na China há mais de 4 mil anos, com fama de ser um produto afrodisíaco, era chamado de “Arroz Proibido”. Por ser consumido apenas pelo Imperador, deixava a seus súditos somente a produção dos grãos. No Brasil, seus estudos tiveram início em 1994. Desenvolvida pelos pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), perceberam-se as características de solo e de clima paulistas, e o batizaram com o nome de IAC-600.

É um produto rico em compostos fenólicos que são benéficos à saúde, pois são substâncias que previnem o envelhecimento devido ao seu poder antioxidante. É um produto exótico e vêm tomando atenção dos chefes da gastronomia nacional e internacional, capaz de estar tanto em pratos frios como quentes, simples e mais elaborados.

2.4. Compostos Bioativos

Os alimentos fornecem nutrientes essenciais e necessários para a vida, mas também compostos bioativos que são essências para promover benefícios à saúde e reduzir o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis. Esse efeito protetor a saúde tem sido atribuída a propriedades biológicas, tais como atividade antioxidante, anti-inflamatória de nutrientes como os de compostos fenólicos principalmente os flavonoides.

Devido a incompleta eficiência do sistema endógena de defesa, a influência de fatores externos como fumo, poluição, radiação UV e alimentação bem como a existência de alguns processos fisiopatológicos (envelhecimento, obesidade, inflamação e isquemia), está bem estabelecida a importância de compostos bioativos provenientes da dieta que podem ajudar a suprir esta deficiência e também promover proteção, prevenção ou redução dos efeitos causados pelo estresse oxidativo (HUONG et al, 2005; PIETTA, 2000).

2.4.1. Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são substâncias amplamente distribuídas na Natureza, mais de 8000 compostos fenólicos já foram detectados em plantas. Esse grande e complexo grupo faz parte

dos constituintes de uma variedade de vegetais, frutas e produtos industrializados. Podem ser pigmentos, que dão a aparência colorida aos alimentos, ou produtos do metabolismo secundário, normalmente derivado de reações de defesa das plantas contra agressões do ambiente. Esses compostos agem como antioxidantes, não somente pela sua habilidade em doar hidrogênio ou elétrons, mas também em virtude de seus radicais intermediários estáveis, que impedem a oxidação de vários ingredientes do alimento, particularmente de lipídios (BRANDWILLIAMS; CUVELIER; BERSSET, 1995).

Apresentam em sua estrutura, vários grupos benzênicos característicos, tendo como substituintes grupamentos hidroxilas (HERNÁNDEZ; PRIETO GONZÁLES, 1999). Esta classe de compostos apresenta uma grande diversidade e divide-se em flavonóides (polifenóis) e não-flavonóides (fenóis simples ou ácidos). Os átomos de hidrogênio dos grupos hidroxila adjacentes (orto-difenóis), localizados em várias posições dos anéis A, B e C, as duplas ligações dos anéis benzênicos e a dupla ligação da função oxo ($-C=O$) de algumas moléculas de flavonóides garantem a esses compostos sua alta atividade antioxidante (HRAZDINA; BORZEL; ROBINSON, 1970; RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996).

2.4.2. Flavonóides

Os flavonoides são caracterizados estruturalmente como difenilpropanos ($C_6-C_3-C_6$) com 15 átomos de carbono arranjo em três anéis, identificado como A, B e C e ocorrem naturalmente nos alimentos vegetais, devido às cores vibrantes apresentadas por alguns flavonóides (flavonas e antocianinas), estes podem agir como atrativos para insetos polinizadores, além disso, a característica adstringente das catequinas e outros flavonoides representam um sistema de defesa contra alguns insetos. Podem agir também como protetores de células vegetais por sequestrar espécies reativas de oxigênio (ERO) produzidas pela radiação UV a fotossíntese (PIETTA, 2000).

A atividade antioxidante dos flavonoides é devida a sua habilidade de sequestrar radicais livres, atuando como doadores de hidrogênio, e quelar metais, reduzindo o potencial de ocorrência de doenças crônicas- degenerativas (GONZALO e ALONSO, 2002; RICE-EVANS et al., 1996).

2.5.Capacidade Antioxidante

O termo Antioxidante pode ser definido de múltiplas formas por diversos autores. De acordo com Halliwell et al. (1995), antioxidantes são substancias que em pequenas concentrações, comparado ao substrato oxidável, retardam ou previnem significamente o inicio ou a propagação da cadeia de reações de oxidação.

Harman e Eddy (1979), propuseram que o envelhecimento era o resultado de mudanças progressivas causadas por danos acumulativos de radicais livres, imediatamente levantou-se a possibilidade de que as moléculas antioxidantes poderiam retardar o processo de envelhecimento e prolongar a vida do ser humano.

No entanto, isso tem sido difícil de ser aplicado pois, provavelmente, os antioxidantes estão sendo utilizados na alimentação humana para corrigir uma deficiência relacionado ao hábito alimentar. Dessa forma, acredita-se que esses experimentos foram os que nortearam as primeiras ideias nas mentes dos cientistas e do público em geral de que os antioxidantes poderiam ser a “fórmula da juventude” que todos estavam buscando. (HALLIWELL; GUTTERIDGE, 2007; GRUBER; SCHAFFER, 2008).

Assim, torna-se importante destacar que as células do organismo humano estão expostas continuamente a situações oxidantes e que a produção de radicais livres faz parte do metabolismo normal, como também o organismo produz compostos antioxidantes que participa da manutenção do balanço oxidativo. (HEIM et al.,2002). O desequilíbrio desse balanço é chamado estresse oxidativo e resulta em alterações nas células e tecidos de várias formas: danificado biomoléculas originando produtos tóxicos, alterando a expressão gênica e atividade de enzimas (STANNER et al., 2004) e ocasionando a ruptura de membrana levando à morte de células. (CERQUE; RA; MEDEIROS; AUGUSTO, 2007). Desse modo, considera-se que os antioxidantes estão de encontro com o processo de envelhecimento orgânico, contribuindo para que a população envelheça de forma saudável.

3. METODOLOGIA

3.1. Amostras

Foram realizadas análises de 29 amostras de arroz sendo polido, integral, parboilizado (3 marcas de cada tipo realização em triplicata) e arroz vermelho e preto (1 marca de cada tipo), foram adquiridas em supermercados da região metropolitana de Cuiabá, no qual foram armazenados cerca de 300 g de cada amostra, em bolsas de polietileno sob refrigeração.

