

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA

FERNANDO ARAUJO RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE GRÃOS E DETERMINAÇÃO DE  
PRESENÇA DE AROMA EM ARROZ DE TIPO BASMATI**

Goiânia  
2017

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR  
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES  
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

**1. Identificação do material bibliográfico:**      ☒ **Dissertação**      ☐ **Tese**

**2. Identificação da Tese ou Dissertação:**

Nome completo do autor: FERNANDO ARAUJO RIBEIRO

Título do trabalho: CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE GRÃOS E DETERMINAÇÃO DE PRESENÇA DE AROMA EM ARROZ DE TIPO BASMATI

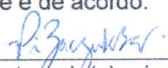
**3. Informações de acesso ao documento:**

Concorda com a liberação total do documento ☒ **SIM**      ☐ **NÃO**<sup>1</sup>

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.

  
Assinatura do(a) autor(a)<sup>2</sup>

Ciente e de acordo:

  
Assinatura do(a) orientador(a)<sup>2</sup>

Data: 08 / 08 / 2019.

<sup>1</sup> Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

<sup>2</sup> A assinatura deve ser escaneada.

FERNANDO ARAUJO RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE DE GRÃOS E DETERMINAÇÃO DE  
PRESENÇA DE AROMA EM ARROZ DE TIPO BASMATI**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, como exigência para a obtenção de título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dra. Priscila Zaczuk Bassinello

**Co-orientador:** Prof. Dr. José Manoel Colombari Filho

Goiânia  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Araujo Ribeiro, Fernando

Caracterização da Qualidade de Grãos e Determinação de Presença  
de Aroma em Arroz de Tipo Basmati [manuscrito] / Fernando Araujo  
Ribeiro, Priscila Zaczuk Bassinello, José Manoel Colombari Filho. -  
2017.

LXXXV, 85 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Priscila Zaczuk Bassinello; co-orientador  
Dr. José Manoel Colombari Filho.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola  
de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia de Alimentos, Goiânia, 2017.

Bibliografia.

1. *Oryza sativa* L. 2. Arroz aromático. 3. Propriedades do amido.  
4. Qualidade culinária. I. Zaczuk Bassinello, Priscila. II. Colombari  
Filho, José Manoel. III. Zaczuk Bassinello, Priscila, orient. IV.  
Colombari Filho, José Manoel, co-orient. V. Título.

CDU 664



**UFG**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
MESTRADO

**ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE FERNANDO ARAUJO RIBEIRO.** Aos trinta dias do mês de agosto de 2017 (30/08/2017), às 13h30min, reuniram os componentes da Banca Examinadora: Profa. Dra. Priscila Zaczuk Bassinello – Orientadora – PPGCTA/EA/UFG, a Dra. Aluana Gonçalves de Abreu – Embrapa Arroz e Feijão e o Prof. Dr. Nathan Levien Vanier – UFPEL, para sob a presidência da primeira, e em sessão pública realizada no Centro de Eventos/UFG – Campus Samambaia, (CIAR Webconferência), proceder a avaliação da defesa de dissertação intitulada: **“Caracterização da Qualidade de Grãos e Determinação de Presença de Aroma em Arroz de Tipo Basmati”**, em nível de MESTRADO, área de concentração em CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, de autoria de **FERNANDO ARAUJO RIBEIRO**, discente do Programa de PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Profa. Dra. Priscila Zaczuk Bassinello, que fez a apresentação formal dos membros da banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação, que, em trinta minutos, procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca fez arguição do examinado, tendo-se adotado o sistema de diálogo seqüencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa, tendo-se em vista o que consta na Resolução nº. 1403/2016 do Conselho de Ensino, Pesquisa, extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, a dissertação foi **Aprovada** e, para fins de expedição do diploma de **MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, na área de concentração em **CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS** pela Universidade Federal de Goiás, o candidato deverá proceder a entrega da versão final corrigida, nos termos do artigo 42 da resolução do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Cumpridas as formalidades de pauta, às 16h30min, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação, e para constar, lavrou-se a presente Ata, que, depois de lida e aprovada, é assinada pelos membros da Banca Examinadora em três vias de igual teor.

**Profa. Dra. Priscila Zaczuk Bassinello**  
Presidente – PPGCTA/EA/UFG

**Dra. Aluana Gonçalves de Abreu**  
Membro – Embrapa Arroz e Feijão

**Prof. Dr. Nathan Levien Vanier**  
Membro – UFPEL

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais Alair e Vanda, por terem me concedido a vida e proporcionarem o meu florescimento, e ao amado Cleomar, pelo apoio, encorajamento, compreensão e carinho.

## AGRADECIMENTOS

Apesar de comum e circunstancial este procedimento para muitos, as linhas que se seguem são para mim de grande significado, por serem sinceras e por envolverem o que mais tenho aprendido a valorizar na vida: a família, a amizade e minha profissão.

Hoje se dá a realização de um sonho, construído com amor e bastante esforço. Agradeço primeiramente a Deus, por ter-me feito capaz, e por preencher minha vida com pedacinhos tão especiais Dele: minha família, meus amigos, pacientes/clientes e todos aqueles que permeiam e contribuem com a minha jornada.

Agradeço à PUC Goiás, minha primeira casa, responsável por minha formação apaixonada pela Ciência da Nutrição. À minha orientadora Dra. Priscila Zaczuk Bassinello, pelo exemplo de profissional, ensinamentos, paciência e, sobretudo, pela compreensão. Ao co-orientador Dr. José Manoel Colombari Filho pelo apoio e contribuição nas análises estatísticas.

À Embrapa Arroz e Feijão, pelo suporte técnico de excelência e subsídio financeiro em dispor de amostras, infraestrutura e todo apoio necessário para que o trabalho pudesse ser executado.

À Universidade Federal de Goiás e ao Programa de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade de capacitação.

Aos professores e funcionários da Universidade Federal de Goiás pelo empenho e dedicação.

A Todos os colegas da turma do mestrado e em especial aos sobreviventes.

À Renilda, que foi como uma mãe e que me acolheu de forma tão calorosa e muito me ajudou em todo o processo. Aos demais profissionais do laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa, Sueli, Rosângela, Edmar e Mauro pela contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

Às estagiárias Aryane, Luana, Rayane e Quédma pela companhia, ajuda e momentos de descontração.

Aos colegas da Fazenda Palmital Leandro, Francisco e aos demais envolvidos nas atividades de campo, vocês foram essenciais e muito prestativos.

Aos professores da banca examinadora, por reservarem um pouco do seu tempo em contribuir para a melhoria deste trabalho.

À Agência de fomento à pesquisa, CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos meus pais pela oportunidade de estudar. Tudo o que sou hoje devo a vocês. Meu amor e gratidão serão eternos.

Às minhas famílias Ribeiro e Araujo, que vibram com cada conquista em minha vida, e se orgulham a cada passo desta minha caminhada.

Aos meus amigos Rancheiros, Sem Limites e Os Baixaria por compartilhar momentos de relaxamento, descanso, aventuras e alegrias.

Aos queridos pacientes e clientes que sempre foram o meu estímulo em busca do saber...

Meu agradecimento mais especial vai para o Cleomar, meu amigo, confidente e companheiro. Seu carinho e compreensão foram as maiores bases deste trabalho.

A todos que foram ou não citados aqui, direta ou indiretamente, meu agradecimento. Vocês são co-autores deste trabalho. Meu amor é infinito...

Com gratidão,

**Fernando.**

"Conheço pessoas que triunfam e sempre triunfarão, sabem por quê? Eu lhes direi porque!  
Porque nunca desistem de seus sonhos e sempre terminam aquilo que começam."

Napoleon Hill

## RESUMO

Recentemente, têm surgido pesquisas, cruzamentos e seleção de linhagens genéticas e variedades de arroz de tipo especial que fornecem maior lucratividade e valor agregado à cadeia produtiva e maior rentabilidade ao produtor. Esses grãos são denominados como especiais porque apresentam peculiaridades em um ou mais aspectos relacionados ao grão como tamanho, forma e aroma. Um composto volátil simples, 2-acetil-1-pirrolina (2AP), comprovadamente é o principal responsável pelo aroma do arroz. As variedades de arroz aromático são muitas vezes descritas como “popcorn-like”. O Jasmine tailandês e Basmati indiano são os tipos mais amplamente reconhecidos e desejados pelos consumidores e atraem preço *premium* no mercado, além disso, a demanda global por arroz aromático está aumentando. O objetivo desta pesquisa foi identificar a presença e intensidade de aroma e caracterizar a qualidade física e culinária de grãos aromáticos visando o desenvolvimento desse tipo especial de arroz. Foram analisadas amostras do ensaio de campo conduzido em 2015/16, em Goianira, Goiás, na Fazenda Palmital da Embrapa Arroz e Feijão, composto por 56 tratamentos, sendo 52 acessos de arroz aromático do Banco Ativo de Germoplasma (BAG Arroz) da Embrapa e quatro testemunhas que contemplam os padrões não aromáticos e aromáticos de referência no mercado brasileiro e internacional (IRGA 417, EMPASC 104, IAC 500 e Jasmine 85). Após colheita, as amostras foram limpas, classificadas e seguiram para o beneficiamento em engenho de prova e os grãos polidos foram avaliados quanto ao grau de polimento e analisadas quanto ao teor de amilose aparente, temperatura de gelatinização, perfil viscoamilográfico, teste de cocção, alongação e aroma. Dentre as 52 variedades Basmati, 34 apresentaram aroma medianamente intenso; 2 ausente; 3 variedades apresentaram aroma intenso e 13 variedades apresentaram aroma pouco intenso. Os testes mostraram predomínio de grãos pegajosos e macios, com baixo rendimento de inteiros e alto poder de alongação, alta temperatura de gelatinização e baixo teor de amilose. Em relação ao aroma conclui-se que as variedades do tipo Basmati apresentaram considerável presença e intensidade de aroma característico.

**Palavras chave:** *Oryza sativa* L, arroz aromático, propriedades do amido, qualidade culinária

# CHARACTERIZATION OF THE QUALITY OF GRAINS AND DETERMINATION AROMA PRESENCE IN RICE OF BASMATI TYPE

## ABSTRACT

Recently, researches, crosses and selection of genetic and varietal lines of rice of special type have appeared, with greater growth and added growth to the productive chain and greater profitability to the producer. These grains are referred to as special because they presented peculiarities in one or more grain-related as size, shape and aroma. A simple volatile compound, 2-acetyl-1-pyrroline (2AP), is shown to be primarily responsible for the aroma of rice. The varieties of scented rice are often described as "popcorn-like". Thai Jasmine and Indian Basmati are the types most widely recognized and desired by consumers and consumers. "Premium" in the market, in addition, the global demand for fragrant rice is increasing. The objective of this research was to identify a presence and intensity of aroma and to characterize a physical and culinary quality of aromatic grains aiming the development of this special type of rice. Samples from the field trial were analyzed in 2015/16, in Goianira, Goiás, at the Fazenda Palmital da Embrapa Arroz e Feijão, composed of 56 treatments, of which 52 were accessions of aromatic rice from the Embrapa Germplasm Active Bank (BAG Arroz) and Four (IRGA 417, EMPASC 104, IAC 500 and Jasmine 85). The results of this study are presented in Table 1. After being harvested, the samples were cleaned, classified and followed for processing in the test mill, and the polished grains were oriented to the degree of polishing and analysis of the apparent amylose content, gelatinization temperature, visco-amylographic profile, cooking test, elongation And aroma. Among 52 different Basmati, 34 presented medium intense aroma; 2 absent; 3 varied had intense aroma and 13 varied showed little intense aroma. The tests showed a predominance of sticky and soft grains, with low integer yield and high elongation power, high gelatinization temperature and low amylose content. In relation to the aroma it is concluded that as varied of the Basmati type they presented considerable presence and intensity of characteristic aroma.

**Key words:** *Oryza sativa* L, aromatic rice, starch property, culinary quality

## SUMÁRIO

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                             | <b>13</b> |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                                   | <b>15</b> |
| 2.1 O GRÃO DE ARROZ .....                                                             | 15        |
| 2.2 COMPOSIÇÃO E ASPECTOS NUTRICIONAIS DO ARROZ.....                                  | 16        |
| 2.3 IMPORTÂNCIA SÓCIOECONÔMICA DO ARROZ.....                                          | 18        |
| 2.4 PRODUÇÃO E CULTIVO DO ARROZ .....                                                 | 19        |
| 2.5 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E DE CONSUMO DO ARROZ.....                              | 20        |
| 2.6 QUALIDADE DOS GRÃOS DE ARROZ .....                                                | 22        |
| <b>2.6.1 Interferência na Qualidade Culinária .....</b>                               | <b>27</b> |
| <b>2.6.2 Interferência no Rendimento Industrial.....</b>                              | <b>28</b> |
| 2.7 BENEFICIAMENTO E POLIMENTO DO ARROZ .....                                         | 28        |
| 2.8 DIVERSIFICAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ.....                                  | 30        |
| 2.9 ASPECTOS SOBRE ARROZ ESPECIAL .....                                               | 32        |
| <b>2.9.1 Compostos Voláteis e Aroma.....</b>                                          | <b>33</b> |
| 2.10 ARROZ DE TIPO ESPECIAL AROMÁTICO.....                                            | 35        |
| <b>3 OBJETIVOS. ....</b>                                                              | <b>39</b> |
| 3.1 GERAL.....                                                                        | 39        |
| 3.2 ESPECÍFICOS.....                                                                  | 39        |
| <b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                                     | <b>40</b> |
| 4.1 MATERIAL GENÉTICO E DADOS EXPERIMENTAIS.....                                      | 40        |
| 4.2 PLANTIO E CONTROLE DO SOLO E DE PRAGAS.....                                       | 41        |
| 4.3 COLHEITA E PREPARO DAS AMOSTRAS .....                                             | 42        |
| 4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA-INDUSTRIAL DO ARROZ .....                                   | 43        |
| <b>4.4.1 Determinação do Rendimento de Inteiros e de Quebrados .....</b>              | <b>43</b> |
| <b>4.4.2 Determinação de Renda do Beneficiamento .....</b>                            | <b>44</b> |
| 4.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO ARROZ.....                                               | 44        |
| <b>4.5.1 Dimensões do Grão.....</b>                                                   | <b>44</b> |
| <b>4.5.2 Grãos Gessados e com Defeitos .....</b>                                      | <b>44</b> |
| 4.6 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE CULINÁRIA DO ARROZ .....                              | 45        |
| <b>4.6.1 Teste de Cocção do Arroz .....</b>                                           | <b>45</b> |
| <b>4.6.2 Medida de Elongação do Arroz.....</b>                                        | <b>45</b> |
| 4.7 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ARROZ.....                                       | 46        |
| <b>4.7.1 Determinação do Teor de Amilose Aparente (TAA).....</b>                      | <b>46</b> |
| <b>4.7.2 Determinação da Temperatura de Gelatinização (TG) .....</b>                  | <b>47</b> |
| <b>4.7.3 Análise Viscoamilográfica por Analisador Rápido de Viscosidade (RVA)....</b> | <b>48</b> |

|                                               |           |
|-----------------------------------------------|-----------|
| <b>4.7.4 Análise de Aroma.....</b>            | <b>50</b> |
| 4.8 TRATAMENTO ESTATÍSTICO .....              | 51        |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>          | <b>53</b> |
| 5.1 PROPRIEDADES FÍSICO-INDUSTRIAIS .....     | 53        |
| 5.2 PROPRIEDADES DA QUALIDADE CULINÁRIA ..... | 57        |
| 5.3 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.....         | 64        |
| <b>6 CONCLUSÕES.....</b>                      | <b>71</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                       | <b>73</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa L.*) é a espécie alimentar mais importante do mundo de origem Asiática e pertence ao gênero *Oryza* da família das gramíneas (SHAMIM; RAZA; AKHTAR, 2017). O arroz é a única cultura de cereais consumida principalmente como grãos inteiros e, portanto, a qualidade do grão é muito mais importante do que para qualquer outra cultura (DANBABA et al., 2012). O arroz é o segundo produto em importância destinado a alimentação humana, ficando atrás, apenas, do trigo e, em algumas partes do mundo, especialmente na Ásia, é base da alimentação de sua população (PARAGINSKI et al., 2014). A produção mundial estimada dos grãos é mais de 475 milhões de toneladas, sendo 8,3 milhões de toneladas produzidas no Brasil (CONAB, 2014).

Atualmente, as variedades especiais de arroz, como o arroz aromático, têm ganhado destaque por atenderem ao grupo de consumidores de alimentos que busca por “sensoriabilidade e prazer”. O aroma dos grãos cozidos é oriundo de uma mistura complexa de compostos. No entanto, não é apenas a presença do aroma e sua intensidade que definirá o valor econômico e o interesse industrial em explorar genótipos de arroz aromático, sendo importante, também, as características de produção, dimensões dos grãos e a qualidade industrial (GRIGLIONE, 2015). O desenvolvimento de cultivares com tipos de grãos especiais, como as cultivares de grãos curtos, aromáticos, de boa qualidade e adaptados às condições de cultivo do Brasil constitui-se em grande oportunidade com vistas a agregar valor à produção do arroz irrigado. Por outro lado, restaurantes, empresas e importadoras, estão investindo em cultivares que apresentem grãos diferenciados, para preparação de pratos da culinária internacional, como exemplo, a culinária japonesa (CORDEIRO, 2000).

O Paquistão possui 2.846,9 mil ha de área sob cultivo de arroz com produção de 69.000,8 mil tons. O Paquistão contribui com 21,6% da produção mundial de arroz, possuindo a 4ª posição nos países exportadores de arroz do mundo (GOP, 2015). A Índia, Paquistão e Tailândia são os principais produtores e exportadores de arroz aromático. Os recentes desenvolvimentos de variedades de arroz aromáticos estão começando a vir dos Estados Unidos da América e de países emergentes, como Myanmar e Camboja (NAPASINTUWONG, 2012). Apesar da Índia, o maior fornecedor de arroz Basmati, possuir cerca de um terço da área cultivada de arroz no mundo, os níveis de produção de arroz Basmati são relativamente baixos, refletindo os baixos rendimentos produtivos das linhagens desse arroz em comparação com as outras linhagens (AGGARWAL et al., 2002;

BHATTACHARJEE; SINGHAL; KULKARNI, 2002; NAGARAJU et al., 2002; GARG et al., 2006).

Variedades de arroz especial são notáveis por alto preço, sendo o arroz aromático o que recebe mais atenção dos nichos de mercado, de baixo teor de amilose (para diabéticos), e enriquecido com nutrientes (para grupos com deficiência de vitaminas). Apesar do mercado de arroz especial ser menor em relação ao arroz de consumo padrão, este pode gerar alto valor e, portanto, mais rendimentos para os produtores (NAPASINTUWONG, 2012). A demanda internacional por arroz aromático tem aumentado significativamente nos últimos anos, a medida em que os consumidores estão dispostos a pagar um preço diferenciado pelo produto, principalmente para o tipo Basmati. O preço mais alto do arroz Basmati é devido à demanda pelas suas características exclusivas de grão e aroma, como também pela limitada oferta do produto (SINGH; SINGH; KHUSH, 2000). Sabe-se que o consumidor faz opção por mudanças de costume quando vislumbra algum benefício, seja econômico, social ou de bem-estar. Ferreira et al. (2003) em estudo sobre o mercado para o arroz aromático conclui que é um produto bem aceito pelo consumidor. Esses autores sugerem como estratégia que eles sejam acondicionados em pequenas quantidades para consumo em ocasiões especiais.

A qualidade do arroz é avaliada em termos de qualidade sensorial, de processamento, alimentar e nutricional. Na avaliação do aroma, podemos utilizar a cromatografia gasosa para detectar o 2AP (2-acetil-1-pirrolina) e outros compostos voláteis (MASSARETTO et al., 2013). O aroma tem recebido atenção de alguns programas de melhoramento devido ao aumento da demanda dos países importadores de arroz aromático. Atualmente, ainda existe a falta de informações sobre inovações disponíveis e há também uma análise econômica insuficiente para fornecer recomendações de políticas para os países interessados em promover a pesquisa de arroz aromático (NAPASINTUWONG, 2012). Os melhoristas e pesquisadores estão trabalhando para desenvolver novas tecnologias para os caracteres agrônômicos do arroz aromático, e assim, aprimorá-los para buscar maiores rendimentos de grãos (LANG et al., 2012).

Desta forma, este trabalho objetivou determinar a presença de aroma e caracterizar os parâmetros de qualidade de um acervo de linhagens de arroz do tipo Basmati, para gerar um banco de dados para uso do programa de melhoramento genético de arroz especial da Embrapa Arroz e Feijão em futuros cruzamentos para seleção de materiais genéticos promissores.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O GRÃO DE ARROZ

O arroz (*Oryza sativa*) é uma angiosperma monocotiledônea pertencente à família *Poaceae* (BOTTINI, 2008). O arroz é praticamente todo comercializado no estado natural, passando apenas por um processo de beneficiamento para perder a casca e/ou farelo. O arroz é o fruto-semente das gramíneas conhecido como cariopse ou grão (VIEIRA; RABELO, 2006).

O grão de arroz *in natura* é constituído por diversos tecidos, que apresentam estrutura, composição química e funções diferenciadas. O grão é formado por uma camada externa protetora, a casca e a cariopse. A casca constitui de 15 a 30% do peso do grão, dependendo da variedade, prática cultural, localização geográfica, estação do ano e temperatura (DORS; PINTO; BADIALE-FURLONG, 2009). A casca é composta de duas folhas modificadas, a pálea e a lema, possui minerais (sílica) e celulose. Os nutrientes não estão uniformemente distribuídos nas diferentes frações do grão. As camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibras, minerais e vitaminas, enquanto o endosperma é constituído de amido (WALTER; MARCHENZAN; AVILA, 2008).

A cariopse é formada por diferentes camadas, sendo a mais externa o pericarpo (farelo), o tegumento é a camada de aleurona, que representa de 5 a 8% da massa do arroz integral, que constitui o farelo (JULIANO; BECHTEL, 1985). O pericarpo é a camada externa da cariopse, fornece proteção ao tegumento e proporciona a cor parda ao arroz integral, sendo rico em proteínas, lipídeos, vitaminas e sais minerais. Logo abaixo do pericarpo, encontra-se o tegumento, uma película fina e delicada (0,5  $\mu\text{m}$ ). A camada de aleurona apresenta duas estruturas de armazenamento proeminentes, os grãos de aleurona (corpos proteicos) e os corpos lipídicos (JULIANO, 2003). A camada de aleurona é formada pela parte externa do endosperma, sendo que o número de camadas presentes varia dependendo da origem do grão, variedade e fatores ambientais (DORS; PINTO; BADIALE-FURLONG, 2009). O embrião ou gérmen é extremamente pequeno e está localizado no lado ventral na base do grão; é rico em proteínas e lipídeos, e representa 2-3% do arroz integral. O endosperma forma a maior parte do grão (89-94% do arroz integral) e consiste de células ricas em grânulos de amido e com alguns corpos proteicos (JULIANO, 2003).

## 2.2 COMPOSIÇÃO E ASPECTOS NUTRICIONAIS DO ARROZ

Os diferentes processos de beneficiamento do arroz podem influenciar a composição química e o valor nutricional do arroz. A intensidade dessas mudanças depende de uma série de fatores agrônômicos que estão diretamente associadas às preferências do mercado consumidor (STORCK; SILVA; COMARELLA, 2005).

O grão de arroz, em média, possui 12% de água, 75% - 80% de amido e apenas 7% de proteína com um complemento de aminoácidos. Sua proteína é altamente digerível (93%) com excelente valor biológico (74%) e taxa de eficiência proteica de 2,02% - 2,04% devido à presença de maior concentração de lisina (4%) (EGGUM, 1977; BRESSANI; ELIAS; JULIANO, 1971; JULIANO, 1993). Minerais como cálcio, magnésio e fósforo estão presentes juntamente com alguns traços de ferro, cobre, zinco e manganês (OKO et al., 2013). As vitaminas e sais minerais estão concentrados nas camadas superficiais da cariopse e no germe. A remoção destes durante o processo de beneficiamento causa uma grande redução do seu valor nutricional (AMATO; CARVALHO; SILVEIRA, 2002).

O arroz é consumido principalmente na forma polida, porém uma alternativa nutricionalmente melhor é o consumo de arroz integral ou parboilizado integral. O grão integral contém ao redor de 10% de farelo e é rico em micronutrientes, principalmente minerais, vitaminas do complexo B e compostos bioativos, tais como  $\gamma$ -orizanol e homólogos da vitamina E (HEINEMANN et al., 2005).

O arroz é considerado como importante fonte de energia, devido à alta concentração de amido, proteína, vitamina e minerais, além de possuir baixo teor de lipídios. Sendo um dos principais alimentos da dieta nos países em desenvolvimento, o arroz é responsável por fornecer, em média 715 kcal per capita por dia, o que equivale a 27% dos carboidratos, 20% das proteínas e 3% dos lipídios na alimentação diária para cerca de 3.000 milhões de pessoas (KENNEDY; BURLINGAME; NGUYEN, 2002; VLACHOS; ARVANITOYANNIS, 2008) constituindo alimento importante para o equilíbrio alimentar e nutricional na alimentação saudável (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008). Devido as suas propriedades nutricionais, hipoalergenicidade, ausência de glúten, sabor agradável e não interferência na cor do produto final o arroz pode ser utilizado como ingrediente para sobremesas, produtos de panificação, fórmulas infantis e outros produtos similares (ZAVAREZE et al., 2009).

Os carboidratos são os principais constituintes do arroz e são representados basicamente pelo amido (VANDEPUTTE; DELCOUR, 2004), que corresponde a

aproximadamente 90% da matéria seca do arroz polido, estando presente principalmente no endosperma (BAO; SUN; CORKE, 2004). O farelo e o germe apresentam principalmente fibras, contendo pequenas quantidades de outros carboidratos (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

O conteúdo proteico do arroz é, em média, de 7,5% (base úmida), oscilando entre 5% e 13%, dependendo principalmente das diferenças dos genótipos (KENNEDY; BURLINGAME, 2003), havendo redução neste teor à medida que são retiradas as camadas superficiais do grão, pois, em alguns genótipos, o teor de proteínas diminui progressivamente da periferia para o interior da cariopse (GOMES; MAGALHÃES, 2004). A proteína do arroz é classificada em relação a sua solubilidade, em albuminas (solúveis em água), globulinas (solúveis em soluções salinas), prolaminas (solúveis em álcool) e glutelinas (solúveis em álcalis). A fração das glutelinas corresponde à maior parte das proteínas do arroz, o que representa cerca de 80% (VIEIRA et al., 2008). Apesar da deficiência em lisina, o arroz apresenta, entre os cereais com exceção da aveia, o teor mais elevado deste aminoácido (MAIA et al., 2000).

