



**KARINA CARVALHO COSTA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA E INDUSTRIAL EM  
GRÃOS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS**

**Lavras – MG**

**2023**

**KARINA CARVALHO COSTA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FÍSICA E INDUSTRIAL EM GRÃOS DE ARROZ  
DE TERRAS ALTAS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Profa. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho  
Orientadora  
MSc. Jocilene dos Santos Pereira  
Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2023**

## DEDICATÓRIA

*À minha mãe, Maria da Penha (in memoriam), por ser a minha maior força, fonte de  
inspiração e amor*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por iluminar o meu caminho e me guiar em cada passo ao longo da minha vida. Sem a minha fé eu nada seria.

À minha mãe, Maria da Penha, que não está aqui para ver esse momento, mas sempre valorizou a minha educação. Ela é meu maior exemplo de força, e com essa força eu sigo a minha jornada.

Ao meu amado pai, Valdir, que esteve ao meu lado durante todos esses anos, me apoiando e dando o suporte que eu preciso. Sou grata por ter você como pai. Te amo muito.

Aos meus irmãos, Larissa e Ivan, a minha mais sincera gratidão, por cuidarem tão bem de mim e se fazerem presentes em todos os momentos da minha vida, me ajudando, orientando e confiando em mim. Amo vocês com todo meu coração.

Ao meu namorado, Guilherme, por todo amor, apoio, incentivo, companheirismo, colo, paciência e ajuda. Obrigada por ter segurado a minha mão e não ter deixado eu desistir. Te amo e sou eternamente grata por toda a paz que você traz para o meu coração.

À minha família e meus amigos, presentes ou distantes, que sempre me apoiaram tanto. Foi essencial ter comigo o carinho de tantas pessoas queridas torcendo por mim ao longo dos anos.

À Universidade Federal de Lavras por me proporcionar tantos aprendizados profissionais e pessoais, e ao corpo docente, que exercem com excelência o papel de ensinar.

À minha orientadora Profa. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho, por todo aprendizado que foi compartilhado. Saiba que você sempre foi uma das minhas maiores inspirações. Sou eternamente grata por ter a oportunidade de conviver, aprender e confiar em você. Obrigada por ter acreditado em mim.

À minha coorientadora, Jocilene, por todo ensinamento, ajuda e paciência. Aprendi muito com você durante o desenvolvimento desse trabalho e te admiro ainda mais.

Aos amigos do grupo MelhorArroz, por fazerem todos os momentos de trabalho serem mais leves. Aprendo com vocês cada dia mais. Saibam que fizeram a diferença na minha graduação.

**OBRIGADA!**

## RESUMO

A cultura do arroz tem grande importância socioeconômica em todo o mundo sendo considerado a principal fonte de energia que fornece segurança alimentar e nutricional para mais da metade da população global. A qualidade dos grãos é um fator importante que requer foco e atenção nos programas de melhoramento, pois os padrões exigidos pelo mercado devem ser contemplados, a partir de cultivares que apresentem grãos com aspectos físicos e industriais desejados. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar genótipos de arroz de terras altas provenientes de geração F<sub>4:6</sub> quanto os parâmetros físicos e industriais da qualidade de grãos. Os grãos avaliados foram obtidos a partir de experimento conduzido em Lavras-MG na safra de 2022/23. Dessa forma, foram utilizados 41 genótipos pertencentes ao ensaio de Observação de progênies (geração F<sub>4:6</sub>) do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da UFLA. Após as etapas de colheita e secagem os grãos foram submetidos a análises de renda e rendimento para obtenção dos parâmetros industriais a partir de cálculos de percentuais. Para verificar as características de comprimento, largura, relação comprimento/largura e gessamento foram contados 100 grãos de arroz beneficiados que foram submetidos a análise de imagem por meio do equipamento *groundeye*. Todos os dados foram tabulados, obtidas às análises de variância (ANOVA) e agrupamento de médias comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas através do software *Genes*. A variável renda não mostrou diferença significativa. Já as variáveis rendimento, gessamento e dimensão do grão apresentaram diferenças significativas, revelando-se serem decisivas em avaliações para qualidade dos grãos, além de indicar a presença de genótipos promissores para avanço do programa de melhoramento. Assim, conclui-se que o Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da UFLA apresenta genótipos capazes de atender às demandas da indústria e do mercado consumidor.

Palavras-chave: *Oryza sativa*; cultivar; melhoramento genético.

## ABSTRACT

The rice crop has great socioeconomic importance worldwide, being considered the main source of energy that provides food and nutritional security for more than half of the global population. Grain quality is an important factor that requires focus and attention in breeding programs, as the standards required by the market must be met, from cultivars that present grains with the desired physical and industrial aspects. Thus, the objective of this work was to analyze upland rice genotypes from the  $F_{4:6}$  generation in terms of physical and industrial parameters of grain quality. The evaluated grains were obtained from an experiment conducted in Lavras-MG in the 2022/23 harvest. Thus, 41 genotypes belonging to the Progeny Observation test ( $F_{4:6}$  generation) of the UFLA Rice Genetic Improvement Program were used. After the harvesting and drying stages, the grains were submitted to income and yield analyzes to obtain industrial parameters based on percentage calculations. To verify the characteristics of length, width, length/width ratio and plastering, 100 grains of processed rice were counted and submitted to image analysis using the *groundeye* equipment. All data were tabulated, obtained from analysis of variance (ANOVA) and grouping of means compared using the Scott Knott test at 5% probability. Analyzes were performed using the Genes software. The income variable showed no significant difference. The variables yield, plastering and grain size showed significant differences, proving to be decisive in evaluations for grain quality, in addition to indicating the presence of promising genotypes for advancing the breeding program. Thus, it is concluded that the UFLA Rice Genetic Improvement Program presents genotypes capable of meeting the demands of the industry and the consumer market.

Palavras-chave: *Oryza sativa*; arroz; melhoramento genético.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Importância, produção e consumo do arroz.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Qualidade dos grãos de arroz.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Qualidade industrial em grãos de arroz.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Qualidade física em grãos de arroz .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Qualidade química e culinária em grãos de arroz .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Melhoramento genético visando a qualidade de grãos .....</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1</b>	<b>Material vegetal.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2</b>	<b>Condições experimentais .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Características avaliadas para a qualidade dos grãos .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Renda (REN) .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Rendimento (RDT).....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Dimensão dos grãos (DG) .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Gessamento (GES) .....</b>	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>Análises estatísticas .....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>Qualidade industrial em grãos de arroz de terras altas .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2</b>	<b>Qualidade física em grãos de arroz de terras altas .....</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O arroz é uma das espécies com maior importância mundial, não apenas pelo volume de produção, mas principalmente, por se constituir como principal alimento do homem, ao lado do trigo. Os países asiáticos consomem 50% do arroz produzido no mundo e além da Ásia, também faz parte da dieta básica da população dos países em desenvolvimento (LIMA et al., 2019). A produção mundial de arroz na safra de 2022/2023 foi de 513,9 milhões de toneladas, sendo o Brasil responsável por 10 milhões de toneladas (CONAB 2023).

A qualidade de grãos é influenciada em toda a cadeia produtiva da cultura, composta pelo produtor, indústria e consumidor final (BERGMAN, 2019). Além de afetar no valor do produto e mercado, também afeta na adoção de novas cultivares e aceitação do produto final pelo consumidor, que está cada vez mais exigente com relação às características do produto que adquire, o que torna real a demanda de um controle de qualidade rigoroso do produto, com foco nas preferências do mercado. Não há uma definição concreta de qualidade dos grãos, pois as variações quanto ao tipo do grão e aparência antes e após o cozimento mudam de acordo com a região/país. No Brasil, o consumidor tem preferência pelo grão com alta porcentagem de grãos inteiros após o beneficiamento. Para a qualidade física, é desejável que o grão seja longo-fino, chamado popularmente de agulhinha (HUANG et al., 2013). Também devem ser translúcidos, e após o cozimento se apresentarem secos, soltos, macios e com bom rendimento de panela (MILANI et al., 2017).

Os fatores que controlam a qualidade culinária estão relacionados às características físico-químicas do grão, como o teor de amilose aparente e a temperatura de gelatinização. Essas características devem ser estudadas e analisadas para esclarecerem o comportamento dos grãos durante o processo de cocção, pois o amido está diretamente relacionado com a textura e a dureza do grão, já a temperatura de gelatinização mede a resistência do grão na cocção (BERGMAN, 2019).