No dia anterior a realização das análises, as amostras foram moídas em um moinho de bola, com o intuito de reduzir a granulometria do arroz, assemelhando-se a uma farinha ao fim do processo.

3.2. Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas realizadas foram as seguintes: Umidade, Cinzas, Lipídeos, Proteínas e carboidratos determinados por diferença, além do valor energético. Para a determinação da umidade, os cadinhos de porcelana foram higienizados e tarados em estufa a 105°C por 1 hora. Na sequência foi pesado 4 g da amostra, e então colocou-se novamente na estufa a 105°C por 24 horas.

O teor de cinzas foi realizado com a massa do material antes submetido à determinação da umidade, após a queima em mufla a temperatura de 550° C até peso constante.

Os lipídeos foram determinados pelo método intermitente Soxhlet. Foram pesados 4 gramas das amostras de arroz, em cápsulas taradas, no qual estas ficaram em estufa a 105°C por 24 horas. Posteriormente, a amostra seca foi colocada em cartuchos feitos com papel filtro, e na sequência o cartucho foi transferido para o aparelho Soxhlet, conectando com o condensador e o reboiler (estes que foram previamente tarados em estufa a 105°C por uma hora, esfriados em dessecador e pesados) e foi então adicionando 150 mL de éter de petróleo em cada reboiler. O aparelho foi ligado e a extração durou em torno de 6 horas. Uma parte do éter de petróleo foi recuperado no próprio aparelho. Quando havia pouco éter no reboiler, este foi deixado a 105° na estufa, por uma hora. Então o reboiler foi esfriado em dessecador e teve a sua massa aferida.

A determinação do teor de proteínas foi realizada de acordo com o método de Kjeldahl. Que consistiu em digerir 0,2 g da amostra, juntamente com 1 g de uma mistura de catalisadores na proporção de 2:1 (K₂SO₄ e CuSO₄) e 5 mL de Ácido Sulfúrico concentrado. Os tubos de kjeldahl foram colocados em um bloco digestor por cerca de 5 horas, no qual a

cada 30 minutos a temperatura foi aumentada em 50°C até a temperatura de 350°C, o final da digestão ocorreu quando as amostras adquiriram uma cor verde água. Na sequência foi realizada a destilação da amostra em um destilador de nitrogênio, acrescentando um excesso de hidróxido de sódio (50%), a amostra foi recolhida em um becker contendo 10 mL de ácido bórico (2%) juntamente com os indicadores vermelho de metila e verde de bromocresol, a destilação ocorreu até que 50 mL fosse transferida para o becker. Por fim, foi titulado o destilado com uma solução padronizada de HCl a 0,02 M. Os valores de nitrogênio total obtidos, foram multiplicados pelo fator de conversão específico para o arroz, que é de 5,95 (CECCHI, 2003).

A porcentagem de carboidratos foi calculada por diferença, ou seja, o teor corresponde ao valor de 100 descontado das porcentagens de umidade, cinzas, lipídeos e proteínas (todos em base úmida), expressos em $\text{g } 100\text{g}^{-1}$.

3.3. Análises de Compostos Bioativos

Os extratos para as análises de compostos fenólicos, antocianinas totais, flavonoides totais e compostos antioxidantes, foram obtidos pelo método hidroalcoólico a frio, segundo proposição de Vedana (2008). Onde pesou-se 0,5 g da amostra e dissolveu-se em 20 mL de álcool 60%, em seguida, colocou-se em agitador por 1 hora. Após isso, a amostra foi filtrada e armazenada na geladeira até o momento da análise.

Os compostos fenólicos foram determinados de acordo com o procedimento convencional espectrofotométrico de Singleton e Rossi (1965) com reagente de Follin-Ciocauteau a 760 nm. Os resultados obtidos foram calculados com base no ácido gálico como padrão. Os resultados do teor de compostos fenólicos totais foram expressos como equivalentes de ácido gálico (mg AG/g) e calculados por meio de uma curva construída com concentrações.

A análise de antocianinas totais seguiu a metodologia de pH diferencial proposta por Francis (1982). Adicionou-se 1,5 ml de extrato utilizando-se soluções tampão pH 1 (KCl 0,025M) e pH 4,5 (C₂H₃NaO₂ 0,4M) em dois balões de 50ml para cada extrato, com posterior leitura em espectrofotômetro de absorção nas faixas de 520 e 700 nm. Obtém-se o valor de antocianinas totais por meio de equação e resultado expresso em cianidina-3-glucosídeo.

A concentração de flavonoides totais seguiu a metodologia descrita por Woisky e Salatino (1998), onde inicialmente preparou-se a curva de calibração, utilizando-se solução de

catecol como padrão. Após adição de NaNO₂ 5% (m/v), AlCl₃ 10% (m/v) e NaOH. Leu-se a absorbância a 420nm em espectrofotômetro UV-VIS. Os resultados foram expressos em mg de catequina equivalente (CE) /100 g da amostra.

3.4. Análises de Atividade Antioxidante

Os extratos foram preparados com 1 g de amostra, onde adicionou-se 40 mL de metanol 50% homogeneizado e centrifugado durante 5 min, transferiu-se o sobrenadante para um balão volumétrico de 100 ml. A partir do resíduo da primeira extração, adicionou-se 40 ml de acetona 70% e centrifugou-se novamente, transferiu-se o sobrenadante para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante e completar o volume para 100 mL com água destilada.

O método DPPH é 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 foi utilizado na concentração de 60µM, dissolvido em álcool metílico. Em ambiente escuro, transferiu-se uma alíquota de 0,1mL de amostra para tubos de ensaio contendo 3,9mL do radical DPPH, em seguida, homogeneizados. Utilizou-se 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 foram armazenadas em ambiente escuro. Como branco sendo utilizado o álcool metílico e a curva padrão realizada a partir da solução inicial de DPPH (60µM).