Por ser um produto de origem vegetal, o arroz polido é um alimento com baixo teor de gordura (menos que 1%) e naturalmente isento de colesterol (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008). No entanto, o grão integral pode conter até 3%, pois cerca de 80% dos lipídios do grão se encontram em suas camadas periféricas. Apesar dos baixos teores de lipídios no arroz, estes são ricos em ácidos graxos insaturados - oléico (C18:1) e linoléico (C18:2) (ZHOU et al., 2003). Os ácidos graxos insaturados possuem um papel importante em vários processos fisiológicos e que, por não serem sintetizados pelo organismo humano, devem ser supridos pela alimentação (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

Da mesma forma como acontece para as proteínas e os lipídios, a maioria das fibras do grão de arroz é perdida no processo de polimento. Os polissacarídeos não digeridos pelas enzimas no trato gastrointestinal, como celulose, hemicelulose, amido resistente e pectinas, fazem parte da fração fibra alimentar, que pode ser dividida em solúvel e insolúvel. Sua concentração é maior nas camadas externas do grão e diminui em direção ao centro (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

O conteúdo mineral varia nas diferentes frações do grão de arroz, apresentando maior concentração nas camadas externas. No arroz com casca o silício é o componente dominante, enquanto no arroz integral e polido, destacam-se fósforo, potássio e magnésio. O ferro e o zinco estão disponíveis em baixas concentrações no grão de arroz, apresentando destaque pelo

papel relevante que desempenham na nutrição e saúde dos indivíduos (JULIANO; BECHTEL, 1985).

Embora o arroz integral tenha maior concentração de minerais do que o polido, isso não significa maior quantidade de minerais absorvidos pelo organismo, pois a biodisponibilidade pode ser afetada pela presença de fibras e ácido fítico. Durante a parboilização ocorre migração de minerais das camadas externas para o endosperma, aumentando o conteúdo mineral comparado ao arroz branco (JULIANO, 1993).

As vitaminas estão mais concentradas nas camadas periféricas do grão, incluindo o germe, portanto existem diferenças consideráveis em seus teores no arroz integral em relação ao polido. Mesmo possuindo pequenos teores de vitaminas A, C e D, o arroz pode ser importante fonte de tiamina, niacina, piridoxina, biotina, riboflavina e vitamina E (GOMES; MAGALHÃES, 2004).

## 2.3 IMPORTÂNCIA SÓCIO-ECONÔMICA DO ARROZ

No cenário mundial, o Brasil destaca-se como o 9º maior produtor mundial de arroz e o 1º quando se excetua a Ásia (FAO, 2013), com produção anual que se aproxima dos 12 milhões de toneladas, montante 8,8% maior que 2016 (IBGE, 2011). Acerca do mercado brasileiro, observou-se um crescimento na orizicultura nos últimos anos. Entre as safras de 1990/91 e 2012/13, a produção expandiu-se 21,88%, esse aumento é devido a produtividade do setor. O grande impulsionador do crescimento do arroz no Brasil foi o estado do Rio Grande do Sul, que chegará a produzir 8,3 milhões de toneladas em uma área de 1,1 milhão de hectares (CONAB, 2017).

Com base em dados projetados divulgados pelo FAS/USDA, os países integrantes do Mercosul produziram na safra 2014/15, o total de aproximadamente 16 milhões de toneladas de arroz em casca (evolução de 16,96% desde a safra 2006/07), sendo o Brasil responsável por 78,27% da produção do bloco. Argentina e Uruguai, segundo a estimativa, produziram 1,5 milhão de toneladas e 1,4 milhão de toneladas, respectivamente. Estes países, na série histórica da balança comercial brasileira se apresentam como importantes mercados importadores, suprimindo, quando necessário, os déficits brasileiros entre a oferta e a demanda interna (CONAB, 2014).

Os outros integrantes do Mercosul não possuem uma forte cultura de consumo do produto, sendo as suas produções, em grande parte, não destinadas ao consumo interno e sim

ao mercado internacional (o Brasil é o mais importante destino). Sobre as exportações brasileiras, estimadas em 1,1 milhões de toneladas, o principal destino são países não pertencentes ao grupo, com destaque para algumas nações africanas, a Venezuela e alguns países centro-americanos (CONAB, 2014).

Quanto ao aspecto social, a importância do arroz é representada pela possibilidade de ser cultivado tanto em pequenas como em médias e grandes áreas. Essa flexibilidade da cultura permite que a agricultura familiar e a empresarial se desenvolvam e utilizem o arroz como alternativa para geração de renda e de empregos. Os levantamentos em Santa Catarina mostraram que o valor bruto da produção (VBP) do arroz no ano de 2013 foi de R\$ 627 milhões, representando 3,4% do VBP dos principais produtos da agropecuária do Estado. O produto interno bruto (PIB) da agropecuária, por sua vez, contribuiu com 4,7% do PIB catarinense. Em 2014, mais de 30 mil pessoas dependeram economicamente desta atividade. Não é um valor que impressiona pela participação, mas é importante por sua contribuição na diversificação da economia catarinense. Além disso, o cultivo de arroz ocupa áreas sujeitas à inundação, que seriam exploradas com pecuária pouco produtiva e com baixa ocupação de mão de obra, como já ocorreu no passado (XXX REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 2014).

## 2.4 PRODUÇÃO E CULTIVO DO ARROZ

O Brasil possui condições privilegiadas para a produção do arroz, que é cultivado sob diversos sistemas e em diversos ecossistemas, destacando-se os irrigados e de terras altas. Deve-se considerar ainda que existem vários sistemas de produção dentro desses ecossistemas, que, por sua vez, são subdivididos em diferentes modalidades de cultivo. Em 2011, o arroz irrigado ocupou 56% da área cultivada com arroz no país e foi responsável por 82% da produção nacional deste cereal. A maior produção vem do sistema irrigado nas várzeas da região Sul do país com inundação controlada, tendo como principal produtor o Estado do Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2013).

O sistema de cultivo de arroz irrigado no Brasil aborda todos os aspectos tecnológicos da cadeia produtiva, apresentando alternativas de uso de insumos orgânicos ou químicos, indicando-se alternativas de manejo para as principais regiões e zonas agrícolas do país e, ainda, recomenda técnicas de manejo sustentável, como manejo integrado de pragas e

doenças, manejo adequado de solo e outras formas de produção ambientalmente corretas (EMBRAPA, 2005).

Apesar dos altos índices médios de produtividade, em geral superiores a 5 toneladas/hectare no Rio Grande do Sul, atingindo valores em torno de 7 toneladas/hectare, em Santa Catarina, em alguns anos ocorreram reduções acentuadas devido, fundamentalmente, às condições climáticas. Em condições normais de irrigação e de manejo da cultura, a ocorrência de temperaturas extremas e, em particular as baixas temperaturas ("frio"), e a disponibilidade de radiação solar, durante as fases críticas da planta, são dois elementos climáticos que estão intimamente relacionados com os decréscimos de produtividade (EMBRAPA, 2005).

O teor de umidade do grão adequado para realizar-se a colheita do arroz está entre 18 e 23%. Se colhido com teor muito elevado, haverá grãos em formação. Por outro lado, se a colheita for tardia haverá mais quebra de grãos no beneficiamento e, quando se destina a semente, o vigor poderá ser afetado. As perdas na colheita mecânica de arroz poderão ocorrer por três motivos básicos, antes da colheita, na plataforma da colhedora e por mecanismos internos da colhedora. As perdas antes da colheita se caracterizam quando a mesma é realizada fora da época, pelo excesso de chuvas, granizo, ventos e ataques de pássaros. Perdas na plataforma da colhedora, local de maior perda de grãos na colheita, respondem por até 85% do prejuízo e se divide em dois tipos de plataforma, a convencional e a plataforma recolhadora (EMBRAPA, 2005).

O desenvolvimento de genótipos mais produtivos com resistência a fatores bióticos e abióticos são um dos principais objetivos do melhoramento genético, este permite incrementar a produção e também a expressão máxima do seu potencial, desempenhando um importante papel na evolução do arroz, pois possibilita aos agricultores o cultivo de alto potencial produtivo e com caracteres agrônômicos de interesse na cadeia produtiva (BERTAN et al., 2009). Neste sentido, a Embrapa Arroz e Feijão possui um programa de melhoramento genético recente para tipos especiais de arroz.

## 2.5 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E DE CONSUMO DO ARROZ

O arroz pode ser utilizado para consumo humano sob diversas formas: arroz polido, parboilizado e integral; óleo e farinha comercial de arroz, entre outros. Uma parte do arroz polido é consumido diretamente após cozimento, mas uma parte significativamente crescente

tem sido usada industrialmente na produção de farinha de arroz que é, posteriormente, utilizada como aditivo em géis, pudins, sorvetes, biscoitos, bebidas, alimentos processados, molhos para salada e pães sem glúten (KADAN; JUNIOR ZIEGLER, 1989; KADAN et al., 2001). Devido às características como sabor suave, ausência de glúten, hipoalergenicidade, facilidade para digestão e não interferir na cor do produto final (SHIH; DAIGLE, 2000; KADAN; BRYANT; PEPPERMAN, 2003). Na indústria de beneficiamento, a partir do processo de seleção dos grãos de arroz, um dos subprodutos gerados são os grãos quebrados, que podem ser transformados em farinha. A cada 100 kg de arroz em casca beneficiados são obtidos, em média, 14 kg de arroz quebrado (OLIVEIRA et al., 2014).

A quase totalidade dos carboidratos do arroz é representada pelo amido, contido no endosperma do grão (TAIRA, 1995). O amido de arroz contém dois tipos de macromoléculas, amilose e amilopectina. O teor de amilose constitui uma variável de grande interesse no processamento e tecnologia do arroz, sendo o maior determinante da capacidade de aglutinação dos grãos (KENNEDY; BURLINGAME, 2003; NAVES, 2007).

Há uma crescente demanda por alimentos de especialidade, tais como aqueles que atendem às necessidades de saúde das pessoas e que, no caso do arroz, sendo um alimento rico em proteínas e sem glúten, ele se destina aos portadores de doença celíaca ou com alergias a outros cereais, são alimentos enriquecidos com micronutrientes e antioxidantes. É um importante alimento para diminuir casos de fome na Ásia e na África e, por conter alto teor de amilose, é adequado para o combate de diabetes do tipo II. Assim, o arroz pode ser utilizado como um ingrediente em alternativa a estes objetivos (ANACLETO et al., 2015).

Os pesquisadores buscam um arroz nutritivo para que seus derivados, como o farelo de arroz, possam ser utilizados em produtos processados, como, óleos e suplementos alimentares, enriquecendo-os nutritivamente. No Brasil, o farelo de arroz é muito utilizado na ração humana, e associado á multimisturas, para uso humano. Ainda muito diferente do usado em países desenvolvidos, onde o produto entra como complemento na saúde humana (lembrando que o Brasil é um dos maiores produtores mundiais de arroz, e poderia aproveitar totalmente essa matéria-prima) (CIERO, 2011).

Segundo dados da última Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) desenvolvida pelo IBGE (2011), as maiores médias de consumo alimentar diário per capita ocorreram para feijão (182,9g/dia) e em segundo lugar a presença marcante do arroz (160,3g/dia) em que, a média de consumo para o sexo masculino foi de 189,9g/dia e para o sexo feminino 132,7g/dia. Dos

alimentos consumidos no primeiro dia de registro, foram referidos com as maiores frequências o arroz (84,0%), seguidos do feijão (72,8%) e do café (79,0%).

Em relação à estratificação por situação de domicílio (urbano ou rural), a POF mostrou que as médias de consumo per capita/dia na zona rural foram muito maiores para arroz, feijão, batata-doce, mandioca, farinha de mandioca, manga, tangerina, peixes frescos, peixes salgados e carnes congeladas. Enquanto que na zona urbana destacaram-se os produtos prontos para consumo ou processados, como: pão salgado, biscoitos recheados, iogurtes, vitaminas, sanduíches, salgados fritos e assados, pizzas, refrigerantes, sucos e cerveja. Existe uma tendência de aumento de consumo fora do domicílio com o aumento da renda para muitos itens, e inclui-se o arroz, seguido por saladas, peixe fresco, com clara exceção para batata-doce, biscoito recheado, carne bovina e presunto (IBGE, 2011).

Em relação à renda, a pesquisa mostrou que as classes mais baixas consomem em maior quantidade arroz e feijão e outros itens considerados como parte de uma dieta saudável. O inverso é observado para a batata frita. Em diversos trabalhos acadêmicos é evidenciada a elasticidade-renda negativa do produto, o que classifica o arroz como sendo um bem inferior. Ou seja, elevações no nível de renda influenciam na redução do consumo de arroz, pois os agentes demandantes, ao disponibilizarem de mais renda, alteram seus hábitos alimentares, passando a consumir outros alimentos, especialmente comidas rápidas e massas (CONAB, 2014).

## 2.6 QUALIDADE DOS GRÃOS DE ARROZ

Os aspectos ligados à qualidade de grãos em arroz são mais amplos e complexos que aqueles considerados em outros cereais. Além dos aspectos determinantes da qualidade de consumo, como aparência do produto após o cozimento, o aroma, a consistência e o sabor, são também considerados aspectos relacionados à aparência dos grãos antes do cozimento. A qualidade de grãos de uma linhagem de arroz é determinada pela perfeita interação entre os vários componentes da cadeia produtiva da cultura, dentre os quais se destacam o pesquisador, o produtor, o industrial e o consumidor (CASTRO et al., 1999).

O arroz tem um papel significativo na vida diária das pessoas, portanto, a detecção da qualidade do arroz recebeu observações progressivamente notáveis. No entanto, atualmente, a detecção de qualidade do arroz não possui um padrão uniforme e o método de estimação depende do teste do arroz (SHAMIM; RAZA; AKHTAR, 2017). De maneira geral, a

qualidade de um alimento é considerada sob quatro pontos de vista: o nutricional; o da sua adaptação ao processamento e/ou transformação industrial; o de suas características para consumo direto e o da comercialização (CASTRO et al., 1999).

Nas questões de qualidades industriais e culinárias a preferência do mercado brasileiro é para arroz vítreo (translúcido), com ausência de grãos gessados e de manchas, com alto rendimento de grãos inteiros após beneficiamento industrial e que seja macio e solto após a cocção. Essas características são determinadas principalmente pelo teor de amilose e temperatura de gelatinização (BERGMAN; BHATTACHARYA; OHTSUBO, 2004; FITZGERALD et al., 2008).

Diversas metodologias para medir os indicadores de qualidade de arroz são estabelecidas e, atualmente são utilizadas para pesquisar linhas de melhoramento de arroz. Dados de pesquisa de mercado sugerem que os esforços para desenvolver variedades com melhor cozimento e qualidade de consumo têm altos retornos econômicos (SON et al., 2014). A forma e o tamanho do grão são o primeiro critério de qualidade do arroz que os melhoradores e pesquisadores consideram no desenvolvimento de novas variedades para liberação para produção comercial (SHAMIM, RAZA, AKHTAR, 2017)

As propriedades tecnológicas, sensoriais e nutricionais são de grande interesse na formulação de novos produtos com características especiais (NABESHIMA; EL-DASH, 2004; NAVES, 2007). Os parâmetros sensoriais ligados à qualidade de grãos que influenciam as preferências dos consumidores não são totalmente capturados por medições feitas utilizando métodos físicos e bioquímicos. Perfis sensoriais que incluem textura, propriedades sensoriais, e aroma são considerados importantes em certos segmentos de mercado, mas não são totalmente implementados como parâmetros rotineiros de seleção pelos programas de melhoramento de arroz devido à falta de tecnologias e de interesse. Porém, acima de tudo, o aroma é considerado como uma característica de qualidade *premium* que oferece ganhos econômicos mais elevados para os produtores de arroz (ANACLETO et al., 2015).

Existem características sensoriais associadas a diferentes tipos de arroz aromático que atraem certos segmentos de consumidores de arroz e são aceitáveis para outros segmentos (DEVERIYA & SHEWFELT, 2007). O arroz aromático tem chamado a atenção dos consumidores, por atenderem ao grupo que busca por “sensoriabilidade e prazer”. A percepção do aroma é uma resposta aos compostos presentes em um determinado alimento. O aroma e a aparência são fatores de aceitação importantes para o arroz cozido (ZHOU et al., 2002). O aroma dos grãos cozidos é oriundo de uma mistura complexa de compostos, a

palatabilidade desse arroz é atribuída à doçura, que é afetada por açúcares livres como sacarose e glicose (TRAN et al., 2005).

As características sensoriais do arroz são importantes na aceitabilidade do arroz dentro de uma determinada população (SUWANSRI, 2002). É preciso reconhecer que fatores além da qualidade sensorial afetam a aceitabilidade do arroz aromático (TOMLINS et al., 2005; HEINEMANN et al., 2006). Não é apenas a presença do aroma e sua intensidade que definirá o valor econômico e o interesse industrial em explorar genótipos de arroz aromático, sendo importantes, também, as características de produção, as dimensões dos grãos e a qualidade industrial (GRIGLIONE, 2015). A genética, as condições de crescimento e o manuseio pós-colheita como a temperatura, secagem, as condições de armazenamento, o teor de umidade, tem efeito nas propriedades sensoriais, físicas, químicas e de colheita do arroz (DANIELS et al., 1998; CHAMPAGNE, 2008).

A aceitabilidade do consumidor desempenha papel importante na rastreabilidade do produto, pois reduz o número de alternativas, eliminando produtos com baixo desempenho. Os pesquisadores de arroz que tentam melhorar a aceitabilidade do arroz aromático devem tomar em consideração as preferências do segmento de população alvo ao invés de uma população em geral (KOTAGAMA & KUMARA, 1996; SHEWFELT, 2006).

Embora numerosos estudos tenham sido realizados sobre o arroz (LYON et al., 2000; SUWANSRI et al., 2002; WILKIE et al., 2004; TOMLINS et al., 2005; HEINEMANN et al., 2006), há pouca informação disponível sobre quais características sensoriais conduzem a aceitabilidade do arroz aromático em diferentes populações e etnias. Dittgen et al. (2017) estudaram as propriedades sensoriais de linhagens de arroz aromático integral e polido e concluíram que os grãos fornecidos na forma de arroz integral cozido foram considerados aromáticos pela maioria dos avaliadores. Houve redução da percepção do aroma para todas as amostras quando os grãos foram apresentados na forma de arroz beneficiado polido, sugerindo que parte significativa dos compostos que conferem aroma aos grãos estão localizados nas camadas mais periféricas do arroz.

Os parâmetros de qualidade física do arroz podem ser obtidos através de um sofisticado software de análise de imagens digitais, como o empregado pelo Analisador Estatístico de Arroz S21 (LKL, Ventisec, Torres Vedras, Portugal). Um computador acoplado a um sistema digital de captura de imagens é responsável pelo envio das imagens dos grãos ao software, que os analisa individualmente. Após esse processo, o programa calcula os resultados estatísticos e dá ao operador do S21 diversos dados de toda a amostra. Além de

oferecer mais rapidez que os métodos tradicionais, o sistema S21 permite que as análises sejam mais amplas e precisas, acrescentando maior valor comercial ao seu produto. O analisador estatístico de arroz S21 é uma poderosa ferramenta de análise estatística de índices de qualidade de amostras de grãos de arroz. Com o S21 é possível analisar diversos aspectos do arroz como brancura, índice de quebra, percentagem de grãos gessados e percentagem de área gessada (barriga branca) (VENTISEC, 2016).

Embora a melhor maneira de avaliar a qualidade culinária do arroz seja prepará-lo do modo tradicional dos consumidores e submetê-lo à apreciação dos mesmos ou a um grupo de pessoas treinadas em análise sensorial do produto, esse tipo de análise demanda muito produto, tempo e muitas pessoas, o que o torna pouco prático e oneroso, especialmente quando o número de linhagens a serem avaliadas é grande. Diante desse fato, tem-se utilizado testes indiretos de avaliação, como os do teor de amilose aparente, temperatura de gelatinização e estrutura do amido, entre outros (MARTÍNEZ; CUEVAS, 1989).

O consumidor brasileiro possui preferência por grãos longos e finos (agulhinha), com aspectos translúcidos, polidos e livres de matérias estranhas. Em relação às propriedades culinárias, as quais se referem principalmente as características de textura dos grãos de arroz, o consumidor brasileiro espera um cozimento rápido, que os grãos expandam bem em volume e se apresentem soltos, enxutos e macios, após cozimento, e também depois de resfriados e reaquecidos (EMBRAPA, 2013; FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2009). De acordo com Vieira e Rabelo (2006) a aparência dos grãos é uma característica importante para a comercialização. O rendimento satisfatório de grãos inteiros, translúcidos e de dimensões homogêneas são os parâmetros mais procurados pela indústria arroseira e pelos consumidores.

O grão de arroz polido é composto quase em sua totalidade por amido, o que o torna um fator de contribuição chave para muitos atributos de qualidade de grãos. O amido é composto por dois homopolímeros: (a) amilose, que é composto por longas cadeias lineares de  $\alpha$ -1,4 unidades de glicose ligadas com alguns ramos de  $\alpha$ -1,6; e (b) amilopectina, em que se acreditam serem organizadas em *blocklets* (tem cadeias de glucano mais curtas ligadas por mais pontos de ramificação do tipo glicosídicas  $\alpha$ -1,6) (KOWITTAYA; LUMDBWONG, 2014) preenchendo os espaços com moléculas de amilose (RIDOUT et al., 2006; TANG et al., 2006). As propriedades destes dois polímeros de amido estão associadas à qualidade de cozimento e alimentação do arroz, habitualmente indicada pelo teor de amilose aparente, temperatura de gelatinização e consistência do gel. As variedades de arroz são agrupadas em

ideótipos de qualidade definidos com base nas diferentes combinações desses três traços (ANACLETO et al., 2015).

O teor de amilose está correlacionado com as propriedades texturais, como maciez, coesão, cor, brilho, volume de expansão e absorção de água. Relaciona-se, portanto, com as mudanças que ocorrem durante o processo de cocção e determina a qualidade culinária (FERREIRA et al., 2005). Segundo Bhattacharya, Sowbhagya e Swama (1978) a qualidade de arroz não depende apenas do teor de amilose total, mas também do seu conteúdo de amilose insolúvel. Este fato deve estar relacionado à retrogradação, porque a amilose insolúvel é a que primeiro retrograda, propiciando, portanto, maior rigidez aos grânulos de amido e ao arroz cozido, explicando a relação entre alto teor de amilose insolúvel com maior consistência após o cozimento e a menor desintegração.

Linhagens com baixo teor de amilose apresentam grãos úmidos e pegajosos no cozimento e, com alto teor apresentam grãos secos, soltos e duros após o reaquecimento, enquanto com teor intermediário, o mais consumido dentre os consumidores de arroz branco, têm grãos pouco aquosos/secos, soltos e macios, mesmo após o reaquecimento (BOÊNO; ASCHERI; BASSINELO, 2011). Os dois principais processos a que são submetidos os grânulos de amido durante o aquecimento e resfriamento são a gelatinização, definida como a ruptura da ordem molecular dentro dos grânulos de amido, ocorrendo a expansão dos grânulos e a lixiviação da amilose, e a retrogradação, na qual após o resfriamento do gel, as cadeias de amilose apresentam forte tendência a se reassociarem, formando uma nova estrutura ordenada (FITZGERALD; McCOUCH; HALL; 2009; JULIANO, 2003).

Além do teor de amilose, a temperatura de gelatinização (TG) é outra característica utilizada como medida indireta da qualidade do arroz. A TG refere-se à temperatura de cozimento necessária para a água ser absorvida e os grânulos de amido aumentarem irreversivelmente de tamanho, com simultânea perda de cristalinidade (EMBARAPA, 2013; VIEIRA; RABELO, 2006). Grãos contendo amido com alta TG iniciam a absorção e a dissolução em água sob altas temperaturas e requerem mais água e maior tempo de cocção que aqueles com baixa TG (ZHOU et. al, 2003). Com alta TG é mais fácil ocorrerem problemas de cocção, principalmente àqueles relacionados com o centro do grão mal cozido (CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003). Já em grãos com TG baixa e/ou intermediária, os grãos são cozidos por completo, utilizando menor quantidade de água em um menor tempo de cocção. A gelatinização é afetada por diversos fatores incluindo o teor de água do gel, conteúdo de amilose, grau de cristalinidade na fração da amilopectina (ZHOU et. al, 2003). A

TG é dita pela perfeição das duplas hélices da amilopectina, quanto mais duplas hélices tiver a amilopectina, mais cristalino é o grânulo do amido. Então a TG está associada à perda da cristalinidade e comprimento de duplas hélices, ou seja, quanto mais cristalino de forma geral maior é a TG (ELIASSON, 2004).

A cocção do arroz ocasiona também aumento e solubilização dos grânulos de amido, resultando em alterações, como aumento de volume, fragmentação dos grãos e desenvolvimento de texturas diferenciadas no arroz cozido. A TG do amido refere-se à temperatura de cozimento na qual a água é absorvida e 90% dos grânulos de amido são gelatinizados e inchados irreversivelmente, com simultânea quebra de cristalinidade (GUIMARÃES, 1989; VIEIRA; CARVALHO, 1999). A TG pode variar de 55 a 80 °C, sendo a TG baixa (63 a 68 °C) e intermediária (69 a 73 °C), implicam a necessidade de menor tempo e água e, portanto, menos energia para o cozimento; TG alta (74 a 80 °C) requer mais água e mais tempo para cozinhar, com o centro do grão permanecendo duro após a cocção (FERREIRA et al., 2005). Ahmed et al., (2008) concluiu que a TG de arroz Basmati apresentou pico de gelatinização a 74,2 °C, que é considerado alto e com baixo teor de amilose.

### **2.6.1 Interferência na Qualidade Culinária**

A qualidade culinária do arroz é uma característica que depende basicamente da linhagem e é função das propriedades físico-químicas do grão, sendo muito pouco influenciada pelo ambiente. As características relacionadas à qualidade culinária do arroz estão ligadas principalmente ao perfil físico-químico do amido, no qual compreende as transformações que ocorrem durante o cozimento e resfriamento dos grãos (BAO et al., 2006; KONG et al., 2015). O amido compreende cerca de 90% do total de matéria seca no grão de arroz polido (BAO et al., 2004). O conhecimento dessas características é importante para o entendimento das modificações pelas quais passa o alimento durante o processo de cozimento (VIEIRA; RABELO, 2006). Outro fator que afeta a qualidade culinária refere-se à maturação pós-colheita, ou seja, o arroz modifica suas características culinárias durante o armazenamento, especialmente nos três primeiros meses após a colheita, melhorando seu comportamento quanto ao rendimento industrial e ao comportamento de cocção. Se um arroz recém-colhido tende a empapar durante o cozimento pode, com o passar do tempo, modificar esse comportamento, tornando-se mais adequado às preferências de consumo e apresentar-se

seco e solto no cozimento. Isso evidencia a importância do conhecimento do comportamento varietal nesse sentido (CASTRO et al., 1999).