Dentro de um programa de melhoramento genético, todas as características relacionadas à qualidade dos grãos devem ser avaliadas em conjunto para que sejam selecionadas as melhores linhagens. Entretanto, os caracteres que visam alta qualidade são naturalmente complexos, o que torna o processo mais difícil. As propriedades relacionadas à aparência dos grãos e qualidade culinária estão relacionadas com a interação genótipo e ambiente e ao número de componentes a serem trabalhados (GOLAM; PODHAN, 2013).

Este trabalho objetivou analisar genótipos de arroz de terras altas provenientes de geração F<sub>4:6</sub> quanto os parâmetros físicos e industriais da qualidade de grãos, a partir de análises



de renda e rendimento, comprimento, largura e gessamento dos grãos, a fim de verificar os genótipos promissores para avanço no programa de melhoramento.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância, produção e consumo do arroz

O arroz (*Oryza sativa* L), é um cereal de grande importância socioeconômica em todo o mundo. É considerado a principal fonte de energia e fornece segurança alimentar e nutricional para mais da metade da população global (CONAB 2019).

O arroz é uma planta herbácea anual, monocotiledônea, que faz parte da família *Poaceae*. Possui uma adaptação especial para solos alagados, no entanto, também é capaz de se desenvolver em áreas com baixa disponibilidade de água (GUIMARÃES, FAGERIA, & BARBOSA FILHO, 2002). Existem diversas espécies de arroz, mas a maioria delas podem ser classificadas em duas subespécies distintas: *Oryza sativa* ssp. Índica e *Oryza sativa* ssp. Japônica. Os grãos pertencentes ao grupo Índica são conhecidos por serem longos e finos, enquanto os do grupo Japônica são curtos e arredondados (PINHEIRO, 2008).

O Brasil é o maior produtor fora da Ásia, produzindo na safra de 2022/2023 aproximadamente 10 milhões de toneladas de arroz em uma área de 1,4 milhões de hectares. Em 2018/2019, a produção mundial de arroz beneficiado atingiu 491,14 milhões de toneladas, sendo a China e a Índia os maiores produtores desse grão, responsáveis por 50% da produção mundial (FANG et al., 2014; SILVA; PAIM; SILVA, 2018). De acordo com o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), a safra de 2022/2023 teve uma produção mundial de arroz beneficiado de aproximadamente 502,97 milhões de toneladas, sendo China, Índia e Indonésia os principais produtores.

Existem dois principais ecossistemas nos quais é possível cultivar arroz: o sistema inundado, que envolve a irrigação do arroz com inundações controladas ou em áreas de várzeas e o sistema de terras altas, também conhecido como sequeiro, que é cultivado sem inundação, dependendo das disponibilidades hídricas ou irrigação suplementar (GUIMARÃES et al., 2006; PINHEIRO, 2008). Embora o cultivo de arroz de terras altas tenha um maior número de estados adeptos, o cultivo inundado ainda é responsável pela maior produção.

Na safra de 2021/2022, a produtividade média de arroz de terras altas foi de 2,493 kg/ha, já a safra de 2022/2023 teve uma produtividade de 2,572 kg/ha. O arroz de sequeiro é produzido

em muitos estados no Brasil e de acordo com os últimos dados da CONAB (Junho, 2023) pode-se destacar o estado do Amazonas que obteve um aumento expressivo na área total, produtividade e produção. No Sudeste, os dados direcionam Minas Gerais com um aumento na produtividade, mesmo tendo uma redução na área total

O arroz é comumente consumido na forma de grão, diferenciando-se de outros cereais como o milho e o trigo, que passam por um processamento mais extenso. Entretanto, a preferência em relação ao tipo e aparência do grão, antes e depois do cozimento, varia de acordo com a região ou país, onde os padrões de qualidade exigidos pelo mercado podem ser diferentes, o que dificulta a definição concreta da qualidade dos grãos de arroz (HUANG et al., 2013).

No Brasil, o consumo de arroz é predominantemente em grãos inteiros, sendo classificado em quatro tipos principais de produtos, após o beneficiamento o mais popular é o arroz polido, representando 88,8% do consumo, obtido por meio do descasque e polimento do grão integral. O arroz integral representa apenas 1,5% do consumo, enquanto o arroz parboilizado polido e integral correspondem a 9,4% do consumo (FERREIRA; FIGUEIREDO; LUZ, 2018). Além disso, há uma crescente demanda por outras variedades, como o arroz vermelho, preto, aromático e os grãos que possuem baixo teor de amilose, que estão ganhando espaço no mercado. A crescente procura por esses alimentos se deve ao fato de que os consumidores estão cada vez mais interessados em adotar uma alimentação mais saudável, rica em nutrientes (VILLANOVA et al., 2017).

Países latino-americanos e alguns asiáticos, como Brasil, Tailândia e Índia, têm preferência por grãos de arroz longos, finos e translúcidos, que, após o cozimento, devem apresentar-se soltos (GOLAM; PRODHAN, 2013). Por outro lado, no Japão, são selecionados grãos curtos e largos, que possuem baixos teores de amilose e proteína, o que os torna mais pegajosos após o cozimento (CALINGACION et al., 2014; ZHOU et al., 2002).

## **2.2 Qualidade dos grãos de arroz**

A qualidade dos grãos de arroz tem uma certa complexidade, determinada por diversas características que precisam ser analisadas a fim de produzir cultivares aceitáveis, tanto pelo consumidor, quanto pela cadeia produtiva, garantindo assim o retorno econômico esperado (SON et al., 2014). Como o arroz está no mercado representando uma das principais fontes básicas de energia (SANTOS, 2012), é importante entender a expectativa do consumidor em relação ao produto, isso varia de acordo com as tradições e costumes locais de diferentes regiões

e países, pois o que representa um produto de qualidade para um grupo de consumidores, pode ser inadequado para outros (CASTRO, E. da M. et al., 1999).

No Brasil, o consumidor final prefere que o arroz possua alta porcentagem de grãos inteiros após o beneficiamento, o chamado grão longo-fino, conhecido como arroz agulhinha, que são compridos e estreitos, uniformes, de aspecto cristalino ou translúcido, que cozinham rapidamente, se comportam como grãos secos e soltos, mantêm a maciez após o resfriamento e tem bom rendimento de panela (MILANI et al., 2017).

A qualidade dos grãos de arroz está relacionada com a interação entre os diferentes componentes da cadeia produtiva da cultura, incluindo o melhorista, o orizicultor, a indústria e o consumidor final (BERGMAN, 2019). Portanto, podemos afirmar que os principais componentes ligados à qualidade de grãos nesta cultura podem ser definidos por: industrial, física, química e culinária.

### **2.2.1 Qualidade industrial em grãos de arroz**

As principais características associadas a qualidade industrial envolvem o rendimento de grãos inteiros, a opacidade e o tamanho dos grãos, podendo ser influenciados pelo sistema de cultivo, manejo da cultura e cultivares utilizadas (CAZETTA et al., 2006). Portanto, os produtores de arroz devem executar o manejo recomendado nas fases de crescimento e desenvolvimento do arroz, associado ao uso de uma cultivar adequada, condições climáticas favoráveis após a floração, métodos de colheita e pós-colheita adequados. Quando essas etapas são bem executadas é possível obter uma alta porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento (GOES et al., 2016), fator determinante para o mercado, considerando que existe uma exigência por grãos de arroz uniformes, com baixa porcentagem de quebrados e/ou danificados (QIAN et al., 2016).

Para o beneficiamento do arroz, o processo inclui diversas etapas, tais como pré-limpeza, descascamento, polimento e classificação dos grãos em inteiros e quebrados (FRANCO et al., 2013; LORENZETT; NEUHAUS; SCHWAB, 2012). Dessa forma, durante a etapa de pré-limpeza, utiliza-se uma peneira para separar as impurezas dos grãos colhidos, como pedras, palhas, talos e torrões de terra (BRASIL, 2012). Os grãos de arroz podem ser secados de formatural ou artificial, até que atinjam a umidade adequada de 12 a 13%. A secagem natural é realizada com a exposição dos grãos ao sol e ao vento, enquanto que a secagem artificial é feita

por meio do aquecimento do ar e movimentação dos grãos em secadores (EMBRAPA, 2013). Existem duas formas de armazenar os grãos: em granel ou em sacarias. É possível fazer o armazenamento em condições ambientais, sem alteração do ar e com fluxo de ar adequado. É importante destacar que a umidade dos grãos deve estar em torno de 13%, para garantir uma melhor conservação do produto. Durante o processo de descascamento, as glumelas são removidas dos grãos utilizando-se dois rolos metálicos revestidos de borracha que giram em direções opostas e com velocidades diferentes. Após o processo de descascamento, segue-se a etapa de brunimento, onde os grãos são lixados por rolos de pedras de esmeril. Em seguida, é opcional a etapa de polimento, que transforma o arroz em estado integral para o polido. Na última etapa do beneficiamento do arroz, os grãos são classificados para separar aqueles que possuem valor comercial, os grãos inteiros. Essa separação é feita em “trieurs”, onde ocorre a separação entre os grãos inteiros e os quebrados (SILVA, 2019).

