



**MONIQUE CAROLINA NUNES FERNANDES**

**TEMPO DE ARMAZENAMENTO E QUALIDADE FÍSICA,  
QUÍMICA E CULINÁRIA DE GRÃOS DE ARROZ DE  
TERRAS ALTAS**

**LAVRAS-MG  
2019**

**MONIQUE CAROLINA NUNES FERNANDES**

**TEMPO DE ARMAZENAMENTO E QUALIDADE FÍSICA, QUÍMICA E  
CULINÁRIA DE GRÃOS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Profa. Dr<sup>a</sup> Flávia Barbosa Silva Botelho  
Orientadora

**LAVRAS - MG  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Fernandes, Monique Carolina Nunes.

Tempo de armazenamento e qualidade física, química e  
culinária de grãos de arroz de terras altas / Monique Carolina Nunes  
Fernandes. - 2019.

46 p. : il.

Orientador(a): Flávia Barbosa Silva Botelho.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.  
Bibliografia.

1. *Oryza sativa* L. 2. Qualidade de grãos. 3. Armazenamento. I.  
Botelho, Flávia Barbosa Silva. II. Título.

**MONIQUE CAROLINA NUNES FERNANDES**

**TEMPO DE ARMAZENAMENTO E QUALIDADE FÍSICA, QUÍMICA E  
CULINÁRIA DE GRÃOS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS**

**STORAGE TIME AND PHYSICAL, CHEMICAL AND CULINARY QUALITY OF  
UPLAND RICE GRAINS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 23 de outubro de 2019.

Dra. Aurinelza Batista Teixeira Condé EPAMIG  
Dra. Joelma Pereira UFLA  
Dra. Heloisa Oliveira dos Santos UFLA  
Dra. Marcela Pedroso Mendes Resende UFG

Profa. Dr<sup>a</sup> Flávia Barbosa Silva Botelho  
Orientadora

**LAVRAS-MG  
2019**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, por caminhar ao meu lado durante todos esses anos, me amparando e me fortalecendo em todos os momentos!

À Universidade Federal de Lavras, através do Departamento de Agricultura, e do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realizar este curso.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

À minha orientadora e amiga Flávia Barbosa Silva Botelho, pelos ensinamentos, apoio, amizade, e empatia durante todo o curso.

À EPAMIG, na pessoa do Janir, que gentilmente me auxiliou em todas as avaliações do experimento.

À Marli, secretária do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela amizade, apoio e compreensão nas atividades acadêmicas.

A todos os colegas do grupo Melhor Arroz, pela convivência e amizade.

À Amanda, pela ajuda com a parte estatística.

Aos meus pais, pelo apoio e orações.

À minha filha Maria Fernanda, que alegria todos os meus dias e que trouxe mais leveza para a minha vida.

Em especial ao meu esposo Evaldo, pelo apoio, companheirismo, dedicação, paciência e por toda a ajuda na execução do experimento. Gratidão!

Aos demais não mencionados, mas que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

**MUITO OBRIGADA!**

*“Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem sucedidos.”  
(Provérbios 16:3)*

## RESUMO

A qualidade dos grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) se faz determinante tanto para a aceitação pelo mercado consumidor e indústria, quanto na agregação de valor ao produto. Com consumo constante e tendo a colheita realizada dentro de um prazo estabelecido pela época de plantio, o armazenamento dos grãos de arroz se faz necessário. Sendo assim, objetivou-se com o presente trabalho, estudar a influência do tempo de armazenamento nas características físicas, químicas e culinárias de grãos de arroz de terras altas de linhagens pertencentes ao ensaio avançado de melhoramento genético, denominado Valor de Cultivo e Uso (VCU), do Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras, em parceria com a EMBRAPA e a EPAMIG. Foram avaliadas 16 linhagens e duas testemunhas, nos ambientes de Lavras-MG e Lambari-MG, safra 2017/2018. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com três repetições. Após a colheita, foi realizada a secagem dos grãos de forma natural com posterior limpeza, sendo realizada a primeira avaliação em uma amostra dos grãos. Posteriormente, os grãos foram armazenados com casca em câmara fria, com umidade de 13% e temperatura de 10 °C, em sacos de papel contendo 100g de amostra de cada parcela, em um total de amostras referente a cinco avaliações realizadas aos zero, três, seis, nove e doze meses após a colheita. Foram avaliados os caracteres de renda dos grãos após o beneficiamento, rendimento de grãos inteiros, peso de mil grãos, tempo de cocção, temperatura de gelatinização, rendimento gravimétrico e rendimento volumétrico. Ao que tudo indica o armazenamento dos grãos de arroz antes de se realizar o beneficiamento e comercialização geram uma melhoria na qualidade culinária, contudo, mesmo mantendo o peso de grãos estáveis ao longo do período de estocagem, nas condições em que foi realizado o presente estudo, há uma redução significativa na renda dos grãos e rendimento de inteiros, diminuindo a qualidade industrial e retorno econômico ao produtor.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L. Qualidade de grãos. Armazenamento.

## ABSTRACT

The quality of rice grains (*Oryza sativa* L.) is crucial for both the acceptance by the consumer market and industry, as well as the value added to the product. With constant consumption and harvesting within a period established by the planting season, the storage of rice grains is necessary. Thus, the objective of the present study was to study the influence of storage time on the physical, chemical and culinary characteristics of highland rice grains of strains belonging to the advanced test of genetic improvement, called Crop Value and Use (VCU). ), of the Highland Rice Improvement Program of the Federal University of Lavras, in partnership with EMBRAPA and EPAMIG. Sixteen strains and two controls were evaluated in the environments of Lavras-MG and Lambari-MG, 2017/2018 crop. The experimental design was randomized blocks with three replications. After harvesting, the grains were dried naturally with subsequent cleaning, and the first evaluation was performed on a grain sample. Subsequently, the grains were stored in a cold chamber with 13% humidity and 10 °C temperature, in paper bags containing 100g of sample from each plot, in a total of samples referring to five evaluations performed at zero, three, six, nine and twelve months after harvest. Grain income characters after processing, whole grain yield, one thousand grain weight, cooking time, gelatinization temperature, gravimetric yield and volumetric yield were evaluated. It seems that the storage of rice grains before processing and marketing lead to an improvement in cooking quality, however, even keeping the weight of grains stable throughout the storage period, under the conditions under which this study was conducted. , there is a significant reduction in grain income and whole yield, decreasing industrial quality and economic return to the producer.

**Keywords:** *Oryza sativa* L. Grain quality. Storage.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Comportamento da característica renda de grãos após o beneficiamento na média dos dois ambientes, considerando a média de todas as linhagens em todos os cinco tempos de armazenamento. ....28
- Figura 2 - Comportamento da característica rendimento de grãos inteiros após o beneficiamento na média dos dois ambientes, considerando a média de todas as linhagens nos diferentes tempos de armazenamento. ....29
- Figura 3 - Estimativas médias dos ambientes de Lavras e Lambari para o caráter rendimento (%) de grãos inteiros após o beneficiamento, considerando a média de todas as linhagens em cada tempo de armazenamento. ....30
- Figura 4 - Estimativas médias dos ambientes de Lavras e Lambari para a característica peso de mil grãos (g), considerando a média de todas as linhagens avaliadas em cada tempo de armazenamento. ....32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Área total, área de arroz irrigado, área de arroz de sequeiro, produtividade e produção de grãos dos principais estados brasileiros produtores de arroz na safra 2018/2019.....	14
Tabela 2 -	Coordenadas geográficas e altitudes dos municípios os quais os experimentos foram conduzidos.....	20
Tabela 3 -	Resumo das análises de variância conjuntas para os caracteres renda (R, em %), rendimento (RE, em %), peso de mil grãos (PG, em g), temperatura de gelatinização (TG), tempo de cocção (TC, em min), rendimento gravimétrico (RG, em%) e rendimento volumétrico (RV, em %). .....	26
Tabela 4 -	Média das linhagens para o caráter renda (%), na média dos ambientes, considerando a média de todas as avaliações. ....	27
Tabela 5 -	Média dos tratamentos para as características rendimento (%) e peso de mil grãos (g), dentro e entre os ambientes de Lavras e Lambari, considerando a média de todas as avaliações.....	31
Tabela 6 -	Média das linhagens para os caracteres temperatura de gelatinização (TG em notas) e tempo de cocção (TC em minutos), durante os tempos de armazenamento considerando a média dos dois ambientes. ....	34
Tabela 7 -	Média das linhagens para as características rendimento gravimétrico (RG) (%) e rendimento volumétrico (RV) (%), considerando a média dos ambientes e dos tempos de armazenamento. ....	35

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Importância econômica e social do arroz .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Qualidade física, química, industrial e culinária dos grãos de arroz.....</b>	<b>15</b>
<b>2.3</b>	<b>Melhoramento genético para qualidade de grãos .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4</b>	<b>Qualidade de grãos de arroz em função do armazenamento.....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Local.....</b>	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Tratamentos .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Condução dos experimentos .....</b>	<b>20</b>
<b>3.4</b>	<b>Características avaliadas.....</b>	<b>21</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise dos dados .....</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>42</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) desempenha um papel social e econômico extremamente importante, sendo cultivada e consumida em todos os continentes, alimentando cerca de metade da população mundial (WALTER; MARCHEZAN; DE AVILA, 2017). A qualidade dos grãos de arroz se faz determinante tanto para a aceitação pelo mercado consumidor e indústria, quanto na agregação de valor ao produto. O preço do grão de arroz pago ao agricultor depende principalmente da qualidade, verificada após o beneficiamento, sendo o percentual de grãos inteiros uma das características mais importantes para determinar o valor de comercialização (KEAWPENG; VENKATACHALAM, 2015).

O consumidor está cada vez mais exigente em relação à qualidade dos produtos que consome, fazendo-se necessário um grande controle de qualidade no produto final. Em arroz, a qualidade dos grãos é determinada a partir de características culinárias, sensoriais e físicas (PAGNAN, 2015). Vários são os testes, diretos ou indiretos, para a avaliação destes caracteres, e os resultados são utilizados pelos melhoristas na seleção dos genótipos, para posterior recomendação ao mercado. A aparência dos grãos também é considerada uma característica de grande importância para a comercialização, sendo os grãos translúcidos os mais procurados pela indústria arroseira e pelos consumidores (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004).

O mercado mundial demanda tipos de arroz de cozimento rápido e que, após este processo, apresente-se solto, seco e macio, características comumente obtidas quando os grãos apresentam o teor de amilose intermediário a alto (20%-25%) e temperatura de gelatinização intermediária a baixa. Em relação ao tamanho do grão, a preferência se dá aos grãos longo-fino (comprimento <6,00 mm; espessura >1,9 mm, relação comprimento/largura superior a 2,75), que devem ser inteiros e sem presença de gessamento ou centro branco (MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012).