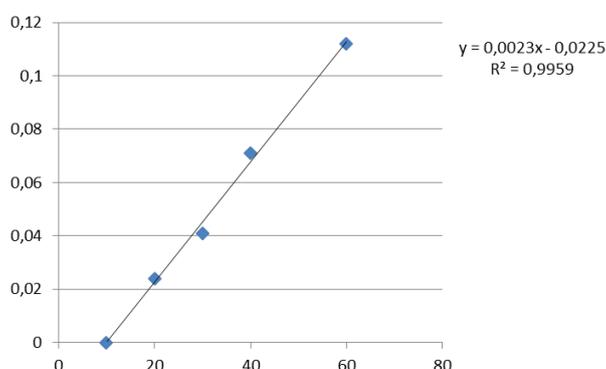


Figura 2: Curva Padrão DPPH.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Determinação Físico-Químicos

A tabela 2 apresentam os resultados das médias do parâmetro físico-química na determinação de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, carboidratos e valor energético de grãos de arroz polido, integral, parboilizado, vermelho e preto comercializados na região de Cuiabá-MT.

Tabela 2 – Resultados Físico- Químicos em arroz pigmentado e não pigmentados.

Arroz	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídeos (%)	Proteínas (%)	Carboidratos (%)
Polido A	11,85	0,36	0,14	6,54	81,11
Polido B	11,11	0,35	0,46	6,38	81,70
Polido C	11,69	0,32	0,28	5,2	82,51
Integral A	11,85	1,37	1,31	6,06	79,42
Integral B	11,02	1,02	1,54	7,54	78,87
Integral C	11,96	1,23	1,87	6,01	78,93
Parboilizado A	11,11	0,55	0,22	5,30	82,82
Parboilizado B	10,99	0,62	0,45	5,62	82,33
Parboilizado C	11,69	0,57	0,33	5,35	81,41
Vermelho	11,11	1,25	1,99	8,99	76,66
Preto	11,23	1,25	2,02	7,93	77,57

O teor de umidade dos grãos de arroz é um dos fatores mais importantes que podem afetar os alimentos, pois tem efeito direto sobre a qualidade, estabilidade e na composição. É indispensável à determinação do teor de umidade de um produto para que sejam evitadas as fraudes, alterações ou induzir o consumidor ao erro.

Segundo Lacerda Filho e Silva (1989), teores de umidade acima de 14% podem intensificar a atividade respiratória dos grãos, o que predispõe ao ataque de microrganismos. Por outro lado, baixos teores de umidade podem ocasionar baixo rendimento de grãos inteiros, por causa do beneficiamento.

Os resultados obtidos na análise de umidade variaram de 10,99 a 11,85%, estando de acordo com o limite máximo estabelecido de 14% pela Instrução Normativa n.º 6 (BRASIL, 2009). Demonstrando assim que neste estudo a qualidade das variedades de arroz está garantida neste requisito.

A composição de minerais do arroz sofre variações em função das diferentes formas de processamento que o grão sofre antes de ser oferecido ao consumidor. De acordo com Rodrigues (2008) dentre os sais minerais que se destacam no arroz, tem-se: cálcio, fósforo, ferro, sódio e potássio. Para Amato et.al (2002) as vitaminas e sais minerais deste cereal estão concentradas na sua película e embrião e a remoção dessas camadas durante o processo de beneficiamento reduz muito o seu valor nutricional. No qual Walter (2008) afirma que 72% dos minerais se encontram no farelo do arroz e apenas 28% no grão polido.

Dessa forma, o arroz integral, vermelho e preto apresentou resultados semelhantes por possuir as camadas externas do grão, faz com que tenha um maior teor de minerais, quando comparados com o arroz parboilizado e polido. Fato este que ficou evidenciado com os resultados obtidos para a análise de cinzas, no qual o teor desse parâmetro para o arroz integral oscilou de 1,02 a 1,37%, enquanto que no arroz vermelho e preto apresentaram a mesma média de 1,25%, já o parboilizado e polido foram determinados teores de 0,55 a 0,62% e 0,32 a 0,36%, respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados para o teor de cinzas no arroz integral por TACO (2011), apud Naves (2007) e Storck (2004) sendo de 1,2; 1,3 e 1,15%. Em relação ao teor de minerais nas amostras de arroz parboilizado, Storck (2004) e Zhou et.al (2002) determinaram teores de 0,67 e 0,70%, ou seja, um pouco superiores aos encontrados nas marcas de arroz analisadas. Storck (2004) encontrou resultados similares para o arroz polido 0,30%, entretanto Castro (2014) que analisou cultivares provenientes do Rio Grande do Sul determinou teores mais elevados que oscilaram de 0,35 a 0,48%, no arroz vermelho e preto foi encontrado valores superiores em cinzas no estudo realizado por Vargas et al (2015) com 1,82 a 1,91% respectivamente, demonstrando maior teor de minerais.

O arroz parboilizado apresenta maior quantidade de minerais em relação ao polido, em virtude que durante o processo de parboilização ocorre à migração dos minerais das camadas externas para o endosperma. (JULIANO, 1993).

Os lipídios podem ser encontrados organizados em corpos lipídicos (esferossomos) na camada de aleurona, no embrião e no endosperma, ou associados a grânulos de amido (LUMEN & CHOW, 1995). Entretanto, a maior concentração ocorre no gérmen (1/3 do conteúdo total) e na camada de aleurona. Dessa forma, a concentração de lipídios é maior no arroz integral, sendo reduzida com o processo de polimento, geralmente observando-se concentrações inferiores a 1% no arroz polido (WALTER et.al, 2008).

A quantidade de lipídeos apresentou diferença entre as variedades, sendo mais elevada para a cultivar de arroz preto e vermelho com média de 2,02 e 1,99 respectivamente. Yoshida

et al. (2010) encontraram maior conteúdo de lipídeos no arroz preto integral do que no arroz vermelho integral, mostrando o mesmo encontrado neste estudo. No entanto, a composição química e nutricional dos grãos de arroz pode variar consideravelmente, dependendo de diversos fatores, como influências ambientais, fatores genéticos, uso de fertilizantes, intensidade de polimento e condições de armazenamento dos grãos (HOUSTON, 1972).

No integral, oscilou entre 1,31 e 1,87%, enquanto que no arroz parboilizado e polido apresentou baixo valor lipídico com teor desse nutriente de 0,22 a 0,45% e 0,14 a 0,46%, respectivamente. O trabalho realizado por Vargas et al (2015) apresentou resultados superiores a este estudo com valor de 2,67 para arroz vermelho e de 7,78 para o arroz de coloração preta. Storck (2004) encontrou valores semelhantes para o arroz integral e polido, sendo de 2,52% e 0,36%, entretanto obteve um resultado superior para o arroz parboilizado 0,69%. Já no trabalho de Zhou et. al (2002) o teor de lipídeos no arroz parboilizado foi de 0,30%.