A renda é definida pelo percentual de arroz descascado e polido, considerando-se o total de grãos inteiros e quebrados juntos. O rendimento são os percentuais de grãos inteiros e quebrados, separadamente, obtidos após o beneficiamento do arroz, sendo expressos em porcentagens em relação ao produto bruto (arroz com casca). É considerado grão inteiro àquele descascado e polido que apresente comprimento igual ou superior a três quartos do comprimento mínimo da classe a qual pertence. O rendimento do grão é usado como base para a valorização comercial do arroz, mediante a aplicação de coeficientes específicos (EMBRAPA, 2013; BRASIL, 2009; VIEIRA; CARVALHO, 1999). De acordo com a legislação brasileira, é exigida para comercialização uma renda de 68%, constituída de 40% de grãos inteiros e 28% de quebrados e quirera (a menor fração do arroz).

A presença de grãos opacos é conhecida como gessamento e ocorre internamente. Quando uma porcentagem do endosperma do grão fica opaco, ele é considerado gessado. As proporções exatas de gesso adicionadas ao arroz podem depender das práticas locais e regulamentações específicas. O resultado disso é um grão mais susceptível à quebra durante o processo de beneficiamento (LIU et al., 2009), o que diminui o seu valor comercial (BRASIL, 2012). A opacidade nos grãos é causada pelo arranjo dos grânulos de amido e proteína e surge em condições climáticas e de cultivo desfavoráveis (EMBRAPA, 2013; FERREIRA et al., 2005).

A classificação do arroz para fins comerciais é determinada pelas dimensões dos grãos após descasque e polimento. As classes longo-fino, longo, médio e curto devem representar

pelo menos 80% do peso total do arroz comercializado. A classe misturada é composta por uma combinação de duas ou mais classes (EMBRAPA, 2013; BRASIL, 2009). O arroz é classificado de acordo com a quantidade de defeitos e grãos quebrados, expressos numericamente, com o Tipo 1 apresentando o menor percentual de defeitos, com 90% de grãos inteiros e sem gessamento, já o Tipo 5 dispõe de alta percentagem de grãos mofados e ardidos, impurezas e mais de 50% de grãos quebrados. (EMBRAPA, 2013; BRASIL, 2009; CASTRO et al., 1999).

### **2.2.2 Qualidade física em grãos de arroz**

Características como a relação entre comprimento e espessura do grão (C/E), bem como aparência, volume, cor, formato, densidade e incidência de gessamento definem a qualidade física nos grãos de arroz (BHATTACHARYA, 2011). O tamanho dos grãos de arroz também são características influenciadas pelo ambiente, como o manejo realizado na lavoura e grau de maturação na colheita (CAZETTA et al., 2006).

A análise da dimensão do grão pode ser feita utilizando equipamentos manuais, como o paquímetro, ou através das análises de imagem por meio de softwares, que aceleram o processo de medição. Os grãos são agrupados e classificados de acordo com os padrões definidos pelo MAPA (BRASIL, 2009). Os grãos longo-fino possuem comprimento igual ou superior a 6,00 mm, espessura máxima de 1,9 mm e relação comprimento/largura superior a 2,75 mm. Os grãos longos têm comprimento igual ou superior a 6,00 mm, os médios têm comprimento entre 5,00 mm e menor que 6,00 mm e os curtos têm comprimento inferior a 5 mm (EMBRAPA, 2013; BRASIL, 2009).

No arroz, a transparência dos grãos pode ser prejudicada pelo gessamento. Assim, os fotoassimilados acumulados durante todo o período de desenvolvimento da planta, principalmente na fase de enchimento dos grãos são fatores determinantes para a transparência final do grão e a área gessada. O cultivo do arroz de terras altas sofre com alguns fatores ambientais que influenciam diretamente na formação dos grãos gessados, como altas temperaturas, colheita dos grãos imaturos, déficit hídrico na fase reprodutiva e a presença de pragas e doenças, sendo fundamental proceder estudos visando minimizar estes impactos, considerando a importante contribuição do sistema de terras altas na produção de arroz (LONDERO et al., 2015).

O gessamento nos grãos gera uma classificação em quatro tipos: centro branco, grão branco leitoso, barriga branca e grão opaco (ISHIMARU et al., 2009). O centro branco no grão ocorre quando se têm o gessamento no centro do endosperma, enquanto que o branco leitoso possui uma parte de gessamento mais ampla em comparação com o centro branco, sendo que ambos estão presentes na parte interna do endosperma. Grão do tipo barriga branca apresenta gessamento na parte periférica do endosperma (ISHIMARU et al., 2009), já os grãos opacos são gerados pela interrupção na fase de enchimento de grãos, ou formação tardia.

Além das áreas opacas nos grãos gessados, os amidos presentes nesse tipo de grão são compostos por uma quantidade menor de amilose e uma maior quantidade de amilopectina de cadeia ramificada mais curta, em comparação com os amidos dos grãos translúcidos (XI et al., 2016). Segundo Qiao et al., (2011) e Xi et al., (2014), estudos comprovam que há diferenças no teor de proteína de grãos com centro branco, barriga branca e translúcidos. Isso evidencia que existem diferenças na qualidade culinária e nutricional de grãos gessados e translúcidos.

### **2.2.3 Qualidade química e culinária em grãos de arroz**

As proporções de amilose, amilopectina, proteínas e lipídeos, podem variar entre as cultivares de arroz e esses fatores afetam a estrutura do grão e também o desempenho na hora do cozimento. As qualidades química e culinária também são influenciadas pela genética da planta, manejo em campo, ambiente, e as etapas de pós-colheita (KAMINSKI et al., 2013; SIMONELLI; ABBIATI; CORMEGNA, 2016). Além disso, os diferentes processos de beneficiamento e grau de polimento também podem influenciar na composição química, comportamento culinário e no valor nutricional final dos grãos (STORCK; SILVA; COMARELLA, 2009; VANIER et al., 2015).

As características relacionadas à qualidade 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 (KONG et al., 2015; BAO et al., 2007, ZHOU et al., 2002). O amido é composto por duas macromoléculas, a amilose e amilopectina, em quantidades que variam com a natureza e o grau de maturação do vegetal (ORDOÑEZ et al., 2005) e exerce grande influência sobre as propriedades nutricionais, principalmente sobre as características de cocção, como textura e tempo de cocção (SIGH et al., 2011).

De modo geral grãos que possuem alto teor de amilose em sua composição, tendem a serem mais endurecidos e soltos após o cozimento. O contrário se dá com um grão com baixo teor de amilose, que tende a ser mais macio, aquoso e pegajoso após o cozimento (BAO et al., 2007). Dessa forma, características importantes relacionadas ao cozimento do arroz como o brilho, índices de absorção de água, maciez, expansão no volume e textura são dependentes da razão amilose/amilopectina (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2009). Outro fator importante são as consistências dos géis, de modo que a amilopectina, quando dispersa em água, é mais estável e produz géis mais moles. Por outro lado, a amilose tem tendência a produzir géis mais duros e com menor estabilidade (PÉREZ; BERTOFT, 2010).

Para atingir a exigência pela qualidade culinária, é essencial que se tenha quantidades adequadas de amilose e amilopectina no grão. A amilose garante êxito no processo de cocção, enquanto a amilopectina influencia na temperatura de gelatinização (MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012). As proporções em que as cadeias de amilose diferem entre genótipos se classificam como grão ceroso (0 – 4% de teor de amilose), grão com conteúdo de amilose muito baixo (de 5 – 2% de teor de amilose), grãos com conteúdo de amilose baixo (12 – 20% de teor de amilose), grãos com conteúdo de amilose intermediário (20 – 25% de teor de amilose) e grãos com conteúdo de amilose alto (25 – 30% de teor de amilose) (JULIANO, 2003).