Com consumo constante e tendo a colheita realizada dentro de um prazo estabelecido pela época de plantio, o armazenamento dos grãos de arroz se faz necessário. O processo de armazenamento deve considerar fatores importantes como teor de umidade reduzido e controle de temperatura, condições que visam a manutenção da qualidade nutricional e sensorial do grão (SOUZA et al., 2018).

Além das alterações decorrentes do metabolismo do próprio arroz, durante o armazenamento ocorrem atividades de microrganismos associados principalmente a fungos que acarretam danos como mudanças de coloração, desgaste das reservas nutritivas, produção

de toxinas, aquecimento dos grãos, desenvolvimento de odores desagradáveis, redução da capacidade germinativa e de vigor de sementes, e aumento de defeitos nos grãos (VANIER et al., 2017).

Keawpeng e Venkatachalam (2015) relatam que as propriedades físicas e de cozimento do arroz mudam regularmente em função do tempo de armazenamento. Entretanto, as condições que potencialmente favorecem o processo de envelhecimento, o tempo que estas alterações levam para se estabilizar no grão de arroz, e os mecanismos exatos dessas mudanças ainda são incertos. Logo, são importantes pesquisas nesta área, que viabilizem o desenvolvimento de um produto diferenciado e que se adeque da melhor forma às preferências do consumidor.

Objetivou-se com o presente trabalho estudar a influência do tempo de armazenamento nas características físicas, químicas e culinárias de grãos de arroz de terras altas de linhagens pertencentes ao ensaio avançado de melhoramento genético, denominado Valor de Cultivo e Uso (VCU), do Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Arroz e Feijão) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Importância econômica e social do arroz

O arroz (*Oryza Sativa* L.) é um cereal cultivado e consumido em todos os continentes, destacando-se pela sua produção e produtividade de grãos, além do papel desempenhado social e economicamente (USDA, 2017). Segundo a Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), o consumo mundial de arroz cresceu 1,1% no período entre 2017 e 2018, para 503,5 milhões de toneladas de arroz beneficiado. O crescimento foi impulsionado pelo aumento do consumo, que fechou em 406,7 milhões de toneladas. Com base nestes dados, a FAO projeta o consumo humano ao redor de 53,9 quilos per capita, com incremento de 200 gramas por pessoa. Segundo as previsões, as quantidades destinadas para a alimentação animal diminuirão 2%, para 17,5 milhões de toneladas, enquanto a destinada para sementes, usos industriais não alimentares e perdas de pós-colheita representam outras 79,4 milhões de toneladas (SANTOS et al., 2018).

O arroz é um dos alimentos considerados mais antigos produzidos pelo homem. Atualmente são conhecidas 20 espécies distribuídas em todo o mundo, sendo apenas duas cultivadas: o *Oryza sativa* L., (cariopse claro) e o *Oryza glaberrima* (cariopse roxo) (PEREIRA et al., 2017).

A China é o maior país produtor, consumidor e importador de arroz no mundo, seguido da Índia, que é o principal exportador mundial de arroz. Já no Mercosul, o Brasil é responsável por 75,71% da produção de arroz, além de se destacar como maior mercado consumidor, visto que os demais países do Mercosul não possuem forte cultura de consumo do produto, sendo suas produções em grande parte destinadas ao mercado internacional (CONAB, 2019).

A cultura no Brasil possui potencial de aumento de produção e, possivelmente, de combate à desnutrição, sendo considerado um dos alimentos com melhor balanceamento nutricional, fornecendo 20% da energia e 15% da proteína per capita necessária ao homem.

No Brasil existem dois sistemas de cultivo de arroz, o irrigado ou de várzea, e o de terras altas ou sequeiro, em que não há irrigação, ou, em alguns casos, há apenas irrigação complementar para auxiliar nos períodos de veranicos. Cerca de 85% da produção nacional de arroz advém de lavouras de várzea. Neste sistema, os estados do Rio Grande do Sul e Santa

Catarina são responsáveis por 80% da produção nacional, obtendo médias de produtividade que superam a sete mil quilos por hectare (TABELA 1) (SANTOS et al., 2018).

Tabela 1 - Área total, área de arroz irrigado, área de arroz de sequeiro, produtividade e produção de grãos dos principais estados brasileiros produtores de arroz na safra 2018/2019.

Estado	Área total (mil/ha)	Área - arroz irrigado(mil/ha)	Área - arroz sequeiro(mil/ha)	Produtividade (kg/ha)	Produção (mil ton)
BRASIL	1.694,00	1.347,10	346,9	6.156	10.428,10
RS	1.001,10	1.001,10	-	7.381	7.389,10
SC	144,5	144,5	-	7.550	1.091,00
TO	119,8	106,9	12,9	5.207	623,9
MT	118	7,6	110,4	3.146	371,2
MA	84,4	2,5	81,9	1.543	130,3

Fonte: Adaptado de Conab (2019).

A cultura do arroz de sequeiro teve um destacado papel como cultura pioneira durante o processo de ocupação agrícola do Cerrado, iniciado na década de 60. Este processo de abertura de área teve seu auge no período entre 1975 e 1985, quando a cultura chegou a ocupar aproximadamente 80% da área de produção de arroz (WANDER, 2010).

Na produção de sequeiro, verificam-se grandes variações entre as regiões produtoras. Existe o plantio de sequeiro propriamente dito, com características de cultivo de subsistência, uso de baixa tecnologia, uso de sementes ‘salvas’, ausência da aplicação de fertilizantes ou defensivos e, em boa parte, cultivado após queimada de campo ou capoeira, com produtividade média de 1,5 mil kg ha<sup>-1</sup> (SANTOS et al., 2016).

Já no cultivo com alta tecnologia, denominado arroz de terras altas, são utilizadas variedades desenvolvidas pela Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás-GO, e seus parceiros, ampliados por empresas privadas, ajustando-se ao sistema de produção de soja e milho e à integração lavoura-pecuária. Nesse sistema, é possível obter mais de cinco mil quilos de rendimento por hectare e média de grãos inteiros superior a 55% (muito similar ao ‘agulhinha’ longo-fino). Os agricultores do Cerrado utilizam o sistema de cultivo de arroz de terras altas com duplo propósito: recuperar as condições químicas do solo e gerar renda, antes de retomar a rotação com soja, milho, algodão e pecuária (SANTOS et al., 2016).

O uso de cultivares selecionadas é uma das tecnologias consideradas adequadas e de fácil uso pelo agricultor, pois além de aumentar a produtividade, é um dos insumos de menor custo na produção agrícola, sendo de grande importância a obtenção de informações sobre o

desempenho de novas cultivares nas mais diversas regiões de cultivo (SILVA et al., 2009). Segundo Godoy et al. (2015), o Brasil é um dos poucos países onde o arroz de terras altas desempenha papel de importância no abastecimento interno, atuando como regulador de preços.

## **2.2 Qualidade física, química, industrial e culinária dos grãos de arroz**

Os aspectos relacionados à qualidade de grãos de arroz são mais amplos que aqueles considerados em outros cereais. No Brasil, o arroz é consumido principalmente na forma de grãos inteiros, descascados e polidos, ao contrário de outros cereais que são transformados em outros produtos antes do consumo (SANTOS, 2012).

As características de qualidade de grãos compreendem aparência visual, características de cocção, propriedades sensoriais e valor nutricional. Propriedades físicas incluem o rendimento de grãos, forma uniforme e translucidez. Essas características são esperadas pelos consumidores e são os principais fatores que definem o valor de mercado (MACHADO, 2016).

A qualidade do arroz para comercialização é vista com base em atributos visuais e sensoriais, como o formato e tamanho dos grãos, rendimento de grãos inteiros, aparência do endosperma e o comportamento do arroz durante a cocção, que é dependente de sua composição química (MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012).

Os grãos são divididos em classes comerciais com base nas dimensões dos grãos inteiros após o descasque e o polimento. As classes longo-fino, longo, médio, e curto, devem possuir uma representação de pelo menos 80%, já a classe de arroz misturado é aquela que nenhum tipo de grão corresponde a 80% do lote e, portanto, se caracteriza como mistura de duas ou mais classes. São considerados grãos longos-finos aqueles com comprimento igual ou superior a 6,00 mm, espessura de no máximo 1,9 mm e relação comprimento/largura superior a 2,75 mm. Os grãos longos são os que apresentam comprimento igual ou superior a 6,00 mm; os grãos médios são os que têm comprimento entre 5,00 mm e até menos de 6,00 mm, e os grãos considerados curtos são aqueles com comprimento inferior a 5 mm (MAPA 2012).

De acordo com a quantidade de defeitos e de grãos quebrados, o arroz comercializado é enquadrado em tipos expressos numericamente. O arroz Tipo 1 é o que apresenta menor percentual de defeitos, enquanto o Tipo 5 apresenta maior percentual (MAPA, 2012).

Desse modo, o aspecto de qualidade de grãos conferido por características como grãos longos e finos, alta porcentagem de grãos inteiros no beneficiamento, translucidez do



endosperma, teor de amilose intermediário a alto e temperatura de gelatinização intermediária a baixa, tendem a assumirem cada vez mais relevância nos programas de melhoramento genético do arroz, podendo variar em função da cultivar, ambiente e processos de colheita e pós-colheita (MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012; EDWARDS et al., 2017).

A análise da qualidade de grãos baseia-se no conjunto de resultados de uma série de testes específicos, diretos ou indiretos, que, em conjunto, indicam a qualidade de uma determinada cultivar ou linhagem que está sendo desenvolvida em programas de melhoramento genético. Os testes a serem feitos dependem fundamentalmente da infraestrutura disponível, do material estudado e dos objetivos do programa de melhoramento genético (VIEIRA; RABELO, 2006).

O amido é um componente de alta predominância na composição do grão de arroz, sendo um polissacarídeo composto por amilose (cadeias lineares) e amilopectina (cadeias lineares e ramificadas), sendo a amilose determinante para a qualidade culinária do arroz. As cultivares classificam-se de acordo com o teor de amilose, sendo de muito baixo teor (5% a 12%), baixo teor (12% a 20%), intermediário (20% a 25%) e alto teor (25% a 33%) (JULIANO, 2003).