### **2.6.2 Interferência no Rendimento Industrial**

Os danos mecânicos nos grãos ocorrem pela ação indireta de diversos estresses bióticos e abióticos, como falta ou excesso de chuvas, ataque de pragas, doenças, entre outros. A ocorrência de defeitos e, principalmente, a presença de grãos trincados causados pela sua reidratação quando já se encontram secos, com teor de umidade abaixo de 15%, comprometem a renda do benefício e o rendimento do grão (CASTRO et al., 1999).

Diferentes linhagens reagem de forma igualmente diferenciada a esses estresses, algumas resistindo muito mais do que outras. Linhagens mais sensíveis precisam ser colhidas prontamente no sentido de minimizar possíveis efeitos negativos dos estresses ambientais. Na prática, isso significa maior necessidade de equipamentos (colheitadeiras e secadores), necessidade de plantios escalonados ou a utilização de linhagens de ciclos diferentes (CASTRO et al., 1999).

A aparência do endosperma é também uma importante característica de qualidade ligada à linhagem, embora sofra forte influência das condições ambientais. Linhagens com maior frequência de gessados tendem a serem menos produtivas no beneficiamento. Grãos completamente gessados são, normalmente, imaturos, colhidos precocemente e, conseqüentemente, mais frágeis (CASTRO et al., 1999).

## **2.7 BENEFICIAMENTO E POLIMENTO DO ARROZ**

Segundo a portaria nº 269/88 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 1988), o arroz é classificado em grupos, subgrupos, classes e tipos, conforme a Tabela 1.

Após a colheita do arroz, os grãos são limpos utilizando máquinas contendo sistema de ventilação e peneiras para a remoção de impurezas como folhas, galhos, outras sementes e pedras (FERREIRA; YOKOYMA, 1999).

**Tabela 1.** Classificação do arroz em casca e beneficiado

| <b>Grupo</b>      | <b>Subgrupo</b>       |
|-------------------|-----------------------|
| Arroz em casca    | Normal                |
|                   | Parboilizado          |
| Arroz beneficiado | Integral              |
|                   | Parboilizado          |
|                   | Parboilizado integral |
|                   | Polido                |

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

O beneficiamento dos grãos de arroz inicia-se após a limpeza e compreende o descascamento, em que é removido cerca de 20% de casca, seguida pelas etapas de brunimento e polimento, onde é extraído, parcial ou totalmente, o embrião que é a maior parte do pericarpo que recobre o grão. Desta etapa, resulta o farelo que representa aproximadamente 8% da massa do produto em casca. Em seguida, segue-se a etapa de separação das frações de grãos quebrados (14%) e inteiros (58%). Ao final, realiza-se a separação das frações dos grãos quebrados em grandes, médios e quirera (Figura 1) (CASTRO et al., 1999).

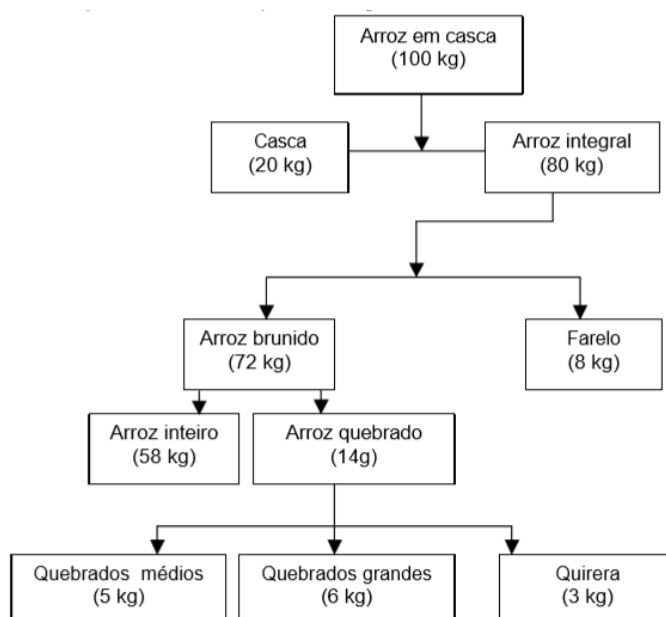


**Figura 1.** Quantidades aproximadas de produtos e subprodutos obtidos a partir do beneficiamento do arroz em casca.

**Fonte:** Castro et al. (1999)

O arroz integral é o produto do qual somente é retirado a casca durante o beneficiamento, mantendo-se intactos o germe e as camadas internas e externas do grão, sendo obtido a partir do arroz em casca natural ou parboilizado (BRASIL, 1988). A partir da brunição e do polimento do grão integral se obtém o arroz branco polido (VIEIRA; RABELO, 2006).

Grão quebrado é um pedaço do arroz que fica retido na peneira de 1,6 mm de diâmetro e apresenta comprimento inferior a três quartas partes do comprimento mínimo da classe a que pertence. Enquanto que a quirera é a parte que passa na referida peneira, sendo formada por fragmentos de grãos que se rompem durante o processo de beneficiamento e é decorrente do efeito da aplicação de uma força mecânica externa aos grãos, o que ocasiona a divisão em pequenos pedaços. Podem ser ainda resultantes de grãos fissurados, portadores de pequenas trincas decorrentes de ação mecânica interna originada de condições externas não mecânicas, ocasionadas durante o destaque (LOPES, 1989).

Durante o beneficiamento os grãos de arroz são submetidos a várias forças de impacto, cisalhamento e fricção principalmente nas etapas de destaque e polimento, sendo que a magnitude dos danos causados durante o processamento depende das propriedades físicas e mecânicas dos grãos. Além do manejo dos equipamentos, as causas de quebra do grão no beneficiamento seriam por razões inerentes ao próprio grão, como grãos gessados, mal formados ou danificados, conseqüentemente mais susceptíveis a fragmentação durante o descascamento e polimento. Outro fator é a secagem, que se for mal conduzida pode contribuir para a quebra dos grãos (CASTRO et al., 1999).

## 2.8 DIVERSIFICAÇÃO DA CADEIA PRODUTIVA DO ARROZ

Contar com diferentes linhagens de arroz pode ser um bom caminho para o desenvolvimento econômico e nutricional da população, já que em 500 municípios do Brasil, existem aproximadamente 40 mil produtores, concentrados em sua maioria na Região Sul. O extenso número é de associados a 1.100 processadoras do cereal (ZANIN, 2013). As estimativas para a projeção de área plantada de arroz mostram que deverá ocorrer redução de área nos próximos anos, embora a queda projetada parece exagerada para pesquisadores da Embrapa. Pelas projeções pode cair de 2,3 milhões de hectares em 2014/15 para 1,4 milhão de hectares em 2024/25. Por outra parte, as projeções até o ano 2025 antecipam incrementos no consumo de arroz da ordem de 0,1%, e para mudar essa tendência, é necessário que o Brasil

desenvolva novas formas de utilização e consumo de arroz (produtos elaborados a partir de grãos de arroz, o que depende de pesquisa e desenvolvimento e, sobretudo da indústria se interessar pelo assunto, fato que não se percebe hoje) (BRASIL, 2015).

A busca por nichos de crescimento de consumo em tempos de dificuldade econômica tanto no Brasil como nos países emergentes considerando a retração da economia chinesa e as ondas migratórias de refugiados na Europa, nos força a encontrar oportunidades de segmentos de consumidores específicos dentro das cadeias locais. Tendências de mercado (EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2015) apontam que mulheres jovens de até 30 anos, representam um mercado com crescente poder aquisitivo, que faz cada vez mais investimentos em saúde preventiva, atuando como *drivers* de consumo. Outro aspecto importante é a ênfase da mídia em temas como saúde e nutrição, sendo um pilar para o desenvolvimento de novos produtos na área alimentação saudável e suplementação alimentar (WESTBROOK, 2015). Desta forma, pode-se dinamizar uma cadeia tão bem estabelecida, como a do arroz, oferecendo produtos com maior valor nutricional.

Pesquisas da Brasil Food Trends (BFT, 2010) realizadas a partir de relatórios produzidos por institutos de referência, agruparam os consumidores de alimentos a nível mundial em cinco categorias: 1) sensorialidade e prazer (23%); 2) saudabilidade e bem-estar; 3) conveniência e praticidade (34%); 4) qualidade e confiabilidade (23%) e 5) sustentabilidade e ética (21%). Os estudos foram elaborados em mercados em relação aos quais o Brasil possui importante fluxo e buscou identificar e quantificar a intensidade com que o consumidor brasileiro percebe as cinco categorias mencionadas. As tendências de sensorialidade e prazer foram apontadas em diversos países, pois o consumidor está valorizando as artes culinárias e as experiências gastronômicas e, essa tendência dissemina a elaboração de receitas regionais e produtos étnicos apresentando maior valor agregado com tendência de manter-se em crescimento tanto em relação aos produtos *gourmet* e *Premium*, demonstrando cada vez mais há preocupação com a saúde e a forma física e também por produtos saborosos e saudáveis formando diferentes nichos e oportunidades de mercado e nesse sentido o mercado para grãos aromáticos demonstra ser promissor (BARBOSA; MADI; TOLEDO, 2010).

## 2.9 ASPECTOS SOBRE ARROZ ESPECIAL

Os grãos de arroz são denominados como especiais porque apresentam peculiaridades em um ou mais aspectos relacionados ao grão, como cor do pericarpo, tamanho, forma, teor de amilose e aroma. Nos últimos anos, têm surgido pesquisas, cruzamentos e seleção de linhagens genéticas e variedades de arroz de tipo especial que fornecem maior lucratividade e valor agregado à cadeia produtiva e maior rentabilidade ao produtor, pois geralmente exige preço de mercado *premium* (WICKERT et al., 2014).

O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) desde 1992 vem realizando pesquisas com arroz especiais para nichos de mercado e a partir desta data iniciou o programa de melhoramento genético específico para esses tipos de grãos. O Estado de São Paulo é o responsável pelo maior consumo de arroz do país e a demanda por tipos especiais é alta, com destaque para o tipo arbóreo, específico para risotos da culinária italiana. A principal região produtora de arroz é o Vale do Paraíba (São Paulo) e a mesma apresenta condições climáticas adequadas ao plantio e produção dos tipos especiais de arroz, com qualidade de grãos equivalente às principais regiões da Itália (IAC, 2001).

O mercado brasileiro de arroz prioriza o consumo de arroz não especial, ou seja, do arroz-branco polido e do arroz parboilizado. Esse fato pode ser considerado indicador de que há espaço para crescimento do mercado de outras variedades, como tipos especiais de arroz, a exemplo dos integrais de pericarpo colorido (preto e vermelho), aromáticos, e os de baixa amilose (glutinoso). No Brasil, os tipos especiais de arroz são consumidos por nichos específicos do mercado, associados a tradições culturais de alguns povos ou mesmo oferecidos em restaurantes especializados ou étnicos (PLANETA ARROZ, 2006).

Uma das grandes vantagens do cultivo de tipos especiais está no maior valor agregado do produto, embora a desvantagem esteja baseada na baixa produtividade das variedades cultivadas, além é claro do baixo consumo. Embora estes grãos especiais não possam ser cultivados em grandes áreas, existe uma procura crescente no mercado deste arroz com novas qualidades culinárias, de sabor, processamento e aparência (WICKERT et al., 2014). Apesar disso, este quadro tem melhorado nos tempos recentes em função de estudos explorados pela mídia especializada em saúde, que demonstraram o alto valor nutritivo e nutracêutico destes tipos especiais de arroz. Como também podem ser uma excelente alternativa de renda para pequenas propriedades (EPAGRI, 2017).

Existe predisposição dos consumidores para a substituição do padrão de consumo atual (arroz-branco e arroz parboilizado), seguindo o movimento do comportamento nacional e mundial de preocupação com a saúde. A presença de flavonóides nos tipos especiais de arroz (vermelho e preto) são os atributos qualitativos com maior apelo para essa decisão. Os atributos mais apreciados são sabor e textura (maciez do produto), e os atributos menos valorizados pelo mercado são aparência após o cozimento e coloração do produto. Neste sentido, há necessidade de definir uma estratégia de marketing para os tipos especiais de arroz que comunique suas propriedades nutricionais e logística capaz de disponibilizar o produto nos principais pontos de venda de alimentos a preços acessíveis (BARNI et al., 2015).

### **2.9.1 Compostos Voláteis e Aroma**

O arroz tipo especial pode ser classificado em arroz não aromático e arroz aromático com base no aroma (VERMA; SRIVASTAV, 2017). As variedades aromáticas de arroz são de grande interesse por sua alta qualidade, aroma, textura suave e preço de mercado elevado (DEVERIYA, 2007). Algumas variedades de arroz aromático sintetizam componentes químicos voláteis aromáticos em concentrações maiores do que nas variedades comuns e que passam a ser perceptíveis tanto nos grãos quanto nos tecidos foliares (CASTRO et al., 2003). Esses compostos voláteis presentes no arroz são vulneráveis a mudanças na composição sob diversas condições (SUGUNAYA et al., 2004), por exemplo, varia de acordo com o meio ambiente, solo e a variedade do arroz (ZHOU et al., 2002).

O aroma é causado por uma quantidade extremamente pequena de compostos voláteis que estão contidos em uma mistura complexa e os fatores ligados ao solo são conhecidos por interferir no aroma, e estes mecanismos não são ainda bem definidos (SINGH et al., 2003). O exato mecanismo da biossíntese dos voláteis envolvidos no aroma é ainda uma questão em aberto (DUDAREVA et al., 2006) e a compreensão da influência de vários fatores sobre os compostos orgânicos voláteis, como de fato ocorre na natureza está ainda numa fase inicial (DICKE; LORETO, 2010).

O aroma em grãos de arroz é indicado pela quantidade de 2acetil-1-pirrolina (2AP). Embora a presença de 2AP seja predominante, o aroma se deve a um conjunto de mais de 100 compostos (BHATTACHARJEE; SINGHAL; KULKARNI, 2002). Esses compostos contribuem também para o sabor característico deste tipo de arroz. O 2AP é relatado em grão cru como um precursor derivado do metabolismo e como subproduto da cozedura ou processamento de calor de vários materiais alimentares, presumivelmente, através de uma

reação de Maillard. A síntese de 2AP se dá em uma via através da expressão do alelo recessivo FGR localizado no cromossomo 8 (ANACLETO et al., 2015).

Estudos demonstraram que os consumidores podem discernir os atributos sensoriais que distinguem os cultivares de arroz aromático em testes de preferência (FITZGERALD E HALL, 2008, FITZGERALD, MCCOUCH E HALL, 2009). A 2-acetil-1-pirrolina (2-AP), que é um determinante primário do sabor no arroz aromático (BUTTERY, LING, E JULIANO, 1982), é o único componente de sabor que os criadores têm para selecionar. Existem vários estudos que avaliaram uma série de cultivares de arroz de diferentes origens genéticas (BERGMAN et al., 2000; LAGUERRE et al., 2007; YANG et al., 2008; ZENG et al., 2008) e arroz que foi armazenado em diferentes condições (WONGPORNCHAI et al., 2004; TULYATHAN, SRISUPATTARAWANICH E SUWANAGUL, 2008).

O sabor de vários alimentos tem sido associado à presença de 2AP, dentre eles a pipoca, tortilhas de milho, baguetes, presunto, queijo, chá verde e vinho. Porém, este composto é mais associado com o aroma do arroz basmati e jasmine e possivelmente devido a efeitos secundários relacionados com o “background” genético da variedade do arroz. Pesquisas sobre a base genética do aroma em arroz identificaram um único loco no cromossomo 8 (FGR) associado ao aroma. O mapeamento fino e subsequente análise de sequência indicou que o gene da desidrogenase aldeído betaína (BADH2) estava associado ao fenótipo aroma (KADAN; PATANKAR, 1938; JODON, 1944). A definição da localização cromossômica do gene pode ser feita pelo mapeamento de marcadores em populações segregantes utilizando repetição de sequência simples ou microsátélites e polimorfismo de nucleotídeo único (BRADBURY et al., 2005).

A mutação funcional que criou o alelo recessivo BADH2.1 foi descrita pela primeira vez como três polimorfismos de nucleotídeo simples e uma deleção de 8 pb no sétimo éxon do gene, que resultou em uma interrupção precoce do códon e hipoteticamente truncou a proteína BADH2 (KADAN; PATANKAR., 1938; JODON, 1944). Outros alinhamentos de sequências foram usadas para descrever esta complexa mutação no BADH2.1 foi referida como nucleotídeo polimórfico funcional. Pesquisas sobre diversos germoplasmas aromáticos apoiam a associação de BADH2.1 como o aroma, e a transformação de uma variedade aromática com o alelo dominante não aromático demonstrou eliminar o aroma, confirmando que BADH2 é o principal determinante genético do aroma no arroz (BOURGIS et al., 2008; CHEN et al., 2008).

Foram identificados em variedades de arroz aromáticas mais de 100 elementos voláteis responsáveis pelo sabor basmati, dentre eles, 13 hidrocarbonetos, 14 ácidos, 13 álcoois, 16 aldeídos, 14 cetonas, 8 ésteres, 5 fenóis, etc., mas o principal composto responsável pelo aroma característico é o 2AP (HINGE; PATIL; NADAF, 2016). Este composto que é produzido em todas as partes da planta de arroz, exceto nas raízes, tem um limiar de aroma muito baixo, permitindo que os humanos o detectem em pequenas concentrações em plantas cultivadas em campo ou tecido de folhas trituradas, bem como no grão antes, durante e depois do cozimento (BUTTERY et al., 1983; PAULE; POWERS, 1989).

Enquanto a via bioquímica que conduz à síntese do 2AP não foi totalmente resolvida, acredita-se que a proteína BADH2 catalisa a oxidação do  $\gamma$ -aminobutiraldeído (AB-ALD, um precursor 2AP), de modo que um alelo não funcional resulta na acumulação de AB-ALD e sua forma cíclica,  $\Delta^1$ -pirrolina, resultando em síntese de 2AP melhorada (BRADBURY et al., 2008; CHEN et al., 2008). Em pesquisas de diversas linhagens de arroz aromático, quase todas mostraram carregar o alelo BADH2.1, sugerindo que esse alelo é comum por descender de variedades de arroz aromático (BRADBURY et al., 2005; BOURGIS et al., 2008; FITZGERALD et al., 2008).

Ademais, uma segunda mutação no gene BADH2, BADH2.2, foi encontrada associada ao aroma dentro de um conjunto limitado de germoplasma da China. A evidência de que pode haver mutações adicionais no caminho que leva à síntese de 2AP vem de um estudo rigoroso envolvendo um painel diversificado de germoplasma aromático que identificou várias linhagens, principalmente do sudeste asiático, que apresentaram níveis elevados de 2AP, mas não carregaram o alelo BADH2.1 (FITZGERALD et al., 2008; SHI et al., 2008).

Apesar da complexidade dos compostos voláteis no arroz (CHAMPAGNE et al., 2005), um composto volátil simples, 2AP, comprovadamente é o principal responsável pelo caráter aromático do aroma do arroz (BUTTERY et al., 1983; BUTTERY; LING; MON, 1986; WIDJAJA; CRASKE; WOOTTON, 1996; JEZUSSEK; JULIANO, SCHIEBERL, 2002).

## 2.10 ARROZ DE TIPO ESPECIAL AROMÁTICO

O arroz aromático é originário das planícies centrais da Tailândia, onde começou a ser cultivado há mais de quatro mil anos (IAC, 2001). O continente Indiano é o lar do arroz aromático (BISNE; SARAWGI, 2008). As variedades de arroz aromático são vendidas a um

preço superior devido à sua qualidade de grão superior e aroma agradável (VERMA; MOHAN; ASTHIR, 2013; VERMA et al., 2015).

As variedades de arroz aromático possuem um aroma característico que é muitas vezes descrito como “nutty” ou “popcorn-like” (BRYANT; MCCLUNG, 2010). O Jasmine tailandês e Basmati indiano são os tipos mais amplamente reconhecidos e altamente desejados pelos consumidores (MO et al., 2015). Além de atrair preço *premium* em muitos mercados (SAKTHIVEL et al., 2009) a demanda global por arroz aromático está aumentando (HASHEMI et al., 2013).

O aroma da pipoca de arroz aromático é uma forte característica de sabor que agrada a uma ampla base de consumidores (IAC, 2001). O seu aroma é sentido nos campos, durante a colheita, armazenagem, moagem e cozimento (SHAHIDULLAH et al., 2009). Em certos mercados, o aroma do arroz é uma característica altamente valorizada e, assim, o aroma é tratado como um traço *premium* (SUWANSRI et al., 2002).

Entre as variedades mais conhecidas de arroz aromático, destacam-se a *Basmati* e *Jasmine*, essas agregam um conjunto de variedades que produzem altas concentrações de 2acetil-1-pirrolina (2AP) (ANACLETO et al., 2015), possuem um alto teor de lisina, fenilalanina, leucina e metionina, comparado às variedades não aromáticas. O arroz mais procurado no mercado mundial é genericamente conhecido como Basmati. Ele possui um aroma agradável, paladar doce, textura macia, curvatura delicada e alongamento com pequeno aumento na espessura após o cozimento (ARAÚJO; PRABHU, 2002).

O arroz Basmati das regiões norte e noroeste da Índia e o arroz Jasmine da Tailândia estão entre as principais variedades de arroz aromático de boa qualidade no mercado internacional. A China também possui várias, famosas e tradicionais linhagens de arroz aromático (YANG et al., 2012).

Alguns tipos de arroz aromáticos são plantados e consumidos como se fossem arroz Basmati, em diferentes países. Entretanto, poucos satisfazem as normas de qualidade necessárias para exportação como Basmati-370. Essa linhagem de arroz irrigado é pura, obtida em 1930 por meio da seleção de uma linhagem nativa, plantado tradicionalmente em Punjab e Kashmir, na Índia. Basmati-370 também apresenta grão extra-longo-fino, característica desejável para a exportação, mas mostra-se suscetível a algumas espécies de brusone que ocorrem no Brasil (ARAÚJO; PRABHU, 2002).

A crescente importância das variedades de arroz aromático no comércio global refletiu importações para a União Européia (principalmente do arroz Basmati, importado sob

condição de linhagem preferencial), Estados Unidos, Canadá e Austrália. Porém, essa crescente procura pode estar também associada a grandes entregas de arroz Hom Mali (uma variedade perfumada da Tailândia) para os países da África, especificamente Costa do Marfim, Gana e Senegal, embora com uma alta porcentagem de grãos quebrados (CALPE, 2004).

O arroz Basmati para ser importado para os Estados Unidos da América é envelhecido pelo menos um ano antes de ser comercializado (FITZGERALD et al., 2009). Dessa forma o arroz importado que está no mercado dos EUA, pode ter perfis de sabor muito diferentes em comparação com um arroz recém-colhido. Champagne (2008) observou que foram necessários estudos com conjuntos maiores de cultivares de arroz que foram manipulados em condições idênticas pré e pós-colheita para tratar os atributos de sabor. O perfil volátil do arroz foi explorado por vários pesquisadores, alguns dos quais também determinaram um aroma correspondente usando cromatografia gasosa (GC) / espectroscopia de massa (MS), olfatometria para a maioria dos compostos detectados (JEZUSSEK, JULIANO, E SCHIEBERLE, 2002; Yang et al., 2008; ZENG et al., 2008). Como resultado, mais de 200 compostos voláteis foram identificados no arroz (BERGMAN et al., 2000; CHAMPAGNE, 2008; ZENG et al., 2008), alguns dos quais, como 2-AP, 2-acetil-pirrole, a-pirrolidona e piridina, foram identificados como aumentando a aceitabilidade do consumidor de arroz. Enquanto outros compostos e produtos de oxidação lipídica, como hexanal, ácido acético e ácido pentanoico, podem ter um efeito negativo sobre a aceitabilidade, sendo estes compostos que podem se tornar mais prevalentes com o tempo de armazenamento ou devido ao mau manuseio pós-colheita.

Os grãos de arroz Basmati contêm 0,09 partes por milhão do composto químico 2AP, que é cerca de 12 vezes maior do que as concentrações encontradas em variedades de arroz sem aroma. O aroma combinado com grãos finos e esbeltos e uma textura macia e solta após o cozimento, faz com que o arroz Basmati, seja o mais procurado do mundo, com preços até dez vezes maior do que o arroz comum no mercado internacional (CHAUDHARY et al., 2001).

A linhagem aromática, desenvolvida pela Embrapa, tem qualidades semelhantes aos tipos tradicionais de arroz e não apresenta problemas no processo produtivo e nem no beneficiamento. Portanto, não há precedentes que possam evidenciar indícios de restrição de uso pelo produtor ou pela agroindústria (FERREIRA et al., 2003).

A receptividade ao arroz aromático desenvolvido pela Embrapa apresentou-se elevada e bem distribuída nas idades entre 21 e 50 anos. Mas a melhor aceitação e intenção de comprar o produto foi apresentada por indivíduos entre 21 e 40 anos, com maior renda per capita e, em sua maioria (cerca de 80%), possuem o segundo e o terceiro graus completos. Estes indivíduos podem constituir um grupo formador de opinião. Podem, portanto, ser o objetivo primário para direcionamento mercadológico do produto (FERREIRA et al., 2003).

Em virtude dos aspectos culturais envolvidos, e por se tratar de alimento básico, antevê-se que qualquer alteração no tipo de arroz será julgada com mais rigor, ou seja, a mudança é mais difícil de ocorrer, e provavelmente, só ocorrerá de forma gradual. No decorrer de uma pesquisa conduzida por Ferreira et al. (2003) percebeu-se o tradicionalismo evidenciado pelos fatos de que a aparência após o cozimento teve importância acentuada para o consumidor, e de uma ligeira resistência em relação ao aroma, característica que realmente diferencia o produto do tradicional. O estudo sugeriu como estratégia para introdução do arroz aromático no mercado, o acondicionamento em embalagens pequenas de, no máximo, um quilograma, fazendo sugestões para consumo em ocasiões singulares e para elaboração de pratos especiais como arroz doce, risoto e outros.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 GERAL

Caracterizar os parâmetros físicos, físico-químicos, culinários e sensoriais da qualidade de grãos de diferentes genótipos de arroz aromáticos de forma a apontar potenciais variedades aromáticas que possam embasar futuras pesquisas para seleção desse tipo de arroz especial junto ao programa de melhoramento genético do arroz.