Castro (2014) ao analisar quatro variedades de arroz integral e polido, determinou que o teor de lipídeos oscilou entre 2,05 e 2,45% para o arroz integral e de 0,22 a 0,51% para o polido, com este último um pouco acima do encontrado no presente estudo.

As proteínas desempenham um papel de extrema importância no organismo. Mahan (1998) afirma que essas estruturas estão envolvidas nos processos metabólicos e na construção e manutenção dos tecidos orgânicos, também atuando na formação de enzimas, hormônios e vários líquidos e secreções corpóreas. Sendo que as frações de proteína do arroz são constituídas por albumina, globulina e glutelina (SGARBIERI, 1996; TAIRA, 1995). No arroz, além de função nutricional, as proteínas têm propriedades organolépticas e de textura (CECCHI, 2003).

O teor de proteína foi consideravelmente elevado para arroz pigmentado, onde foram encontrados valores de 8,99% para a variedade vermelha e 7,93% para a cultivar preta. Em estudo realizado por Sompong et al. (2011) os teores de proteína das nove diferentes variedades de arroz vermelho variaram entre 7,16% - 10,36%, enquanto das três variedades de arroz preto entre 8,17% - 10,85%, demonstrando valores próximos aos encontrados no presente estudo.

A proteína das amostras de arroz integral oscilou entre 6,01 a 7,57%, no qual a marca com o maior teor proteico foi o integral B. Resultados semelhantes ao encontrado por Naves (2007), Wendt (2012) e pela Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011) que foram respectivamente de 7,2, 7,2 e 7,3%. Já nas amostras de arroz parboilizado o teor de

proteínas foi de 5,30 a 5,62 %. Bortolini (2010) encontrou um teor de 5,95% de proteína em amostras de arroz parboilizado no Rio Grande do Sul.

As amostras de arroz polido oscilaram de 5,20 a 6,80%. Os resultados estão semelhantes aos encontrados por Storck (2004) que foi em torno de 6% e de Zhou et.al (2004) que encontrou um teor de 6,7%, enquanto que no trabalho de Castro (2014) foram encontrados teores entre 5,27 e 6,02% de proteínas.

Essa variação do teor de proteínas está de acordo com a literatura. Segundo Kennedy & Burlingame (2003) o teor proteico de cultivares de arroz é entre 5 e 13%. Sendo que os fatores que podem influenciar no teor deste nutriente são nitrogênio do solo, radiação solar, grau de maturação da planta, aplicação de fertilizantes, temperatura, períodos de curta maturação e beneficiamento (ADU-KWARTENG et. al, 2003).

É válido destacar que embora as maiores variações no conteúdo proteico foram no arroz pigmentados, não significa que a coloração é a principal influenciadora, mais sim seu beneficiamento, ambiente e manejo da cultura que pode afetar o acúmulo de proteína na cariopse, assim como a disponibilidade de nitrogênio no solo são fatores importantes no aumento do teor desse nutriente.

O principal constituinte do arroz são os carboidratos, os quais estão presentes na maior parte, sob a forma de amido (90%), no endosperma (COFFMAN et. al, 1987). O arroz polido contém maior quantidade de carboidratos disponíveis à digestão do que o integral, o qual contém expressiva quantidade de fibra alimentar (JULIANO et.al, 1993). Além de amido, a fração de carboidratos não fibrosos contém pequenas quantidades de açúcares livres, incluindo sacarose (80 a 215 mg%), frutose (14 a 63 mg%) e glicose (20 a 25 mg%) (MATSUO et. al, 1995).

Dentro as amostras analisadas são possíveis comprovar os teores de carboidratos é maior no arroz polido e parboilizado, devido ao processo industrial que o arroz passa, onde é retirada a casca obtida a partir do polimento do grão integral, através de máquinas que provocam o atrito dos grãos, removendo proporções variáveis das suas camadas mais externas, e assim estando presente maior quantidade de amido nos grãos.

Com relação ao teor de carboidratos totais, o arroz integral apresentou teores entre 78,87 a 79,42%, já o preto e vermelho apresentou 77,57 e 76,66% respectivamente, sendo resultados inferiores em relação ao arroz parboilizado e polido, que foram de 81,41 a 82,82% e de 81,11 a 82,51%, respectivamente. Estes teores estão de acordo com o encontrado por Storck (2005) que determinou um teor de 77,4% no arroz integral e encontrou um teor um pouco abaixo para o arroz polido 80,4%, já no trabalho de Zhou et. al (2004) o teor em

relação a esta variável para o arroz parboilizado foi de 81,3%. Enquanto que na TACO (2011) o teor de carboidratos para o arroz integral é de 77,5% e para o polido é de 78,8%, ou seja, valores inferiores aos encontrados.

4.2. Determinação de Compostos Bioativos.

A tabela 3 apresentam resultados obtidos no parâmetro de compostos bioativos como compostos fenólicos (CFT), Flavonoides (FT) e Antocianinas totais (ACT) de arroz polido, parboilizado, integral, vermelho e preto de diferentes processos tecnológicos.

Tabela 3: Resultados dos parâmetros de compostos bioativos: Compostos fenólicos totais (CFT), Flavonoides totais (FT) e Antocianinas Totais (ACT) em arroz pigmentado e não pigmentados.

Amostra Arroz	CFT (mg AG/g)	FT (mg CE/100g)	ACT (mg /100g)
Polido A	8,50 ±0,002	5,17 ±0,004	0,0±0,00
Polido B	8,50 ±0,001	5,17 ±0,003	0,0±0,00
Polido C	9,81 ±0,003	3,87 ±0,001	0,0±0,00
Integral A	22,52 ±0,007	3,01±0,006	0,0±0,00
Integral B	16,39±0,004	2,36 ±0,001	0,0±0,00
Integral C	21,20±0,002	4,09 ±0,001	0,17±0,001
Parboilizado A	19,01±0,007	4,74±0,002	0,11±0,001
Parboilizado B	14,63±0,006	4,30±0,005	0,06±0,001
Parboilizado C	26,46±0,014	4,74±0,002	0,11±0,000
Vermelho	153,08±0,008	31,76±0,006	0,72±0,001
Preto	197,33±0,005	61,38±0,001	0,83±0,002

AG - Ácido gálico. CE- Catequina equivalente.