Outros fatores que afetam a textura do arroz cozido são consistência de gel e temperatura de gelatinização, que se dão em função da estrutura de amilopectina (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2009). A amilose e a amilopectina influenciam as propriedades físico-químicas do amido e, conseqüentemente, a qualidade de cocção e textura do arroz cozido. A expansão do volume, absorção da água e resistência à desintegração do arroz beneficiado durante o cozimento estão diretamente relacionadas com a proporção de amilose/amilopectina do amido que, no caso dos cereais, normalmente é de 1:3 (BASSINELLO; ROCHA; COBUCCI, 2004).

Outra característica importante na cocção é a temperatura de gelatinização, que determina o tempo necessário para o cozimento do grão. Ela é medida pela temperatura na qual 90% dos grânulos de amido são gelatinizados ou inchados irreversivelmente na água (MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012). A estimativa da temperatura de gelatinização é comumente realizada de forma indireta, pela medida do grau de dispersão e clarificação dos grãos de arroz em solução alcalina. O teste avalia quanto o grão é resistente à cocção e é usualmente empregado para prever o tempo de cozimento do arroz (CUEVAS et al., 2010). A temperatura de gelatinização é classificada como baixa (55 °C-69,5 °C), intermediária (70 °C-74 °C) ou alta (74,5 °C-80 °C), sendo obtida pelo teste de dispersão

alcalina (ASV – *Álcali Spreading Value*) do arroz beneficiado (JULIANO, 2003). O ASV é geralmente considerado como sendo inversamente proporcional à temperatura de gelatinização (WANG et al., 2007).

As cultivares que apresentam alta temperatura de gelatinização requerem mais água e maior tempo de cozimento, podendo não apresentar aceitação entre os consumidores. Já as que apresentam baixa ou intermediária temperatura de gelatinização requerem menor quantidade de água e menor tempo de cozimento. Os programas de melhoramento genético desejam selecionar materiais que apresentam temperatura de gelatinização intermediária, pois os grãos que apresentam baixa temperatura de gelatinização podem apresentar maciez excessiva, decompondo-se durante o cozimento, o que não é desejável (MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012).

### **2.3 Melhoramento genético para qualidade de grãos**

O desenvolvimento de novas cultivares com características que proporcionem a máxima produtividade e qualidade tem sido o maior desafio para os melhoristas, que buscam superar estas questões no desenvolvimento de tecnologias para a cultura do arroz (STRECK et al., 2018).

O desempenho das cultivares de arroz varia normalmente com os ambientes avaliados, sendo difícil selecionar uma cultivar que seja a melhor em todas as condições de cultivo. Para o arroz de terras altas essa variação é ainda mais acentuada, pois é totalmente dependente das precipitações ocorridas nas regiões de cultivo (CARGNIN et al., 2008).

A produtividade de grãos sempre foi um dos maiores focos dos programas de melhoramento de arroz de terras altas, porém, outras características como ciclo longo, porte elevado e grão longo e espesso, das variedades tradicionais de arroz, começaram a ser substituídas por ciclo curto, porte baixo e grão agulhinha longo e fino em cultivares mais modernas. A partir deste cenário, começou-se a priorizar a qualidade em detrimento da produtividade, devido principalmente a um mercado consumidor cada vez mais exigente por produto de melhor qualidade (CALINGACION et al., 2014). O mercado consumidor representa importante fator na cadeia produtiva do arroz, sendo que as cultivares que apresentam maior qualidade de grão são mais valorizadas economicamente (STRECK et al., 2018)

O foco dos programas de melhoramento de arroz tem sido a substituição de cultivares de alta qualidade e menor rendimento por outras de maior rendimento e a mesma qualidade.

Entretanto, o desenvolvimento de cultivares que aliem simultaneamente ótima qualidade e alta produtividade, permanece um desafio para os melhoristas de arroz, pois nem todos os pontos sobre a qualidade dos grãos estão elucidados (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2009).

Outro desafio aos programas de melhoramento está no fato da influência do ambiente sobre as características que compõem a qualidade de grãos de arroz. Fatores como temperatura, disponibilidade de água, adubação, dentre outros, podem interferir na expressão do genótipo para qualidade de grãos de arroz (BALINDONG et al., 2016)

Streck et al. (2018), em estudo sobre o progresso genético da qualidade dos grãos de cultivares de arroz, irrigado por inundação no Rio Grande do Sul, concluíram que as cultivares de arroz lançadas de 1972 a 2016 demonstraram progresso genético de 0,20% para grãos integrais após o processamento, -1,38% para grãos gessados e -0,82% para grãos não translúcidos. As cultivares de ciclo médio e curto se destacaram para os principais atributos de qualidade de grãos, e a maioria das cultivares avaliadas apresentaram alto teor de amilose e baixa temperatura de gelatinização.

Algumas características como teor de amilose, tempo de cocção, rendimento de grãos inteiros, dentre outros, podem ser utilizadas como fatores de seleção para aprimorar as características relacionadas à qualidade dos grãos (NIRMALADEVI et al., 2015).

## **2.4 Qualidade de grãos de arroz em função do armazenamento**

O armazenamento tem como objetivo principal a preservação e a manutenção da qualidade do produto mais próxima possível do momento da colheita (FAGUNDES et al., 2009). Para a cultura do arroz, um sistema considerado ideal de armazenamento compreende grãos com umidade uniforme (máxima de 13%), quantidade mínima de impurezas, reduzida população de insetos e microrganismos, e baixa temperatura, normalmente obtida por um sistema de aeração (KAMINSKI, 2012).

As alterações ocorridas no armazenamento são geralmente denominadas de envelhecimento ou maturação pós-colheita ou tempo de prateleira ou período de descanso (FONSECA; CASTRO, 2008). Este processo tem início logo após a colheita e segue durante todo o período em que o arroz é armazenado, através de mecanismos ainda não elucidados completamente, monitorado por alterações nas propriedades físico químicas dos grãos (KAMINSKI, 2012). Independente das condições ambientais, as alterações são sempre mais intensas no arroz beneficiado que no arroz em casca.

Alguns relatos demonstram que o envelhecimento geralmente resulta em maior rendimento de arroz, maior expansão de volume e absorção de água no cozimento, e em arroz cozido menos pegajoso. No entanto, os mecanismos exatos dessas mudanças não estão completamente estudados (KEAWPENG; VENKATACHALAM, 2015).

As indústrias de beneficiamento costumam armazenar o arroz recém-colhido em casca, especialmente no caso de cultivares com maior tendência de empapamento dos grãos, aguardando as mudanças de comportamento culinário até o produto se tornar apto ao consumo. Entretanto, ainda são necessárias pesquisas que elucidem as condições que mais favorecem o processo de envelhecimento e o tempo que estas alterações levam para estabilizar no arroz, o que se torna importante ao mercado para viabilizar a consecução de um produto diferenciado e mais adequado a preferência do consumidor (KAMINSKI, 2012).

Segundo Tong et al. (2019), as alterações físicas e químicas da estrutura e composição do grão do arroz durante o armazenamento são atribuídas às ações de inúmeras enzimas endógenas, que levam às mudanças na qualidade. Segundo os autores, para o armazenamento de arroz, deve-se priorizar o entendimento do mecanismo de envelhecimento, para que tecnologias possam ser desenvolvidas para estabilizar lipídios, proteínas e amido para a produção de arroz beneficiado com uma qualidade estável e consistente.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Local

Os experimentos foram conduzidos no município de Lavras-MG, no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras (UFLA), e no município de Lambari-MG, no campo experimental da EPAMIG, durante a safra 2017/2018. As coordenadas geográficas, altitudes e tipo de clima, pela classificação de Köppen-Geiger, de ambos locais, estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Coordenadas geográficas e altitudes dos municípios os quais os experimentos foram conduzidos.

Local	Latitude	Longitude	Altitude	Clima
Lambari-MG	21°58'S	45°21'W	887m	Cwa
Lavras-MG	21°14'S	44°59'W	919m	Cwb

Fonte: Da autora (2019).

#### 3.2 Tratamentos

Foram avaliadas 16 linhagens pertencentes ao ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU) do Programa de Melhoramento de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e EPAMIG, denominadas CMG F6 LAM 20-2; CMG ERF 85-14; CMG ERF 221-16; CMG 2119; CMG ERF 85-6; CMG 2187; CMG 2085; CMG ERF 85-15; CMG ERF 221-4; CMG F6 LAV 1-7; CMG ERF 221-7; CMG 1896; CMG ERF 221-9; CMG ERF 221-19; CMG ERF 221-29; CMG ERF 85-13, além de duas testemunhas, as cultivares BRS ESMERALDA e BRSMG CAÇULA.

#### 3.3 Condução dos experimentos

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com três repetições. As parcelas foram constituídas por cinco linhas de quatro metros, densidade de semeadura de 80 sementes por metro linear, com espaçamento entre linhas de 35 cm, e parcela útil de 4,2 m<sup>2</sup>. Foi realizado sistema de plantio direto, entre os meses de novembro e dezembro, no ano de 2017. Os tratos culturais foram os recomendados para a cultura do arroz de terras altas na

região.

O início da colheita das plantas, conforme a maturação do ciclo, ocorreu a partir de março de 2018, de forma manual. A secagem dos grãos foi feita de forma natural, ao sol, no setor de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. As panículas recém-colhidas foram espalhadas sobre lonas e constantemente revolvidas para facilitar a troca de umidade com o ambiente. A umidade foi monitorada pelo medidor de umidade Gac 2100 até atingirem 13% de umidade. A debulha dos grãos foi realizada também de forma manual. A limpeza dos grãos foi feita por meio de peneiras.

Após a limpeza, uma amostra de grãos de cada linhagem foi avaliada, e outras amostras foram armazenadas com casca em câmara fria a temperatura de 10 °C e 13% de umidade. As amostras foram armazenadas em sacos de papel, contendo 100g de grãos, em um total de amostras referente a quatro avaliações realizadas aos três, seis, nove e doze meses de armazenamento.