Os grãos preferidos pelos brasileiros, são aqueles que possuem de 20 a 25% de teor de amilose, pois são macios, com baixa pegajosidade, mesmo após resfriados. O arroz com uma porcentagem elevada de amilose vai produzir um amido de qualidade superior, tendo um formato uniforme e grande aglomeração dos grânulos de amido (ZAVAREZE; DIAS, 2011). A textura é uma característica importante no arroz, pois na cocção acontece a solubilização dos grânulos de amido, o que tem como efeito o aumento do volume, fragmentação dos grãos e o desenvolvimento de diferentes texturas, sendo elas, juntamente com a aparência do arroz cozido, parâmetros para definir se uma cultivar será ou não aceita pelo consumidor final (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004).

O processo de gelatinização se dá através do cozimento na qual a água é absorvida e grande parte dos grânulos de amido são gelatinizados e dilatados irreversivelmente (MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012). Esse processo tem uma temperatura (TG) ideal que podem variar de 63 °C a 80°C, existindo uma classificação da seguinte forma: TG baixa (temperatura de gelatinização do amido ocorre entre 63 °C e 68 °C);

TG intermediária (temperatura de gelatinização do amido ocorre entre 69 °C e 73 °C); TG alta (temperatura de gelatinização do amido ocorre entre 74 °C e 80 °C). Com base nestas temperaturas são conduzidos testes de cozimento para medir a resistência do grão de arroz.

Grãos de arroz que possuem baixa e intermediária TG necessitam de um menor tempo de cocção e menor quantidade de água, entretanto, podem ser grãos muito macios, que vão ser facilmente decompostos durante o cozimento. Por outro lado, grãos que possuem alta TG requerem um maior tempo de cozimento e maior quantidade de água, não sendo tão bem aceitos pelos consumidores. De modo geral os programas de melhoramento têm buscado materiais que apresentam uma TG intermediária (MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012).

O teste de cocção é realizado através da preparação culinária do arroz, semelhante àquela conduzida pelos consumidores, isso possibilita avaliar a qualidade culinária. Entretanto, esse teste apresenta uma elevada demanda por mão-de-obra, requer tempo e um expressivo número de pessoas para a avaliação sensorial, dificultando sua viabilidade. Além disso, também pode gerar custos elevados a depender do número de linhagens a serem analisadas. Portanto, apesar do teste sensorial ser importante, ele pode se tornar de difícil execução em algumas circunstâncias (CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2002).

Durante o armazenamento, ocorrem processos físicos e químicos que também podem alterar as características culinárias nos grãos de arroz, impactando no comportamento culinário (KAMINSKY et al., 2013). Grãos armazenados a partir de três a seis meses passam a ter melhores rendimento de panela, com aspecto mais solto após o cozimento, isso em função do arroz envelhecido ter maior capacidade de absorção de água e tendo consequentemente maior expansão dos grãos (CASTRO et al., 1999).

### **2.3 Melhoramento genético visando a qualidade de grãos**

Considerando a expansão do cultivo de arroz de terras altas e os impactos que este sistema sofre pelas condições ambientais que afetam a qualidade dos grãos é fundamental o direcionamento de seleções visando amenizar estes impactos. Na década de 70, o arroz de terras altas era referência em qualidade no Brasil. (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 2006; CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003). Porém, houve a introdução de cultivares com características de grão longo-fino, vindas dos Estados Unidos, que foram muito aceitas pelo



consumidor final. Essas cultivares eram produzidas em várzeas, e com isso o mercado de arroz de terras altas passou a sofrer alterações no foco de seleção de linhagens visando a obtenção de cultivares para atender esta nova demanda (SOUZA et al., 2007).

Tanto o sistema inundado como terras altas vem contribuindo para a manutenção do grão longo fino no mercado. Entretanto o sistema de terras altas vem se destacando pelas vantagens de sua inserção em sucessão com a soja. Através dos programas de melhoramento genético, houve o desenvolvimento de cultivares modernas que possuem grãos longo fino, alto rendimento e boa qualidade culinária. Um estudo realizado por Pagnanm Bassinello e Prudencio (2015) avaliou três genótipos de arroz polido de cultivo irrigado e cinco genótipos de arroz de terras altas quanto às suas características químicas, físicas e sensoriais. Os resultados indicaram que as características relacionadas à qualidade do grão de arroz estão associadas às características químicas, intrínsecas aos grãos crus, e não ao sistema de cultivo. No entanto, é importante que se tenha o emprego de cultivares e condições adequadas para cada sistema.

Com o aumento da demanda por alimentos em todo o mundo, a melhoria da qualidade dos grãos de arroz é uma questão crítica para garantir a segurança alimentar. O melhoramento genético é uma das principais estratégias para obter essa melhoria (CARVALHO et al., 2020). O mercado consumidor representa um fator de impacto significativo na cadeia produtiva do arroz, e as cultivares que possuem qualidade do grão superior recebem um valor diferenciado (STRECK et al., 2018).

Como existe uma abundante variabilidade genética para caracteres relacionados a qualidade dos grãos, é um desafio para os melhoristas alinharem produtividade e qualidade em uma mesma linhagem (NIRMALADEVI et al., 2015). Para obter cultivares com melhor qualidade de grãos de arroz, os melhoristas precisam identificar fontes de variabilidade genética que possam ser usadas em cruzamentos. Isso pode ser feito por meio de genótipos disponíveis em bancos de germoplasmas, bem como o uso de matérias provenientes dos campos de produtores ou em áreas onde o arroz silvestre ainda cresce. O cruzamento entre diferentes fontes de variabilidade genética é feito para criar novas combinações de genes que podem levar a características desejáveis de qualidade. Para obter uma cultivar com características de qualidade específicas, são realizadas avaliações em diferentes ambientes para determinar as características agrônômicas, industriais, físicas, químicas e culinárias.

A partir das avaliações feitas considerando diferentes ambientes são obtidas informações, que permitem identificar as regiões onde cada linhagem se desenvolve bem para posterior registro e recomendação como cultivar (FITZGERALD, 2017). As características que são importantes para a qualidade do arroz são influenciadas por vários genes e fatores ambientais, o que torna o processo de melhoramento genético complexo e desafiador. Os fatores ambientais podem influenciar nas características que compõe a qualidade. Por exemplo, o estresse ocasionado por alta temperatura e déficit hídrico aumenta a incidência de grãos gessados, alterando a composição de amido e proteína nos grãos e incluindo a quebra dos grãos durante o beneficiamento. Dessa forma, o desenvolvimento de cultivares tolerantes a estes estresses abióticos tem impacto direto no enchimento dos grão e qualidade final. Além disso, outros fatores de manejo são determinantes como a adubação, o tipo de solo e a umidade relativa irão impactar na expressão do genótipo para a qualidade dos grãos de arroz. (BALINDONG et al., 2018; SCREENIVASLU et al., 2015)

Nos últimos anos, a qualidade dos grãos de arroz tem recebido bastante atenção, isso porque desenvolver variedades que tenham alta produtividade, estabilidade, boa qualidade e ampla adaptabilidade é um dos principais objetivos dos programas de melhoramento. A introdução de novas tecnologias para tornar mais eficiente a seleção de genótipos superiores é uma necessidade, visto que muitas das ferramentas utilizadas atualmente possuem um elevado custo em suas avaliações. Diante desse cenário, ainda é necessário compreender o funcionamento das propriedades que determinam as características de qualidade do grão de arroz e como elas se comportam, concentrando as avaliações nas características principais, a fim de tornar a seleção de genótipos superiores mais eficiente e reduzir os custos de pesquisas futuras (CONCEPCION et al., 2015).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1 Material vegetal**

Os genótipos avaliados quanto à qualidade de grãos foram cultivados durante a safra de 2022/23 no município de Lavras-MG na área experimental no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária (Fazenda Muquém) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). O material pertence ao ensaio de Observação de progênies (geração F<sub>4:6</sub>) do Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da UFLA em parceria com a

Embrapa Arroz e Feijão e a Epamig Sul. Dessa forma, constituem-se em 39 genótipos e duas cultivares (BRS Esmeralda e BRSMG Caçula), totalizando 41 tratamentos (TABELA 1).

Tabela 1 – Relação de genótipos utilizados para avaliações quanto a qualidade de grãos.