Os teores de compostos fenólicos totais variam muito em função da pigmentação do pericarpo e também entre genótipos com a mesma cor. A literatura menciona teores de 240 a 1056 mg equivalentes de ácido gálico/100g no arroz preto e variação de 79 a 700 mg equivalentes de ácido gálico/100g no arroz vermelho (SHEN et al., 2009; SOMPONG et al., 2011; CHEN et al .2012; MIN et al.,2012).

Conforme a (tabela 3) o grão de arroz preto apresentou os maiores teores de CFT com uma média de 197,33 equivalentes em ácido gálico/100g. Na literatura mencionada acima o

arroz de pericarpo vermelho apresenta resultados semelhantes na variação com 153,08mg equivalentes de ácido gálico/100g, Já o pericarpo preto apresentando resultados inferiores, sendo que estudo realizado por Zhou et al. (2004) explica que os motivos pode estar relacionado ao armazenamento do grão devido a concentração de ácidos fenólicos livres no arroz aumenta significativamente durante o armazenamento, provavelmente como resultado da liberação enzimática ou não enzimática de ácidos fenólicos ligados.

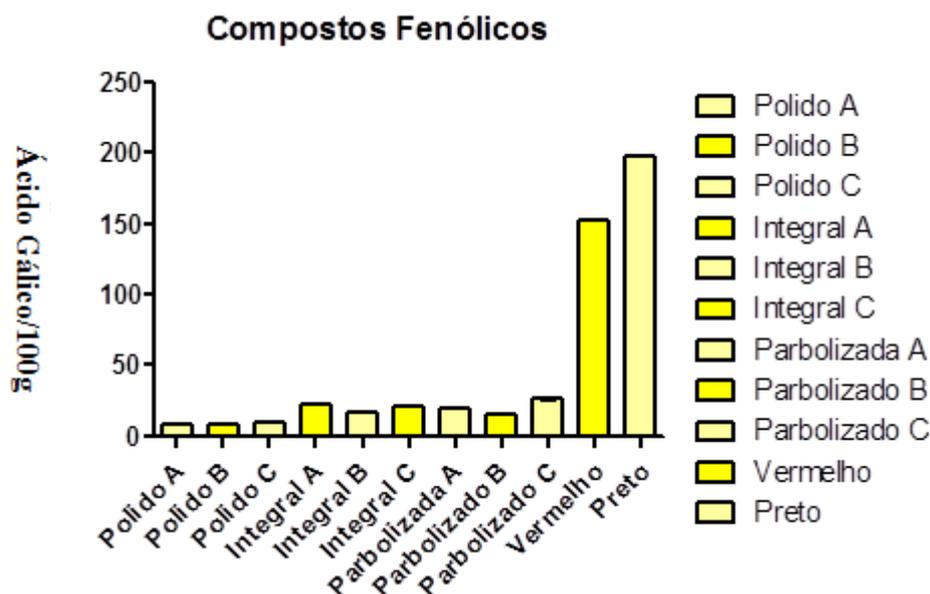
A diferença de tores de CFT entre variedades não pigmentadas de arroz e variedades pigmentadas é evidenciada na tabela 3. O arroz branco polido apresentou teor menores, com variação na média de $8,50 \pm 0,002$ a $9,81 \pm 0,003$ equivalentes de ácido gálico/100g. Sendo assim, o arroz polido em comparação ao pericarpo preto e vermelho apresenta teores menores de composto fenólicos, sendo de vinte e dezesseis vezes a menos, respectivamente. Segundo (ZHOU et al., 2004), o polimento reduz significativamente a concentração de fenólicos, já que esses estão localizados principalmente nas camadas externas do grão. KONG e LEE (2010) e GUNARATNE et al. (2013) também já verificaram que o aumento da intensidade de polimento, como já discutido anteriormente, resulta na redução do conteúdo de fenólicos no grão de arroz.

O arroz não pigmentado integral houve diferença significativa entre as amostras, tendo o maior teor CFT no integral A, com uma variação média de $22,52 \pm 0,007$ em equivalentes em ácido gálico. Em comparação com o arroz integral, o arroz de cultivar preto e vermelho tem em média nove, sete vezes mais CFT em comparação ao arroz integral A, respectivamente.

Assim como o polimento reduz o conteúdo de compostos fenólicos do grão de arroz, o processo de parboilização provocou redução no conteúdo de compostos fenólicos totais dos grãos de arroz. Mais conforme a (tabela 3) entre todas as amostras de arroz não pigmentadas o arroz Parboilizado C foi o que apresentou melhor resultado em CFT com $26,46 \pm 0,014$ equivalentes em ácido gálico/100g, em estudo realizado por Lamberts et al. (2008) mostra que durante o processo de parboilização ocorre certa perda de compostos fenólicos, ou por degradação térmica e/ou lixiviação desses compostos para a água de parboilização, no entanto, também ocorre de certa forma, uma intensa migração desses compostos para a camada interna do grão, conteúdo de compostos fenólicos maiores. Esta amostra teve uma diferença de aproximadamente sete e seis vezes a menos no teor de CFT do arroz preto e vermelho, respectivamente.

Na figura 3 é possível observar variação dos compostos fenólicos dos grãos de pericarpo pigmentados e os não pigmentados. Demonstrando que o arroz preto e vermelho obteve os melhores resultados.

Figura 3: Concentração de compostos fenólicos dos grãos de arroz com pericarpo pigmentado e não pigmentados.



Os flavonóides são a classe de compostos fenólicos mais abundantes nos vegetais. São compostos que apresentam dois anéis aromáticos ligados a três carbonos, dentro dessa classe existem diversos grupos que são classificados em função, principalmente, do grau de oxidação da cadeia de três carbonos, incluindo as antocianinas, as flavonas e os flavonóis (TAIZ e ZEIGER, 2009).