### **3.4 Características avaliadas**

As linhagens foram avaliadas para os seguintes caracteres:

- a) Peso de 1000 grãos (gramas): foram amostrados aleatoriamente oito repetições de cada parcela, contendo 100 grãos por repetição, pesados em balança de precisão e transformados em peso de mil grãos, conforme metodologia adaptada pela Regra de Análises de Sementes (BRASIL, 2009).
- b) Renda e Rendimento (%): a renda corresponde ao peso de grãos inteiros e quebrados resultantes do beneficiamento dos grãos de arroz. O rendimento corresponde ao peso de grãos inteiros resultantes do beneficiamento. O beneficiamento das amostras foi realizado em moinho de provas da marca Susuki, modelo MT 10, com amostras de 100g de cada parcela;
- c) Temperatura de gelatinização (TG): realizado no Laboratório de Grãos do setor de Grandes Culturas, localizado no Departamento de Agricultura na Universidade Federal de Lavras. A temperatura de gelatinização foi determinada utilizando-se metodologia indireta adaptada de Martínéz e Cuevas (1989). Dez grãos (inteiros, sadios e polidos) 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 (FISHER, modelo 255G, Waltham, USA), a 30 °C, por 23 horas. Após este período, foi atribuída escala visual (notas de 1

a 7) do quanto os grânulos de arroz se dissolveram, adaptado de Martínéz e Cuevas (1989), onde:

- i: grão permanece sem alterações;
- ii: grão fica inchado, mas não modifica o formato;
- iii: grão inchado, levemente desintegrado e duro ao ser tocado;
- iv: grão se abre em uma das laterais, sendo envolto por um halo esbranquiçado e se apresenta macio ao toque;
- v: grão totalmente aberto, formando algumas vezes uma massa dispersa ao seu redor
- vi: grão parcialmente desintegrado;
- vii: grão totalmente desintegrado.

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.

- a) Teste de cocção: o teste de cocção foi realizado no Laboratório de Grãos, localizado no Departamento de Agricultura na Universidade Federal de Lavras. Este estudo compreende vários testes que são realizados visando inferir sobre o comportamento do arroz no processo de cozimento. Os testes realizados neste trabalho foram:
  - i: Tempo mínimo de cozimento: primeiramente foram pesados 5g de arroz inteiros, aos quais foram adicionados 135 mL de água destilada em ebulição. Após 15 minutos, foram tomados três grãos que foram colocados entre duas lâminas de vidro e comprimidos. Este procedimento foi repetido em determinados intervalos de tempo até que o arroz se apresentasse cozido, ou seja, até a completa gelatinização do amido, em que, ao comprimir os grãos, não eram mais vistas partes brancas. O tempo mínimo de cozimento foi determinado nesse momento (HUMMEL,1996; CIACCO; CHANG, 1986).
  - ii: Índice de absorção de água: foram pesados novamente 5g de arroz inteiro, que foram cozidos em 135 mL de água pelo tempo mínimo de cozimento determinado no item anterior. Em sequência, o arroz foi drenado em escorredor e deixado durante 5 minutos em papel absorvente para que a água presente na superfície dos grãos fosse eliminada. Posteriormente, os grãos cozidos foram pesados e o coeficiente de absorção de água foi calculado pela reação (EQUAÇÃO 1) (HUMMEL,1966; DONELLY, 1979):

$$\text{Coeficiente de absorção de água} = \left( \frac{\text{peso do arroz cozido}}{\text{peso do arroz cru}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

iii) Rendimento volumétrico: as avaliações de volume de cocção foram realizadas pelo método utilizado por Schiavon (2012) com adaptações. O volume inicial do arroz cru e o volume final do arroz cozido foram determinados através de medição, com paquímetro, das dimensões da massa de grãos contido em recipiente cilíndrico, sendo aplicado a equação do volume do cilindro,  $\pi \cdot r^2 \cdot h$ , onde  $\pi$  é a constante matemática igual a 3,14;  $r$  é o raio do recipiente cilíndrico; e  $h$  é a altura ocupada pelo arroz sem compressão nesse recipiente antes e após o cozimento. Conforme o volume inicial e o final do arroz, foi calculado o rendimento volumétrico, expresso em percentagem (%) de acordo com a Equação 2.

$$\text{Rendimento volumétrico} = \left( \frac{\text{volume final do arroz cozido}}{\text{volume inicial do arroz cru}} \right) \cdot 100 \quad (2)$$

### 3.5 Análise dos dados

Os dados coletados foram submetidos a análises estatísticas utilizando-se o programa computacional GENES (CRUZ 2001). As médias foram agrupadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Modelo da análise conjunta:

$$y_{ijkl} = \mu + g_i + b_{j(l)} + a_l + ga_{il} + e_{ijl} + c_k + gc_{ik} + ca_{kl} + gca_{ikl} + e_{ijk} \quad (3)$$

em que:  $y_{ijkl}$  é a observação referente ao genótipo  $i$  no bloco  $j$  do tempo de armazenamento  $k$  no ambiente  $l$ ;  $\mu$  é a constante do experimento;  $g_i$  é o efeito fixo da linhagem  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 18$ );  $b_{j(l)}$  é o efeito fixo do bloco  $j$  dentro do ambiente  $l$ ;  $a_l$  é o efeito fixo do ambiente  $l$  ( $l = 1, 2$ );  $ga_{il}$  é o efeito da interação entre o genótipo  $i$  e o ambiente  $l$ ;  $e_{ijl}$  é o erro associado às parcelas que receberam o linhagem  $i$  no bloco  $j$  dentro do ambiente  $l$ , com  $e_{ijl} \sim N(0, \sigma^2)$ ;  $c_k$  é o efeito fixo do tempo de armazenamento  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, 5$ );  $gc_{ik}$  é o efeito da interação entre o genótipo  $i$  e o tempo de armazenamento  $k$ ;  $ca_{kl}$  é o efeito da interação entre o tempo de armazenamento  $k$  e o



ambiente  $l$ ;  $gca_{ikl}$  é o efeito da interação entre o genótipo  $i$ , o tempo de armazenamento  $k$  e o ambiente  $l$ ;  $e_{ijkl}$  é o erro experimental associado às subparcelas, com  $e_{ijkl} \sim N(0, \sigma^2)$ . A precisão experimental foi obtida pela estimativa da acurácia de acordo com o modelo:

$$r_{gg} = \sqrt{1 - \frac{1}{F_c}} \times 100 \quad (4)$$

em que:  $r_{gg}$  é a acurácia expressa em percentagem; e  $F_c$  é o valor de  $F$  calculado para o efeito de genótipos.

#### 4 RESULTADOS

A precisão experimental, avaliada pelo coeficiente de variação (CV%) e pela acurácia ( $r_{gg}$ ), foi de média a alta, variando de 48,52 a 98,48 para  $r_{gg}$ , e de 2,99% a 10,79% para CV. Considerando o caráter renda dos grãos após o beneficiamento, as fontes de variações linhagens, ambientes e tempo de armazenamento apresentaram resultados significativos ( $p < 0,05$ ). Contudo, não foi detectada a presença das interações linhagens x ambientes, linhagens x tempos de armazenamento, ambientes x tempos de armazenamento, e da interação tripla (TABELA 3).

Tabela 3 - Resumo das análises de variância conjuntas para os caracteres renda (R, em %), rendimento (RE, em %), peso de mil grãos (PG, em g), temperatura de gelatinização (TG), tempo de cocção (TC, em min), rendimento gravimétrico (RG, em%) e rendimento volumétrico (RV, em %).

FV	QM							
	GL	R	RE	PG	TG	TC	RG	RV
Linhagens (L)	17	40,37*	747,88*	243,71*	3,72*	5,73*	1335,24*	684,35
Ambientes (Amb)	1	871,72*	23543,52*	3,88	0,001	28,48*	5396,01*	462,08
L x Amb	17	7,12	518,42*	19,5547*	0,84	3,15	356,61	167,78
Bloco (Amb)	4	30,78	1433,64	0,3261	2,49	14,79	758,95	729,97
Erro 1	68	6,4	227,02	5,857	0,93	2,66	248,89	523,14
Tempo de Armazenamento (TA)	4	21,81*	305,77*	1,27	257,57*	304,34*	2568,3*	1035,85*
L x TA	68	4,49	6,62	0,96	0,81*	2,91*	275,42	209,61
Amb x TA	4	10,02	56,35*	2,49*	0,27	3,08	381,69	465,36*
L x Amb x TA	68	4,16	7,84	0,82	0,25	2,35	271,67	155,72
Erro 2	288	4,37	6,85	0,77	0,28	2,05	226,8	171,85
Acurácia (%)		91,72	83,45	98,48	86,53	73,15	90,2	48,52
CV (%)		2,99	6,39	3,14	10,79	6,84	5,24	3,7
Média		69,97	40,99	28,05	4,88	20,93	287,43	354,76

\*significativo a 5% de probabilidade

Fonte: Da autora (2019).

Os genótipos se dividiram em quatro grupos distintos estatisticamente em relação ao comportamento para a renda dos grãos após o beneficiamento considerando a média das avaliações e ambientes testados (TABELA 4), sendo que se destacaram com as maiores estimativas: CMG F6 LAV 1-7, CMG F6 LAM 20-2, BRSMG CAÇULA, CMG 2119, CMG ERF 85-13, com valores de 71,76; 71,31; 71,29; 71,23; 71,09 % respectivamente.

Tabela 4 - Média das linhagens para o caráter renda (%), na média dos ambientes, considerando a média de todas as avaliações.

Tratamentos	Médias
CMG F6 LAV 1-7	71,76 a <sup>1</sup>
CMG F6 LAM 20-2	71,31 a
BRSMG CAÇULA	71,29 a
CMG 2119	71,23 a
CMG ERF 85-13	71,09 a
CMG 1896	70,54 b
CMG 2085	70,39 b
CMG ERF 85-14	70,37 b
CMG ERF 221-16	70,07 b
CMG ERF 221-29	69,98 b
CMG ERF 221-7	69,85 b
CMG ERF 221-19	69,68 c
CMG ERF 221-9	69,42 c
CMG ERF 85-15	69,40 c
CMG ERF 85-6	68,89 c
CMG 2187	68,28 d
BRS ESMERALDA	68,22 d
CMG ERF 221-4	67,86 d

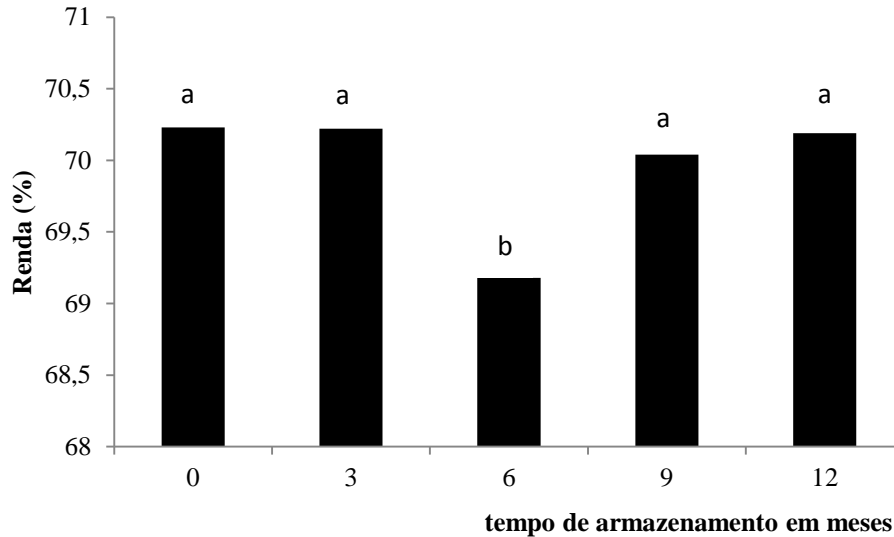
<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott Knott

Fonte: Da autora (2019).