<b>Identificação</b>	<b>Genótipos</b>	<b>Identificação</b>	<b>Genótipos</b>
1	BRSMG Caçula	22	MP1920-3-11
2	BRS Esmeralda	23	MP1920-39-4
3	MP2021-125-10	24	MP2021 133-3
4	MP1920-3-4	25	MP2021 147-4
5	MP2021-125-3	26	MP2021 147-1
6	MP2021-45-8	27	MP2021-129-12
7	MP1920-98-5	28	MP1920-19-2
8	MP2021-125-4	29	MP1920-46-3
9	MP1920-58-9	30	MP2021 126-9
10	MP2021 129-11	31	MP2021 127-3
11	MP2021- 45-6	32	MP2021-133-4
12	MP2021-126-1	33	MP2021 147-5
13	MP2021 56-12	34	MP1819-147-3
14	MP1819-25-10	35	MP2021-133-6
15	MP2021-126-7	36	MP1920-37-1
16	MP2021 129-4	37	MP2021-56-16
17	MP1920-45-6	38	MP2021-56-3
18	MP1819-35-2	39	OBS1819-p154-13- CNAx1890LB-3-B (Trat. 90 EO 19/20)
19	MP2021 129-3	40	OBS1819-5-8 (Trat. 95 EO 19/20)
20	MP2021 127-6	41	MP2021-133-9
21	MP1920-64-10		

Fonte: Do autor (2023).

### 3.2 Condições experimentais

Em campo os experimentos foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados (DBC), com três repetições. As parcelas foram constituídas por duas linhas de quatro metros, com densidade de semeadura constituída em 80 sementes por metro e espaçamento entre linhas

de 40 cm. As parcelas foram colhidas com teor de umidade entre 18 e 23% e submetidas a secagem natural para posterior armazenamento e obtenção dos parâmetros industriais e físicos.

### 3.3 Características avaliadas para a qualidade dos grãos

Foram conduzidas avaliações visando determinar parâmetros industriais e físicos. Dessa forma, as avaliações consideraram as características de renda e rendimento, comprimento, largura, relação comprimento/largura e gessamento.

#### 3.3.1 Renda (REN)

Para determinar a renda foram obtidas amostras de 100g de arroz em casca de cada parcela, pesadas em balança de precisão e levadas à máquina de beneficiamento e classificação (moinho de provas do modelo Zaccaria) situado no setor de Grandes Culturas da UFPA. As amostras foram beneficiadas (descascadas e polidas) e pesadas para verificar a quantidade final incluindo inteiros e quebrados, após retirada da casca e película.

A renda foi determinada por meio do cálculo do percentual de massa de grãos inteiros e quebrados após o beneficiamento em relação à massa inicial dos grãos com casca através da equação 1 (Instrução Normativa n. 6, de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA).

$$Renda (\%) = \frac{\text{Rendimento de grãos beneficiados e brunidos (inteiros+quebrados)}}{\text{Massa de grãos em casca}} \times 100 \quad (1)$$

#### 3.3.2 Rendimento (RDT)

A massa de grãos inteiros e quebrados de cada parcela foi contabilizada, resultante do processo de beneficiamento dos grãos de arroz e separação por meio do *trieur* 5.5.

A determinação do rendimento de grãos inteiros foi realizada utilizando a equação 2, conforme estabelecido na Instrução Normativa n.º. 6, de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). O percentual de grãos inteiros foi calculado por meio dessa equação.

$$Rendimento de grãos (\%) = \frac{\text{Massa de grãos beneficiados e polidos (inteiros)}}{\text{Massa de grãos em casca}} \times 100 \quad (2)$$

### 3.3.3 Dimensão dos grãos (DG)

Após a etapa de beneficiamento e separação dos grãos, uma amostra representativa de 100 grãos inteiros foi selecionada para cada parcela. Essa amostra foi submetida à análise de imagem no Laboratório Central de Pesquisa em Sementes (LCPS) da UFLA, utilizando o equipamento *groundeye*, desenvolvido pela Tbit Tecnologia e Sistemas. Durante o processo, os grãos foram cuidadosamente colocados na bandeja de vidro do equipamento, sem uma posição específica, e as câmeras de alta resolução capturaram imagens calibradas com as configurações adequadas para a espécie em estudo. Os parâmetros analisados incluíram a cor de fundo, luminosidade e dimensões dos grãos.

Em seguida, foram conduzidas análises biométricas dos grãos, nas quais foram obtidas as medidas de comprimento e largura. Posteriormente, um relatório foi elaborado com os resultados das análises realizadas, consolidando as informações obtidas.

Os grãos foram categorizados conforme as diretrizes estabelecidas pelo Brasil (2012), seguindo os seguintes critérios de classificação: longo-fino ( $C \geq 6$  mm;  $L \leq 2,17$  mm;  $C/L > 2,75$ ), longo ( $C \geq 6$  mm), médio ( $C < 6$  e  $\geq 5$  mm) e curto ( $C < 5$  mm).

### 3.3.4 Gessamento (GES)

Para determinar a porcentagem de grãos gessados, foram selecionados aleatoriamente 100 grãos inteiros e polidos de cada parcela, seguindo as orientações e procedimentos estabelecidos na Instrução Normativa n°.6 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a classificação de grãos (BRASIL, 2009). O equipamento *groundeye*, foi utilizado para realizar análises específicas para quantificar a porcentagem de grãos gessados e translúcidos.

### 3.4 Análises estatísticas

Todos os dados obtidos para as características avaliadas foram tabulados e submetidos as análises de variâncias. O teste de Scott-Knott foi utilizado para o agrupamento de médias. Todas as análises foram conduzidas no *Software Genes* (CRUZ, 2001).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Qualidade industrial em grãos de arroz de terras altas

Conforme o resultado da ANOVA para a variável renda, não houve diferenças significativas entre os tratamentos a 5% de probabilidade pelo teste F (Tabela 2). Dessa forma, as médias obtidas foram muito similares, de modo que também não houve formação de grupos distintos no teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Análise de variância (teste-f, nível de significância de 1%) para a variável Renda.

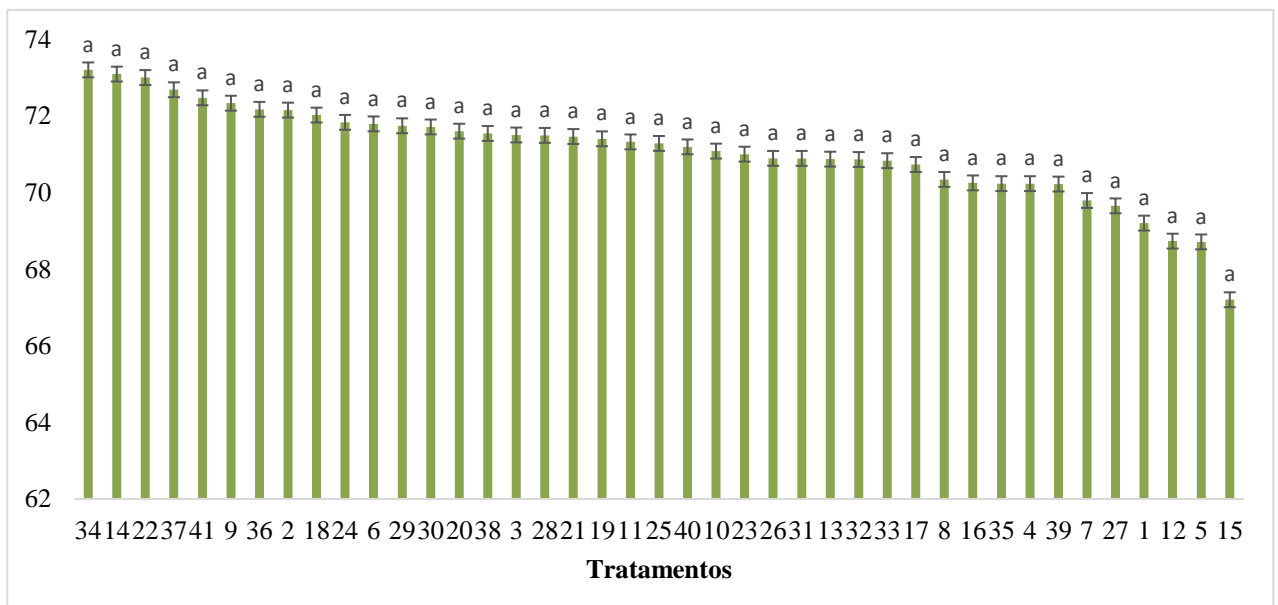
Fontes de variação	GL	QM	P valor
Blocos	2	3.731263	-
Tratamentos	40	4.62796	24,121166 <sup>ns</sup>
Resíduos	80	3.853801	-
Total	122	-	-

CV (%): 2.761459

ns= não significativo

Fonte: Do autor (2023).