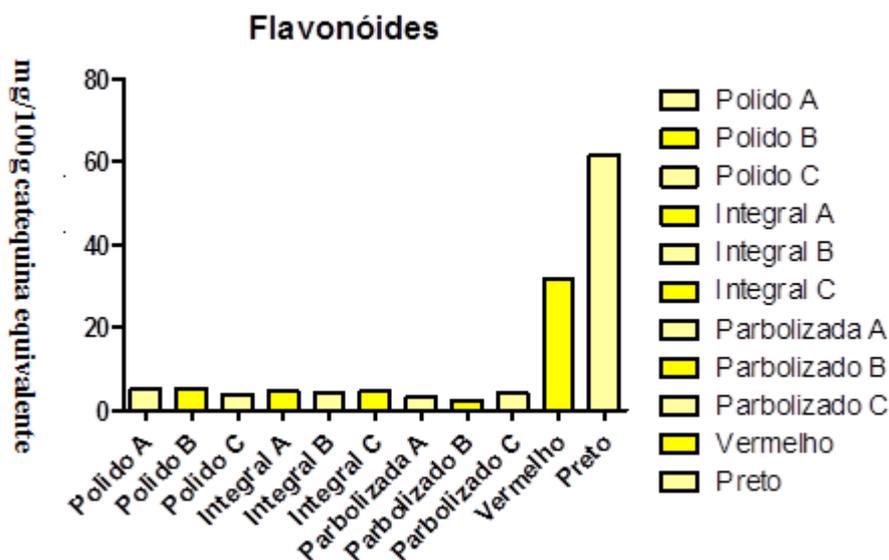
O arroz Preto apresentou maior conteúdo de flavonóides com $0,83 \pm 0,002$, seguido pelo o arroz vermelho com média $0,72 \pm 0,001$. Isso ocorre porque o arroz pigmentado apresenta em sua camada periférica as antocianinas, que são um grupo de compostos que pertence a classe dos flavonóides.

O teor de flavonóides diminuiu com o aumento da intensidade de polimento isso pode ter ocorrido nos resultados obtidos no arroz polido que teve uma oscilação $3,87 \pm 0,001$ a $5,17 \pm 0,004$ mg/100g, enquanto no arroz integral esse teor foi de $2,36 \pm 0,001$ a $4,09 \pm 0,001$ mg/100g. No parboilizado apresentou teores maiores entre o arroz não pigmentados com variação de $4,30 \pm 0,005$ a $4,74 \pm 0,002$ mg/100g catequina equivalente.

Kong e Lee (2007) estudaram o conteúdo de flavonóides de grãos de arroz com pericarpo preto, nos grãos integrais e polidos, concluindo que o polimento causa bruscas reduções no conteúdo de flavonóides totais. Diferenças no conteúdo dos fitoquímicos

presentes em grãos de arroz podem ocorrer devido a diversidades de genótipos e também pelo método de extração utilizado. Conforme a figura 4 é possível observar a variação entre os teores de flavonoides nas amostras de dos grãos de pericarpo pigmentados e os não pigmentados.

Figura 4: Concentração de Flavonoides dos grãos de arroz com pericarpo pigmentado e não pigmentados.



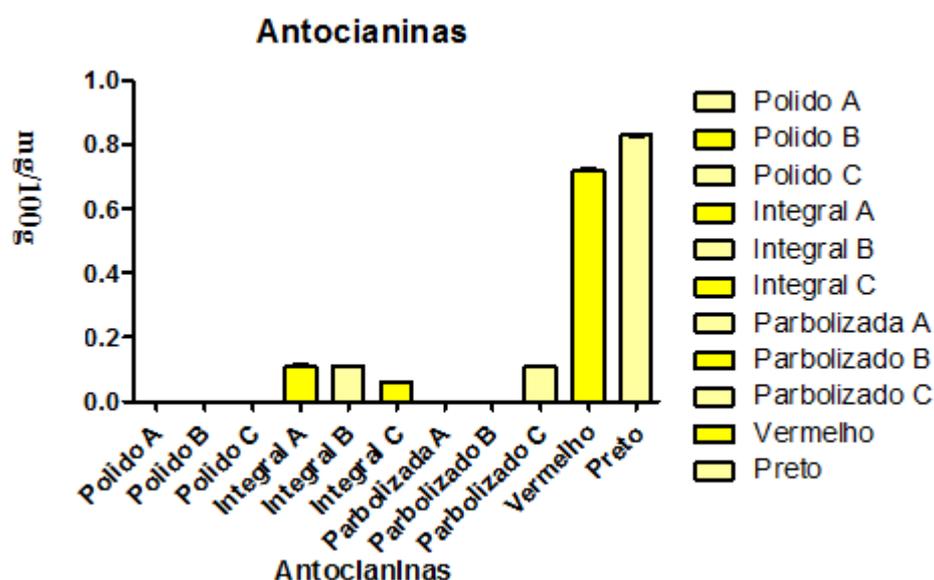
Um dos requisitos mais importantes na qualidade dos alimentos é a cor, exercendo grande influência na aceitação desses produtos pelos consumidores (Mallmann, 2012. Volp et al, 2008). As antocianinas é um dos pigmentos naturais bastante conhecidos (Teixeira, Stringheta e Oliveira. 2008). Estudos mostram que esses compostos apresentam atividade antioxidantes, anticarcinogênicas e antivirais (Falcão et al., 2003; Hagiwara et al., 2001; Kapadia et al., 1997; Teixeira, Stringheta e Oliveira. 2008. Wang et al., 2000; Youdim et al., 2000).

Os valores de antocianinas das amostras de arroz analisadas estão dispostos na *Tabela 3*. Entre as onze variedades de arroz, somente cinco apresentam teores de antocianinas, sendo o arroz preto com maior teor de $0,83 \pm 0,002$ mg/100g de amostra, seguindo do arroz vermelho $0,72 \pm 0,001$ mg/100g de amostra. O arroz integral apresentou apenas uma amostra com teor de antocianinas, mais em comparação em arroz não pigmentados apresentou o melhor resultado com $0,17 \pm 0,000$.

As antocianinas são compostos altamente suscetíveis a degradação, sendo sua estabilidade afetada por fatores como: pH, temperatura, luz, oxigênio, solventes, ação enzimática, flavonóides, proteínas e íons metálicos (CASTAÑEDA-OVANDO et al. 2009). Mesmo com o fato das antocianinas serem sensíveis ao calor todas as amostras de arroz parboilizado apresentaram antocianinas com variação de $0,06 \pm 0,01$ a $0,11 \pm 0,00$ mg/100g.

Ao comparar os valores das variedades analisadas e relacioná-las com o pericarpo nota-se que os extratos de arroz com pericarpo pigmentado apresentaram maiores teores do que os não pigmentados como pode ser observado na figura 5.

Figura 5: Concentração de antocianinas dos grãos de arroz com pericarpo pigmentado e não pigmentados.