Os ambientes permitiram diferentes expressões fenotípicas entre as linhagens estatisticamente, sendo que Lavras apresentou a maior média (71,24%), em relação ao ambiente de Lambari (68,70%).

Considerando a fonte de variação tempo de armazenamento dos grãos, pode-se observar que foram divididos em dois grupos distintos, sendo que o tempo de seis meses de armazenamento se diferiu dos demais, apresentando menor média de 69,18%.

Figura 1 - Comportamento da característica renda de grãos após o beneficiamento na média dos dois ambientes, considerando a média de todas as linhagens em todos os cinco tempos de armazenamento.

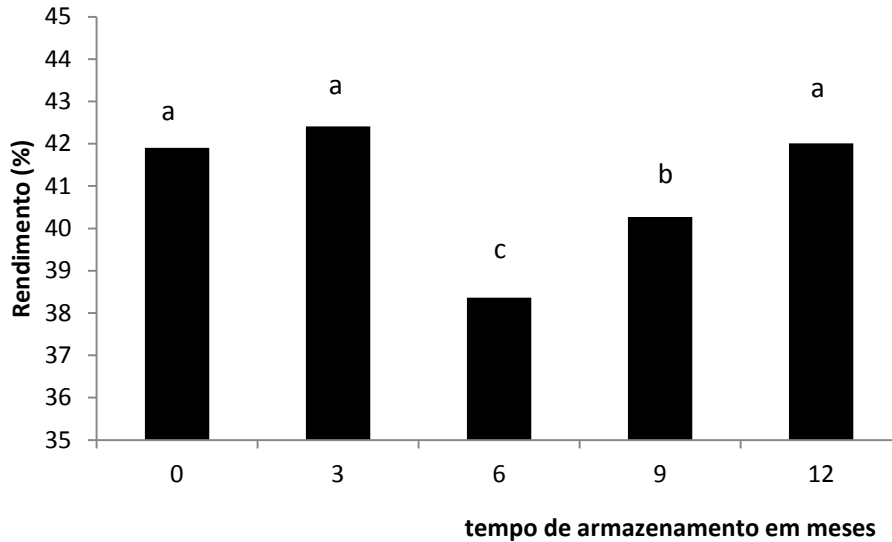


Fonte: Da autora (2019).

Detectou-se diferenças significativas entre as linhagens, ambientes, tempo de armazenamento e interação entre as linhagens x ambientes e os ambientes x tempo de armazenamento considerando o caractere rendimento de grãos inteiros após o beneficiamento (TABELA 3). Os ambientes se dividiram em dois grupos distintos estatisticamente, sendo que o ambiente de Lavras propiciou aos genótipos a obtenção de maior média (47,59%) em relação ao ambiente de Lambari (34,39%).

Para o caráter tempo de armazenamento dos grãos, os valores foram divididos em três grupos distintos, onde o sexto mês de armazenamento apresentou a menor média, com 38,36% e os tempos zero, três e doze meses de armazenamento não se diferiram estatisticamente, apresentando as maiores médias.

Figura 2 - Comportamento da característica rendimento de grãos inteiros após o beneficiamento na média dos dois ambientes, considerando a média de todas as linhagens nos diferentes tempos de armazenamento.

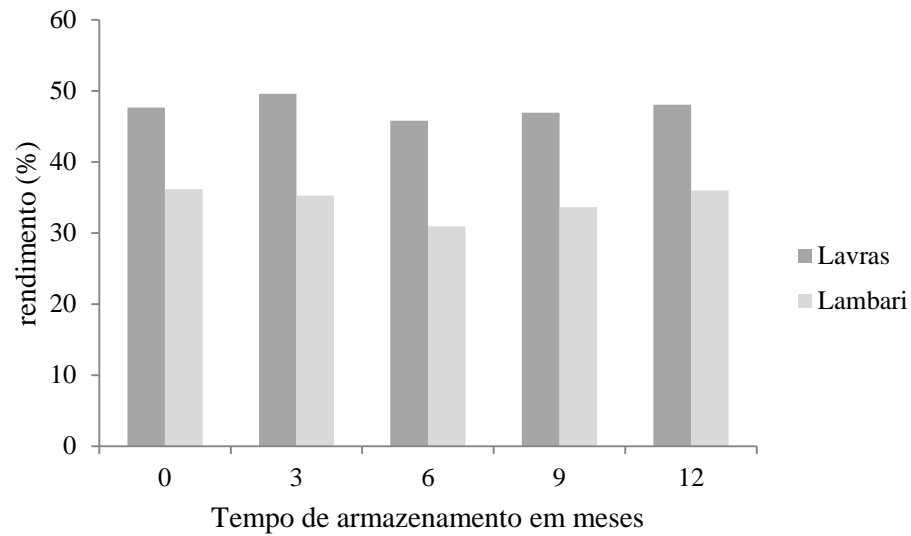


Fonte: Da autora (2019).

No desdobramento das linhagens x ambientes, observou-se que nos dois ambientes, os tratamentos se dividiram em dois grupos distintos estatisticamente. No desdobramento dos ambientes para cada linhagem, observou-se que os genótipos apresentaram as maiores estimativas de rendimento no ambiente de Lavras, entretanto, a testemunha BRS ESMERALDA e as linhagens CMG ERF 221-16, CMG ERF 85-6, CMG 2187, CMG ERF 221-7, CMG 1896, CMG ERF 221-9, CMG ERF 221-19 e CMG ERF 221-29 não diferiram estatisticamente entre os dois ambientes (TABELA 5).

Vale destacar, que Lavras apresentou cerca de 27,8% a mais de grãos inteiros após o beneficiamento em relação a Lambari (FIGURA 3).

Figura 3 - Estimativas médias dos ambientes de Lavras e Lambari para o caráter rendimento (%) de grãos inteiros após o beneficiamento, considerando a média de todas as linhagens em cada tempo de armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

Para o caráter peso de mil grãos, houve comportamento significativo entre as linhagens, que se dividiram em cinco grupos, e detectada interação linhagens x ambientes e ambientes x tempo de armazenamento. Avaliando o desdobramento dos genótipos dentro dos ambientes, observou-se que apenas as linhagens CMG ERF 85-15, CMG F6 LAV 1-7, CMG ERF 221-19 e CMG ERF 85-13 se diferenciaram estatisticamente entre os ambientes (TABELA 5).

Tabela 5 - Média dos tratamentos para as características rendimento (%) e peso de mil grãos (g), dentro e entre os ambientes de Lavras e Lambari, considerando a média de todas as avaliações.

Tratamentos	Rendimento dos grãos após o beneficiamento		Peso de mil grãos	
	Lavras	Lambari	Lavras	Lambari
BRSMG CAÇULA	60,60 a A <sup>1</sup>	25,67 b B	28,63 c A	29,80 b A
CMG ERF 85-15	55,82 a A	31,61 b B	34,65 a A	31,87 a B
CMG 2119	55,29 a A	43,42 a B	23,66 e A	22,38 e A
CMG 1896	54,14 a A	46,30 a A	25,63 d A	26,61 c A
CMG ERF 85-14	52,80 a A	34,24 a B	33,16 a A	32,64 a A
CMG 2085	51,73 a A	36,55 a B	30,69 b A	29,72 b A
BRS ESMERALDA	51,63 a A	43,68 a A	23,55 e A	24,18 d A
CMG ERF 85-13	51,16 a A	31,28 b B	30,58 b A	26,94 c B
CMG F6 LAV 1-7	47,43 b A	24,43 b B	27,70 d A	25,28 c B
CMG ERF 221-7	43,72 b A	36,22 a A	26,02 d A	26,73 c A
CMG ERF 221-9	43,57 b A	38,56 a A	29,73 b A	30,18 b A
CMG ERF 221-4	43,54 b A	26,94 b B	29,07 c A	30,06 b A
CMG ERF 221-16	43,33 b A	34,61 a A	27,30 d A	28,64 b A
CMG ERF 85-6	42,60 b A	33,3 b A	30,18 b A	29,65 b A
CMG 2187	41,90 b A	38,21 a A	24,59 e A	24,21 d A
CMG ERF 221-19	40,15 b A	35,84 a A	28,29 c B	30,98 a A
CMG ERF 221-29	40,02 b A	32,45 b A	26,11 d A	27,13 c A
CMG F6 LAM 20-2	37,26 b A	25,71 b B	26,94 d A	26,43 c A
Médias	47,59	34,39	28,14	27,97

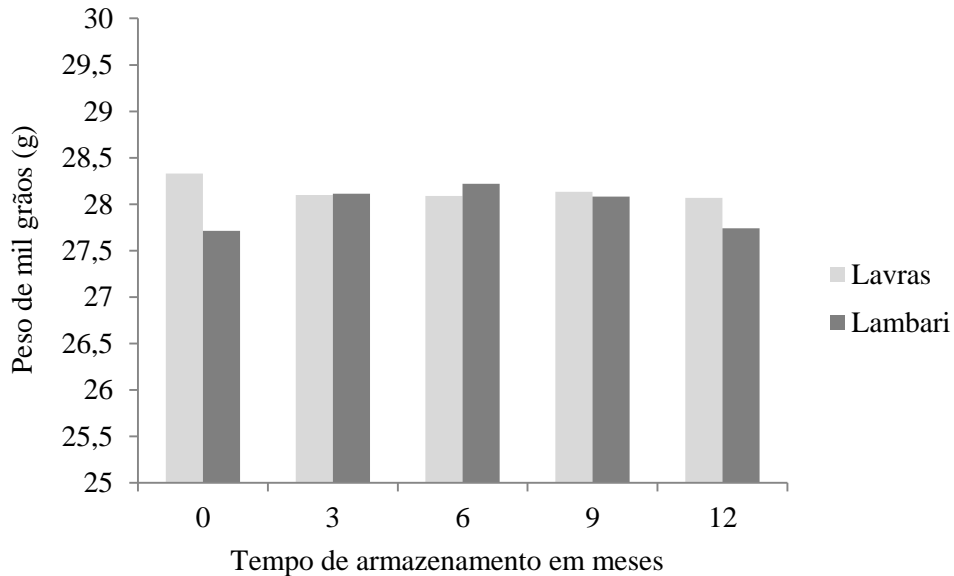
<sup>1</sup>médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott Knot.