Gráfico 1 – Agrupamento de médias para a variável Renda



Fonte: Do autor (2023).

Os genótipos avaliados no presente estudo, foram provenientes de cruzamentos visando a elevada produtividade e precocidade, tendo ocorrido uma abertura de progênies em  $F_{2:4}$  e avanço com foco na produtividade, o que pode levar a maiores homogeneidades em relação a

renda. Além disso, as condições hídricas e de temperaturas foram bastante favoráveis durante a safra de 2022/2023, no município de Lavras-MG, o que pode ter favorecido resultados mais homogêneos. Entretanto, é importante destacar que a renda média esperada pelos programas de melhoramento de arroz são valores acima de 70% (FONSECA, 2015) e todos os genótipos avaliados está nesta média, o que evidencia que em condições favoráveis e com manejo adequado, a renda dos genótipos de arroz de terras altas avaliados alcançam valores expressivos, indicando que os cruzamentos, seleções e avanços conduzidos no programa de melhoramento estão direcionados para o objetivo desejado. No estudo realizado por da Silva et al. (2010), não se observou uma diferença estatisticamente significativa em relação ao carácter “renda”, o que corrobora com os resultados obtidos neste estudo. No entanto, a média geral encontrada no estudo de referência foi de 57,96, enquanto os resultados deste estudo demonstraram desempenhos superiores a 70%. Assim, como a variável renda não apresentou diferenças significativas, o rendimento é crucial e pode ser decisivo na seleção e avanço destes genótipos.

O rendimento de grãos representa a porcentagem de grãos íntegros em uma determinada amostra. Nesse experimento, foi observada diferenças significativas para esta variável (Tabela 3). A porcentagem de grãos inteiros possui extrema relevância para o retorno econômico da cultura, pois influencia no valor de mercado, na demanda e eficiência do processamento e nas oportunidades de exportação.

Tabela 3 – Análise de variância para a variável Rendimento

Fontes de variação	GL	QM	P valor
Blocos	2	4.615835	-
Tratamentos	40	142.7594	0.0**
Resíduos	80	28.556776	-
Total	122	-	-

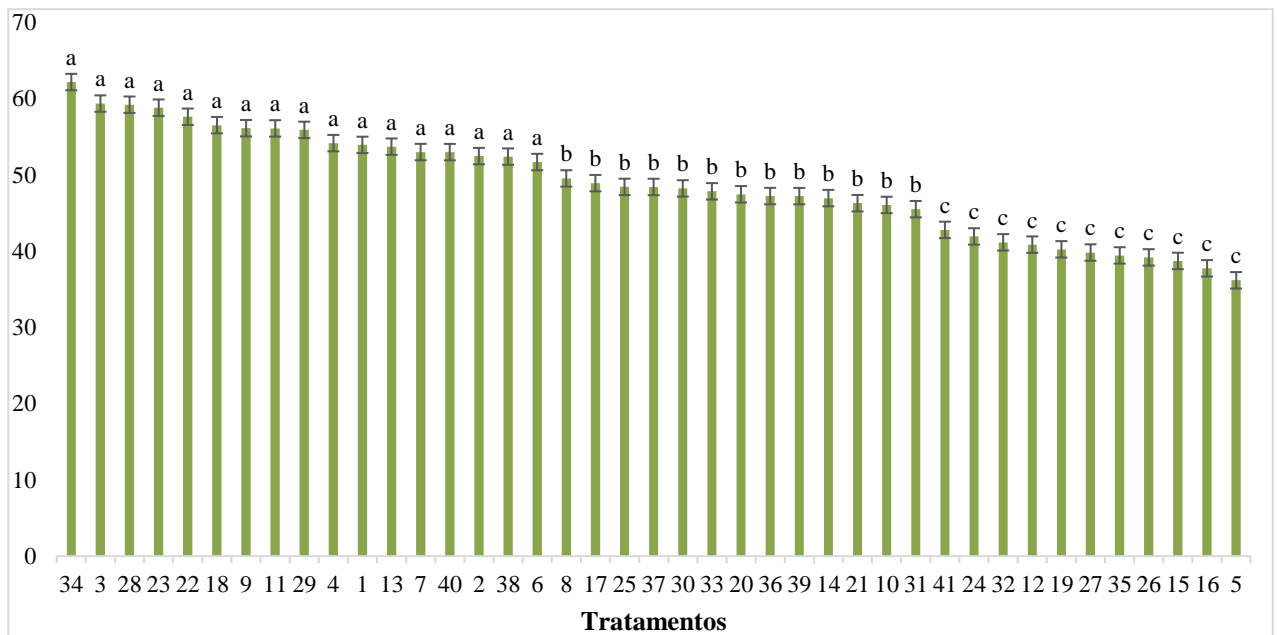
CV (%): 10.941042

\*\*= significativo a 1% de probabilidade

Fonte: Do autor (2023).



Gráfico 2 – Agrupamento de médias para a variável Rendimento



Fonte: Do autor (2023).

A formação de grupos distintos na análise de rendimento indica que existem diferenças significativas no desempenho dos genótipos avaliados, sendo importante para a seleção e desenvolvimento de variedades melhoradas. Dentro do contexto de melhoramento genético, é relevante identificar genótipos com características desejáveis que sejam promissores. Nos últimos tempos, houve um aumento na exigência desses programas e também nas indústrias arroseiras.

O rendimento médio obtido durante o beneficiamento dos grãos de arroz apresentou valores variando entre 62,18% e 36,17%. Valores reduzidos podem ser atribuídos a características genéticas desfavoráveis dos genótipos avaliados, que resultam em uma menor eficiência durante as etapas de descasque e polimento. Essas características incluem grãos quebradiços, com menor resistência ao processo de beneficiamento, bem como uma maior presença de impurezas. Além disso, é importante considerar possíveis problemas técnicos ou operacionais que podem ocorrer durante a fase de pós-colheita, tais como falhas na remoção adequada das impurezas e ajustes inadequados nos equipamentos utilizados no beneficiamento. De acordo com Castro et al. (1999), a frequência de intensidade de baixos rendimentos de grãos inteiros durante o beneficiamento é mais comum no arroz de terras altas, uma vez que esse sistema de cultivo está mais exposto aos efeitos das variações climáticas, o que mostra a importância de se desenvolver pesquisas visando a tolerância a estresses abióticos no arroz de terras altas.

Os tratamentos 34, 3 e 28 foram os que obtiveram as maiores médias de rendimento, inclusive maiores do que a testemunha BRS Esmeralda. Dentro de um programa de melhoramento, espera-se que a testemunha tenha um desempenho inferior aos demais genótipos, para comprovar que as seleções estão sendo bem sucedidas. Além desses tratamentos em destaque, vale ressaltar que a grande maioria dos tratamentos obtiveram um valor de rendimento acima de 40%, que é o desejado.

A ocorrência de genótipos que apresentam uma renda de arroz satisfatória, mas um rendimento baixo durante o beneficiamento, pode ser atribuída a uma série de fatores. Um dos principais é a presença de características genéticas específicas que afetam a qualidade dos grãos após o processo de beneficiamento. Essas características podem incluir a fragilidade dos grãos, o que resulta em uma maior taxa de quebra durante as etapas de descasque de polimento e a resistência dos grãos ao descasque. Segundo os estudos de Fonseca (2015), essa fragilidade pode ser atribuída à qualidade do amido, que é influenciada não apenas pela genética do material, mas também pela interação complexa entre genótipo e ambiente. Por exemplo, problemas relacionados à umidade durante a colheita, secagem e reidratação dos grãos na pós-colheita podem ser fatores que afetam o arranjo das cadeias do amido. Por isso, é importante ressaltar que o rendimento durante o beneficiamento é uma etapa complexa, influenciada pelas combinações de fatores genéticos, ambientais e de manejo.

#### **4.2 Qualidade física em grãos de arroz de terras altas**

Os resultados da ANOVA mostraram que existem diferenças significativas para a variável gessamento e dimensão dos grãos, dada pela razão comprimento/largura. Os genótipos foram separados em grupos distintos, pelo teste de Scott Knott, o que permite a visualização conforme as médias para cada variável. Essas diferenças significativas indicam a existência de variabilidade genética, dessa forma, é possível obter sucesso com a seleção de linhagens superiores.