Assim é possível verificar que a concentração de antocianinas no arroz difere tanto em relação ao cultivar utilizado quanto, também, a região de plantio, uma vez que a síntese de flavonóides em vegetais desempenha além da função de pigmentação, servindo como atrativos para polinizadores e dispersores de semente, também atuam como agente de defesa protegendo contra os danos causados pela luz ultravioleta, já que quanto maior a incidência de sol na região maior será a síntese de flavonóides nos vegetais (TAIZ e ZEIGER, 2009).

4.3. Determinação de Atividade Antioxidante

Dentre as diversas técnicas que podem ser empregadas, a avaliação da atividade antioxidante pelo método do sequestro do radical livre DPPH, consiste em uma mudança de

coloração de violeta para amarela, onde a coloração violeta é caracterizada pelo deslocamento do elétron desemparelhado do radical livre DPPH e a coloração amarela é caracterizada quando um composto com propriedades antioxidantes entra em ação e funciona como doador de hidrogênio, obtendo-se, portanto, a hidrazina (ALVES et al., 2010). Assim, podem-se observar os resultados da atividade antioxidante em grãos de arroz pigmentados e não pigmentados presentes na tabela 4.

Tabela 4: Resultado da Atividade antioxidante (DPPH) em arroz pigmentado e não pigmentados.

Amostra de Arroz	g DPPH	% SQL
Polido A	0,0213	Nd
Polido B	0,0212	Nd
Polido C	0,0196	Nd
Integral A	0,0208	Nd
Integral B	0,0205	Nd
Integral C	0,0195	Nd
Parboilizado A	0,0210	Nd
Parboilizado B	0,0219	Nd
Parboilizado C	0,0195	Nd
Vermelho	0,0071	78,65
Preto	0,0069	79,78

%SQL – Percentual de sequestro do radical livre DPPH.

*Nd- Não detectado.

Nesse trabalho, determinou-se a capacidade antioxidante no tempo de 30 minutos, que foi observado que quanto maior o valor de % SQL maior será a atividade antioxidante, pois consegue sequestra maior porcentagem do DPPH. Os grãos preto e vermelho foram às únicas amostras que apresentaram atividade antioxidante, mostrando-se eficientes em sequestrar o radical na presença de um antioxidante, voltando a sua forma incolor (reduzida). Arroz preto apresentou maior atividade antioxidante com média de 79,78%, sendo observada uma pequena diferença no resultado encontrado no grão de coloração vermelha com 78,65%. Pode-se afirmar que, nesse estudo, houve uma relação direta entre o conteúdo de fenólicos totais e a capacidade antioxidante das variedades de arroz analisadas. Sendo assim, as

amostras de arroz que apresentaram os maiores conteúdos de fenólicos totais foram as que apresentaram a maior atividade antioxidante.

Matos (2014) ao analisar a capacidade antioxidante em extrato aquoso de arroz preto e vermelho, relatou-se que a capacidade de sequestro do radical na amostra de arroz preto apresentou-se 51,39%, seguida do vermelho que obteve média com 30,00%, sendo valores estes inferiores ao encontrados neste presente artigo, demonstrando assim que as amostras analisadas possuem maior atividade antioxidante.

Esses dados demonstram que a atividade antioxidante é sempre maior em grãos de arroz pigmentados do que em grãos não pigmentados, mas a cor do pericarpo não define se o grão terá maior atividade antioxidante ou não. Além de ser observada em estudos sobre variedades de arroz, que nem sempre o arroz preto apresenta maior atividade antioxidante que o arroz vermelho, essa propriedade pode estar relacionada às características genótípicas das variedades.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados obtidos pode-se concluir que existe diferença na composição química entre grãos de arroz pigmentados e não pigmentados, principalmente nos teores de cinzas, sendo que os genótipos de arroz com pericarpo vermelho e preto se destacaram por possuírem maior concentração de certos componentes avaliados, como proteína e lipídeos. As variações na composição do arroz podem estar relacionadas tanto devido ao genótipo quanto ao processamento, armazenamento e até mesmo sobre a relação da incidência de sol na região que pode ter interferência na composição do grão.

Os grãos de arroz preto e vermelho apresentaram também melhores resultados nos compostos bioativos e atividade antioxidante, demonstrando um excelente alimento em antioxidante, além de estarem associada à prevenção de alguns tipos de doenças. Porém o arroz branco polido é a principal variedade consumida, e apresenta baixos teores da maioria dos nutrientes, afetando de forma significativa as características nutricionais.

Dessa Forma esse artigo demonstra através dos resultados a importância do conhecimento sobre as variedades de arroz e seus beneficiamentos além de ser necessário estudos a fim de possibilitar padrões limites destes nutrientes. Promovendo assim a aplicação para a sensibilização da sociedade sobre a melhor escolha dos tipos de arroz, além

de proporcionar a obtenção de novos produtos com grãos pigmentados, oferecendo produtos ricos em nutrientes e atividade antioxidante.

6. REFERÊNCIAS

AOAC INTERNATIONAL. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16. ed. Maryland: AOAC International, 1997.

ALMANAQUE DO ARROZ: Mundo do arroz. 2011. Disponível em: <http://www.almanaquedoarroz.com.br/index.php/Mundo_do_Arroz#variedades>. Acesso em: 08 de ago. 2018.

AMATO, G. W.; ELIAS, M. C. **Parboilização do arroz**. Porto Alegre: Editora Ricardo Lenz Ziede, 2005, p.160.

ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. Química Nova, São Paulo, v. 33, n. 10, p. 2.202-2.210, 2010.

BORTOLINI, V.M.S. **Determinação da composição centesimal do arroz parboilizado (oriza sativa) e seu subproduto**. Revista CONGREGA URCAMP, Bagé, 2010.

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 Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa no 06, de 16 de fevereiro de 2009. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 2009. Seção 1.

CASTAÑEDA-OVANDO, A. et al. Chemical studies of anthocyanins: A review. Food Chemistry, v.113, n.4, p.589-871, 2009.

CAVA, G. **Efeito da adição de extrato de alecrim e alho em pó nos parâmetros de cor e oxidação lipídica de produtos cárneo emulsionado à base de frango**. 2007. 178 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP,2007.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2.ed. UNICAMP, Campinas, 2003.