Fonte: Da autora (2019).

Considerando o tempo de armazenamento, os ambientes se diferiram estatisticamente apenas na primeira avaliação correspondente ao tempo zero (FIGURA 5). Nos demais tempos de armazenamento, os ambientes propiciaram comportamento coincidente entre as linhagens para esta característica de peso de mil grãos.



Figura 4 - Estimativas médias dos ambientes de Lavras e Lambari para a característica peso de mil grãos (g), considerando a média de todas as linhagens avaliadas em cada tempo de armazenamento.



Fonte: Da autora (2019).

Observou-se para o caráter temperatura de gelatinização, interação significativa entre as linhagens x tempo de armazenamento (TABELA 5). Considerando as médias dos ambientes, os genótipos CMG 2187, CMG ERF 85-13, CMG F6 LAM 20-2, BRSMG CAÇULA, CMG ERF 22-4, apresentaram notas entre 3,2 e 4,2 com três meses de armazenamento, atendendo ao critério de preferência do mercado brasileiro, que é a classe intermediária (notas 3 e 4). As linhagens CMG 1896, CMG ERF 85-14, CMG ERF 85-6, apresentaram notas referentes a classe intermediária tanto após a colheita, como com três meses de armazenamento. CMG ERF 221-9, CMG ERF 221-7, CMG ERF 221-16, BRS ESMERALDA, CMG ERF 221-19, CMG ERF 221-29, apresentaram notas referentes a classe intermediária após a colheita. CMG ERF 85-15, CMG 2119, apresentaram notas referentes a classe intermediária após a colheita e com seis meses de armazenamento. A linhagem CMG 2085 apresentou notas referentes a classe intermediária com três e seis meses de armazenamento. E CMG F6 LAV 1-7 apresentou nota referente a classe intermediária com seis meses de armazenamento (TABELA 6).

Para a característica tempo de cocção observou-se a significância da fonte de variação linhagens, ambientes, tempos de armazenamento, assim como, interação linhagens x tempos de armazenamento (TABELA 3). Os valores obtidos pelos ambientes se dividiram em dois

grupos distintos estatisticamente, sendo que o ambiente de Lambari propiciou um aumento de 2,22% no tempo de cocção das linhagens, em relação ao ambiente de Lavras, considerando a média de todos os genótipos nos cinco tempos de armazenamento (TABELA 6).

Considerando o tempo de armazenamento, observou-se a divisão dos valores em cinco grupos distintos estatisticamente, sendo que o menor tempo de cocção foi observado aos nove meses de armazenamento, com média de 18,68 minutos e a maior média observada no tempo zero, apresentando valor de 22,79 minutos.

Tabela 6 - Média das linhagens para os caracteres temperatura de gelatinização (TG em notas) e tempo de cocção (TC em minutos), durante os tempos de armazenamento considerando a média dos dois ambientes.

Tratamentos	0 meses		3 meses		6 meses		9 meses		12 meses	
	TG	TC	TG	TC	TG	TC	TG	TC	TG	TC
CMG 2187	5,5 a <sup>1</sup>	21,5 a	4,2 a	21,6 b	5,5 a	20,3 a	6,3 a	18,1 b	7,0 a	18,6 a
CMG ERF 85-13	5,2 a	23,0 a	3,3 a	22,6 a	4,8 a	21,0 a	5,8 a	19,8 a	7,0 a	19,1 a
CMG F6 LAM 20-2	4,8 b	22,6 a	3,5 a	21,1 b	5,5 a	20,7 a	6,7 a	17,9 b	7,0 a	19,9 a
BRSMG CAÇULA	4,8 b	23,5 a	3,3 a	21,9 b	4,7 b	20,4 a	5,8 a	18,6 b	7,0 a	20,5 a
CMG ERF 221-4	4,7 b	22,6 a	3,2 a	22,7 a	5,0 a	21,4 a	6,2 a	17,6 b	7,0 a	19,7 a
CMG 2085	4,5 b	23,6 a	3,2 a	23,4 a	4,3 b	22,1 a	5,0 b	18,2 b	7,0 a	20,0 a
CMG 1896	4,3 b	22,0 a	3,0 b	21,3 b	4,5 b	21,1 a	5,5 b	19,3 a	7,0 a	21,2 a
CMG ERF 85-14	4,2 c	22,8 a	3,2 a	24,4 a	5,0 a	21,6 a	6,0 a	19,4 a	7,0 a	20,8 a
CMG ERF 221-9	4,0 c	22,6 a	2,8 b	22,1 b	4,7 b	21,5 a	6,0 a	19,1 a	7,0 a	19,5 a
CMG ERF 85-6	4,0 c	24,6 a	3,2 a	21,6 b	4,5 b	19,9 a	5,3 b	17,9 b	7,0 a	20,7 a
CMG ERF 221-7	4,0 c	21,9 a	2,8 b	20,7 b	4,8 a	20,7 a	6,2 a	18,4 b	7,0 a	20,0 a
CMG ERF 221-16	3,8 c	22,4 a	2,8 b	24,3 a	4,7 b	20,7 a	6,0 a	18,9 a	7,0 a	19,9 a
BRS ESMERALDA	3,8 c	22,5 a	2,8 b	21,7 b	4,5 b	20,2 a	5,5 b	18,2 b	7,0 a	19,6 a
CMG ERF 221-19	3,5 d	22,6 a	2,7 b	21,9 b	4,5 b	21,2 a	6,0 a	19,8 a	7,0 a	19,5 a
CMG ERF 221-29	3,3 d	22,7 a	2,8 b	21,7 b	5,2 a	20,6 a	6,8 a	18,2 b	7,0 a	19,8 a
CMG ERF 85-15	3,3 d	23,9 a	2,5 b	23,1 a	4,2 b	21,2 a	5,2 b	19,7 a	7,0 a	19,3 a
CMG 2119	3,0 d	22,4 a	2,3 b	23,3 a	4,2 b	21,1 a	5,7 b	17,7 b	7,0 a	20,3 a
CMG F6 LAV 1-7	2,8 d	22,9 a	2,3 b	21,5 b	4,2 b	20,7 a	5,7 b	18,8 a	7,0 a	20,2 a
Médias	4,09	22,8	3,02	22,3	4,7	20,9	5,8	18,7	7,0	20,0

<sup>1</sup>médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott Knott.

Fonte: Da autora (2019).

Para a característica rendimento gravimétrico (%) não foram detectadas a presença de interações, sendo significativos o efeito da fonte de variação linhagens (TABELA 3), que se dividiram em dois grupos distintos (TABELA 7), os ambientes, que se dividiram em dois grupos distintos estatisticamente, apresentando média de 290,6% no ambiente de Lavras e 284,2% no ambiente de Lambari e os tempos de armazenamento, que também se dividiram em dois grupos distintos onde se observou o maior valor obtido com três meses de armazenamento (295,8%).

Para a característica de rendimento volumétrico não houve diferença significativa entre as linhagens, observou-se interação ambientes x tempos de armazenamento (TABELA 3). No desdobramento dos ambientes para cada tempo de armazenamento observou-se que apenas no tempo de nove meses de armazenamento os ambientes se diferenciaram estatisticamente, apresentando médias de 354,5% para o ambiente de Lambari e 345,6% para o ambiente de Lavras.

Tabela 7 - Média das linhagens para as características rendimento gravimétrico (RG) (%) e rendimento volumétrico (RV) (%), considerando a média dos ambientes e dos tempos de armazenamento.

Tratamentos	RG (%)	RV (%)
CMG F6 LAV 1-7	302,7 a <sup>1</sup>	362,2 a
CMG ERF 221-29	301,0 a	360,4 a
CMG ERF 221-7	293,9 a	355,2 a
BRS ESMERALDA	290,5 b	353,5 a
CMG 1896	289,7 b	359,3 a
CMG ERF 221-4	288,5 b	360,6 a
CMG F6 LAM 20-2	287,7 b	355,3 a
CMG 2119	287,3 b	356,0 a
CMG ERF 85-13	286,7 b	353,2 a
CMG ERF 221-16	286,3 b	356,5 a
CMG 2085	286,2 b	360,2 a
CMG ERF 85-6	284,8 b	353,3 a
BRSMG CAÇULA	284,1 b	355,1 a
CMG ERF 85-15	284,0 b	349,4 a
CMG 2187	281,9 b	346,5 a
CMG ERF 221-9	281,4 b	346,0 a
CMG ERF 221-19	280,9 b	351,7 a
CMG ERF 85-14	275,7 b	350,2 a

<sup>1</sup>médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de agrupamento de médias Scott Knott.

Fonte: Da autora (2019).

Considerando o tempo de armazenamento dos grãos, observou-se uma divisão dos valores em dois grupos distintos, sendo que os tempos zero, três e seis meses de armazenamento apresentaram as maiores médias.

## 5 DISCUSSÃO

Com o objetivo de estimar a confiabilidade e a qualidade da condução dos experimentos, foram obtidos os valores de acurácia ( $r_{gg}$ ) e de coeficiente de variação (CV%). Segundo Resende e Duarte (2007), a acurácia é a medida de precisão experimental mais recomendada quando se avalia progênies e/ou cultivares. Está associada a correlação entre valores genéticos preditos e valores genéticos verdadeiros dos indivíduos, ou seja, quanto maior a estimativa da acurácia maior será a confiança na avaliação e no valor genético predito (PIMENTEL et al., 2014). Já em relação ao coeficiente de variação, Costa (2002) enfatiza que deve ser mantido em níveis adequados para cada espécie cultivada e caráter sob avaliação. O valor de CV% depende da variação residual como proporção da média do experimento.

No presente trabalho, as estimativas obtidas para acurácia podem ser consideradas de média a alta, com exceção da característica de rendimento volumétrico que apresentou baixa acurácia, provavelmente pelo fato das linhagens apresentarem baixa variância genética para esta característica, associado ao baixo valor de F obtido pelas linhagens, visto que a acurácia é calculada com base nestes valores. Segundo Resende e Duarte (2007), os ensaios de avaliação de cultivares devem ser abordados do ponto de vista genético e estatístico, e não apenas sob a perspectiva estatística. Assim, tem sido mais recomendado por esses autores o uso da acurácia seletiva que considera as proporções entre as variações de natureza genética e residual, associadas ao caráter em avaliação, além da magnitude da variação residual.