#### 3.2 ESPECÍFICOS

- Caracterizar a qualidade física de linhagens de arroz aromático após beneficiamento (dimensão de grãos inteiros, presença de defeitos e gessados, grau de polimento);
- Avaliar a qualidade industrial dos grãos de arroz aromático beneficiado (rendimento de inteiros, renda do benefício);
- Caracterizar a qualidade físico-química, culinária e sensorial das linhagens de arroz aromático polidos: teor de amilose, temperatura de gelatinização, propriedades de pasta (análise viscoamilográfica por RVA), presença e intensidade de aroma, teste de panela (rendimento de panela, textura sensorial quanto à pegajosidade e dureza);
- Avaliar a porcentagem de alongação dos grãos de arroz aromático após cozimento.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL GENÉTICO E DADOS EXPERIMENTAIS

Foram utilizados nesta pesquisa, um conjunto de genótipos aromáticos do tipo Basmati, composto por acessos do acervo do Banco Ativo de Germoplasma de Arroz da Embrapa - BAG Arroz (Tabela 2) e linhagens utilizadas como testemunhas, tanto de arroz aromático quanto de arroz com padrão comercial. O estudo foi conduzido com grãos cultivados e colhidos no ano agrícola de 2015/16, na Embrapa Arroz e Feijão, Campo Experimental da Fazenda Palmital, em Goianira - Goiás.

O material genético foi selecionado através de uma busca nas plataformas internacionais e no Banco Ativo de Germoplasma. Testou-se a capacidade de alongação de variedades tradicionais de aroma intenso que poderiam ser interessantes para uso nos programas de melhoramento genético.

O ensaio foi composto por 56 tratamentos, sendo 52 acessos de arroz aromático de distintas origens e mais quatro linhagens como testemunha, sendo: IRGA 417; EMPASC 104; IAC 500 e Jasmine 85.

A escolha das testemunhas foi baseada na importância que os grãos apresentam em relação aos atributos de qualidade de arroz, reconhecidos internacionalmente frente ao mercado consumidor e pelos pesquisadores.

O IRGA 417 é uma linhagem de arroz irrigado classe longo-fino, não aromático, é referência em qualidade de grãos no mercado brasileiro; o EMPASC 104 trata-se da primeira linhagem de arroz irrigado aromático tipo Jasmine lançado no Brasil; o IAC 500 foi a primeira linhagem de arroz irrigado aromático tipo Basmati lançado no Brasil; o Jasmine 85 é uma linhagem de arroz irrigado aromático tipo Jasmine que é referência internacional em qualidade de grãos (IAC, 2001).

A presente pesquisa está vinculada ao projeto “Exploração de recursos genéticos para presença de aroma em arroz especial” liderado pelo co-orientador na Embrapa Arroz e Feijão e financiado pelo CNPq (projeto nº 14/2014).

**Tabela 2.** Acessos de arroz aromático do Banco Ativo de Germoplasma de Arroz da Embrapa (BAG)

| <b>Nome</b>       | <b>Código USDA-BAG Arroz</b> | <b>Nome</b>        | <b>Código USDA-BAG Arroz</b> |
|-------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
| 1. Basmati        | PI385403-BGA018525           | 27. Basmati Lal    | PI385785-BGA018566           |
| 2. Basmati        | PI385407-BGA018526           | 28. Basmati 10     | PI385786-BGA018567           |
| 3. Basmati        | PI385408-BGA018527           | 29. Basmati Surkh  | PI385791-BGA018568           |
| 4. Basmati Sufaid | PI385415-BGA018529           | 30. Basmati        | PI385806-BGA018571           |
| 5. Basmati Sufaid | PI385417-BGA018531           | 31. Basmati        | PI385807-BGA018572           |
| 6. Basmati        | PI385418-BGA018532           | 32. Basmati Pardar | PI385809-BGA018573           |
| 7. Basmati        | PI385421-BGA018534           | 33. Basmati Medium | PI385816-BGA018574           |
| 8. Basmati        | PI385422-BGA018535           | 34. Basmati        | PI385817-BGA018575           |
| 9. Basmati        | PI385424-BGA018536           | 35. Basmati Awne   | PI392125-BGA018632           |
| 10. Basmati Fine  | PI385428-BGA018538           | 36. Basmati Awne   | PI392126-BGA018633           |
| 11. Basmati       | PI385430-BGA018540           | 37. Basmati No. 12 | PI385416-BGA018530           |
| 12. Basmati       | PI385436-BGA018541           | 38. Basmati        | PI385427-BGA018537           |
| 13. Basmati       | PI385439-BGA018542           | 39. Basmati        | PI5816-BGA014912             |
| 14. Basmati       | PI385440-BGA018543           | 40. Basmati 3      | CIor8982-BGA015376           |
| 15. Basmati       | PI385442-BGA018545           | 41. Basmati        | CIor12201-BGA016878          |
| 16. Basmati       | PI385443-BGA018546           | 42. Basmati        | CIor12524-BGA017143          |
| 17. Basmati       | PI385444-BGA018547           | 43. Basmati Medium | PI385429-BGA018539           |
| 18. Basmati       | PI385446-BGA018549           | 44. Basmati        | PI385441-BGA018544           |
| 19. Chak 48       | PI385447-BGA018550           | 45. Basmati        | PI385448-BGA018551           |
| 20. Basmati       | PI385453-BGA018555           | 46. Basmati        | PI385455-BGA018557           |
| 21. Basmati       | PI385454-BGA018556           | 47. Basmati Nahan  | PI385801-BGA018569           |
| 22. Basmati       | PI385456-BGA018558           | 48. Basmati        | PI385805-BGA018570           |
| 23. Basmati       | PI385780-BGA018561           | 49. Basmati        | PI385822-BGA018576           |
| 24. Basmati       | PI385781-BGA018562           | 50. Basmati Awne   | PI392127-BGA018634           |
| 25. Basmati       | PI385782-BGA018563           | 51. Basmati Awne   | PI392128-BGA018635           |
| 26. Basmati Surkh | PI385783-BGA018564           | 52. Basmati C622   | PI412771-BGA018699           |

United States Department of Agriculture, USDA

## 4.2 PLANTIO E CONTROLE DO SOLO E DE PRAGAS

A semeadura deste ensaio ocorreu em outubro de 2015 e o controle de plantas daninhas foi feito por meio de capinas manuais e uso de herbicidas. Foi realizado o controle químico de insetos-pragas, bem como também o controle preventivo de doenças fúngicas, principalmente para brusone. As adubações foram realizadas seguindo recomendações técnicas para a cultura do arroz. O plantio se deu em época de período chuvoso e tomaram-se os cuidados para evitar o acamamento das plantas.

#### 4.3 COLHEITA E PREPARO DAS AMOSTRAS

Para padronização, as amostras de grãos das parcelas foram colhidas entre 30 e 35 dias após a antese floral e secas até atingirem 13% de umidade.

Os grãos de arroz dos acessos Basmati tiveram o início da colheita parcial na Fazenda Palmital a partir do mês de janeiro de 2016 e, de forma imediata, foi realizada a secagem natural, em que, os grãos foram expostos ao sol, organizados em camadas de aproximadamente 10 cm de espessura, para aumentar a área de exposição do produto e a insolação. Para uma secagem uniforme o arroz foi revolvido a cada hora até atingir umidade desejada.

A umidade dos grãos foi estimada utilizando o método dielétrico, com auxílio do determinador de umidade Grainer II PM 300 (marca *Kett Eletric Laboratory*). Após a secagem os grãos foram armazenados com casca em sacos de tecido (algodão) limpos com a devida identificação dos lotes em temperatura ambiente. A colheita das amostras em sua totalidade ocorreu até o mês de fevereiro de 2016. Em seguida o quantitativo colhido passou pelas etapas de pré-limpeza em máquina de ar e peneira para a eliminação de parte das impurezas geralmente maiores que os grãos, como torrões, insetos, folhas verdes, palhas e sementes de plantas daninhas ou de outras espécies que pudessem dificultar as operações subsequentes.

Após a limpeza, os grãos foram levados aos engenhos de provas (MT 8, Suzuki) para classificação e beneficiamento com *timer*, que fizeram o acabamento final e o aprimoramento do produto, eliminando, com base no tempo polimento, as impurezas não removidas nas máquinas de pré-limpeza e limpeza. Usaram-se os cilindros alveolados ou *trieur* com alvéolos entre 0 (grãos curtos) e 1 (grãos longos) para que houvesse a separação dos grãos quebrados e descascados. O tempo pré determinado de brunição é de 1 minuto mas grãos menores necessitam de um maior tempo de brunição do que grãos maiores. Então o tempo utilizado é de acordo com a classe de grão. Já o tempo de classificação (separação de grãos inteiros e quebrados) é de 20 segundos. Sendo determinado também a renda do beneficiamento e o rendimento de inteiros.

Parcelas dos materiais foram separadas em três lotes e homogeneizadas, identificadas, e acondicionadas em sacos plásticos de polietileno e armazenadas sob refrigeração (10°C). A primeira amostra foi moída em engenho de facas de corte (Willey-Mill®, Laboratory Mill

3100 Perten *Instruments*) no Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás – GO, para a realização das análises físico-químicas (teor de amilose aparente e perfil viscoamilográfico por RVA).

A segunda parcela das amostras foi levada à Cozinha Experimental da Embrapa Arroz e Feijão e acondicionada em embalagens plásticas de polietileno sob refrigeração (10° C) e armazenada por 45 dias para a realização do teste de cocção/panela.

A terceira parcela foi armazenada em temperatura ambiente, acondicionada em embalagens plásticas de polietileno por um período de 60 dias, que se destinou ao teste de alongação dos grãos e teste de aroma.

#### 4.4 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA – INDUSTRIAL DO ARROZ

Após a etapa de limpeza, os grãos foram levados para a etapa do beneficiamento em engenho de prova, que compreende o descascamento (para a remoção da casca), seguida pelas etapas de brunimento e polimento dos grãos. O engenho de prova utilizado foi SUZUKI (modelo MT – 8) em que, a partir de 100 g de grãos de arroz com casca, as amostras foram submetidas ao polimento em tempo pré determinado de um minuto, em média ou de acordo com o tipo de grão (grãos menores necessitaram de um maior tempo de brunição do que grãos maiores). As medidas do grau de polimento, brancura e transparência do grão foram realizadas em um medidor de grau de polimento (*Milling Meter*, modelo MM1B fabricado pela Satake *Corporation*) e monitorado o grau de polimento entre 95° a 105°. Amostras com grau abaixo desse intervalo foram brunidas por mais tempo e as que apresentaram valor acima deste, foram descartadas. Foram coletadas e identificadas as amostras com grau de polimento adequado.

Foi determinada a renda do beneficiamento e o rendimento de inteiros, com subsequente separação dos grãos inteiros dos grãos quebrados, os quais foram pesados, separadamente, em balança de precisão (BG 2000 Getaka), para fins de cálculos.

##### 4.4.1 Determinação do rendimento de inteiros e de quebrados

O rendimento de inteiros é a quantidade de grãos inteiros obtidos após o beneficiamento industrial do arroz e, será obtido por meio da porcentagem de grãos inteiros em relação à massa (g) do arroz em casca, de acordo com a equação 1 (OLIVEIRA et al., 1998).

$$\text{Rendimento de inteiros (\%)} = \frac{\text{Peso dos grãos inteiros (g)} \times 100}{\text{Peso dos grãos em casca (g)}} \quad (1)$$

Em relação ao rendimento de quebrados, o cálculo percentual será efetuado conforme a equação 2.

$$\text{Rendimento de quebrados (\%)} = \frac{\text{Peso dos grãos quebrados (g)} \times 100}{\text{Peso dos grãos em casca (g)}} \quad (2)$$

#### 4.4.2 Determinação de renda do beneficiamento

Após o beneficiamento, os grãos de arroz serão avaliados quanto à renda do beneficiamento, por meio da seguinte equação (3) (OLIVEIRA et al., 1998).

$$\text{Renda do beneficiamento (\%)} = \frac{(\text{Peso dos grãos inteiros (g)} + \text{grãos quebrados}) \times 100}{\text{Peso dos grãos em casca (g)}} \quad (3)$$

### 4.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO ARROZ

#### 4.5.1 Dimensões do grão

Para a determinação da classe dos grãos de cada acesso, foi realizada a avaliação das dimensões dos grãos, comprimento e largura, em mm, em uma amostra de grãos inteiros e polidos, com uso do equipamento S21 (LKL Tecnologia R472 BR).

#### 4.5.2 Grãos gessados e com defeitos

A percentagem de grãos gessados foi obtida a partir de uma amostra de 100 g de grãos inteiros e polidos, seguindo-se as instruções e roteiros para a sua determinação segundo a Instrução Normativa n. 6 do MAPA para a Classificação de Grãos (BRASIL, 2009). Para isso, foi utilizado o Analisador Estatístico de Arroz S21(LKL, Ventisec, Torres Vedras, Portugal).

## 4.6 CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE CULINÁRIA DO ARROZ

### 4.6.1 Teste de cocção do arroz

Os grãos foram cozidos (MARTÍNEZ; CUEVAS, 1989) em panela elétrica de 2 L (Mondial) na proporção de 1:2 (arroz/água), seguindo adaptações nas instruções do fabricante. O arroz cozido foi caracterizado quanto ao rendimento de panela e textura seguindo a classificação de Lima et al., (2006) descrita na Tabela 3. Este teste foi realizado 45 dias após a data de colheita dos grãos por diferentes analistas treinados, para as três repetições e feito na Cozinha Experimental da Embrapa Arroz e Feijão.

O rendimento (%) após a cocção foi obtido entre a razão das massas do arroz cozido e do arroz cru. A pegajosidade foi avaliada visualmente verificando se a amostra de arroz cozido desmancha ou não ao ser vertida da xícara para a bandeja.

A dureza foi avaliada quando as amostras atingiram 45° C após o cozimento e os grãos foram pressionados entre os dedos indicador e polegar.

**Tabela 3.** Classificação dos atributos de textura do arroz cozido.

| Atributo     | Escala | Classificação               | Representação |
|--------------|--------|-----------------------------|---------------|
| Pegajosidade | 1      | Muito solto                 | MS            |
|              | 2      | Solto                       | S             |
|              | 3      | Ligeiramente Solto/Pegajoso | LS/LP         |
|              | 4      | Pegajoso                    | P             |
|              | 5      | Muito Pegajoso              | MP            |
| Dureza       | 1      | Muito Macio                 | MM            |
|              | 2      | Macio                       | M             |
|              | 3      | Ligeiramente Macio/Firme    | LM/LF         |
|              | 4      | Firme                       | F             |
|              | 5      | Muito Firme                 | MF            |

**Fonte:** Adaptado de Lima et al., (2006)

### 4.6.2 Medida de Elongação do Arroz

Foram tomadas as medidas de comprimento dos grãos crus e cozidos (10 medições para cada estado do grão) com o uso de paquímetro digital (CD-6''C Mitutoyo Corporation) leitura de 0,01 mm capacidade de 0 a 150 mm (MARTÍNEZ; CUEVAS, 1989). As amostras

(20 grãos) para a cocção foram dispostas em um béquer de 50 mL e ficaram previamente imersas em 20 mL de água destilada por 30 minutos e posteriormente submetidas à cocção em placa aquecedora elétrica (Thermo Scientific HP 131220-33Q Barnstead Thermolyne). A temperatura foi controlada entre 98 ° C a 100° C e o tempo de cocção foi de 10 minutos a partir do ponto de ebulição. Após a cocção dos grãos, foi tomada a medida de comprimento e largura e então calculada pela seguinte equação (4):

$$\text{Razão de alongação do grão} = \frac{\text{Comprimento do grão de arroz cozido (mm)}}{\text{Comprimento do grão de arroz cru (mm)}} \quad (4)$$

#### 4.7 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO ARROZ

##### 4.7.1 Determinação do Teor de Amilose Aparente (TAA)

A análise para determinação do TAA foi realizada por meio do Sistema de Análise por Injeção em Fluxo da Foss Tecator (FIAS<sup>TM</sup> 5000 Analyzer Sampler 5027, Dinamarca). As amostras de arroz (100 mg), previamente moídas em engenho de facas (Perten Laboratory Mill 3100), foram gelatinizadas em solução alcalina. As dispersões de amido e a solução de iodo, que possui a propriedade de formar um complexo azul com a amilose, foram injetadas no sistema para a determinação da absorbância em espectrofotômetro UV-Visível (FEMTO, modelo 700 Plus) através de um detector digital (Dual-Wavelength Detector – DWD Agilent Technologies 325 UV) a 720 nm.

O conteúdo de amilose das amostras foi calculado por meio de uma curva de calibração, preparada com linhagens padrão de arroz pré-selecionadas com teores de amilose conhecidos (0%, 4,18%, 11,4%, 17,03% e 23,69%) e determinados previamente por Cromatografia de Permeação em Gel (SEC/GPC) (FITZGERALD; McCOUCH; HALL, 2009) pelo IRRI (*International Rice Research Institute*). Esta análise foi realizada em duplicata para cada repetição de campo.

Como testemunhas, foram utilizadas as variedades Colômbia 1, Bluebonnet 50 e IR 8, que apresentam teores de amilose baixo, intermediário e alto, respectivamente.

Os valores de referência utilizados para a classificação das amostras seguiram a classificação de Juliano (2003) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Classificação do teor de amilose em arroz e características culinárias correspondentes

| <b>Classificação</b>  | <b>Teor de amilose aparente (%)</b> | <b>Características esperadas após cozimento</b> |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Alta amilose          | 25 – 33                             | Grão seco, solto e duro                         |
| Amilose Intermediária | 20 – 25                             | Grão seco, solto e macio                        |
| Baixa amilose         | 12 – 20                             | Grão pegajoso e macio                           |
| Muito baixa amilose   | 5 – 12                              | Grão pegajoso e muito macio                     |
| Cerosos               | 0 – 4                               | Grão muito macio                                |

**Fonte:** Adaptado de Juliano (2003).

#### 4.7.2 Determinação da Temperatura de Gelatinização (TG)

A temperatura de gelatinização das amostras foi obtida indiretamente, pelo teste de dispersão alcalina, que consiste na estimativa do grau de dispersão e clarificação dos grãos crus de arroz, quando em contato com uma solução alcalina. A metodologia utilizada foi desenvolvida por Martínéz e Cuevas (1989) e adaptada pela Embrapa Arroz e Feijão.

Para a análise, 10 grãos (inteiros e polidos) de arroz de cada amostra foram distribuídos uniformemente em uma placa plástica de 4,8 cm de diâmetro, contendo 10 mL da solução de hidróxido de potássio (KOH) 1,7%. As placas foram tampadas e incubadas em estufa (modelo 255G, marca FISHER) a 30° C, por 23 horas. As análises foram feitas em duplicata por repetição de amostra.

Os dez grãos da amostra foram classificados de acordo com uma escala de 1 a 7 (Figura 2). Foram utilizados como controles internos, grãos de arroz polidos das linhagens Colômbia 1 (TG alta); *Bluebonnet* 50 (TG intermediária) e IR 8 (TG baixa), conhecidas internacionalmente.

O valor médio de TG de cada amostra foi obtido multiplicando-se o número de grãos de arroz pelo valor do grau de dispersão correspondente, sendo posteriormente somados e divididos por dez.

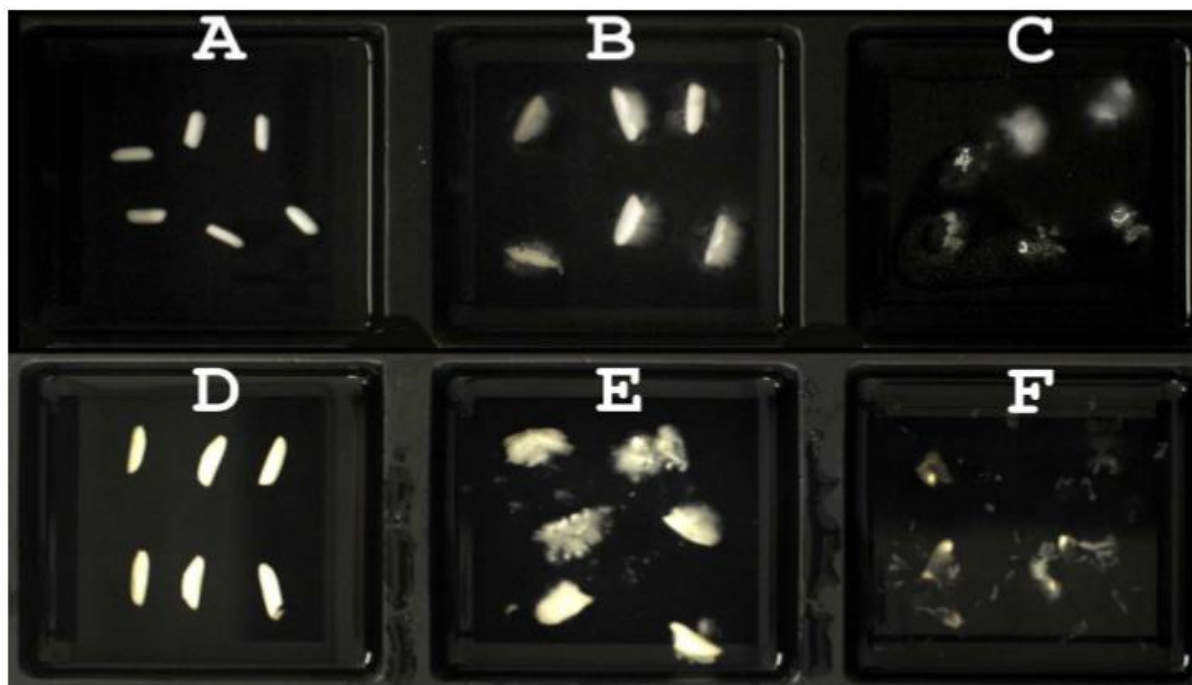


**Figura 2.** Análise de temperatura de gelatinização das amostras, realizada com seis grãos (conforme metodologia original de Martínéz e Cuevas, 1989). Padrão visual: Colômbia 1 – TG alta (A e D); Bluebonnet 50 – TG intermediária (B e E); IR 8 – TG baixa (C e F).

A relação entre grau de dispersão (valores de *Alkali Spreading Value* - ASV em escala numérica de 1 a 7) e a temperatura de gelatinização encontra-se descrita na Tabela 5.

**Tabela 5.** Escala dos graus de dispersão e temperatura de gelatinização (TG) de arroz

| Grau de dispersão | Características                                 | TG                        |
|-------------------|-------------------------------------------------|---------------------------|
| 1, 2 e 3          | Os grãos não são afetados pela solução alcalina | Alta (74 a 80°C)          |
| 4 e 5             | Os grãos se desintegram parcialmente            | Intermediária (69 a 73°C) |
| 6 e 7             | Os grãos se dissolvem totalmente                | Baixa (63 a 68°C)         |

**Fonte:** Adaptado de Martínéz e Cuevas (1989).

#### 4.7.3 Análise Viscoamilográfica por Analisador Rápido de Viscosidade (RVA)

A determinação das características de gelatinização e viscosidade da pasta de arroz, em função da temperatura, foi realizada por meio da análise do perfil viscoamilográfico em um Analisador Rápido de Viscosidade (RVA) série 4 *Newport Scientific*, com o uso do *software Thermocline for Windows* (TCW 2.2). Para análise no RVA, foi utilizada uma suspensão de 3 g de amostra moída em 25 mL de água destilada corrigida para 14% de umidade (NEWPORT SCIENTIFIC, 1998).

A suspensão que se formou pelo amido e a água foi inicialmente cisalhada a 960 rpm durante 10 segundos e, analisada de acordo com o seguinte regime de tempo/temperatura: 50 °C por 1 minuto, para a investigação da viscosidade do amido sob baixa temperatura, posteriormente, a mistura sofreu aquecimento de 50 °C a 95 °C a uma taxa de velocidade constante de 11,84° C/min, e a pasta foi mantida a 95° C por 2,5 minutos. Em seguida a suspensão fora submetida a um resfriamento de 95 °C a 25 °C a uma velocidade constante de 11,84 °C/min, perfazendo um total de 12 minutos de análise, conforme método padrão aprovado pela AACC (2000).

As amostras foram analisadas em triplicata e a viscosidade foi expressa em RVU (*Rapid Visco Units*). A partir da curva obtida (Figura 3) foram extraídas e avaliadas as seguintes informações:

- Viscosidade máxima (ou de pico): valor de máxima viscosidade do amido durante o ciclo de aquecimento;
- Quebra da viscosidade (*Breakdown*): valor obtido da diferença entre a viscosidade máxima e a viscosidade da pasta mantida a 95° C por 5 min;
- Viscosidade final: valor da viscosidade da pasta à temperatura final de resfriamento;
- Tendência à retrogradação (*Setback*): valor obtido da diferença entre a viscosidade final e a viscosidade da pasta a 95° C por 5 min.

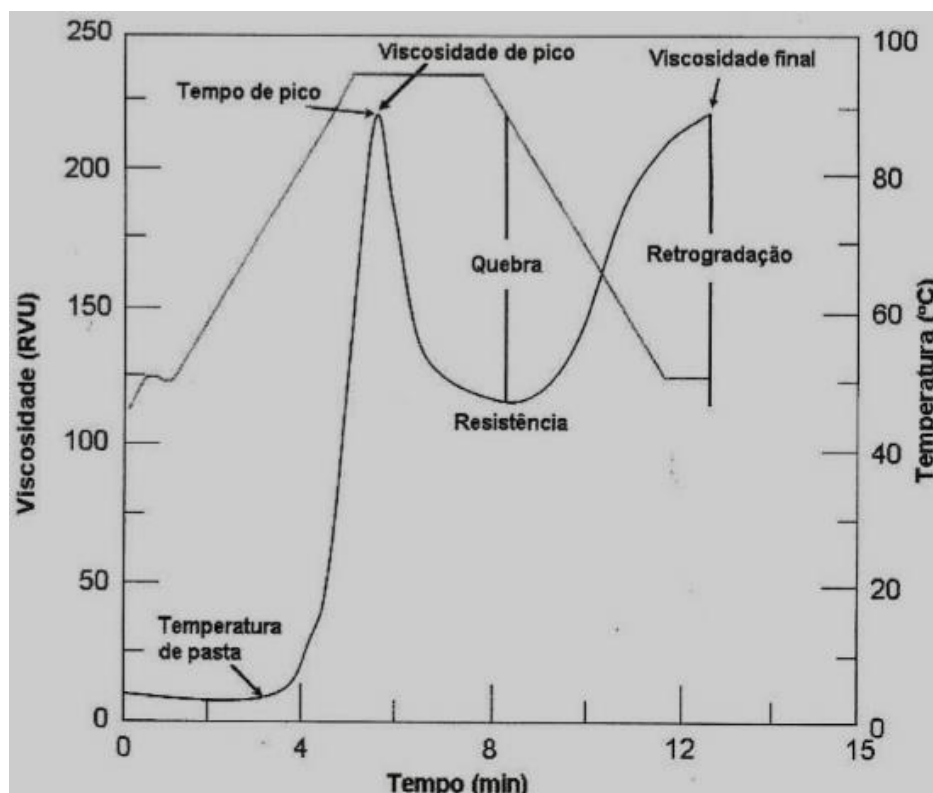


**Figura 3.** Exemplo de curva típica de empastamento obtida a partir da análise de perfil viscoamilográfico por RVC, representando os parâmetros comumente avaliados

**Fonte:** (THOMAS; ATWELL, 1999).

#### 4.7.4 Análise de Aroma

Muitas metodologias sofisticadas são empregadas para avaliar a presença ou ausência de aroma em grão especial. A escolha da metodologia aplicada neste estudo baseou-se na simplicidade do método em não exigir equipamento de alto custo e considerando que os testes sensoriais feitos por avaliadores conseguem ser mais sensíveis em relação às técnicas instrumentais existentes (CHIATTONE, 2010).