Tabela 4 – Análise de variância para a variável Gessamento

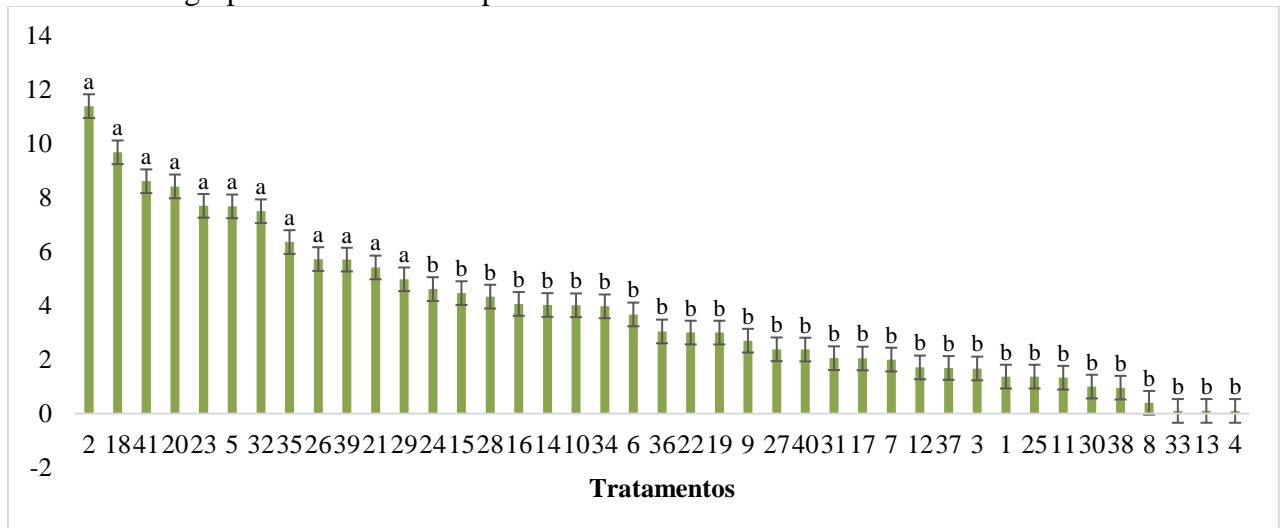
Fontes de variação	GL	QM	P valor
Blocos	2	3.984909	-
Tratamentos	40	23.660588	0.0**
Resíduos	80	6.236913	-
Total	122	-	-

CV (%): 65.393518

\*\*= significativo a 1% de probabilidade

Fonte: Do autor (2023).

Gráfico 3 – Agrupamento de médias para a variável Gessamento

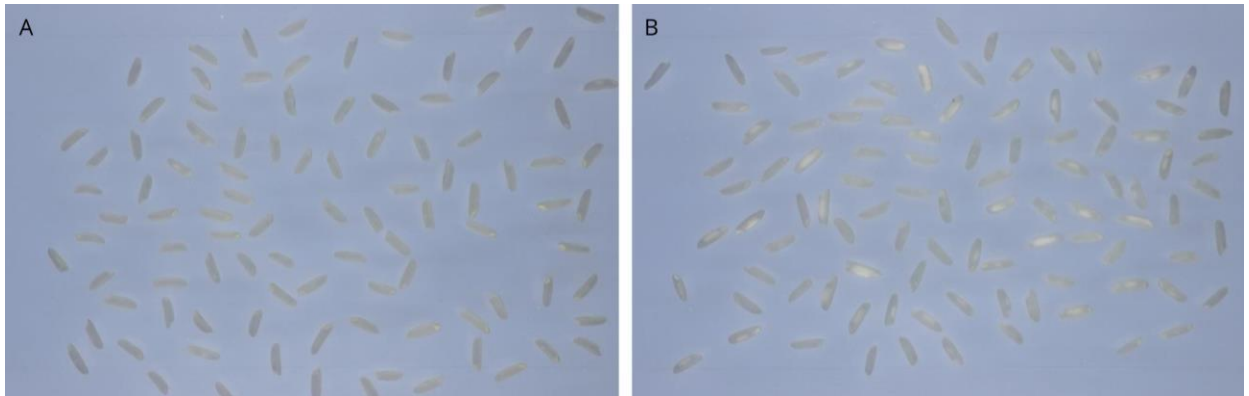


Fonte: Do autor (2023).

O resultado do coeficiente de variação do gessamento nesse estudo é considerado um valor alto (65,39%), isso porque essa característica é altamente influenciada pelo ambiente. A porcentagem de gessamento aceita pode variar de acordo com os padrões de qualidade estabelecidos em cada região e pelas exigências do mercado. Em geral, quanto menor a porcentagem de gessamento, melhor será a qualidade do arroz beneficiado, principalmente por afetar na quebra, o que implica diretamente no rendimento de inteiros.

Os tratamentos 4, 13, 33, 8 e 38 foram os que ficaram com porcentagens de gesso próximo de 0. Já os tratamentos 2, 18, 41 e 20 obtiveram maiores porcentagens de gessamento. Entretanto, podemos observar que os valores não são elevados. A figura 1 mostra exemplos de grãos com 0,1% de gesso (Figura 1A) e grãos 15% gessados (Figura 1B), referentes aos tratamentos 4 e 2, respectivamente.

Figura 1: Grau de gessamento de grãos de arroz. A. (grãos com 0,1% de gesso). B. (grãos com 15% de gesso).



Fonte: Do autor (2023).

Segundo os estudos de Moraes (2012), quanto maior a porcentagem de grãos gessados, menor serão os teores de proteínas, fibras e carboidratos. De acordo com as diretrizes estabelecidas pelo Anexo VII do Regulamento Técnico aprovado pela IN 6 de 18/02/2009, existem limites máximos permitidos para a presença de grãos gessados e grãos verdes em relação ao peso total do arroz. Sendo: a) arroz beneficiado polido tipo 1: 2,00; b) arroz beneficiado polido tipo 2: 4,00; c) arroz beneficiado polido tipo 3: 6,00; d) arroz beneficiado polido tipo 4: 8,00; e) arroz beneficiado polido tipo 5: 10,00. Portanto, constatou-se que os índices de gessamento obtidos neste estudo estão dentro dos parâmetros aceitáveis estabelecidos pelo mercado. O resultado do coeficiente de variação do gessamento nesse estudo é considerado um valor alto (65,39%), isso porque essa característica é altamente influenciada pelo ambiente.

As análises estatísticas referente à dimensão do grão de arroz, indicou a existência de diferenças significativas entre os genótipos avaliados (Tabela 8). A dimensão foi dada pela razão comprimento/largura.

Os resultados indicaram a presença de genótipos com grãos de arroz de tamanhos superiores em relação à faixa ideal de  $>2,75$  mm (CASTRO, 1999). Essa variação nas dimensões dos grãos é de suma importância para atender ao mercado consumidor, que no Brasil tem exigência pelo padrão longo fino.

Tabela 5 – Análise de variância para a variável dimensão dos grãos.

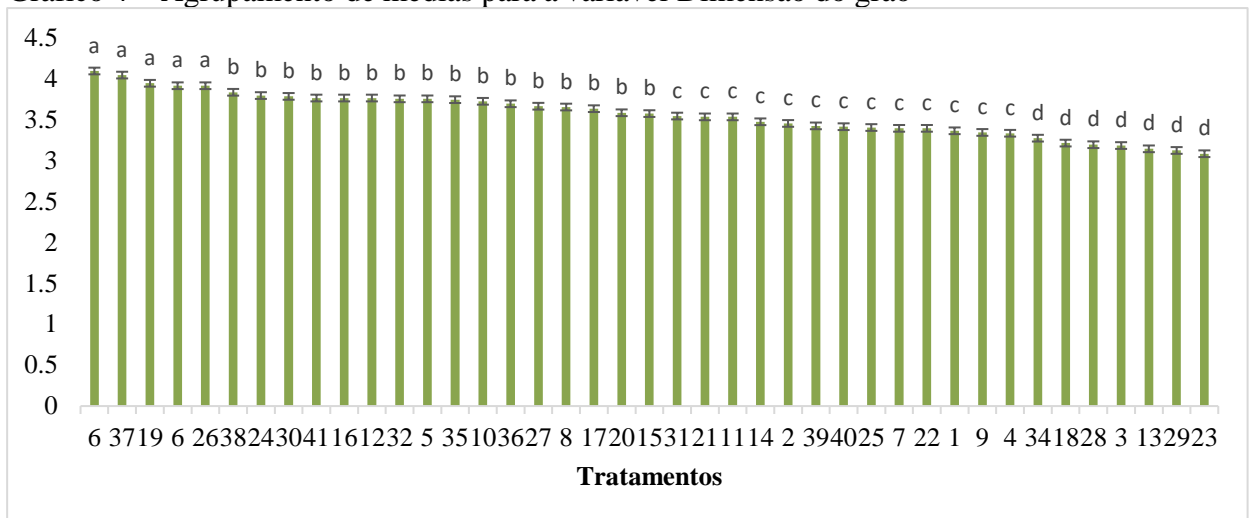
Fontes de variação	GL	QM	P valor
Blocos	2	.012144	-
Tratamentos	40	.202376	0.0**
Resíduos	80	.01803	-
Total	122	-	-

CV (%): 3.769011

\*\*= significativo a 1% de probabilidade

Fonte: Do autor (2023).