De acordo com Pimentel-Gomes (2009), em ensaio de campo, o coeficiente de variação pode ser classificado como baixo, se a estimativa for menor que 10%, médio, se esta oscila entre 10-20%, alto, se estiver entre 20-30% e muito alto, quando é acima de 30%. De acordo com Tabela 5, os coeficientes de variação apresentaram estimativas inferiores a 11% para todos os caracteres avaliados, mostrando assim uma boa precisão na condução dos experimentos, ou seja, há confiabilidade nos resultados apresentados.

Rosário Neto et al. (2019), em trabalho avaliando estratégias de seleção para qualidade de grãos em linhagens de arroz de terras altas, também obtiveram valores de CV inferiores a 11% e acurácia alta para características similares às avaliadas neste estudo, corroborando com os resultados obtidos.

De acordo com os resultados da análise de variância conjunta, identificou-se diferença significativa para as fontes de variação linhagens (para as características renda dos grãos após

o beneficiamento, rendimento de grãos inteiros, peso de mil grãos, temperatura de gelatinização, tempo de cocção, rendimento gravimétrico), ambientes (para as características renda dos grãos após o beneficiamento, rendimento de grãos inteiros, tempo de cocção, rendimento gravimétrico), tempos de armazenamento (para as características de renda dos grãos após o beneficiamento, rendimento de grãos inteiros, temperatura de gelatinização, tempo de cocção, rendimento gravimétrico e volumétrico), e interação linhagens x ambientes (para as características rendimento, peso de mil grãos), linhagens x tempo de armazenamento (para as características temperatura de gelatinização, tempo de cocção), ambiente x tempo de armazenamento (para as características rendimento, peso de mil grãos, rendimento volumétrico), pelo teste F. A variabilidade entre os materiais genéticos avaliados já era esperada devido ao fato de os genótipos testados apresentarem diferenças genéticas (GESTEIRA, 2017).

Em relação a significância dos ambientes, devido a influência dos fatores ambientais na expressão fenotípica, é sabido que o comportamento das diferentes linhagens e/ou cultivares não seja coincidente nos ambientes avaliados (RAMALHO et al., 2012), havendo o efeito da interação genótipos por ambientes (GESTEIRA, 2017). Conforme Faria et al. (2009) a diversidade das condições ambientais a qual a cultura é submetida, contribui para que ocorra a interação genótipos x ambientes, ou seja, há alteração no desempenho relativo das cultivares em virtude das diferenças entre ambientes.

Os atributos relacionados à qualidade do grão de arroz estão altamente relacionados não apenas a fatores genéticos, mas também ambientais (CAMERON et al., 2008; HAKATA et al., 2012; LYMAN et al. 2013, LI et al., 2014, XU et al., 2015), fato esse, comprovado no presente estudo. Condições adversas ambientais e de manejo da cultura afetam diretamente a formação e o preenchimento de grãos e, conseqüentemente, podem levar a danos aos grãos resultantes de um metabolismo alterado. Tais danos podem ser atribuídos aos efeitos de fatores prejudiciais às plantas tanto devido aos fatores bióticos (pragas, plantas daninhas e doenças) como fatores abióticos (condições climáticas e do solo) (STRECK et al., 2018).

A renda dos grãos após o beneficiamento é definida pelo percentual de arroz descascado e polido, considerando-se o total de grãos inteiros e quebrados juntos. Já o rendimento de grãos inteiros, usado como referência para valorização comercial do arroz, é definido como a quantidade de grãos inteiros e de grãos quebrados, separadamente, obtidos após beneficiamento, sendo apresentado em porcentagem em relação ao arroz com casca (BRASIL, 2012).

De acordo com a legislação brasileira, é exigida para a comercialização, uma renda de 68%, constituída de 40% de grãos inteiros e 28% de quebrados (grãos com comprimento inferior a três quartos do comprimento mínimo da classe que pertence) e quirera (a menor fração do arroz). Essas políticas agrícolas são mecanismos que buscam garantir uma receita mínima ao produtor, com a finalidade de assegurar o abastecimento inteiro de alimentos (ADAMI; MIRANDA, 2011; BRANDÃO; CONTREIRA; CAIRES, 2016)

Segundo comunicado da CONAB (2019) sobre as normas específicas de arroz para a safra 2018/2019, o produto com renda de benefício (somatório de grãos inteiros e quebrados) inferior a 68% deve sofrer deságio por quilo, para cada unidade percentual inferior ao limite. Para a região I (RS e SC) o valor do deságio em R\$/Kg é de 0,0126 e para a região II (regiões sudeste, nordeste, centro oeste, norte e PR) o valor do deságio é de 0,0124. O preço mínimo para o arroz classe longo fino na região I foi de R\$ 0,7288/kg e para a região II foi de R\$ 0,7202. Conseqüentemente, quanto maior for o rendimento de grãos inteiros que o produtor obtiver, maior será o valor recebido.

Vieira (2004) ressalta que a quebra de grãos no beneficiamento é de grande importância econômica para a indústria do arroz, especialmente quando se atenta para a diferença na valoração do produto inteiro e do quebrado. Assim, a pesquisa tem-se preocupado com o desenvolvimento de cultivares com elevado rendimento no beneficiamento e boa estabilidade pra esta característica, ou seja, cultivares menos sensíveis a quedas significativas no percentual de inteiros, quando deixadas no campo além do ponto ideal de colheita da lavoura. As principais propriedades do grão de arroz que influenciam seu comportamento no beneficiamento são determinadas pelas características da casca, sua coloração e pubescência, pelas dimensões e formato do grão e pela dureza e aparência do endosperma. Cultivares com casca pubescente quase sempre são rejeitadas pelo cerealista por serem mais abrasivas, além de provocar maior desgaste às máquinas de beneficiamento.

Conforme resultados obtidos no presente trabalho, é possível que o produtor possa realizar o beneficiamento dos grãos logo após a colheita sem prejuízos de renda e rendimento para a comercialização. Entretanto, sendo de interesse realizar o armazenamento para acompanhar as ofertas do mercado, os grãos podem ser armazenados a temperatura constante, na faixa de 10 °C, estando sujeitos a uma diminuição da renda e rendimento. Sendo que as menores perdas ocorrem até os seis meses de armazenamento. No caso do presente estudo, os valores obtidos de grãos inteiros foram acima de 40%, valor estabelecido pela legislação. Fato este, que enfatiza os resultados obtidos. A partir do sexto mês o armazenamento não se

mostrou interessante para as características de renda e rendimento diminuindo os percentuais obtidos.

A maioria dos consumidores de arroz no mundo prefere um produto uniforme, com baixa quantidade de grãos quebrados e/ou danificados. O sucesso para obtenção de um alto rendimento de grãos está relacionado à escolha correta da cultivar, adubação, métodos de colheita, processos pós colheita e condições climáticas favoráveis após a floração. Logo, é necessário que os produtores e cerealistas executem o manejo de forma adequada nas fases de crescimento e desenvolvimento do arroz, para que no final do beneficiamento obtenham-se bons percentuais de rendimento de grãos inteiros (QIAN et al., 2016).

Para o peso de mil grãos, segundo Fornasieri Filho e Fornasieri (2006) esta característica é pouco influenciada pelo manejo, e sim, definida pela cultivar. Em arroz de terras altas, a deficiência hídrica durante a definição do tamanho da casca e na fase de enchimento dos grãos é o fator mais importante na redução do seu peso (SOARES, 2012).

Conforme resultados obtidos no presente estudo, é possível que o produtor armazene os grãos em cascas, a uma temperatura constante (faixa de 10 °C), sem prejuízos para comercialização, ou seja, sem a redução do número de Kg de grãos/hectares, pois, o peso dos grãos se manteve constante ao longo do armazenamento em ambos ambientes.

Algumas características de qualidade são destacadas pelos testes de cocção, os quais compreendem vários testes normativos para identificar o comportamento culinário do arroz quando cozido (KIM et al., 2015). Embora as características do arroz durante o processo de cocção possam ser influenciadas por fatores como maturação fisiológica do grão na época da colheita, condições e tempo de armazenamento, maturação pós-colheita e grau de polimento dos grãos, dentre outros, seu comportamento é extremamente dependente de sua composição química, predominantemente composta por amido, que corresponde a 90% do grão de arroz branco polido (FONSECA; CASTRO, 2008; NAITO et al., 2015).

O rendimento gravimétrico de cocção corresponde à absorção de água pelos grãos durante o cozimento, ou seja, a disponibilidade de água aliada à temperatura e ao tempo de cocção faz com que a água seja absorvida pelos grânulos de amido do arroz. Já o rendimento volumétrico mede a capacidade dos grãos em expandir.

Em estudo realizado por Schiavon et al. (2013) foi observada redução ( $p < 0,05$ ) nos rendimentos gravimétricos e volumétricos de grãos de arroz armazenado em casca, durante 12 meses, com 12 % de umidade, nas temperaturas de 24 °C, 16 °C e 8°C e, posteriormente, beneficiado (polido). Resultados estes que corroboram em partes, aos obtidos no presente



trabalho, onde o rendimento gravimétrico apresentou a maior média no terceiro mês de armazenamento, e, posteriormente, houve uma redução desta característica.

Já para o rendimento volumétrico observou-se uma redução, ao longo do tempo de armazenamento, corroborando com Schiavon et al. (2013), embora comparando os estudos, os grãos tenham sido armazenados a temperaturas diferentes. Segundo Tananuwong e Malila (2011), durante o cozimento dos grãos de arroz envelhecidos, os grânulos de amido tendem a absorver menos água, o inchaço dos grânulos é mais restrito e a ruptura da estrutura cristalina dos grânulos de amido durante o cozimento diminui.

O tempo de cocção é um importante indicador para aceitação do arroz no mercado, pois os consumidores, de forma geral, procuram por um produto de cocção rápida. O presente estudo demonstrou que as mudanças ocorridas nos grãos de arroz durante o armazenamento influenciaram no tempo de cocção, diminuindo o mesmo, o que propicia um produto de melhor aceitação em relação ao tempo de cozimento. De acordo com Fornasieri Filho e Fornasieri (2006), durante o período de armazenamento ocorrem diversas alterações no produto, decorrentes da maturação pós-colheita, que contribuem para a melhoria culinária do arroz, com provável redução da insolubilidade da proteína e do amido, o que possibilitaria a redução do tempo de cozimento do produto (VIEIRA, 2004).

Outra caráter de importância e que deve ser considerado na seleção de linhagens com qualidade culinária dos grãos de arroz refere-se a temperatura de gelatinização do amido(TG) Essa característica 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 (MINGOTTE; HANASHIRO, FORNASIERI FILHO, 2012).