O aroma dos arroz aromáticos foi determinado subjetivamente, por seis painelistas treinados e, 60 dias após a data da colheita. Para a determinação de presença de aroma, as amostras destinadas a este fim, tiveram o beneficiamento feito no dia da análise. Pesaram-se 2 g de arroz polido cru, transferidos para placa de Petri, e em seguida adicionaram-se 10 mL de solução de KOH – Hidróxido de Potássio a 1,7%. Imediatamente a placa foi tampada e após 10 minutos a uma temperatura de 30°C em estufa (255G Fisher), foi feita a abertura da mesma. O aroma emitido foi comparado com padrão Basmati 370, através de sua intensidade, que fora classificado em: intenso, medianamente intenso e pouco intenso (SOOD; SIDDIQ, 1978).

Primeiramente foi realizada a avaliação qualitativa, na qual foram definidas notas arbitrárias para a classificação da intensidade do aroma presente nos grãos de arroz aromático avaliados, de acordo com a Tabela 6, tendo como referência o aroma intenso do padrão comercial Basmati 370. Posteriormente, a avaliação subjetiva foi transformada em dados numéricos para análise quantitativa.

**Tabela 6.** Notas de corte para intensidade de aroma em arroz especial

| Notas | Classificação        |
|-------|----------------------|
| 1     | Ausente              |
| 2     | Pouco intenso        |
| 3     | Medianamente intenso |
| 4     | Intenso              |

**Fonte:** Adaptado de (SOOD; SIDDIQ, 1978)

Por se tratar de um teste subjetivo para fins de análise estatística os dados de aroma foram agrupados em frequência para cada tipo de escala de avaliação da intensidade e atribuiu-se nota 1 para a escala ausente, nota 2 para pouco intenso, nota 3 para medianamente intenso e nota 4 para intenso. Logo a nota foi multiplicada pela frequência de avaliações realizadas pelos painelistas, tendo ao final a soma das notas apresentadas em uma escala de 1 a 4 conforme a intensidade do aroma, de forma que em uma escala crescente, as notas 1 conferem ausência de aroma, nota 2 aroma pouco intenso, nota 3 aroma medianamente intenso e notas 4 aroma intenso.

#### 4.8 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

Adotou-se o delineamento experimental alfa-látice triplo 7 x 8. As parcelas constituíram-se por 4 linhas de 4 metros de comprimento com espaçamento entre linhas de 0,17 metros e utilizado a densidade de sessenta sementes por metro.

Os dados foram submetidos à análise de variância com base no seguinte modelo fixo (equação 5) (COCHRAN; COX, 1957).

$$y_{ijk} = \mu + t_i + r_j + b_{k(j)} + \varepsilon_{ijk} \quad (5)$$

em que:

- $y_{ijk}$  é a observação do tratamento  $i$ , na repetição  $j$  e no bloco  $k$ ;

- $\mu$  é a média geral (constante inerente a todas as observações);
- $t_i$  é o efeito aleatório do tratamento  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, I$ ), assumindo  $t_i \sim \text{NID} \cap (0, \sigma_t^2)$ ;
- $r_j$  é o efeito aleatório de repetição  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, J$ ), assumindo  $r_j \sim \text{NID} \cap (0, \sigma_r^2)$ ;
- $b_{k(j)}$  é o efeito aleatório de bloco  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, K$ ), dentro da repetição  $j$ , assumindo  $b_{k(j)} \sim \text{NID} \cap (0, \sigma_b^2)$ ; e
- $\varepsilon_{ijk}$  é o erro experimental associado à observação  $Y_{ijk}$ , assumindo independente e identicamente distribuído, sob  $\text{NID} (0, \sigma^2)$ .

As análises de variância e o teste de regressão simples foram realizados utilizando o software estatístico SAS<sup>®</sup> para Windows versão 9.3 (Statistical Analysis System - SAS Institute, 2017), via procedimentos ‘PROC GLM’. Assim, com base nesse modelo matemático e nas premissas assumidas, foi construído o esquema da análise de variância individual, como apresentado na Tabela 7.

Para a comparação dos valores de média utilizou-se o teste de Skott-Knott e correlação de Pearson com auxílio do aplicativo SAS<sup>®</sup> for Windows (versão 9.3, 2017).

**Tabela 7.** Esquema da análise de variância individual

| Fonte de Variação | GL                    | QM        | F                |
|-------------------|-----------------------|-----------|------------------|
| Repetições (R)    | $(J - 1)$             | $QM_1$    | $QM_1 / QM_{EI}$ |
| Blocos/R          | $J(K - 1)$            | $QM_2$    | $QM_2 / QM_{EI}$ |
| Tratamentos       | $I - 1$               | $QM_3$    | $QM_3 / QM_{EI}$ |
| Erro intrablocos  | $(K - 1)(JK - K - 1)$ | $QM_{EI}$ |                  |
| Total             | $IJ - 1$              |           |                  |

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PROPRIEDADES FÍSICO-INDUSTRIAIS

A qualidade de grão de arroz é muito difícil de definir com precisão, pois preferências de qualidade variam de país para país. Poucas pessoas percebem a sua complexidade e vários componentes de qualidade envolvidos. O conceito de qualidade varia de acordo com o uso industrial para os quais os grãos devem ser utilizados. Embora algumas das características de qualidade desejadas pelo produtor e o consumidor possam ser iguais, cada um pode colocar uma ênfase diferente em várias características de qualidade. Os consumidores baseiam seu conceito de qualidade na aparência, no tamanho e no formato do grão, no comportamento ao cozinhar, e nas propriedades sensoriais do arroz cozido.

A renda do benefício, o rendimento de grãos inteiros, a área gessada total e o teor de gessados apresentaram efeito significativo ( $P < 0,05$ ) entre os acessos testados (Tabela 8).

Com relação à renda de benefício (% de grãos brunidos), a cultivar IRGA 417, usada como testemunha, apresentou 64,3%. Entre o arroz Basmati, os acessos que apresentaram os maiores valores foram: 4 (62,3%); 9 (62,7%); 10 (62,3%); 22 (66,3%); 32 (65,3%); 33 (67,7%); 34 (68,0%); 35 (67,3%); 36 (64,3%); 37 (62,0%); 39 (66,7%); 40 (64,3%); 41 (66%); 49 (63,3%); 50 (64%); 51 (65,3%) e 52 (64,3%). O menor valor foi observado para 31 com 34,7%. Para o rendimento de inteiros, os acessos 4 (49%); 22 (52,3%); 32 (52,7%); 33 (58%); 34 (56%); 35 (57,3%); 36 (52,7%); 37 (50,3%); 49 (55,3%) e 50 (49,3%) apresentaram os maiores valores. E os menores valores foram observados para os acessos 1 (19%); 6 (26%); 30 (20%); 31 (15,3%) e 48 (24,3%).

Os valores de RB e RI estão interligados com as características genéticas de cada linhagem, condições climáticas e práticas culturais durante o desenvolvimento, maturação e colheita do grão, assim como tipos de processamento e manejo pós colheita (BHATTACHARYA, 1985). De um modo geral, os baixos valores de RI podem ser devidos à secagem no campo que não foi monitorada adequadamente, e pode ter sido também pelo maior tempo de polimento do material, por se tratar de um material um pouco mais vítreo. O IRGA 417 apresentou grau de polimento satisfatório de 98, mas às vezes o grão requer mais tempo de polimento para atingir o mesmo grau de brancura.

**Tabela 8.** Renda do Benefício (RB), Rendimento de Inteiros (RI), Área Gessada Total (AGT), Gessados (GES), Relação Comprimento/Largura (C/L)

| (continua)         |                   |        |         |         |     |
|--------------------|-------------------|--------|---------|---------|-----|
| Genótipos          | RB (%)            | RI (%) | AGT (%) | GES (%) | C/L |
| IRGA 417           | 64,3 <sup>a</sup> | 47,3b  | 17,0f   | 0,4f    | 3,5 |
| EMPASC 104         | 59,3b             | 43,0b  | 20,2f   | 1,3f    | 3,2 |
| IAC 500            | 51,0c             | 33,3c  | 36,7c   | 7,9d    | 3,1 |
| Jasmine 85         | 59,3b             | 36,7c  | 24,0e   | 1,5f    | 3,0 |
| 1. Basmati         | 46,3d             | 19,0d  | 25,0e   | 0,6f    | 3,5 |
| 2. Basmati         | 60,7b             | 42,3b  | 44,4b   | 13,9b   | 2,9 |
| 3. Basmati         | 61,7b             | 43,0b  | 39,7c   | 10,0c   | 3,4 |
| 4. Basmati Sufaid  | 62,3 <sup>a</sup> | 49,0a  | 38,5c   | 12,4b   | 2,9 |
| 5. Basmati Sufaid  | 56,7b             | 37,7c  | 29,3d   | 3,3e    | 3,6 |
| 6. Basmati         | 53,7c             | 26,0d  | 31,8d   | 3,3e    | 3,0 |
| 7. Basmati         | 60,0b             | 45,3b  | 35,3c   | 8,7d    | 3,3 |
| 8. Basmati         | 61,0b             | 42,7b  | 40,6c   | 8,7d    | 3,5 |
| 9. Basmati         | 62,7 <sup>a</sup> | 46,3b  | 40,9c   | 12,3b   | 3,4 |
| 10. Basmati Fine   | 62,3 <sup>a</sup> | 39,7b  | 48,7a   | 15,4b   | 3,0 |
| 11. Basmati        | 61,3b             | 44,7b  | 42,1c   | 12,5b   | 3,2 |
| 12. Basmati        | 60,3b             | 43,7b  | 36,5c   | 8,7d    | 3,2 |
| 13. Basmati        | 56,3b             | 34,0c  | 40,7c   | 7,0d    | 3,3 |
| 14. Basmati        | 60,3b             | 40,7b  | 44,2b   | 14,9b   | 3,2 |
| 15. Basmati        | 57,3b             | 41,0b  | 39,2c   | 9,4c    | 3,3 |
| 16. Basmati        | 55,0b             | 34,7c  | 38,3c   | 7,0d    | 3,4 |
| 17. Basmati        | 50,0c             | 30,7c  | 43,5b   | 8,4d    | 3,3 |
| 18. Basmati        | 58,0b             | 41,7b  | 43,6b   | 11,8b   | 3,0 |
| 19. Chak 48        | 59,3b             | 44,0b  | 39,7c   | 10,2c   | 3,2 |
| 20. Basmati        | 57,0b             | 39,0b  | 36,7c   | 7,3d    | 3,5 |
| 21. Basmati        | 60,0b             | 41,3b  | 29,6d   | 3,7e    | 3,0 |
| 22. Basmati        | 66,3 <sup>a</sup> | 52,3a  | 25,3e   | 3,1e    | 3,3 |
| 23. Basmati        | 58,7b             | 37,3c  | 24,2e   | 3,3e    | 3,1 |
| 24. Basmati        | 57,0b             | 39,3b  | 32,4d   | 4,9e    | 3,4 |
| 25. Basmati        | 59,3b             | 38,0c  | 26,6e   | 2,3f    | 3,4 |
| 26. Basmati Surkh  | 58,3b             | 36,7c  | 27,1e   | 2,5e    | 3,1 |
| 27. Basmati Lal    | 60,7b             | 43,3b  | 34,3c   | 7,5d    | 3,5 |
| 28. Basmati 10     | 59,0b             | 38,5c  | 37,0c   | 7,6d    | 3,0 |
| 29. Basmati Surkh  | 60,0b             | 30,3c  | 50,8a   | 10,5c   | 3,4 |
| 30. Basmati        | 45,7d             | 20,0d  | 24,5e   | 1,4f    | 3,4 |
| 31. Basmati        | 34,7e             | 15,3d  | 31,8d   | 1,2f    | 3,2 |
| 32. Basmati Pardar | 65,3 <sup>a</sup> | 52,7a  | 14,5g   | 0,6f    | 3,3 |
| 33. Basmati Medium | 67,7 <sup>a</sup> | 58,0a  | 11,4g   | 0,1f    | 3,1 |
| 34. Basmati        | 68,0a             | 56,0a  | 13,3g   | 0,1f    | 3,3 |
| 35. Basmati Awned  | 67,3a             | 57,3a  | 19,3f   | 3,9e    | 3,3 |
| 36. Basmati Awned  | 64,3a             | 52,7a  | 18,9f   | 1,5f    | 2,8 |
| 37. Basmati No. 12 | 62,0a             | 50,3a  | 35,0c   | 10,2c   | 3,5 |
| 38. Basmati        | 57,3b             | 33,3c  | 49,3a   | 13,0b   | 3,4 |
| 39. Basmati        | 66,7a             | 45,7b  | 22,9e   | 1,6f    | 3,4 |
| 40. Basmati 3      | 64,3 <sup>a</sup> | 37,7c  | 48,2a   | 10,2c   | 3,4 |
| 41. Basmati        | 66,0a             | 47,0b  | 22,6e   | 1,5f    | 3,2 |
| 42. Basmati        | 53,3c             | 29,7c  | 51,6a   | 13,0b   | 3,1 |
| 43. Basmati Medium | 58,7b             | 39,3b  | 41,8c   | 12,8b   | 3,0 |
| 44. Basmati        | 60,0b             | 43,7b  | 37,0c   | 8,8d    | 3,2 |
| 45. Basmati        | 59,0b             | 43,5b  | 29,0d   | 4,3e    | 3,0 |
| 46. Basmati        | 61,7b             | 43,3b  | 52,6a   | 23,6a   | 3,4 |

**Tabela 8.** Renda do Benefício (RB), Rendimento de Inteiros (RI), Área Gessada Total (AGT), Gessados (GES), Relação Comprimento/Largura (C/L)

| Genótipos         | RB (%)            | RI (%) | AGT (%) | GES (%) | (conclusão) |
|-------------------|-------------------|--------|---------|---------|-------------|
|                   |                   |        |         |         | C/L         |
| 47. Basmati Nahan | 61,3b             | 37,7c  | 26,8e   | 3,3e    | 3,3         |
| 48. Basmati       | 55,0b             | 24,3d  | 21,1f   | 1,3f    | 3,0         |
| 49. Basmati       | 63,3 <sup>a</sup> | 55,3a  | 16,9f   | 1,0f    | 3,2         |
| 50. Basmati Awned | 64,0a             | 49,3a  | 28,4d   | 5,7e    | 3,3         |
| 51. Basmati Awned | 65,3 <sup>a</sup> | 43,0b  | 27,3e   | 4,3e    | 3,0         |
| 52. Basmati C622  | 64,3 <sup>a</sup> | 36,7c  | 28,5d   | 3,0e    | 3,2         |

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

Com relação à área gessada total, os acessos 32 (14,5%); 33 (11,4%) e 34 (13,3%) apresentaram os menores valores. Os maiores valores foram apresentados pelos acessos 10 (48,7%); 29 (50,8%); 38 (49,3%); 40 (48,2%); 42 (51,6%) e 46 (52,6%). Com relação ao gessamento, observa-se que o acesso 46 (23,6) apresentou o maior valor e o menor valor foi observado para as cultivares IRGA 417; EMPASC 104 e Jasmine 85 e para os acessos 1; 26; 30; 31; 32; 33; 34; 36; 39; 41; 48 e 49 com valores que variaram de 0,1 a 2,3.

Segundo Iguaz (2006), práticas incorretas de manejo da lavoura e condições climáticas desfavoráveis são os principais fatores que contribuem para a baixa qualidade dos grãos, dentre eles os grãos gessados. Foram considerados grãos vítreos aqueles que apresentaram menos de 25% de área gessada; grãos opacos aqueles que apresentaram mais de 25% de área gessada e grãos gessados aqueles que apresentaram de 50 a 100% de área gessada (LONDERO et al., 2015). O engessamento ocorre devido a um distúrbio no arranjo de moléculas de amido e proteínas, ficando frouxamente organizadas e tendo o espaço entre moléculas preenchido com ar (SHEN, 2000). Isso faz com que o grão gessado seja facilmente quebrado quando beneficiado (LIU; TOLLENAAR, 2009). Lang et al. (2017) estudando grãos de arroz aromático produzidos na região centro-oeste concluíram que existe correlação positiva entre o percentual de grãos gessados e de grãos quebrados para os genótipos analisados

Perez, Martinez e Amezquita (1990) avaliaram a estabilidade de grãos gessados de genótipos em diferentes ambientes, propondo que o índice de 1,20 pode ser considerado como limite superior para a identificação de linhagens com gessamento baixo e estável. Considerando essa classificação apenas os genótipos IRGA 417; 1; 31; 32; 33; 34 e 49 encontram-se com gessamento baixo e estável. A colheita de grãos com teores de umidade acima de 26 % contribui para aumentar a ocorrência de grãos imaturos na massa de grãos, o

que constitui uma das principais causas do aparecimento de grãos gessados (CASTRO, et al. 1999).

O tamanho do grão é um dos primeiros parâmetros de qualidade do arroz que os melhoristas consideram no desenvolvimento de novas variedades para a produção comercial. A relação comprimento e largura estando entre 2,5 e 3,0 é considerada aceitável. Neste estudo, a relação C/L foi na maioria dos genótipos superior a 3,0 variando de 2,8 a 3,6. Os acessos 2 (2,9); 4(2,9) e 36 (2,8) foram as que apresentaram os menores valores para relação C/L. De acordo com Dela Cruz e Khus (2000) a relação C/L decide a forma e o tamanho da categoria do grão de arroz, ou seja, a relação  $C/L > 3,0$  é para forma esbelta, 2,1 a 3,0 é para a forma média, enquanto que  $= 2,0$  é chamado de grãos negrito. Uma relação C/L acima de 3,0 é geralmente considerada como delgada (IRRI, 1980).

Meena; Vijayalakshmi e Ravindra (2010) observaram que o comprimento do grão variou de 4,30 a 7,80 mm e a largura de grão 1,54 a 1,88 mm em variedades de arroz aromático selecionadas. Resultados semelhantes foram encontrados por Sareepuang et al. (2008), o comprimento e a largura do arroz parbolizado aromático variaram entre 7,0-9,0 mm e 2,02-2,06 mm, respectivamente, que foram maiores e menores que os do arroz integral. Vanaja e Babu (2006) relataram 7,35 a 10,11 mm e 2,56 a 3,76 mm para o comprimento e largura do grão, respectivamente. Alguns consumidores de Bangkok na Tailândia preferem grãos curtos, outros preferem os grãos longos e médios, e os grãos longos e delgados são muito apreciados pela maioria (CHUEAMCHAITRAKUN et al., 2011). Kanchana et al. (2012) relataram 0,33 a 0,43 e 0,13 a 0,20 cm de comprimento e largura do grão, respectivamente, em 41 variedades de arroz para conhecer as qualidades físicas. O comprimento do grão de arroz de 8,31-8,65 mm e 3,00-3,04 mm de largura em arroz integral pigmentado foi relatado em estudos anteriores. Do mesmo modo, o comprimento do grão variou de 4,90 a 12,41 mm e a largura do grão foi de 1,80 a 3,50 mm em arroz aromático indígena. Foi relatada uma ampla variação na relação C/L de 2,21 para 4,12 (SINGH et al., 2005; VANAJA; BABU, 2006; VERMA et al., 2015). Shamin; Raza e Akhtar (2017) estudando variedades de arroz Basmati no Paquistão observaram valores de C/L que variaram de 4,97 a 6,24 mm, com média de 5,65 mm.

O tamanho e a forma do grão determinam em grande parte o valor de mercado e a aceitação pelo consumidor do arroz, enquanto a qualidade do cozimento é influenciada pelas propriedades do amido. Algumas variedades se expandem mais do que outras durante o

cozimento. O aumento do tamanho do comprimento sem um aumento correspondente na circunferência é considerado um traço de qualidade de grão de arroz altamente desejável.

## 5.2 PROPRIEDADES DA QUALIDADE CULINÁRIA

Na Tabela 9 encontram-se os valores das características de teste de panela (dureza, pegajosidade e rendimento) como também do grau de polimento para os tipos de arroz estudados. Observa-se que para o arroz 31 (Basmati) as características citadas não foram analisadas, pois a amostra foi insuficiente.

Para o atributo pegajosidade do grão cozido, observou-se que as variedades se distribuíram entre as classes 4 e 5 (ligeiramente solto e pegajoso) (Tabela 3). Com relação à dureza do grão cozido, as variedades se distribuíram entre as classes 2 e 3 (macio e ligeiramente macio) (Tabela 3). Apesar das diferenças existentes no TAA das variedades estudadas (Tabela 12), a textura do arroz cozido, com relação à dureza do grão, manteve-se praticamente inalterada, com a maior parte das famílias apresentando grãos macios e ligeiramente macios após o cozimento. Existem poucas pesquisas relacionadas aos efeitos dos grãos gessados na qualidade culinária do arroz (QI-HUA et al., 2009). Cheng et al. (2005) estudaram as diferenças nas propriedades culinárias e sensoriais entre grãos translúcidos e gessados e concluíram que o teor de amilose e as propriedades de pasta não são alterados significativamente pela presença de grãos gessados. Santos; Caliari e Eifert (2013), estudaram a qualidade de cocção de grãos de arroz translúcidos e gessados e concluíram que os grãos gessados, após cozidos, apresentam características de qualidade de grãos semelhantes aos grãos translúcidos. Com relação à pegajosidade, os grãos translúcidos e gessados apresentaram-se ligeiramente soltos. Moreira (2012) estudando variedades de arroz de terra alta concluiu que a caracterização culinária pegajosidade do grão, se distribuiu em três classes, entre solto e pegajoso. Com relação à dureza do grão, observou-se que independentemente do tratamento, os grãos da maioria das famílias foram classificados como macios após cozimento.

**Tabela 9.** Propriedades de dureza, pegajosidade, rendimento para teste de panela e Grau de Polimento.

(continua)

| Genótipos          | Teste de Panela |              |                | Grau de Polimento |
|--------------------|-----------------|--------------|----------------|-------------------|
|                    | Dureza          | Pegajosidade | Rendimento (%) |                   |
| IRGA 417           | 2,5             | 4,0          | 200            | 98,0              |
| EMPASC 104         | 2,0             | 5,0          | 200            | 110,0             |
| IAC 500            | 2,5             | 4,5          | 200            | 103,0             |
| Jasmine 85         | 2,3             | 5,0          | 183            | 105,0             |
| 1. Basmati         | 2,0             | 4,5          | 175            | 107,5             |
| 2. Basmati         | 2,0             | 4,0          | 200            | 104,7             |
| 3. Basmati         | 2,3             | 4,3          | 200            | 101,0             |
| 4. Basmati Sufaid  | 2,0             | 4,7          | 200            | 106,0             |
| 5. Basmati Sufaid  | 2,0             | 4,7          | 200            | 104,0             |
| 6. Basmati         | 2,0             | 4,0          | 200            | 108,0             |
| 7. Basmati         | 2,3             | 4,7          | 200            | 108,0             |
| 8. Basmati         | 2,3             | 5,0          | 200            | 97,7              |
| 9. Basmati         | 2,3             | 4,7          | 200            | 106,7             |
| 10. Basmati Fine   | 2,0             | 4,7          | 200            | 111,3             |
| 11. Basmati        | 2,0             | 4,5          | 200            | 119,0             |
| 12. Basmati        | 2,0             | 4,0          | 200            | 101,3             |
| 13. Basmati        | 2,0             | 4,7          | 200            | 111,7             |
| 14. Basmati        | 2,3             | 3,7          | 200            | 101,3             |
| 15. Basmati        | 2,3             | 4,0          | 200            | 102,7             |
| 16. Basmati        | 2,0             | 4,0          | 200            | 102,3             |
| 17. Basmati        | 2,0             | 4,7          | 200            | 111,3             |
| 18. Basmati        | 2,0             | 4,7          | 200            | 106,3             |
| 19. Chak 48        | 2,3             | 5,0          | 200            | 109,7             |
| 20. Basmati        | 2,0             | 4,7          | 200            | 104,7             |
| 21. Basmati        | 2,3             | 4,7          | 200            | 104,7             |
| 22. Basmati        | 2,3             | 4,7          | 200            | 110,7             |
| 23. Basmati        | 2,0             | 4,3          | 200            | 97,7              |
| 24. Basmati        | 2,3             | 4,3          | 200            | 103,3             |
| 25. Basmati        | 2,0             | 5,0          | 200            | 100,7             |
| 26. Basmati Surkh  | 2,3             | 4,7          | 200            | 103,0             |
| 27. Basmati Lal    | 2,3             | 4,7          | 200            | 106,7             |
| 28. Basmati 10     | 2,5             | 5,0          | 200            | 111,0             |
| 29. Basmati Surkh  | 2,3             | 5,0          | 200            | 107,7             |
| 30. Basmati        | 2,5             | 4,5          | 200            | 102,0             |
| 31. Basmati        | -               | -            | -              | 96,0              |
| 32. Basmati Pardar | 2,0             | 5,0          | 200            | 100,3             |
| 33. Basmati Medium | 2,0             | 5,0          | 200            | 98,7              |
| 34. Basmati        | 2,0             | 5,0          | 183            | 97,7              |
| 35. Basmati Awne   | 3,5             | 5,0          | 183            | 100,3             |
| 36. Basmati Awne   | 2,3             | 5,0          | 200            | 103,0             |
| 37. Basmati No. 12 | 2,0             | 5,0          | 200            | 108,0             |
| 38. Basmati        | 2,0             | 4,7          | 200            | 105,0             |
| 39. Basmati        | 2,5             | 5,0          | 200            | 103,0             |
| 40. Basmati 3      | 2,3             | 4,3          | 200            | 113,3             |
| 41. Basmati        | 2,3             | 5,0          | 200            | 105,3             |
| 42. Basmati        | 2,5             | 5,0          | 150            | 108,0             |
| 43. Basmati Medium | 2,0             | 4,7          | 200            | 105,0             |
| 44. Basmati        | 2,3             | 5,0          | 200            | 99,0              |
| 45. Basmati        | 2,3             | 4,7          | 200            | 111,0             |

**Tabela 9.** Propriedades de dureza, pegajosidade, rendimento para teste de panela e Grau de Polimento.

| Genótipos         | Teste de Panela |              |                | Grau de Polimento |
|-------------------|-----------------|--------------|----------------|-------------------|
|                   | Dureza          | Pegajosidade | Rendimento (%) |                   |
| 46. Basmati       | 2,0             | 4,7          | 200            | 105,7             |
| 47. Basmati Nahan | 2,3             | 4,7          | 200            | 103,7             |
| 48. Basmati       | 2,5             | 4,5          | 200            | 109,5             |
| 49. Basmati       | 2,0             | 4,7          | 200            | 108,7             |
| 50. Basmati Awned | 3,0             | 5,0          | 183            | 103,7             |
| 51. Basmati Awned | 2,7             | 5,0          | 183            | 99,0              |
| 52. Basmati C622  | 2,0             | 5,0          | 200            | 103,3             |

Todos os acessos apresentaram em sua maior parte grau de polimento adequado (95 a 105) e ocasionalmente as amostras fora dessa faixa ideal precisariam ter sido mais bem ajustadas no polimento, pois provavelmente possuem tamanho de grão, espessura de farelo ou vitricidades diferentes, que podem ter interferido, uma vez que os grãos foram cultivados sob as mesmas condições e valores de umidade. As dimensões do grão afetam diretamente o tempo de polimento no beneficiamento dos grãos de arroz. Para um mesmo ajuste de máquina, grãos mais arredondados requerem menor tempo de polimento que grãos longo-finos. Quanto maior o grão, o atrito entre ele e a superfície de polir é maior e ocorre mais rapidamente em todas as superfícies do grão, diminuindo o tempo total de polimento (MOREIRA, 2012).