Gráfico 4 – Agrupamento de médias para a variável Dimensão do grão



Fonte: Do autor (2023).

Analisando os resultados obtidos, observa-se que foram criados quatro grupos distintos, e verificou-se que todos os genótipos avaliados apresentaram uma relação comprimento/largura acima da média, indicando uma característica favorável em termos de forma e proporção dos grãos de arroz. Esses resultados são promissores, pois grãos considerados longo-finos influenciam o valor comercial do produto e a aparência visual, sendo um critério importante para muitos consumidores.

As análises realizadas fornecem informações valiosas para os programas de melhoramento genético de arroz, permitindo a seleção de genótipos com características desejáveis em relação à dimensão do grão. Além disso, pode servir como base para futuros estudos visando compreender os fatores genéticos que influenciam nesta característica e explorar estratégias de melhoramento visando a obtenção de grãos de tamanho mais uniformes e adequados às demandas do mercado.

## **5 CONCLUSÃO**

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que o Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da UFLA tem obtido avanços significativos na busca por genótipos de alto potencial, para qualidade física e industrial. Os genótipos avaliados no presente estudo pertencem ao ensaio de observação e encontra-se na geração F<sub>4:6</sub>, já demonstrando serem promissores em relação aos parâmetros industriais e físicos da qualidade de grãos, para atender às demandas da indústria e do mercado consumidor.

Os resultados aqui obtidos fornecerá subsídios para a seleção e avanço de genótipos para as próximas etapas do programa de melhoramento. Portanto, é evidente que as pesquisas nesta área devem ser contínuas, a fim de obter cultivares promissoras para atender a demanda de qualidade de grãos de arroz.

## REFERÊNCIAS

- BALINDONG, J.L. et al. **Rice grain protein composition influences instrumental measures of rice cooking and eating quality.** Journal of cereal science, London, v. 79, p. 35-42, 2018.
- BERGMAN, C. J. **Rice end-use quality analysis.** In: \_\_\_\_Rice. AACCC International Press, 2019. p. 273-337.
- BORÉM, A.; RANGEL, P. H. N. **Arroz do plantio à colheita.** Viçosa: Ed. UFV, 2015. 242 p.
- CARVALHO, MT de M. et al. **O arroz de terras altas como estratégia para segurança alimentar, intensificação ecológica e adaptação à mudança do clima: rumo aos objetivos de desenvolvimento sustentável para o milênio.** 2020.
- CASTRO, A.P. et al. **BRS Esmeralda: cultivar de arroz de terras altas com elevada produtividade e maior tolerância à seca.** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão 2014.
- CASTRO, E. da M. et al. **Qualidade de grãos em arroz.** 1999.
- CAZETTA, D. A. et al. **Industrial quality of an upland rice variety cultivated in rotation with several crops and nitrogen doses in a no-till system.** Científica, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 155-161, 2006.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2022/23: nono levantamento, v.10, n.9.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- CONCEPCION, J. C. T. et al. **The need for new tools and investment to improve the accuracy of selecting for grain quality in rice.** Field Crops Research, Amsterdam, v. 182, p. 60-67, 2015.
- FACCHINELLO, P. H. K., **Parâmetros genéticos e correlações para caracteres de qualidade de grãos em arroz irrigado.** 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.
- FITZGERALD, M. A., MCCOUCH, S. R., HALL, R. D. **Not just a grain of rice: the quest for quality.** Trends in Plant Science, Oxford, v.14, n.3, p. 133–139, 2009
- FITZGERALD, M. **Rice: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements.** In: Cereal Grains 2 ed. 2017. p. 291-315.
- FITZGERALD, Melissa. **Rice: Grain-quality characteristics and management of quality requirements.** In: Cereal Grains. Woodhead Publishing, 2017. p. 291-315.
- FONSECA, Raíza Cavalcante et al. **Determinação de parâmetros de qualidade de grãos associados ao comportamento culinário em arroz de terras altas.** 2015.
- GRIGG, B. C. et al. **A comparison of methods used to quantify chalkiness of head rice. A comparison of methods used to quantify chalkiness of head rice., n. 626, p. 314-320,** 2015.
- GOLAM, F.; PRODHAN, Z. H. **Kernel elongation in rice.** Journal of the Science of Food and Agriculture, London, v. 93, n. 3, p. 449-456, 2013.

- LIMA, J. M. E. et al. **Relação qualidade de moagem e qualidade fisiológica de sementes de arroz durante o armazenamento.** Revista de Ciências Agrárias, Lisboa, v. 42, n. 1, p. 31-40, 2019.
- LONDERO, G. P. et al. **Qualidade industrial de grãos de arroz decorrente da supressão da irrigação e umidade de colheita.** Irriga, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 587–601, 2015.
- MILANI, P. et al. **Social marketing of a fortified staple food at scale: generating demand for fortified rice in Brazil.** Journal of Food Products Marketing, Binghamton, v. 23, n. 8, p. 955-978, 2017.
- NIRMALADEVI, G. et al. **Genetic variability, heritability and correlation coefficients of grain quality characters in rice (Oryza sativa L.).** SABRAO Journal of Breeding and Genetics, v. 47, n. 4, p. 424-433, 2015.
- PAGNAN, M. F.; BASSINELLO, P. Z.; PRUDENCIO, S. H. **Características sensoriais, físicas e químicas e aceitação de arroz irrigado ou de terras altas.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, v. 50, n. 10, p. 979-988, 2015.
- SANTOS, Talita Pereira Baêta et al. **Perfil viscoamilográfico de grãos de arroz branco polido translúcidos e gessados.** 2011.
- SANTOS, Talita Pereira Baêta; CALIARI, Márcio; EIFERT, E. da C. **Características físicas dos grãos de arroz translúcidos e gessados.**
- SANTOS, TPB. **Características físicas e químicas dos grãos gessados e seus efeitos na qualidade do arroz.** 2012. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- SCREENIVASULU, N. et al. **Designing climate - resilient rice with ideal grain quality suited for high-temperatures stress.** Journal of Experimental Botany, Oxford, v. 66, p. 1737-1748, 2015.
- SILVA, C. S. C. da. **Estratégia de seleção de linhagens de arroz de terras altas para qualidade dos grãos.** 2019. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.
- SOARES, A. A. et al. **BRSMG Caçula: very early upland rice cultivar for Minas Gerais.** Crop Breeding and Applied Biotechnology, [s.l.], v. 13, n. 3, p. 208-211, 2013.
- USDA. **Relatórios.** 2023. USDA Brazil. Disponível em: <https://usdabrazil.org.br/relatorios/>. Acesso em: 14 jun. 2023.
- VILLANOVA, F. A. et al. **Improvement of the quality of parboiled rice by using antibrowning agents during parboiling process.** Food chemistry, London, v. 235, p. 51-57, 2017.
- ZHANG, Qifa. Strategies for developing green super rice. **Proceedings of the national Academy of Sciences**, v. 104, n. 42, p. 16402-16409, 2007.
- MORAIS, Mirelen Moreira de. **Influências do gessamento sobre parâmetros de qualidade tecnológica e nas propriedades de consumo de arroz.** 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.



BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa 6/2009**. 2009. Disponível em: <https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=1687046295>. Acesso em: 29 jun. 2023.