Foi possível observar a influência do armazenamento para a característica TG, onde esta foi diminuindo ao longo do tempo. Vale lembrar que a TG foi avaliada por meio de uma escala de notas, variando de um a sete, onde um corresponde a uma alta TG e sete a uma TG baixa. A preferência do mercado brasileiro é a classe intermediária (notas 3 e 4), nesse sentido, as linhagens estudadas atenderam a esse critério com uma variação das linhagens com o tempo de armazenamento. Algumas linhagens apresentaram TG intermediária com três meses de armazenamento e outras com seis meses, fato esse influenciado pelas características do amido de cada genótipo.

## **6 CONCLUSÕES**

Ao que tudo indica o armazenamento dos grãos de arroz, antes de se realizar o beneficiamento e comercialização, gera uma melhoria na qualidade culinária, contudo, mesmo mantendo o peso de grãos estáveis ao longo do período de estocagem, nas condições em que foi realizado o presente estudo, há uma redução significativa na renda dos grãos e rendimento de inteiros, diminuindo a qualidade industrial e o retorno econômico ao produtor.

## REFERÊNCIAS

- ADAMI, A.C.O.; MIRANDA, S.H.G., Transmissão de preços e cointegração no mercado brasileiro de arroz. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 1, 2011.
- BALINDONG, J. L. et al. Optimisation and standardisation of extraction and HPLC analysis of rice grain protein. **Journal of Cereal Science**, v. 72, p. 124-130, 2016.
- BASSINELLO P. Z.; ROCHA, M. S.; COBUCCI R. M. A. **Avaliação de diferentes métodos de cocção de arroz de terras altas para teste sensorial**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2004. (Comunicado Técnico).
- BRANDÃO, J.B.; CONTREIRA, R.A.; CAIRES, L.M. Análise da comercialização do arroz: uma abordagem desde as agroindústrias gaúchas até a região sudeste. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília: DNDV/CLAV, 2009. 365 p.
- CALINGACION, M. et al. **Diversity of global rice markets and Science required for consumer-targeted rice breeding**. PLoS One 9, e85106, 2014.
- CAMERON, D.K.; WANG, Y.J.; MOLDENHAUER, K.A. Comparison of physical and chemical properties of mediumgrain rice cultivars grown in California and Arkansas. **Journal of Food Science**, v. 73, p. 72-78, 2008.
- CARGNIN, A. et al. Interação genótipos e ambientes e implicações na adaptabilidade e estabilidade de arroz sequeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 14, 2008.
- CIACCO, C.F., CHANG, Y.K. **Como fazer massas**. Campinas: UNICAMP, 1986. 127 p.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Normas específicas de arroz – safra 2018/2019**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- COSTA, N.H.A.D.; SERAPHIN, J.C.; ZIMMERMANN, F.J.P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 243-249, mar. 2002.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes**: versão Windows; aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 648 p.
- CUEVAS R.P. et al. Melting the secrets of gelatinization temperature in rice. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 37, p. 439-447, 2010.
- DONNELLY, B. J. Pasta products: raw material, tchnology, evaluation. **Macaroni Journal**, v. 61, n.1, p. 6-18, 1979.

- FAGUNDES, G. A. et al. Percepção da qualidade de arroz branco adicionado de grãos defeituosos em diferentes concentrações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, Porto Alegre. **Anais...** Cachoeirinha: IRGA, v.1, p. 476-479, 2009.
- FARIA, A.P.F. et al. Interação genótipo x ambiente na produtividade de grãos de linhagens e cultivares de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31 n. 4, p. 579-585, 2009.
- 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.
- FONSECA, J.R.; CASTRO, E.M. Maturação pós-colheita de cultivares de arroz de terras altas. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 5, p. 389-392, 2008.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 589 p.
- GESTEIRA, G. de S. **Seleção de linhagens de soja precoce para produtividade e qualidade de grãos**. 2017. 58 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2017.
- GODOY, S.G.; STONE, L.F.; FERREIRA, E.P.B.; COBUCCI, T.; LACERDA, M.C. Correlação entre produtividade do arroz no sistema semeadura direta e atributos do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 119-125, 2015.
- HAKATA, M. et al. Suppression of  $\alpha$ -amylase genes improves quality of rice grain ripened under high temperature. **Plant Biotechnology Journal**, v. 10, p.1110-1117, 2012.
- HUMMEL, C. **Macaroni products, manufacture, processing and packing**. 2. ed. London: Food Trade Press, 1966. 287 p.
- JULIANO, B.O. **Rice chemistry and quality**. Philippines: Philippine Rice Research Institute, 2003. 480 p.
- KAMINSKI, T.A. **Influência das condições de armazenamento no envelhecimento de arroz**. 2012. 123 p. Tese. (Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, RS, 2012.
- KEAWPENG, I.; VENKATACHALAM, K. Effect of aging on changes in rice physical qualities. **International Food Research Journal** , v. 22, n.6, p. 2180-2187 . 2015.
- KIM, S.H.; YU, B.R.; CHUNG, M. Changes in the contents and profiles of selected phenolics, soyasapogenols, tocopherols, and amino acids during soybean–rice mixture cooking: Electric rice cooker vs electric pressure rice cooker. **Food Chemistry**, v. 176, p. 45–53, 2015.
- LI, Y. et al. Chalk5 encodes a vacuolar H<sup>+</sup>- translocating pyrophosphatase influencing grain chalkiness in rice. **Nature Genetics**, v. 46, p. 398-404, 2014.
- LYMAN, N.B. et al. Rice milling yield and quality underestimates economic losses from high-temperature stress. **Plos One**, v. 8, e72157, 2013.

MACHADO, N.D. et al. Qualidade de grãos em arroz: genes candidatos expressão transcricional. **Revista da Jornada de Pós Graduação e Pesquisa**, 2016.

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

MAPA. **MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**.

2012. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/legislacao/> >. Acesso em: 05 jul. 2019.

MINGOTTE, F.L.C.; HANASHIRO, R.K. ; FORNASIERI FILHO, D. Características físico-químicas do grão de cultivares de arroz em função da adubação nitrogenada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 2605-2618, 2012.

NAITO, S. et al. Effects of polishing, cooking, and storing on total arsenic and arsenic species concentrations in rice cultivated in Japan. **Food Chemistry** v. 168, p. 294-301, 2015.

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.; BASSINELO, P.Z.; PRUDENCIO, S.H. Características sensoriais, físicas e químicas e aceitação de arroz irrigado ou de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 10, p. 979-988, 2015.

PEREIRA, J.A. et al. Diferenças morfológicas e agronômicas marcantes entre os arrozes vermelhos *Oryza sativa* L. e *Oryza glaberrima* Steud. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 10., 2017, Gramado, RS. Intensificação sustentável. **Anais...** Gramado: Sosbai, 2017.

PIMENTEL, A.J.B. et al. Estimativa de parâmetros genéticos e predição de valor genético aditivo de trigo utilizando modelos mistos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, n.11, p.882-890, 2014.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: ESALQ, 2009. 451 p.

QIAN, Q. et al. Producing high quality, high yield hybrid super rice by rational design. **National Science Review**, v. 3, p. 283-294, 2016.

RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J.A.R. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2012. 522 p.

RESENDE, M.D.V.; DUARTE, J.B. Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 182-194, 2007.

ROSÁRIO NETO, A. et al., Selection Strategies for grain quality in upland rice lines. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 3, 2019.

SANTOS, C.E. et al. **Anuário Brasileiro do Arroz 2018**. Santa Cruz: Gazeta Santa Cruz, 2018. 104 p.

SANTOS, C.E.; TREICHEL, M.; BELING, R.R. **Anuário Brasileiro do Arroz 2016**, Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2016. 112 p. il.

SANTOS, T.P.B.; Características físicas e químicas dos grãos gessados e seus efeitos na qualidade do arroz. 2012. 153 p. Dissertação. (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiás, GO, 2012.

SCHIAVON, R.A. et al. Efeito da temperatura de armazenamento nos parâmetros de cocção de arroz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO. Santa Maria/RS, Brasil. 2013,10., **Anais...** v. 2, p.1438-1441, 2013.

SCHIAVON, R.A. **Efeitos do resfriamento artificial no armazenamento sobre parâmetros de avaliação de qualidade industrial de grãos de arroz**. 2012. 91p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2012.

SILVA, E.A. et al. Avaliação de cultivares de arroz de terras altas sob condições de sequeiro em Cassilândia, MS. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n.1, 2009.

SOARES, A.A. **Cultura do arroz**. 3. ed. rev. Lavras: UFLA, 2012. 119 p.

SOUZA, C.; ROLIM, L.B; SILVA, L.H.; Efeito da temperatura de armazenamento no desempenho industrial do arroz. SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO PESQUISA E EXTENSÃO, 2018. 10., **Anais....** Universidade Federal do Pampa, 2018.

STRECK, E.A.; JUNIOR, A.M.M.; FAGUNDES, P.R.R; AGUIAR, G.A.; FACCHINELLO, P.H.K.; OLIVEIRA, A.C.; Adaptability and stability of flood-irrigated rice cultivars released to the subtropical region of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 53, n.10, 2018.

TANANUWONG, K.; MALILA, Y. Changes in physicochemical properties of organic hulled rice during storage under different conditions. **Food chemistry**, v.125, n.1, p.179-185, 2011.

TONG, C. et al. Impact of postharvest operations on rice grain quality: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, p. 626-640, 2019.

VANIER, N.V.; LINDEMANN, I.S.; POHNDORF, S.R.; OLIVEIRA, M.; ELIAS, M.C. **Classificação oficial, pós-colheita e industrialização de arroz**. Pelotas: Santa Cruz, 2017, 420 p.

VIEIRA, N.R.A.; RABELO, R.R. Qualidade tecnológica. I: SANTOS, A. B.; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R.A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. Cap. 23, p. 969-1005.

VIEIRA, N.R.A. Qualidade de grãos e padrões de classificação de arroz. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 94-100, 2004.

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

WANDER, A.E. Arroz em terras altas e reduzidas. **A Granja**, Porto Alegre, v. 66, n. 735, p. 30-33, 2010.

WANG, L.Q. et al. Genetic basis of 17 traits and viscosity parameters characterizing the eating and cooking quality of rice grain. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 115, n.4, p. 463-476, 2007.

XU, Q.; CHEN, W.; XU, Z. Relationship between grain yield and quality in rice germplasms grown across different growing areas. **Breeding Science**, v. 65, p. 226-232, 2015.