Patindol, Gu e Wang (2010) reportaram que a dureza do arroz cozido é função da amilose, enquanto a pegajosidade é atribuída à amilopectina. Amido com elevada razão amilose/amilopectina tem uma estrutura molecular densa e rígida principalmente devido à forte ligação de hidrogênio entre as moléculas de amilose e possíveis complexos formados entre amilose e lipídeos. Isso resulta em géis de amido firmes no arroz cozido. Quanto maior o teor de amilose, os grãos são mais secos e soltos, e podem endurecer após o resfriamento. Menor teor de amilose implica em grãos macios, aquosos e pegajosos no cozimento (BAO et al., 2006).

Os resultados da intensidade de aroma podem ser visualizados na Tabela 10. As variedades IRGA 417 e IAC 500 o aroma estava ausente e as variedades EMPASC 104 e Jasmine 85 o aroma era medianamente intenso.

Dentre os 52 acessos Basmati, 34 apresentaram aroma medianamente intenso; 2 ausente (acessos denominados como 8 e 32); 3 variedades apresentaram aroma intenso (acessos denominados como 7, 23 e 27); e 13 variedades apresentaram aroma pouco intenso

(acessos denominados como 11, 17, 21, 28, 29, 31, 34, 35, 37, 41, 42, 47 e 49). Segundo Araújo, Prabhu (2002), a linhagem de arroz Basmati 370 é a preferida pelo mercado mundial por possuir aroma agradável e intenso, grão extra fino e com característica de alongamento após o cozimento. Assim, nesse estudo, os acessos 7, 23 e 27 mostraram-se promissores para o programa de melhoramento de arroz especial por apresentarem o aroma intenso.

Mediante os resultados observados, é notório que o método apesar de simples e subjetivo, conseguiu verificar a presença ou ausência de aroma, bem como a sua intensidade e isto permite dizer e garantir que o delineamento experimental realizado foi robusto e confiável. Somado a isto, ainda tem o fato desse estudo apresentar repetições de campo e laboratorial e as testemunhas que puderam validar os resultados conforme esperado.

Para a razão de alongação (Tabela 11) observa-se que houve efeito significativo ( $P < 0.05$ ). Sendo que os acessos 21 (2,43) e 29 (2,44) apresentaram os maiores valores e os menores valores foram para as variedades EMPASC 104 (1,71); Jasmine 85 (1,76); 32 (1,67); 33 (1,52); 34 (1,66); 35 (1,62); 36 (1,73) e 51 (1,69). Segundo Srivastava e Jaiswal (2013), as classes de arroz Basmati apresentaram alongamento de comprimento de 1,70 a 1,91 enquanto o alongamento de largura foi de 1,25 a 1,61. Se o arroz se alongar mais longitudinalmente, ele dá uma aparência mais fina e, se expandir a circunferência, dá um aspecto grosseiro. É o comprimento da expansão que dá aos modelos Basmati um aspecto mais fino e um aspecto mais grosso para outras classes de arroz.

**Tabela 10.** Classificação de intensidade de aroma dos grãos estudados

| <b>Genótipos</b>  | <b>Aroma</b> | <b>Classificação</b> | <b>Genótipos</b>   | <b>Aroma</b>      | <b>Classificação</b> |
|-------------------|--------------|----------------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| IRGA 417          | 1,04d        | Ausente              | 25. Basmati        | 2,53b             | MI                   |
| EMPASC 104        | 2,67b        | MI                   | 26. Basmati Surkh  | 3,34 <sup>a</sup> | MI                   |
| IAC 500           | 1,15d        | Ausente              | 27. Basmati Lal    | 3,65 <sup>a</sup> | Intenso              |
| Jasmine 85        | 2,78b        | MI                   | 28. Basmati 10     | 2,37c             | PI                   |
| 1. Basmati        | 2,82b        | MI                   | 29. Basmati Surkh  | 1,65d             | PI                   |
| 2. Basmati        | 2,84b        | MI                   | 30. Basmati        | 2,81b             | MI                   |
| 3. Basmati        | 3,00b        | MI                   | 31. Basmati        | 2,10c             | PI                   |
| 4. Basmati Sufaid | 2,53b        | MI                   | 32. Basmati Pardar | 1,38d             | Ausente              |
| 5. Basmati Sufaid | 3,47a        | MI                   | 33. Basmati Medium | 3,34 <sup>a</sup> | MI                   |
| 6. Basmati        | 2,89b        | MI                   | 34. Basmati        | 1,61d             | PI                   |
| 7. Basmati        | 3,56a        | Intenso              | 35. Basmati Awne   | 1,87c             | PI                   |
| 8. Basmati        | 1,44d        | Ausente              | 36. Basmati Awne   | 3,37 <sup>a</sup> | MI                   |
| 9. Basmati        | 2,57b        | MI                   | 37. Basmati No. 12 | 1,85c             | PI                   |
| 10. Basmati Fine  | 2,92b        | MI                   | 38. Basmati        | 3,32 <sup>a</sup> | MI                   |
| 11. Basmati       | 1,73c        | PI                   | 39. Basmati        | 2,70b             | MI                   |
| 12. Basmati       | 2,85b        | MI                   | 40. Basmati 3      | 2,93b             | MI                   |
| 13. Basmati       | 2,79b        | MI                   | 41. Basmati        | 1,78c             | PI                   |
| 14. Basmati       | 2,71b        | MI                   | 42. Basmati        | 1,84c             | PI                   |
| 15. Basmati       | 2,93b        | MI                   | 43. Basmati Medium | 3,12 <sup>a</sup> | MI                   |
| 16. Basmati       | 3,40a        | MI                   | 44. Basmati        | 3,08 <sup>a</sup> | MI                   |
| 17. Basmati       | 2,09c        | PI                   | 45. Basmati        | 3,19 <sup>a</sup> | MI                   |
| 18. Basmati       | 2,80b        | MI                   | 46. Basmati        | 3,24 <sup>a</sup> | MI                   |
| 19. Chak 48       | 2,52b        | MI                   | 47. Basmati Nahan  | 2,16c             | PI                   |
| 20. Basmati       | 3,04b        | MI                   | 48. Basmati        | 3,42 <sup>a</sup> | MI                   |
| 21. Basmati       | 2,47b        | PI                   | 49. Basmati        | 2,28c             | MI                   |
| 22. Basmati       | 2,70b        | MI                   | 50. Basmati Awne   | 2,92b             | MI                   |
| 23. Basmati       | 3,38a        | Intenso              | 51. Basmati Awne   | 3,02b             | MI                   |
| 24. Basmati       | 2,84b        | MI                   | 52. Basmati C622   | 3,50 <sup>a</sup> | MI                   |

Medianamente intenso = MI; Pouco intenso =PI.

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

**Tabela 11.** Valor de alongação dos grãos de arroz estudados

| <b>Genótipos</b>  | <b>Razão de alongação</b> | <b>Genótipos</b>   | <b>Razão de alongação</b> |
|-------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|
| IRGA 417          | 1,87d                     | 25. Basmati        | 1,84d                     |
| EMPASC 104        | 1,71e                     | 26. Basmati Surkh  | 2,04c                     |
| IAC 500           | 1,86d                     | 27. Basmati Lal    | 2,06c                     |
| Jasmine 85        | 1,76e                     | 28. Basmati 10     | 1,92d                     |
| 1. Basmati        | 1,83d                     | 29. Basmati Surkh  | 2,44a                     |
| 2. Basmati        | 2,02c                     | 30. Basmati        | 2,03c                     |
| 3. Basmati        | 2,10c                     | 31. Basmati        | 1,90d                     |
| 4. Basmati Sufaid | 2,09c                     | 32. Basmati Pardar | 1,67e                     |
| 5. Basmati Sufaid | 2,31b                     | 33. Basmati Medium | 1,52e                     |
| 6. Basmati        | 2,08c                     | 34. Basmati        | 1,66e                     |
| 7. Basmati        | 2,07c                     | 35. Basmati Awne   | 1,62e                     |
| 8. Basmati        | 2,13c                     | 36. Basmati Awne   | 1,73e                     |
| 9. Basmati        | 2,06c                     | 37. Basmati No. 12 | 2,09c                     |
| 10. Basmati Fine  | 2,01c                     | 38. Basmati        | 2,07c                     |
| 11. Basmati       | 2,09c                     | 39. Basmati        | 1,98c                     |
| 12. Basmati       | 2,24b                     | 40. Basmati 3      | 1,90d                     |
| 13. Basmati       | 2,08c                     | 41. Basmati        | 1,86d                     |
| 14. Basmati       | 2,14c                     | 42. Basmati        | 1,93d                     |
| 15. Basmati       | 2,10c                     | 43. Basmati Medium | 2,12c                     |
| 16. Basmati       | 2,02c                     | 44. Basmati        | 2,08c                     |
| 17. Basmati       | 2,06c                     | 45. Basmati        | 2,08c                     |
| 18. Basmati       | 2,11c                     | 46. Basmati        | 2,11c                     |
| 19. Chak 48       | 2,11c                     | 47. Basmati Nahan  | 1,96c                     |
| 20. Basmati       | 2,17c                     | 48. Basmati        | 2,05c                     |
| 21. Basmati       | 2,43 <sup>a</sup>         | 49. Basmati        | 1,96c                     |
| 22. Basmati       | 2,01c                     | 50. Basmati Awne   | 1,69e                     |
| 23. Basmati       | 2,05c                     | 51. Basmati Awne   | 1,78d                     |
| 24. Basmati       | 2,02c                     | 52. Basmati C622   | 2,22b                     |

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

O índice de alongamento fornece uma idéia sobre o tamanho do grão após o cozimento (Figura 4).

O alongamento do grão durante o cozimento é afetado pelo excesso de exposição ao calor e à umidade, pois isso pode resultar na desintegração e deformação do grão de arroz cozido. Nesses casos, o cozimento pode ser uma opção recomendada para evitar a ondulação/envergadura do grão de arroz cozido. Portanto, a relação entre o teor de amilose e a proporção de absorção de água precisa ser esclarecida em estudos. Vale ressaltar que o alto índice de absorção de água afeta negativamente a palatabilidade do arroz cozido. Os sólidos

na água de cozinha (perda de sólidos) afetam a estabilidade do arroz cozido. A variação de valores pode ser resultado da variação na consistência do arroz, observada nos grãos durante e após o cozimento, pois são de diferentes variedades. (SHAMIN; RAZA; AKHTAR, 2017).

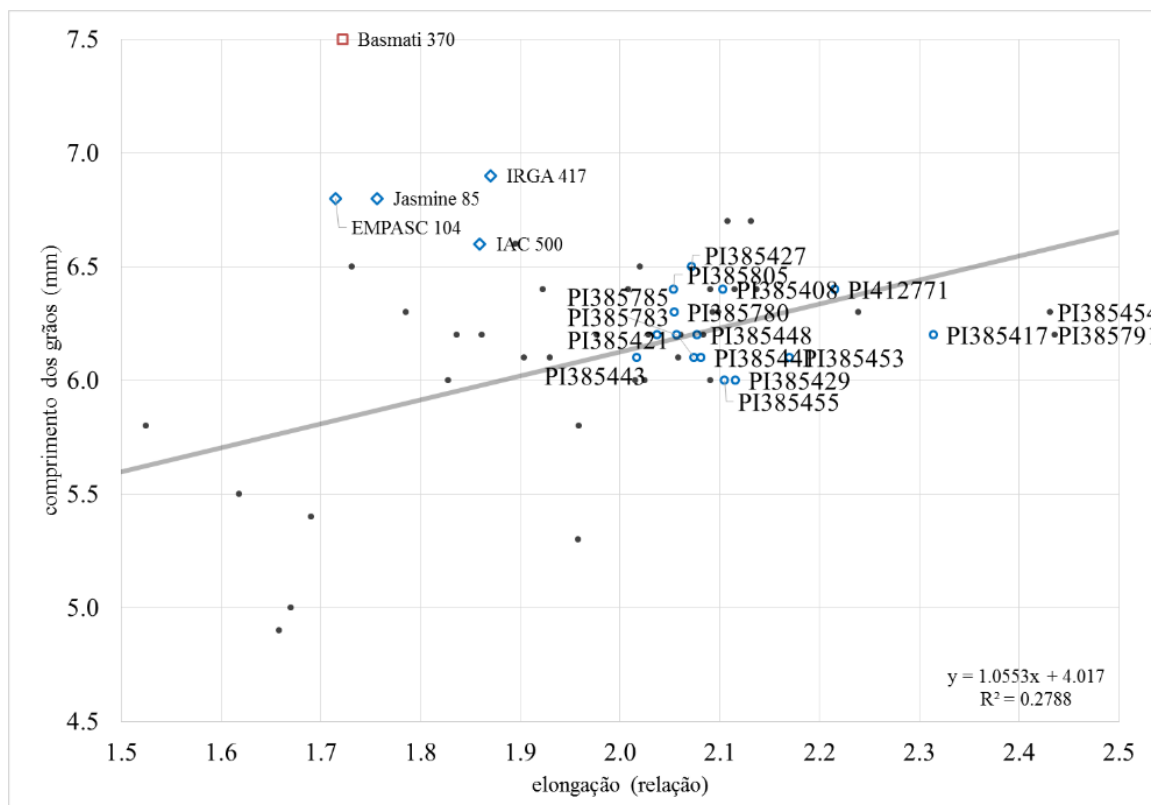


**Figura 4.** Relação alongação e comprimento dos grãos de arroz estudados

As características de cozimento do arroz estão ligadas às preferências dos consumidores em relação ao arroz e são muito importantes, já que o arroz é consumido quase que imediatamente após o cozimento. O arroz Basmati tem qualidades de cozimento muito interessantes. Ele é arroz não-ceroso e não glutinoso. O alongamento após o cozimento também é medido como o mais longo, enquanto a sua largura permanece a mesma (THOMAS; WAN-NADIAH; BHAT 2013). A capacidade de absorção de água do arroz está relacionada à textura, adesividade e palatabilidade do arroz cozido. Geralmente, o aumento de amplitude na cozedura de arroz é considerado um traço indesejável, enquanto as variedades de arroz de alta qualidade são caracterizadas e preferidas com base no aumento de comprimento durante o cozimento. O alongamento do arroz pode ser influenciado tanto pela relação comprimento/largura (C/L) como pelo conteúdo de amilose (SINGH et al., 2005; DANBABA et al., 2012).

Na Figura 4 observamos que à medida que aumenta o comprimento do arroz cru a elongação também aumenta no grão cozido, existindo uma correlação positiva entre as duas variáveis e um comportamento regressivo linear ascendente.

### 5.3 PROPRIEDADES FÍSICO- QUÍMICAS

Os grãos de arroz podem ser classificados com base na presença de amilose, alta amilose é de 25 a 30%; amilose intermediária é de 20 a 25% e baixa amilose de 10 a 20% (Tabela 12). O conteúdo de amilose é um critério importante para determinar as qualidades culinárias do arroz. Além disso, o conteúdo de amilose é um fator na determinação da qualidade geral do arroz e no comportamento do consumidor (AHMED et al., 2016). No estudo de Pereira et al. (2009) com exceção de uma variedade de arroz de pericarpo branco, cujo conteúdo foi considerado baixo (21%) as outras variedades de arroz branco apresentaram teores de amilose intermediários (23 a 27%) e altos (>27%). Arroz de grão longo possui alto teor de amilose, ficam secos e escamosos ao cozinhar e permanecem separados.

Os grãos de tamanho pequeno e médio tem baixa amilose são úmidos e firmes e ao cozinhar ficam juntos (BHASKARACHARYA et al., 2012). Estudo realizado por Bett-Garber et al. (2017), observaram valor de amilose para Basmati de 20,82 % e Jasmine de 16,01%. Embora a literatura afirme que o arroz branco polido é um alimento altamente digerível, pôde-se perceber que há vários fatores, como o teor de amilose, teor de fibras, teor de amido resistente, entre outros, que precisam ser analisados e comparados com o índice glicêmico. Poucos estudos têm investigado este assunto e os resultados existentes são diversos e controversos (WEBER, 2012).

**Tabela 12.** Valor do teor de amilose aparente (TAA) e classificação dos tipos de arroz estudados

| <b>Genótipos</b>  | <b>TAA (%)</b> | <b>Classificação</b> | <b>Genótipos</b>  | <b>TAA (%)</b> | <b>Classificação</b> |
|-------------------|----------------|----------------------|-------------------|----------------|----------------------|
| IRGA 417          | 22,5           | Intermediário        | 25.Basmati        | 18,0           | Baixo                |
| EMPASC 104        | 12,7           | Baixo                | 26.Basmati Surkh  | 18,0           | Baixo                |
| IAC 500           | 18,7           | Baixo                | 27.Basmati Lal    | 18,2           | Baixo                |
| Jasmine 85        | 12,6           | Baixo                | 28.Basmati 10     | 18,1           | Baixo                |
| 1. Basmati        | 17,1           | Baixo                | 29.Basmati Surkh  | 18,0           | Baixo                |
| 2. Basmati        | 17,4           | Baixo                | 30.Basmati        | 17,3           | Baixo                |
| 3. Basmati        | 17,4           | Baixo                | 31.Basmati        | 17,3           | Baixo                |
| 4. Basmati Sufaid | 16,9           | Baixo                | 32.Basmati Pardar | 21,2           | Intermediário        |
| 5. Basmati Sufaid | 17,7           | Baixo                | 33.Basmati Medium | 20,1           | Intermediário        |
| 6. Basmati        | 18,1           | Baixo                | 34.Basmati        | 21,4           | Intermediário        |
| 7. Basmati        | 17,2           | Baixo                | 35.Basmati Awne   | 22,9           | Intermediário        |
| 8. Basmati        | 17,7           | Baixo                | 36.Basmati Awne   | 22,6           | Intermediário        |
| 9. Basmati        | 17,6           | Baixo                | 37.Basmati No. 12 | 17,5           | Baixo                |
| 10. Basmati Fine  | 17,6           | Baixo                | 38.Basmati        | 17,5           | Baixo                |
| 11. Basmati       | 17,4           | Baixo                | 39.Basmati        | 20,8           | Intermediário        |
| 12. Basmati       | 17,2           | Baixo                | 40.Basmati 3      | 23,8           | Intermediário        |
| 13. Basmati       | 17,2           | Baixo                | 41.Basmati        | 21,9           | Intermediário        |
| 14. Basmati       | 17,5           | Baixo                | 42.Basmati        | 20,8           | Intermediário        |
| 15. Basmati       | 17,7           | Baixo                | 43.Basmati Medium | 17,7           | Baixo                |
| 16. Basmati       | 16,9           | Baixo                | 44.Basmati        | 17,4           | Baixo                |
| 17. Basmati       | 17,5           | Baixo                | 45.Basmati        | 17,6           | Baixo                |
| 18. Basmati       | 17,6           | Baixo                | 46.Basmati        | 17,1           | Baixo                |
| 19. Chak 48       | 17,6           | Baixo                | 47.Basmati Nahan  | 18,8           | Baixo                |
| 20. Basmati       | 17,6           | Baixo                | 48.Basmati        | 17,7           | Baixo                |
| 21. Basmati       | 17,3           | Baixo                | 49.Basmati        | 19,8           | Baixo                |
| 22. Basmati       | 18,0           | Baixo                | 50.Basmati Awne   | 22,5           | Intermediário        |
| 23. Basmati       | 18,0           | Baixo                | 51.Basmati Awne   | 22,5           | Intermediário        |
| 24. Basmati       | 18,0           | Baixo                | 52.Basmati C622   | 18,4           | Baixo                |

A temperatura de gelatinização é apresentada na Tabela 13 e observa-se que apenas as cultivares IRGA 417 (6,84); EMPASC 104 (5,36); IAC 500 (4,05) e Jasmine 85 (5,25) apresentaram temperatura de gelatinização de intermediária a baixa.

Todas as variedades Basmati apresentaram temperatura de gelatinização de intermediária a alta. Quando uma linhagem de arroz apresenta alta temperatura de gelatinização significa que os seus grãos requerem mais água e mais tempo para cozinhar, enquanto grãos com temperatura de gelatinização intermediária (a desejada nacionalmente) e baixa requerem menos tempo e água para o cozimento (PEREIRA et al, 2007).

**Tabela 13.** Temperatura de Gelatinização (TG) e classificação dos tipos de arroz estudados

| <b>Genótipos</b>  | <b>TG</b> | <b>Classificação</b> | <b>Genótipos</b>   | <b>TG</b> | <b>Classificação</b> |
|-------------------|-----------|----------------------|--------------------|-----------|----------------------|
| IRGA 417          | 6,84      | Baixa                | 25. Basmati        | 3,30      | Alta/Intermediária   |
| EMPASC 104        | 5,36      | Intermediária/Baixa  | 26. Basmati Surkh  | 3,93      | Alta/Intermediária   |
| IAC 500           | 4,05      | Intermediária        | 27. Basmati Lal    | 2,84      | Alta                 |
| Jasmine 85        | 5,25      | Intermediária/Baixa  | 28. Basmati 10     | 3,78      | Alta/Intermediária   |
| 1. Basmati        | 3,12      | Alta/Intermediária   | 29. Basmati Surkh  | 3,17      | Alta/Intermediária   |
| 2. Basmati        | 3,53      | Alta/Intermediária   | 30. Basmati        | 3,34      | Alta/Intermediária   |
| 3. Basmati        | 3,49      | Alta/Intermediária   | 31. Basmati        | 3,03      | Alta/Intermediária   |
| 4. Basmati Sufaid | 3,25      | Alta/Intermediária   | 32. Basmati Pardar | 2,84      | Alta                 |
| 5. Basmati Sufaid | 3,68      | Alta/Intermediária   | 33. Basmati Medium | 3,36      | Alta/Intermediária   |
| 6. Basmati        | 2,96      | Alta                 | 34. Basmati        | 3,20      | Alta/Intermediária   |
| 7. Basmati        | 3,25      | Alta/Intermediária   | 35. Basmati Awne   | 3,59      | Alta/Intermediária   |
| 8. Basmati        | 3,06      | Alta/Intermediária   | 36. Basmati Awne   | 3,55      | Alta/Intermediária   |
| 9. Basmati        | 3,52      | Alta/Intermediária   | 37. Basmati No. 12 | 3,27      | Alta/Intermediária   |
| 10. Basmati Fine  | 3,01      | Alta/Intermediária   | 38. Basmati        | 3,07      | Alta/Intermediária   |
| 11. Basmati       | 4,46      | Intermediária        | 39. Basmati        | 3,41      | Alta/Intermediária   |
| 12. Basmati       | 3,15      | Alta/Intermediária   | 40. Basmati 3      | 3,97      | Alta/Intermediária   |
| 13. Basmati       | 3,73      | Alta/Intermediária   | 41. Basmati        | 3,29      | Alta/Intermediária   |
| 14. Basmati       | 3,50      | Alta/Intermediária   | 42. Basmati        | 3,47      | Alta/Intermediária   |
| 15. Basmati       | 2,77      | Alta                 | 43. Basmati Medium | 3,07      | Alta/Intermediária   |
| 16. Basmati       | 3,09      | Alta/Intermediária   | 44. Basmati        | 3,36      | Alta/Intermediária   |
| 17. Basmati       | 3,40      | Alta/Intermediária   | 45. Basmati        | 3,27      | Alta/Intermediária   |
| 18. Basmati       | 2,86      | Alta                 | 46. Basmati        | 3,36      | Alta/Intermediária   |
| 19. Chak 48       | 3,33      | Alta/Intermediária   | 47. Basmati Nahan  | 5,33      | Intermediária/Baixa  |
| 20. Basmati       | 3,21      | Alta/Intermediária   | 48. Basmati        | 3,31      | Alta/Intermediária   |
| 21. Basmati       | 3,90      | Alta/Intermediária   | 49. Basmati        | 3,46      | Alta/Intermediária   |
| 22. Basmati       | 4,31      | Intermediária        | 50. Basmati Awne   | 4,31      | Intermediária        |
| 23. Basmati       | 3,32      | Alta/Intermediária   | 51. Basmati Awne   | 3,85      | Alta/Intermediária   |
| 24. Basmati       | 3,07      | Alta/Intermediária   | 52. Basmati C622   | 3,61      | Alta/Intermediária   |

Os parâmetros viscoamilográficos são apresentados na Tabela 14, na qual se observa que houve efeito significativo ( $P < 0,05$ ) de viscosidade de pico, quebra de viscosidade, viscosidade final e tendência a retrogradação para as variedades estudadas.