COFFMAN, W.R.; JULIANO, B.O. **Rice. Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement**. Madison: American Society of Agronomy. cap.5, 101-131, 1987.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Cenário mundial favorece exportações brasileiras de arroz. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 05 de ago. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). Origem e História do Arroz. 2010. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br/arroz/historia.htm>>. Acesso em: 06 de ago. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). Arroz vermelho em extinção. Disponível em: <www.cnpaf.embrapa.br/eventosenoticias/anteriores/anteriores2006/060109.htm>. Acesso em: 06 de ago. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS (EMBRAPA). Importância Econômica, Agrícola e Alimentar do Arroz. **ISSN 1806-9207**, 2005. Disponível em:<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/cap01.htm>>. Acesso em: 06 de agosto. 2018.

Falcão L.D, Barros D.M, Gauche C & Luiz MTB (2003) Copigmentação intra e intremolecular de antocianinas: uma revisão. *CEPPA*, 21: 351-366.

GONZALO, J.C.R.; ALONSO, M. G. Flavonoids en alimentos vegetales: estructura y actividad antioxidante. **Alimentación, Nutrición y salud**, v. 9. n. 2, p. 31 -38, 2002.

GIADA, M.L.R. Uma Abordagem Sobre a capacidade antioxidante in Vitro de Alimentos vegetais e bebidas. **Dimetria: Alimentação, Nutrição & Saúde**, V.9, n.1, p. 137- 146,2017.

HALLWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. In: **Free Radicals in Biology and Medicine**. Oxford University Press: Oxford, u. k., 1998.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and food Chemistry**,v.53, p. 1841- 1856,2005.

HU, C. et al. Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, v. 51, n. 18, p. 5271-5277, Aug. 2003.

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.

INSTRUÇÃO NORMATIVA No. 6 (IN 6/2009). **Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Arroz do Ministério da Agricultura**. Publicado no Diário Oficial da União de 28/05/2009, Seção 1, 28p., 2009.

JULIANO, B.O.; BECHTEL, D.B. The rice grain and its gross composition. In: JULIANO, B.O. (Ed.). *Rice: chemistry and technology*. Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, 1985, p.17-57.

Kapadia GJ, Balasubramanian V, Tokuda HI, Washina A, Nishino H (1997) Inhibition of 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate induced Epstein virus early antigen activation by natural colorants. *Cancer Letters*, 115:173-178.

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

LARRAURI, J.A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 45, p. 1390-1393, 1997.

MATOS, A. D. **Avaliação Bioquímica nutricional de cultivares de arroz**. Dissertação apresentada para o curso de mestrado em Nutrição e alimentos, Universidade do Vale do Rio dos Sinos- São Leopoldo, 2014.

MAHAN, L Kathleen; ESCOTT-STUMP, Sylvia. *Alimentos, Nutrição e dietoterapia*. 9ª edição, São Paulo: Roca, 1998.

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. 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*, v. 133, n. 3, p. 715-722, 2012.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa N° 6 (IN 6/2009)**. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=19480>>. Acesso em: 07 de agosto 2018.

NAVES, M. M. V. **Características químicas e nutricionais do arroz**. Curitiba: B.CEPPA, v. 25, n. 1, p. 51-60, jan./jun. 2007.

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

PIETTA, P.G. Flavanoides as antioxidants. **Journal of Natural Products**, v. 63, p.1035 – 1042, 2000.

RICE- EVANS, C; MILLER, N.J.; PAGANGA, G. Structure – antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology & Medicine**, v.20, p.933- 956, 1996.

SINGLETON, V.L.; ROSSI JR, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Vitic. Lockeford*, v. 16, n. 3, p. 144-58, 1965.

SOMPONG, R.; EHN, S. S.; MARTIN, G. L.; BERGHOFER, E. Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka. *Food Chem.*, v. 124, p. 132- 140, 2011.

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.

SLOW FOOD BRASIL, Fortaleza do arroz-vermelho. Disponível em: <www.slowfoodbrasil.com/content/view/130/60/>. Acesso em: 08 de ago. 2018.

STORCK, L.; GARCIA, D.C.; LOPES, S.J.; ESTEFANEL, V. Experimentação vegetal. 2.ed. Santa Maria: UFSM, 2005. 198p.

STORCK, C.R.; SILVA, L.P. COMARELLA, C.G. **Influência do processamento na composição nutricional de grãos de arroz.** Araraquara: Alim. Nutr., v.16, n.3, p. 259-264, jul./set. 2005.

STORCK, C. R. **Variação na composição química em grãos submetidos a diferentes beneficiamentos.** Dissertação apresentada para o curso de mestrado em ciência e tecnologia de alimentos, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SHSHIDI, F.; NACZK, M. **Phenolics in Food and Nutraceuticals.** CRC Press, p. 403- 427, 2004.

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

TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos.** 4 ed. rev. E ampli. UNICAMP, Campinas, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5.ed. Porto Alegre:Artemed, 2009. 954p.

Vargas, C.G.; Rossato, E.R.P.; Rodrigues, E.; Rios, A.O.; Flôres, S.H. **Propriedades físico-químicas e antioxidantes de arroz vermelho e preto cultivados no sul do Brasil.** Bento Gonçalves RS, 2015. P 4.

VEDANA, M. I. S.; ZIEMER, C.; MIGUEL, O. G.; PORTELLA, A. C.; CANDIDO, L. M. B. Efeitos do processamento na atividade antioxidante de uva. *Alimentos e nutrição*, v.10, v. 2, p. 159-165, 2008.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; BARRA, K.; STRINGUETA, P. C. Flavonóides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica** vol. 23, n. 2, p. 141-149, 2008.

WALTER, Melissa; MARCHEZAN, Enio and AVILA, Luis Antonio de. Arroz: composição e características nutricionais. *Cienc. Rural* [online]. 2008, vol.38, n.4, pp.1184-1192.

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

WOISKY, R.G.; SALATINO, A. Analysis of propolis: some parameters and procedures for chemical quality control. Journal of Apicultural Research, v. 37, n. 2, p. 99-105, 1998.

ZHOU, Z.; BLANCHARD, C.; HELLIWELL, S.; ROBARDS, K. Fatty acid composition of three rice varieties following storage. **Journal of Cereal Science**, London, v. 37, n. 3, p. 327-335, 2003.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S.; BLANCHARD, C. **Composition and functional properties of rice.** International Journal of Food Science and