**Tabela 14.** Propriedades viscoamilográficas dos tipos de arroz estudados

(continua)

| Genótipos          | Viscosidade (RVU) |        |                    | Tendência a retrogradação (RVU) | Tempo de Pico (min.) | Temperatura de Pasta (°C) |
|--------------------|-------------------|--------|--------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------|
|                    | Pico              | Quebra | Final              |                                 |                      |                           |
| IRGA 417           | 295,6b            | 60,9e  | 503,8 <sup>a</sup> | 269,1a                          | 5,74                 | 83,2                      |
| EMPASC 104         | 330,5a            | 177,8a | 277,0e             | 124,4f                          | 5,44                 | 81,9                      |
| IAC 500            | 290,4b            | 144,5b | 303,5d             | 157,7e                          | 5,44                 | 78,3                      |
| Jasmine 85         | 316,8a            | 168,0a | 279,3e             | 130,6f                          | 5,52                 | 83,4                      |
| 1. Basmati         | 317,3a            | 157,0a | 314,7d             | 154,4e                          | 5,74                 | 79,1                      |
| 2. Basmati         | 250,7c            | 119,1c | 299,8d             | 168,2d                          | 5,67                 | 79,8                      |
| 3. Basmati         | 237,1d            | 111,8c | 291,9d             | 166,6d                          | 5,64                 | 80,2                      |
| 4. Basmati Sufaid  | 252,7c            | 124,7b | 294,4d             | 166,3d                          | 5,69                 | 81,2                      |
| 5. Basmati Sufaid  | 238,6d            | 109,7c | 298,9d             | 169,9d                          | 5,72                 | 79,4                      |
| 6. Basmati         | 248,3c            | 119,4c | 303,2d             | 174,2d                          | 5,65                 | 78,7                      |
| 7. Basmati         | 239,7d            | 115,2c | 284,4e             | 159,9d                          | 5,60                 | 79,8                      |
| 8. Basmati         | 262,7c            | 130,9b | 306,2d             | 174,4d                          | 5,70                 | 78,3                      |
| 9. Basmati         | 252,4c            | 124,3b | 287,0e             | 158,9e                          | 5,71                 | 78,6                      |
| 10. Basmati Fine   | 238,9d            | 116,5c | 293,5d             | 171,0d                          | 5,71                 | 79,2                      |
| 11. Basmati        | 224,4d            | 99,5c  | 288,7d             | 163,7d                          | 5,84                 | 78,1                      |
| 12. Basmati        | 231,9d            | 112,8c | 285,0e             | 165,9d                          | 5,70                 | 83,5                      |
| 13. Basmati        | 234,6d            | 111,6c | 298,9d             | 175,9d                          | 5,64                 | 82,0                      |
| 14. Basmati        | 262,9c            | 130,6b | 315,1d             | 182,8c                          | 5,67                 | 80,2                      |
| 15. Basmati        | 233,9d            | 117,6c | 277,4e             | 161,0d                          | 5,68                 | 79,1                      |
| 16. Basmati        | 235,4d            | 110,6c | 301,6d             | 176,8d                          | 5,65                 | 81,9                      |
| 17. Basmati        | 256,0c            | 131,4b | 308,0d             | 183,4c                          | 5,67                 | 78,6                      |
| 18. Basmati        | 234,3d            | 112,5c | 289,7d             | 167,9d                          | 5,66                 | 79,3                      |
| 19. Chak 48        | 239,9d            | 118,7c | 297,6d             | 176,3d                          | 5,67                 | 78,3                      |
| 20. Basmati        | 237,6d            | 115,0c | 291,2d             | 168,6d                          | 5,64                 | 80,1                      |
| 21. Basmati        | 233,9d            | 107,0c | 298,3d             | 171,4d                          | 5,64                 | 83,3                      |
| 22. Basmati        | 260,9c            | 123,7b | 303,6d             | 166,3d                          | 5,62                 | 78,1                      |
| 23. Basmati        | 255,2c            | 123,1b | 287,0e             | 154,9e                          | 5,66                 | 78,5                      |
| 24. Basmati        | 230,2d            | 108,1c | 270,1f             | 148,0e                          | 5,76                 | 78,8                      |
| 25. Basmati        | 250,0c            | 125,2b | 277,8e             | 153,0e                          | 5,69                 | 77,8                      |
| 26. Basmati Surkh  | 229,1d            | 109,4c | 269,8f             | 150,2e                          | 5,64                 | 77,9                      |
| 27. Basmati Lal    | 229,5d            | 111,0c | 266,9f             | 148,5e                          | 5,80                 | 78,1                      |
| 28. Basmati 10     | 256,1c            | 133,1b | 300,7d             | 177,8d                          | 5,49                 | 79,1                      |
| 29. Basmati Surkh  | 221,3d            | 104,1c | 261,2f             | 144,0e                          | 5,70                 | 77,9                      |
| 30. Basmati        | 239,5d            | 110,4c | 296,8d             | 167,7d                          | 5,74                 | 78,3                      |
| 31. Basmati        | 271,2c            | 138,2b | 306,7d             | 173,7d                          | 5,68                 | 76,8                      |
| 32. Basmati pardar | 187,0e            | 100,8c | 221,0h             | 134,7f                          | 5,31                 | 76,7                      |
| 33. Basmati medium | 203,3e            | 114,3c | 238,3g             | 149,3e                          | 5,36                 | 77,7                      |
| 34. Basmati        | 189,1e            | 101,1c | 222,2h             | 134,2f                          | 5,35                 | 78,8                      |
| 35. Basmati awned  | 201,1e            | 111,9c | 221,2h             | 131,9f                          | 5,28                 | 77,9                      |
| 36. Basmati Awned  | 185,1e            | 102,7c | 206,3h             | 124,0f                          | 5,27                 | 76,6                      |
| 37. Basmati No. 12 | 236,2d            | 111,9c | 289,2d             | 164,9d                          | 5,66                 | 79,6                      |
| 38. Basmati        | 230,6d            | 111,0c | 284,9e             | 165,3d                          | 5,68                 | 82,7                      |
| 39. Basmati        | 216,0d            | 102,7c | 296,3d             | 183,1c                          | 5,45                 | 79,5                      |
| 40. Basmati 3      | 302,8b            | 140,2b | 363,5c             | 200,9b                          | 5,66                 | 76,4                      |
| 41. Basmati        | 232,4d            | 110,9c | 306,1d             | 184,6c                          | 5,47                 | 78,3                      |
| 42. Basmati        | 305,8b            | 101,7c | 414,2b             | 210,1b                          | 5,93                 | 78,7                      |
| 43. Basmati Medium | 231,8d            | 106,1c | 281,7e             | 156,0e                          | 5,69                 | 81,1                      |
| 44. Basmati        | 246,3d            | 114,6c | 299,9d             | 168,2d                          | 5,78                 | 79,5                      |
| 45. Basmati        | 219,0d            | 96,2c  | 310,4d             | 187,6c                          | 5,66                 | 85,3                      |

**Tabela 14.** Propriedades viscoamilográficas dos tipos de arroz estudados

(conclusão)

| Genótipos         | Viscosidade (RVU) |        |        | Tendência a retrogradação (RVU) | Tempo de Pico (min.) | Temperatura de Pasta (°C) |
|-------------------|-------------------|--------|--------|---------------------------------|----------------------|---------------------------|
|                   | Pico              | Quebra | Final  |                                 |                      |                           |
| 46. Basmati       | 268,9c            | 131,5b | 305,9d | 168,5d                          | 5,74                 | 78,6                      |
| 47. Basmati Nahan | 183,8e            | 70,9e  | 256,3f | 143,3e                          | 5,74                 | 83,5                      |
| 48. Basmati       | 228,9d            | 104,0c | 280,1e | 155,3e                          | 5,76                 | 78,0                      |
| 49. Basmati       | 152,5f            | 70,0e  | 239,1g | 156,6e                          | 5,45                 | 84,9                      |
| 50. Basmati Awned | 170,9f            | 97,1c  | 174,3i | 100,5g                          | 5,27                 | 76,7                      |
| 51. Basmati Awned | 166,3f            | 93,5c  | 174,7i | 101,9g                          | 5,29                 | 77,5                      |
| 52. Basmati C622  | 201,7e            | 86,4d  | 270,1f | 154,7e                          | 5,57                 | 82,4                      |

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Skott-Knott.

As cultivares EMPASC 104 (330,5) e Jasmine 85 (316,8) e o acesso 1 (317,3) apresentaram os maiores valores para a variável viscosidade de pico, os menores valores foram apresentados pelos acessos 49 (152,5); 50 (170,9) e 51 (166,3). Para a variável quebra de viscosidade, as cultivares EMPASC 104 (177,8) e Jasmine 85 (168,0) apresentaram os maiores valores e os menores valores foram observados pelos genótipos IRGA 417 (60,9) e 49 (70,0). Na viscosidade final observa-se que a cultivar IRGA 417 (503,8) apresentou o maior valor e os menores valores foram observados nos acessos 50 (174,3) e 51 (174,7). A VP reflete na capacidade dos grânulos de se ligarem à água ou a extensão do aumento de volume dos grânulos de amido, ou seja, é o valor de máxima viscosidade do amido durante o ciclo de aquecimento e, frequentemente, está correlacionado com a qualidade do produto final, uma vez que os grânulos de amido dilatados e colapsados afetam a textura dos produtos (WANI et al., 2012).

A quebra de viscosidade, também conhecida como *breakdown*, representa a diferença entre o pico de viscosidade e o menor valor de viscosidade após o pico no perfil amilográfico. Através desta propriedade é possível avaliar a estabilidade do amido em altas temperaturas, sob agitação mecânica, o que é de extrema importância para massas alimentícias pré-cozidas, uma vez que indica, indiretamente, a capacidade do produto de se manter íntegro durante o cozimento (TEBA; ASCHERI; CARVALHO, 2009).

O amido é o principal componente responsável pela viscosidade (SILVEIRA et al., 1981). A presença de amidos solúveis e a interação entre os grânulos intumescidos são responsáveis pela viscosidade de uma suspensão de amido gelatinizado, de tal forma que a diminuição da concentração de amido causa decréscimo no número de grânulos e consequentemente, na viscosidade numa mesma temperatura. O conteúdo da proteína é outro

fator que pode contribuir para o decréscimo da viscosidade de pasta máxima (EL-SAIED et al., 1979).

A viscosidade máxima é quando os grânulos de amido alcançam o máximo de sua capacidade de hidratação (inchamento), até romperem sua estrutura (quebra). Quanto mais resistente a estrutura do amido, maior sua capacidade de resistir à quebra nessa fase. Relaciona-se também com o nível de degradação sofrido pelo grânulo do amido, e quanto mais elevado for o seu valor, mais brando foi o tratamento térmico, uma vez que nestas condições o material amiláceo poderá conservar parte da integridade dos grânulos. Diversos autores relatam (TORRES et al., 2005) que umidade mais elevada favorece maiores viscosidades máximas a 95°C, devido a uma redução do atrito mecânico, havendo, portanto, menor destruição dos grânulos (SILVA et al., 2004).

A variável retrogradação (*setback*) apresentou maior valor para a cultivar IRGA 417 (269,1 RVU) e os menores valores para os acessos classificadas como 50 (100,5 RVU) e 51 (101,9 RVU). A tendência à retrogradação mede a diferença entre a viscosidade final e o menor valor de viscosidade após o pico. O efeito da retrogradação implica diretamente no aumento da viscosidade final que está relacionada ao rearranjo das moléculas de amido após a quebra e resfriamento da pasta. Quanto maior o teor de amilose, maior a tendência a retrogradação.

O tempo de pico da viscosidade apresentou valor de 5,44 min para as cultivares EMPASC 104 e IAC 500; para a cultivar IRGA 417 o tempo de pico da viscosidade foi de 5,74 min; Jasmine 85 foi de 5,52 min e para os acessos Basmati o tempo de pico variou de 5,27 – 5,93min. A temperatura de pasta para as variedades Basmati variou de 76,4 – 85,3 °C; Jasmine 85 foi de 83,4°C; IAC 500 apresentou temperatura de pasta de 78,3°C; EMPASC 104 foi de 81,9°C e IRGA 417 foi de 83,2°C.

A viscosidade máxima no ciclo de aquecimento indica o quão alto ou baixo pode ser a viscosidade de uma amostra, que por sua vez depende da estrutura granular do amido, da sua distribuição ramificada, da sua proporção de amilose e amilopectina e das prováveis combinações que por ventura foram feitas com outros ingredientes (BAO et al., 2006). Consequentemente poderá indicar indiretamente as possibilidades de utilização da farinha extrusada. Torna-se importante quando, por exemplo, a farinha for destinada ao preparo de sopas, tortas ou outros alimentos em que determinantes de propriedades são requeridas (TORRES et al., 2005). A viscosidade máxima é atingida quando, durante o ciclo de aquecimento até 95°C, ocorre intumescimento e gelatinização dos grânulos de amido

(MOURA; ASCHERI, 2013; SHAFIE et al., 2016). A variação da viscosidade de pico geralmente é associada ao poder de inchamento do amido e à taxa de ruptura dos grânulos de amido (CORKE et al., 1997).

## 6 CONCLUSÕES

Neste estudo, foi possível caracterizar por meio dos diferentes parâmetros físico-industriais, de qualidade culinária e físico-químicos, que os principais indicadores para prever o perfil culinário de genótipos de grãos especiais do tipo aromáticos se comportam de maneiras distintas e logo não se pode fazer associações de todos os componentes envolvidos. Assim, conforme o tipo de análise esses parâmetros devem ser analisados por dissociações.

No que se refere aos parâmetros de renda do benefício, o único genótipo testemunha com valores satisfatórios foi o IRGA 417, porém em maior número os acessos se apresentaram com menores índices. O rendimento de inteiros foi baixo em quase totalidade das amostras. Uma variável que deve ser destacada é o comprimento dos grãos, que se mostraram predominantemente delgados indo de encontro à preferência do mercado consumidor.

Em relação à presença e intensidade de aroma os grãos concentraram predominantemente aroma medianamente intenso, e isso confirma que o método químico, apesar de simples, é bem válido e conseguiu reproduzir o perfil das amostras estudadas que foram similares aos padrões de referência, mostrando que esta variável pode estar mais próxima da resposta sensorial, indicando uma forte tendência ao padrão sensorial, sendo então a metodologia indicada no uso de rotinas com alta demanda e que dispensem métodos mais complexos e onerosos, desde que se tenha um painel de avaliadores tecnicamente mais apurado/treinado.

Conclui-se também que, por mais que a maioria dos acessos apresentou bom potencial de alongação, nem sempre os materiais aromáticos necessariamente apresentam essa capacidade, visto que padrões como o EMPASC e o Jasmine 85 não mostraram bons resultados neste sentido e, provavelmente os genes que controlam esses fenótipos são diferentes.

Destacam-se as linhagens 33; 36; 39; 40; 50 e 51 que possivelmente podem atender o mercado consumidor por apresentarem perfis de qualidade culinária nos teores de amilose (intermediário), presença de aroma (medianamente intenso) e grãos delgados.

Os parâmetros de cocção e de teor de amilose apresentaram bons rendimentos de panela, grãos ligeiramente soltos a pegajosos e macios após o cozimento com valores bem homogêneos entre si. O teor de amilose foi considerado um bom indicador da qualidade, visto

que os dados obtidos foram de encontro com o resultado do teste de panela, no qual acessos Basmati, com teor de amilose baixo, apresentaram no teste de panela grãos mais pegajosos em sua maioria. O que não apresentou um bom indicador da qualidade culinária foi a TG porque apresentou valores de intermediária a alta. Considerando que, embora não estudados neste trabalho, a qualidade dos grãos aromáticos é afetada e dependente dos fatores ambientais e de manejo, que poderão ser mais bem controlados e adaptados pela equipe de melhoristas com o intuito de rever e otimizar todas as etapas do manejo produtivo afim de apontar novas alternativas tecnológicas e de pesquisa que poderão impactar positivamente as determinantes da qualidade culinária e de componentes de rendimento de grãos especiais.

## REFERÊNCIAS

- AACC. 2000. **Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists**, 10<sup>th</sup> ed. Method 0-25, Method 61-02. The United States: American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.
- AGGARWAL, R. K.; SHENOY, V. V.; RAMADEVI, J.; RAJKUMAR, R.; SINGH, L. Molecular characterization of some Indian Basmati and other elite rice genotypes using fluorescent-AFLP. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 105, n.5, p. 680-690, 2002.
- AHMED, W.; BUTT, M. S.; SHARIF, M. K.; IQBAL, T. Effect of storage on cooking quality attributes and fortificants stability in edible-coated iron-folate fortified basmati rice. **Journal of food Processing and Preservation**, v.40, n.5, p. 925-933, 2016.
- AMATO, G. W.; CARVALHO, J. L. V.; SILVEIRA, F. S. **Arroz parboilizado: tecnologia limpa, produto nobre**. Ed. Ricardo Lenz, Porto Alegre, 2002. 240p
- ANACLETO, R.; CUEVAS, R. P.; JIMENEZ, R.; LLORENTE, C.; NISSILA, E.; HENRY, R.; SREENIVASULU, N. Prospects of breeding high-quality rice using post-genomic tools. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 128, n. 8, p. 1449-1466, 2015.
- ARAÚJO, L. G.; PRABHU, A. S. Somaclones da cultivar de arroz aromático Basmati-370 resistentes à brusone. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1127-1135, 2002.
- BAO, J. S.; SUN, M.; CORKE, H. Analysis of the genetic behavior of some starch properties in indica rice (*Oryza sativa* L.): thermal properties, gel texture, swelling volume. TAG. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 104, n. 2, p. 408-413, 2004.
- BAO, J.; SHEN, S.; SUN, M.; CORKE, H. Analysis of genotypic diversity in the starch physicochemical properties of nonwaxy rice: apparent amylase content, pasting viscosity and gel texture. **Starch – Starke**, v. 58, n. 6, p. 259-267, 2006.
- BARBOSA, L.; MADI, L.; TOLEDO, A. A. As tendências da alimentação. In: Brasil Food Trends 2020. **Fiesp; Ital**, São Paulo, 2010. Cap. 3, p. 39-47. Disponível em: [http://www.brasilfoodtrends.com.br/Brasil\\_Food\\_Trends/index.html](http://www.brasilfoodtrends.com.br/Brasil_Food_Trends/index.html)
- BARNI, E. J.; SILVA, M. C.; WICKERT, E.; NOLDIN, J. A. Oportunidades de Mercado para tipos especiais de arroz em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 28, n. 2, p.71-77, 2015.
- BERGMAN, C. J.; BHATTACHARYA, K. R.; OHTSUBO, K. **Rice end-use quality analysis**. In: Champagne ET (ed.) Rice chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists, p. 415-460, 2004.
- BERTAN, I.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C.; BENIN, G.; VIEIRA, E.A.; VALÉRIO, I.P. Morphological, pedigree, and molecular distances and their association with hybrid wheat performance. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n.2, p.155-163, 2009.
- BETT-GARBER, K. L; BRYANT, R. J.; GRIMM, C. C.; CHEN, M.; LEA, J. M.; McCLUNG, A. M. Physicochemical and sensory analysis of U.S. rice varieties developed for the Basmati and Jasmine markets. **Cereal Chemistry**, v. 94, n.3, p. 602-610, 2017.

BFT – **BRASIL FOOD TRENDS 2020**. São Paulo: Fiesp; Ital; 2010. p. 176. Disponível em: [http://www.brasilfoodtrends.com.br/Brasil\\_Food\\_Trends/index.html](http://www.brasilfoodtrends.com.br/Brasil_Food_Trends/index.html)

BHASKARACHARYA, K.; RAMULU, P.; UDAYASEKHARARAO, P.; BAPURAO, S.; KAMALA, K.; SYED, Q.; UDAYKUMAR, P.; SESIKERAN, B. Chemical composition, nutritional and toxicological evaluation of rice (*Oryza sativa*) grown in fly ash amended soils. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, v. 92, n. 13, p. 2721-2726, 2012.

BHATTACHARJEE, P.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Basmati rice: A review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 37, n.1, p. 1-12, 2002.

BHATTACHARYA, K. R.; SOWBHAGYA, C. M.; SWAMY, Y. M. I. Importance of insoluble amylase as a determinant of rice quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 29, n.4, p. 359-364, 1978.

BHATTACHARYA, K. R. Parboiling of rice. In: rice chemistry and technology. In: JULIANO, B. O. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**, Inc., St. Paul, Minnesota, USA: American Association of Cereal Chemists, p. 289-348, 1985.

BISNE, R.; SARAWGI, A. K. Agro-morphological and quality characterization of Badshah bhog group from aromatic rice germplasm of Chhattisgarh. **Bangladesh Journal of Agricultural Research**, v. 33, n. 3, p. 479-492, 2008.

BOÊNO, J. A.; ASCHERI, D. P. R.; BASSINELO, P. Z. Qualidade tecnológica de grãos de quatro genótipos de arroz-vermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 718-723, 2011.

BOTTINI, R. L. **Arroz: história, variedades, receitas**. São Paulo. Ed. Senac São Paulo, 2008. 390 p.

BOURGIS, F.; GUYOT, R.; GHERBI, H.; TAILLIEZ, E.; AMABILE, I.; SALSE, J.; LORIEUX, M.; DELSENY, M.; GHESQUIÈRE, A. A Characterization of the major fragrance gene from an aromatic *Japonica* rice and analysis of its diversity in Asian cultivated rice. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 117, n.3, p. 353-368, 2008.

BRADBURY, L. M. T.; FITZGERALD, T. L.; HENRY, R. J.; JIN, Q.; WATERS, D. L. E. The gene for fragrance in rice. **Plant Biotechnology Journal**, v. 3, n.3, p. 363-370, 2005.

BRADBURY, L. M.; GILLIES, S. A.; BRUSHETT, D. J.; WATERS, D. L.; HENRY, R. J. Inactivation of an aminoaldehyde dehydrogenase is responsible for fragrance in rice. **Plant Molecular Biology**, v. 68, n. 4-5, p. 439-449, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Norma de identidade, qualidade, embalagem e apresentação do arroz**. Brasília, 1988, 28 p. Disponível em: <http://padclassif.tripod.com/padrao/arroz.pdf>. Acesso em 5 de fevereiro 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa 6/2009 – Regulamento Técnico do Arroz**. Brasília, 2009, 25 p. Disponível em:

<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1687046295>. Acesso em 8 de fevereiro de 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: BRASIL 2014/15 a 2024/25**, Assessoria de Gestão Estratégica. Brasília, 2015, 132 p. Disponível em: [www.agricultura.gov.br](http://www.agricultura.gov.br). Acesso em 1 de fevereiro de 2016.

BRESSANI, R.; ELIAS, L. G.; JULIANO, B. O. Evaluation of protein quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 19, n. 5 p.1028–1036, 1971.

BRYANT, R. J.; MCCLUNG, A. M. Volatile profiles of aromatic and non-aromatic rice cultivars using SPME/GC-MS. **Food Chemistry**, v. 124, n. 2, p. 501-513, 2010.

BUTTERY, R. G.; LING, L.C.; JULIANO, B. O.; TURNBAUGH, J.G. Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 31, n. 4, p. 823-826, 1983.

BUTTERY, R. G.; LING, L.C.; MON, T. R. Quantitative analysis of 2-acetyl-1-pyrroline in rice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 34, n. 1, p.112-114, 1986.

CALPE, C. International trade in rice, recent developments and prospects. In: TORIYAMA, K.; HEONG, K. L.; HARDY, B. **Rice is life: Scientific Perspectives for the 21<sup>st</sup> century**. Proceedings of the World Rice Research Conference, Tsukuba, Japan, 4-7 November 2004. International Rice Research Institute, and Tsukuba (Japan): Japan International Research Center for Agricultural Sciences: 2004. session 17, p. 492-494. Disponível em: [http://books.irri.org/9712202046\\_content.pdf](http://books.irri.org/9712202046_content.pdf) . Acesso em 15 de janeiro de 2017.

CASTRO, E. M.; VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R.; SILVA, S. A. Qualidade de grãos em arroz. **Embrapa Arroz e Feijão: Circular Técnica**, 1999, 30p.

CHAMPAGNE, E. T.; BETT-GARBER, K. L.; THOMPSON, J.; MUTTERS, R.; GRIMM, C. C.; MCCLUNG, A. M. Effects of drain and harvest dates on rice sensory and physicochemical properties. **Cereal Chemistry**, v. 82, n. 4, p. 369-374, 2005.

CHEN, S.; YANG, Y.; SHI, W.; JI, Q.; HE, F.; ZHANG, Z.; CHENG, Z.; LIU, X.; XU, M. Badh2, Encoding Betaine Aldehyde Dehydrogenase, Inhibits the Biosynthesis of 2-Acetyl-1-Pyrroline, a Major Component in Rice Fragrance. **The Plant Cell**, v. 20, n. 7, p. 1850-1862, 2008.

CHENG, F. M.; ZHONG, L. J.; WANG, F.; ZHANG, G. P. Differences in cooking and eating properties between chalky and translucent parts in rice grains. **Food Chemistry**, v. 90, n. 1-2, p. 39-46, 2005.

CHIATTONE, Priscila V. **Ácido ascórbico, eritorbato e mistura comercial na redução da oxidação de hambúrguer bovino processado com água ozonizada**. 2010. 124 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010. Disponível em: [http://repositorio.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/1336/1/Tese\\_Priscila\\_Vasconcellos\\_Chia ttone.pdf](http://repositorio.ufpel.edu.br/bitstream/123456789/1336/1/Tese_Priscila_Vasconcellos_Chia ttone.pdf) >. Acesso em: 16 abr. 2017.

CHUEAMCHAITRAKUN, P.; CHOMPREEDEA, P.; HARUTHAITHANASAN, V.; SUWONSICHON, T.; KASEMSAMRAN, S. Prediction of pasting and thermal properties of mixed hom-mali and glutinous rice flours using near infrared spectroscopy. **Kasetsart Journal Natural Science**, v. 45, n.3, p. 481-489, 2011.

CIERO, P. D. **Farelo de arroz e seus benefícios à saúde**. 25 de julho de 2011. Disponível em: <http://prisciladiciero.com.br/blog/farelo-de-arroz-e-seus-beneficios-a-saude>

COCHRAN, W. G.; COX, G. M. **Experimental Designs**, 2. ed, New York: John Wiley & Sons, 1957. 611p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária, Safra 2014/2015**, Brasília, v. 2: Conab, 2014. Disponível em: [www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br). Acesso em 1 fev 2015.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos: Oitavo levantamento - Safra 2016/17** - Brasília, v.4, n.8, p. 1-144, 2017.

CORDEIRO, G. M.; CHRISTOPHER, M. J.; HENRY, R. J.; REINKE, R. F. Identification of microsatellite markers for fragrance in rice by analysis of the rice genome sequence. **Molecular Breeding**, v. 9, n.4, p.245–250, 2002.

CORKE, H.; WU, H.; YUE, S.; SUN, H. Developing Specialty Starches from New Crops: A Case Study Using Grain Amaranth. In: **Cereals**, Novel Uses and Processes, 95–100. New York: Plenum Press. 1997.

DANBABA, N.; ANOUNYE, J. C.; GANA, A. S.; ABO, M. E.; UKWUNGWU, M. N.; MAJI, A. T. Physical and pasting properties of ‘Ofada’ rice (*Oryza sativa* L.) varieties. **Nigerian Food Journal**, v. 30, n. 1, p. 18-25, 2012.

DELA CRUZ, N.; KHUSH, G.S. Rice grain quality evaluation procedures. In: SINGH, R. K.; SINGH, U.S.; KHUSH, G. S. **Aromatic Rices**. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi, Cap. 3, p. 15-28, 2000.

DICKE, M.; LORETO, F. Induced plant volatiles: from genes to climate change. **Trends in Plant Science**, v. 15, n. 3, p. 115-117, 2010.

DORS, G. C.; PINTO, R. H.; BADIALE-FURLONG, E. Influência das condições de parboilização na composição química do arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n. 1, p. 219-224, 2009.

DUDAREVA, N.; NEGRE, F.; NAGEGOWDA, D. A.; ORLOVA, I. Plant volatiles: recent advances and future perspectives. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 25, n.5, p. 417-440, 2006.

EGGUM, B. O. Nutritional aspects of cereal protein. In: MUHAMMED, A.; AKSEL, R.; VON BORSTEL, R. C. **Genetic Diversity in Plants**. Basic Life Sciences, v.8. Cap. 33, p. 349-369, 1977

ELIASSON, A.C. **Starch in food – Structure, function and applications**. New York: Boca Raton, CRC, 2004. 605p.

EL-SAIED, H. M.; EL-ATTAR, W.; AHMED, E. A.; ROUSHDI, M. Gelatinization, pasting characteristics and cooking behavior of Egyptian rice varieties in relation to amylase and protein contents. **Starch – Starke**, v. 31, n. 8, p. 270-271, 1979.

EMBRAPA. **Cultivo de arroz irrigado no Brasil**. Sistema de produção, 3. Versão eletrônica, nov. 2005. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoBrasil/cap01.htm>. Acesso em 3 fev 2015.

\_\_\_\_\_. **Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Mato Grosso do Sul: 2012-2014**. Documentos 281, agosto, 2013. Disponível em: [http://www.cnpaf.embrapa.br/transferencia/informacoestecnicas/publicacoesonline/seriedocuments\\_281.pdf](http://www.cnpaf.embrapa.br/transferencia/informacoestecnicas/publicacoesonline/seriedocuments_281.pdf). Acesso em 5 fev 2016.

EPAGRI - EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA E EXTENSAO RURAL DE SANTA CATARINA [internet]: **Melhoramento genético**. Disponível em: [http://www.epagri.sc.gov.br/?page\\_id=1909](http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=1909) (data desconhecida). Acesso em: 16 agosto 2017.

EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Tendências e análises sobre o futuro do mercado consumidor no mundo**. São Paulo, 2015, p. 1- 25. Disponível em: <http://im.wheatonbrasil.com.br/wp-content/uploads/2015/12/Euromonitor-O-futuro-do-mercado-consumidor-no-mundo-Tend%C3%Aancias-e-An%C3%A1lises-FINAL.pdf>. Acesso em 9 de fevereiro de 2016.

FAO - FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. ProdSTAT; **Consumption; TradeSTAT**, 2013. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/home/E>. Acesso em: Maio 2015.

FERREIRA, M.; YOKOYAMA, L.P. **Cadeia produtiva do arroz na região centro-oeste**. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999, 110 p.

FERREIRA, C. M.; NEVES, P. C. F.; CHAVES, R. Q.; BASSINELO, P. Z. **Arroz aromático: uma nova opção de arroz para o mercado**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado técnico, 60).

FERREIRA, C. M.; PINHEIRO, B. S.; SOUSA, I. S. F.; MORAIS, O. P. **Qualidade do arroz no Brasil: evolução e padronização**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 61 p.

FITZGERALD, M. A.; HAMILTON, N. R. S.; CALINGACION, M. N.; VERHOEVEN, H. A.; BUTARDO, V. M. Is there a second gene for fragrance in rice? **Plant Biotechnology Journal**, v. 6, n. 4, p. 416-423, 2008.

FITZGERALD, M. A.; MCCOUCH, S. R.; HALL, R. D. Not just a grain of rice: the quest for quality. **Trends in Plant Science**, v. 14, n. 3, p. 133-139, 2009.

GARG, A. K.; SAWERS, R. J. H.; WANG, H. Y.; KIM, J. K.; WALKER, J. M.; BRUTNELL, T. P.; PARTHASARATHY, M. V.; VIERSTRA, R. D.; WU, R. J. Light-regulated over expression of an Arabidopsis phytochrome. A gene in rice alters plant architecture and increases grain yield. **Planta**, v. 223, n.4, p. 627-636, 2006.

GOMES, A. S.; MAGALHÃES, A. M. **Arroz Irrigado no Sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2004.

GOP – GOVERNMENT OF PAKISTAN. **Year Book 2014-15**. Islamabad, 1 dezembro de 2015. p. 88. Disponível em: <http://www.pbs.gov.pk/sites/default/files/UPDATE%20YEAR%20BOOK%2015.pdf>.

GRIGLIONE, A.; LIBERTO, E.; CORDERO, C.; BRESSANELLO, D.; CAGLIERO, C.; RUBIOLO, P.; SGORBINI, B. High-quality Italian rice cultivars: Chemical indices of ageing and aroma quality. **Food Chemistry**, v. 172, p. 305–313, 2015.

HASHEMI, F. S. G.; RAFII, M. Y.; ISMAIL, M. R.; MAHMUD, T. M. M.; RAHIM, H. A.; ASFALIZA, R.; MALEK, M. A.; LATIF, M. A. Biochemical, genetic and molecular advances of fragrance characteristics in rice. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 32, n. 6, p. 445–457, 2013.

HEINEMANN, R. J. B.; FAGUNDES, P. L.; PINTO, E. A.; PENTEADO, M. V. C.; LANFER-MARQUEZ, U. M. Comparative study of nutrient composition of commercial brown, parboiled and milled rice from Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 4, p. 287-296, 2005.

HINGE, V. R.; PATIL, H. B.; NADAF, A. B. Aroma volatile analyses and 2AP characterization at various developmental stages in Basmati and Non-Basmati scented rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. **Rice**, v. 9, n. 38, p. 1-22, 2016.

IAC – INSTITUTO AGRONOMICO DE CAMPINAS. **IAC-500: Arroz aromático para o Estado de São Paulo. O Agrônomo**, Campinas, v. 53, n. 1, 2001. Disponível em: [http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/oagronomico\\_v53\\_1.php](http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/oagronomico_v53_1.php). <http://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/Folders/Arroz/IAC500.htm>. Acesso em: 14 de janeiro de 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Análise do Consumo Alimentar Pessoal no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2011. p. 150. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50063.pdf>.

IGUAZ, A.; RODRÍGUEZ, M.; VÍRSEDA, P. Influence of handling and processing of rough rice on fissures and head rice yields. **Journal of Food Engineering**, v.77, n.4, p. 803–809, 2006.

IRRI - International Rice Research Institute. Alkali digestion, In: Standard Evaluation System for Rice - International Rice Testing Program, 2nd Ed., IRRI, 1980. Manila, p. 43-44.

JEZUSSEK, M.; JULIANO, B.O.; SCHIEBERLE, P. Comparison of key aroma compounds in cooked brown rice varieties based on aroma extract dilution analyses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 5, p. 1101-1105, 2002.

JODON, N. E. The inheritance of flower fragrance and other characters in rice. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 36, p. 844-848, 1944.

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, Cap.2, p.17-57, 1985.

JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO, 1993. Cap. 3. 162 p.

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.

KADAM, B. S; PATANKAR, V. K. Inheritance of aroma in rice. **Chronica Botanica**, v. 4, p. 496-497, 1938.

KADAN, R. S.; JUNIOR ZIEGLER, G. M. Role of ingredients in the texture of flan-like food. **Cereal Chemistry**, v. 66, n. 3, p. 161-165, 1989.

KADAN, R. S.; ROBINSON, M. G.; THIBODEUX, D. P.; PEPPERMAN JR, A. B. Texture and other physicochemical properties of whole rice bread. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 7, p. 940-944, 2001.

KADAN, R. S.; BRYANT, R. J.; PEPPERMAN, A. B. Functional Properties of Extruded Rice Flours. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 5, p. 1669-1672, 2003.

KANCHANA, S.; LAKSHMI BHARATHI, S.; LLAMARAN, M.; SINGARAVADIVEL, K. Physical quality of selected rice varieties. **World Journal of Agricultural Sciences**. v. 8, n.5, p. 468-472, 2012.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B.; NGUYEN, N. Nutrient impact assessment of rice in major rice-consuming countries. **International Rice Commission Newsletter**, v. 51, n. 1, p. 33-42, 2002.

KENNEDY, G.; BURLINGAME, B. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. **Food Chemistry**, v.80, n.4, p. 589-596, 2003.

KONG, X. ; ZHU, P.; SUI, Z.; BAO, J. Physicochemical properties of starches from diverse rice cultivars varying in apparent amylose content and gelatinisation temperature combinations. **Food Chemistry**, v.172, p.433-440, 2015.

LANG, Y. Z.; YANG, X. D.; WANG, M. E.; ZHU, Q. S. Effects of lodging at different filling stages on rice yield and grain quality. **Rice Science**, v. 19, n. 4, p. 315-319, 2012.

LANG, G. H.; TIMM, N. S.; KROESSIN, F.; COLOMBARI FILHO, J. M.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L. Parâmetros de qualidade industrial de grãos de arroz aromático produzidos na região centro-oeste. Disponível em: <http//

[file:///D:/Downloads/PAR%C3%82METROS%20DE%20QUALIDADE%20INDUSTRIAL%20DE%20GR%C3%83OS%20DE%20ARROZ%20AROM%C3%81TICO%20PRODUZIDOS%20NA%20REGI%C3%83O%20CENTRO-OESTE%20\(1\).pdf.>](file:///D:/Downloads/PAR%C3%82METROS%20DE%20QUALIDADE%20INDUSTRIAL%20DE%20GR%C3%83OS%20DE%20ARROZ%20AROM%C3%81TICO%20PRODUZIDOS%20NA%20REGI%C3%83O%20CENTRO-OESTE%20(1).pdf.>)

LIMA, C. H. A. M.; COBUCCI, R. M. A.; BASSINELO, P. Z.; BRONDANI, C.; COELHO, N. R. A. **Seleção e treinamento de uma equipe de provadores para avaliação sensorial de diferentes cultivares de arroz.** Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9571; 24 p. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006.

LIU, W.; TOLLENAAR, M. Response of yield heterosis to increasing plant density in maize. **Crop Science**, v. 49, n.5, p.1807–1816, 2009

LONDERO, G. P; MARCHESAN, E.; PARISOTTO, E.; COELHO, L. L.; ARAMBURU, B. B.; FLORES, C. S.; SILVA, A. L. Qualidade industrial de grãos de arroz decorrente da supressão da irrigação e umidade de colheita. **Irriga**, v. 20, n. 3, p. 587-601, 2015.

LOPES, C. C. **Estudo do mecanismo de quebra dos grãos de arroz.** Campinas, 1989. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas.

MASSARETO, J. L.; BARROS, R. M. C.; BERTOLDI, F.C.; NOLDIN, J. A.; MARQUEZ, U.M.L. Estudo comparativo de macronutrientes, compostos bioativos e capacidade antioxidante de arroz preto, vermelho e selvagem. Disponível em: [http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao\\_tecnico\\_cientifica/DOC\\_33008.pdf.>](http://intranetdoc.epagri.sc.gov.br/producao_tecnico_cientifica/DOC_33008.pdf.>)

MAIA, L. H.; WANG, S. H.; FERNANDES, M. S.; CABRAL, L. C. Características químicas dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 20, n. 3, p. 416-423, 2000.

MARTÍNEZ, C.; CUEVAS, F. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz: guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditorial sobre el mismo tema.** Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT. 3. ed. Cali, 1989, 73 p.

MEENA, S. K.; VIJAYALAKSHMI, D.; RAVINDRA, U. Physical and cooking characteristics of selected aromatic rice varieties. **Journal of Dairyng, Foods and Home Sciences**, v.29, n. 3/4, p. 227-231, 2010.

MO, Z.; LI, W.; PAN, S.; FITZGERALD, T. L.; XIAO, F.; TANG, Y.; WANG, Y.; DUAN, M.; TIAN, H.; TANG, X. Shading during the grain filling period increases 2-acetyl-1-pyrroline content in fragrant rice. **Rice**, v. 8, n. 9, p. 1-10, 2015.

MOREIRA, A. M. **Caracterização físico-química e culinária na predição da qualidade de grãos de arroz d eterras altas.** 2012, 135p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, 2012. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/4351>

MOURA, L. S. M.; ASCHERI, J, L. R. Efeitos das variáveis de extrusão sobre propriedades de pasta de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz (*Oryza sativae*, L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e milho (*Zea mays* L.). **Alimentos e Nutrição**, v. 24, n. 1, p. 101-113, 2013.

NABESHIMA, H. A.; EL-DASH, A. Modificação química da farinha de arroz como alternativa para o aproveitamento dos subprodutos do beneficiamento do arroz. **Boletim do CEPPA**, v. 22, n. 1, p. 107-120, 2004.

NAGARAJU, J.; KATHIRVEL, M.; KUMAR, R. R.; SIDDIQ, E. A.; HASNAIN, S. E. Genetic analysis of traditional and evolved Basmati and non Basmati rice varieties by using fluorescence-based ISSR-PCR and SSR markers. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 99, n.9, p. 5836-5841, 2002.

NAPASINTUWONG, O. Survey of recent innovation in aromatic rice. Department of Agricultural and Resource Economics Kasetsart University, Bangkok 10900 Thailand. **Paper Prepared for presentation at the 131<sup>st</sup> EAAE Seminar ‘Innovation for Agricultural Competitiveness and Sustainability of Rural Areas’**, Prague, Czech Republic, September 18-19. p. 1-20, 2012.

NAVES, M. M. V. Características químicas e nutricionais do arroz. **Boletim do CEPPA**, v. 25, n. 1, p. 51-60, 2007.

NEWPORT SCIENTIFIC. **Operation manual for series 4: instructions manual**. Warrired, 1998. 123 p.

OKO, M. O.; ANYIM, C.; NWORIE, O.; AGAH, M. V.; OKOLI, C. S. The effects of ethanol extract of *Allium Sativum* Leaves on aspartate aminotransferase, alanine aminotransferase and alkaline phoshatase in Albino Rats. **Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences**, v. 3, n. 1, p. 256-263, 2013.

OLIVEIRA, G. S.; ARF, O.; SÁ, M. E.; RODRIGUES, R. A. F. Efeito de espaçamentos e densidades de semeadura sobre o desenvolvimento de cultivares de arroz de sequeiro irrigado por aspersão. Componentes do rendimento de engenho. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 6, Goiânia. **Anais...** Goiânia: EMBRAPA, CNPAF, 1998. p. 49-52.

OLIVEIRA, C. A. O.; ANSELM, A. A.; KOLLING, D. F.; FINGER, M. I. F.; CORTE, V. F. D.; DILL, M. D. Farinha de arroz e derivados como alternativas para a cadeia produtiva do arroz. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 1, p. 61-67, 2014.

PARAGINSKI, R. T.; ZIEGLER, V.; TALHAMENTO, A.; ELIAS, M. C.; Propriedades tecnológicas e de cocção em grãos de arroz condicionados em diferentes temperaturas antes da parboilização. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.17, n.2, p.146-153, 2014.

PARKER, R.; RING, S. G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, n. 1, p. 1-17, 2001.

PATINDOL, J.; GU, X.; WANG, Y. J. Chemometric analysis of cooked rice texture in relation to starch fine structure and leaching characteristics. **Wiley Starch – Starke**, v.62, n.3-4, p.188-197, 2010.

PAULE, C. M.; POWERS, J. J. Sensory and chemical examination of aromatic and non aromatic rices. **Journal of Food Science**, v. 54, n. 2, p. 343-346, 1989.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; FONSECA, J. R.; RIBEIRO, V. Q. Potencial genético de rendimento e propriedades culinárias do arroz vermelho cultivado. **Caatinga**, v. 20, n. 1, p. 43-48, jan./mar. 2007.

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

PEREZ, F. C.; MARTINEZ, C. P.; AMEZQUITA, M. C. Estabilidade da avaliação de centro branco em 22 cultivares de arroz. In: Reunião de Pesquisa de Arroz, 4, Goiânia, 1990. **Resumos**, Goiânia, EMBRAPA/CNPAP, 1990.

PLANETA ARROZ. Arroz preto, sim, senhor! **Planeta Arroz**, ano 6, ed.18 (maio/2006), 2006, p.31-33.

QI-HUA, L.; XUE-BIAO, Z.; LIAN-QUN, Y.; TIAN, L. Effects of chalkiness on cooking, eating and nutritional qualities of rice in two indica varieties. **Rice Science**, v. 16, n. 2, p. 161-164, 2009.

SANTOS, T. P. B.; CALIARI, M.; EIFERT, E. C. **Qualidade de cocção de grãos de arroz translúcidos e gessados**. 2013. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/990185/qualidade-de-coccao-de-graos-de-arroz-translucidos-e-gessados>.>.

SAKTHIVEL, K.; SUNDARAM, R. M.; SHOBHA RANI, N.; BALACHANDRAN, S. M.; NEERAJA, C. N. Genetic and molecular basis of fragrance in rice. **Biotechnology Advances**, v. 27, n. 4, p. 468-473, 2009.

SAREEPUANG, K.; SIRIAMORNUN, L.; WISET, L.; MEESO, N. Effect of soaking temperature on physical, chemical and cooking properties of parboiled fragrant rice. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 4, n. 4, p. 409-415, 2008. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/7988/25cd372dbedf18033ac0d4224b33838386a0.pdf>

SHAFIE, B.; CHENG, S. C.; LEE, H. H.; YIU, P. H. Characterization and classification of whole-grain rice based on rapid visco analyzer (RVA) pasting profile. **Internacional Food Research Journal**, v. 23, n. 5, p. 2138-2143, 2016.

SHAHIDULLAH, S. M.; HANAFI, M. M.; ASHRAFUZZAMAN, M.; ISMAIL, M.R.; KHAIR, A. Genetic diversity in grain quality and nutrition of aromatic rices. **African Journal of Biotechnology**, v.8, n.7, p.1238-1246, 2009.

SHAMIM, F.; RAZA, M.A.; AKHTAR, M. Grain quality attributes of new rice basmati lines of Pakistan. **Journal of Applied Agriculture and Biotechnology**, v. 2, n. 1, p. 37-47, 2017.

SHEN, B. Observation on the starch grain development in endosperm of early indica rice during chalkiness formation with scanning electronic microscope. **Chinese Journal of Rice Science**, v. 14, n. 4, p. 225-228, 2000.

SHI, W.; YANG, Y.; CHEN, S.; XU, M. Discovery of a new fragrance allele and the development of functional markers for the breeding of fragrant rice varieties. **Molecular Breeding**, v. 22, n.2, p.185-192, 2008.

SHIH, F.F.; DAIGLE, K.W. Preparation and characterization of rice protein isolates. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 77, n. 8, p. 885-889, 2000.

SILVA, M. C.; THIRÉ, R. M. S. M.; PITA, V. J. R. R.; CARVALHO, C. W. P.; ANDRADE, C. T. Processamento de amido de milho em câmara de mistura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 303-310, 2004.

SILVEIRA, E. T. F.; TRAVAGLINI, D. A.; VITTI, P.; CAMPOS, S. D.; AGUIRRE, J. M.; FIGUEIREDO, I. B.; SHIROSE, I. Farinha composta de resíduo do extrato de soja e de arroz em mistura com trigo para uso em panificação. **Boletim do ITAL**, v. 18, n. 4, p. 543-561, 1981.

SINGH, R. K.; SINGH, U. S.; KHUSH, G. S. **Aromatic rices**. Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, 2000, 293 p.

SINGH, U. S.; ROHILLA, R.; SRIVASTAVA, P. C.; SINGH, N.; SINGH, R. K. Environmental factors affecting aroma and other quality traits. In: SINGH, R. K.; SINGH, U. S. (Eds.), **A Treatise on the Scented Rices of India**. Kalyani Publishers, Ludhiana (India), p. 143-164, 2003.

SINGH, N.; KAUR, L.; SODHI, N.S.; SEKHON, K.S. Physiochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. **Food Chemistry**, v. 89, n. 2, p. 253-259, 2005.

SON, J. S.; DO, V. B.; KIM, K. O.; CHO, M. S.; SUWONSICHON, T.; VALENTIN, D. Understanding the effect of culture on food representations using word associations: the case of “rice” and “good rice”. **Food Quality and Preference**, v. 31, p. 38–48, 2014.

SOOD, B. C.; SIDDIQ, E. A. A rapid technique for scent determination in rice. **Indian Journal and Plant Breeding**, v. 38, n. 2, p. 268-275, 1978.

SRIVASTAVA, A. K.; JAISWAL, H.K. Grain characteristics and cooking quality of indigenous aromatic and non-aromatic genotypes of rice (*Oryza sativa* L.). **International Journal of Scientific Research and Reviews**, v. 2, n. 1, p. 36-41, 2013.

STORCK, C. R.; SILVA, L. P. COMARELLA, C. G. Influência do processamento na composição nutricional de grãos de arroz. **Alimentos e Nutrição**, v.16, n.3, p. 259-264, 2005.

SUWANSRI, S.; MEULLENET, J. F.; HANKINS, J. A.; GRIFFIN, K. Preference mapping of domestic/imported jasmine rice for U.S.-Asian Consumers. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 6, p. 2420-2431, 2002.

TAIRA, H. Grain quality: physicochemical properties and quality of Rice grains. In: MATSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. (Ed.). **Science of the rice plant**. Tokyo: Food and Agriculture Policy Research Center, v. 2 (Physiology). cap. 6.1, p. 1063-1089, 1995.

TEBA, C. S.; ASCHERI, J. L. R.; CARVALHO, C. W. P. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades de pasta de massas alimentícias pré-cozidas de arroz e feijão. **Alimentos e Nutrição**, v.20, n. 3, p. 411-426, 2009.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. A. Gelatinization, pasting and retrogradation. **Starches, Eagan Press**, p. 25-30, 1999.

THOMAS, R.; WAN-NADIAH, W. A.; BHAT, R. Physiochemical properties, proximate composition, and cooking qualities of locally grown and imported rice varieties marketed in Penang, Malaysia. **Internacional Food Research Journal**, v. 20, n. 3, p. 1345-1352, 2013.

TORRES, L. L. G.; EL-DASH, A. A.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; GERMANI, R.; MIGUEZ, M. Efeito da umidade e da temperatura no processamento de farinha de banana verde (*Musa acuminata*, GRUPO AAA) por extrusão termoplástica. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 273-290, 2005.

VANAJA, T.; BABU, L. C. Variation for grains and quality characteristics in rice (*Oryza sativa* L.) **The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, v. 66, n. 1, p. 13-15, 2006.

VANDEPUTTE, G.E.; DELCOUR, J.A. From sucrose to starch granule to starch physical behaviour: a focus on rice starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 58, n. 3, p. 245-266, 2004.

VENTISEC. **Equipamentos Agro-Industriais**. Disponível em: <http://www.ventisec.pt/pt/articles/analizador-estatistico-de-arroz-s21/analizador-estatistico-de-arroz-s21>. (data desconhecida). Acesso em: 9 de fevereiro de 2016.

VERMA, D. K.; MOHAN, M.; ASTHIR, B. Physico-chemical and cooking characteristics of some promising basmati genotypes. **Asian Journal of Food & Agro-Industry**, v.6, n.2, p. 94–99, 2013.

VERMA, D. K.; MOHAN, M.; PRABHAKAR, P. K.; SRIVASTAV, P. P. Physico-chemical and cooking characteristics of Azad basmati. **Internacional Food Research Journal**, Malasia, v.22, n.4, p. 1380–1389, 2015.

VERMA, D. K.; SRIVASTAV, P. P. Proximate composition, mineral content and fatty acids analyses of aromatic and non-aromatic indian rice. **Rice Science**, v. 24, n. 1, p. 21-31, 2017.

VIEIRA, N. R. de A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 869-900, 2006.

VIEIRA, C.R.; LOPES JR., C.O.; RAMOS, C.S.; CAPOBIANGO, M.; SILVESTRE, M.P.C. Extração enzimática das proteínas da farinha de arroz. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 599-606, 2008.

VLACHOS, A.; ARVANITOYANNIS, I. O. A review of Rice authenticity/adulteration methods and results. **Food Science and Nutrition**, v. 48, n. 6, p. 553-598, 2008.

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

WANI, A. A.; SINGH, P.; SHAH, M. A.; SCHWEIGGERT-WEISZ, U.; KHALID; WANI, G. I. A. Rice starch diversity: effects on structural, morphological, thermal, and physicochemical properties - A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 5, p. 417-436, 2012.

WEBER, J. M. **Arroz: características químicas, culinárias e nutricionais das diferentes variedades consumidas no Brasil**. Trabalho de conclusão de curso. Brasília: 2012.

WESTBROOK, G. Atitudes da mulher jovem em relação à saúde e seu impacto no mercado mundial. In: EUROMONITOR INTERNATIONAL. **Tendências e análises sobre o futuro do mercado consumidor no mundo**. São Paulo, 2015, p. 11-13. Disponível em: <http://im.wheatonbrasil.com.br/wp-content/uploads/2015/12/Euromonitor-O-futuro-do-mercado-consumidor-no-mundo-Tend%C3%A2ncias-e-An%C3%A1lises-FINAL.pdf>. Acesso em 9 de fevereiro de 2016.

WICKERT, E.; SCHIOCCHET, M. A.; NOLDIN, J. A.; RAIMONDI, J. V.; ANDRADE, A.; SCHEUERMANN, K. K.; MARSCHALEK, R.; MARTINS, G. N.; HICKEL, E.; EBERHARDT, D. S.; KNOBLAUCH, R. Exploring Variability: New Brazilian Varieties SCS119 Rubi and SCS120 Onix for the Specialty Rices Market. **Open Journal of Genetics**, v. 4, n.2, p. 157-165, 2014.

WIDJAJA, R.; CRASKE, J. D.; WOOTTON, M. Comparative studies on volatile components of non-fragrant and fragrant rices. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 70, n. 2, p. 151-161, 1996.

XXX REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO. **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o sul do Brasil - Bento Gonçalves – RS**. Santa Maria: Reunião técnica da cultura do arroz, 6 a 8 de agosto de 2014. p. 192.

YANG, S.; ZOU, Y.; LIANG, Y.; XIA, B.; LIU, S.; MD, I.; LI, D.; LI, Y.; CHEN, L.; ZENG, Y.; LIU, L.; CHEN, Y.; LI, P.; ZHU, J. Role of soil total nitrogen in aroma synthesis of traditional regional aromatic rice in China. **Field Crops Research**, v. 125, p.151-160, 2012.

ZANIN, V. Panorama geral da orizicultura brasileira. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 41, n. 2, p. 51-66, 2013.

ZAVAREZE, E. R.; RODRIGUES, A. O.; STORCK, C. R.; ASSIS, L. M.; WALLY, A. P. S.; DIAS, A. R. G. Poder de inchamento e solubilidade de amido de arroz submetido ao tratamento térmico com baixa umidade. **Brazilian Journal of Food Technology**, II SSA, janeiro, 2009. Disponível em: [http://bjft.ital.sp.gov.br/artigos/especiais/especial\\_2009/v11\\_edesp\\_07.pdf](http://bjft.ital.sp.gov.br/artigos/especiais/especial_2009/v11_edesp_07.pdf).

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