



LUANA XAVIER RAMOS

**CORRELAÇÕES ENTRE QUALIDADES FÍSICAS E
INDUSTRIAIS DE GRÃOS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS**

LAVRAS – MG

2021

LUANA XAVIER RAMOS

**CORRELAÇÕES ENTRE QUALIDADES FÍSICAS E INDUSTRIAIS DE 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

Orientador

Prof. Dr. Flávia Barbosa Silva Botelho

Coorientador

Msc. Camila Soares Cardoso da Silva

LAVRAS – MG

2021

LUANA XAVIER RAMOS

**CORRELAÇÕES ENTRE QUALIDADES FÍSICAS E INDUSTRIAIS DE 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

APROVADA EM 18, de novembro de 2021.

Camila Soares Cardoso da Silva UFLA

Gerald Angelo M. Sormanti Valenzuela UFLA

Professora Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho
Orientador

LAVRAS - MG

2021

Dedico este trabalho com imensa gratidão e reconhecimento aos meus pais Maria Madalena e Lucas, e meus irmãos Cristiano e Lucas. Minha fonte de apoio, incentivo e inspiração durante a graduação.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus! Pelo dom da vida, pelo amor incondicional, pelas oportunidades, caminho e perseverança que me trouxeram até aqui.

A meu pai Lucas dos Reis Ramos e minha mãe Maria Madalena Xavier Ramos, minha gratidão eterna, por não medirem esforços no que fizeram e fazem por mim. São eles minha fonte de inspiração, meu apoio emocional e financeiro, meu alicerce de amor e união.

Aos meus amados irmãos Lucas Xavier Ramos e Cristiano Xavier Ramos, agradeço pela motivação, cuidado e proteção. Obrigada por serem sinônimo de referência no meu caminho.

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), por ser minha casa nesses cinco anos e me permitir a realização deste trabalho.

A Minha orientadora Prof. Dr. Flávia Barbosa Silva Botelho, por sua paixão ao ensino e a ciência, é fonte de exemplo e inspiração! Seus ensinamento, orientações e conversas contribuem diariamente para minha formação.

A minha coorientadora Camila Soares Cardoso da Silva, que não mediu esforços ao me auxiliar no desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também pelo carinho, amizade e força.

Aos meus amigos antigos e novos que a universidade me deu por compartilharem momentos incríveis comigo. Em especial a Joana, Maisa, Carlos, Hyene, Mariana, Fernanda e Aline pelo apoio incondicional.

Aos grupos PET Agronomia, Necaf e MelhorArroz, que me receberam com tanto carinho, agradeço pelo crescimento pessoal e profissional.

A todos os meus amigos de São Gonçalo do Sapucaí e familiares pela amizade, confiança e torcida.

Por fim. Sou grata a todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta, para a minha formação e essa conquista.

OBRIGADA!

RESUMO

A cultura do arroz está presente em todos os continentes, sendo um dos alimentos mais consumidos do mundo. Para a comercialização deste grão é importante a comunicação e interação entre pesquisador, indústria e produtor. Desse modo, nas últimas décadas, os programas de melhoramento genético de arroz passaram por grandes avanços, sendo foco de estudo não apenas a produtividade, mas caracteres relacionados a qualidade física e industrial do grão visando atender as exigências do produtor e preferência dos consumidores. No entanto pouco se sabe sobre as interferências proporcionadas por essa seleção. Desse modo o objetivo dessa pesquisa é estudar as correlações genéticas e fenotípicas existente entre as características relacionadas a qualidade física e industriais de grãos de arroz de terras altas no país.

O experimento foi conduzido nas safras agrícolas de 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19, 2019/20 e 2020/21. Pela unidade experimental situada na Universidade Federal de Lavras (UFLA), com exceção à safra de 2019 em que os dados se referem a área experimental localizada em Patos de Minas – MG. Os experimentos foram conduzidos avaliando 53 genótipos dos experimentos de Valor de Cultivo e Uso (VCU), em delineamento de blocos casualizados, com três repetições. As parcelas foram constituídas por cinco linhas de quatro metros, com espaçamento de 0,35 cm. Em virtude do desbalanceamento dos dados, devido à inclusão e exclusão de genótipos entre uma safra e outra, optou-se pela abordagem de modelos mistos. Os componentes de variância foram estimados via REML e a predição das médias ajustadas BLUP. A partir das estimativas dos componentes de variância e predições dos valores genéticos, foram obtidas as estimativas das correlações genéticas entre os caracteres estudados. Os atributos relacionados a qualidade física do grão apresentaram correlação negativa para as características relacionadas a qualidade industrial do grão. Permitindo concluir que quanto mais finos e compridos os grãos, menor será a porcentagem de grãos inteiros após o beneficiamento.

Palavras-chave: Arroz (*Oryza sativa L.*). Qualidade dos grãos de arroz. Melhoramento genético. Correlação fenotípica.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1	Cultura do Arroz e sua importância no Brasil e no mundo	9
2.2	Qualidade de grãos de Arroz	10
2.3	Melhoramento genético para qualidades física e industrial de grãos de arroz	13
3	MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1	Locais	15
3.2	Genótipos	15
3.3	Condução dos experimentos	17
3.4	Características avaliadas	18
3.4.1	Renda (REN)	18
3.4.2	Rendimento (RDT)	18
3.4.3	Dimensão do grão (DG)	19
3.5	Análise de dados	19
3.5.1	Estimativa dos parâmetros genéticos:	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
5	CONCLUSÃO	25
	REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa L.*) é produzido e consumido em grande escala, aproximadamente 163 milhões de hectares foram plantados com a cultura na safra de 2020/21. Sendo de grande importância para a nutrição e economia de diversos países, pois além de apresentar em sua composição carboidratos e nutrientes é fonte importante de emprego e renda para milhões de pessoas (EMBRAPA, 2021).

Os maiores produtores da cultura são China, Índia e Indonésia, somando juntos uma produção de 552 milhões de toneladas, o equivalente a 60% de toda produção mundial (USDA,2021). O Brasil é considerado o maior produtor de arroz fora da Ásia, com produção de arroz de 11,75 milhões de toneladas durante a safra de 20/21. Uma produção cerca de cinco vezes maior quando relacionada a quatro décadas atrás, no entanto com uma área 75% menor (CONAB, 2021).

A disseminação da cultura por todo globo terrestre e sua constante evolução em produção e produtividade de grãos foi possível dado o investimento na pesquisa e melhoramento de espécies mais adaptadas, proporcionando a viabilidade da produção sob diversos sistemas e ecossistemas, com destaque para os de várzea e de terras altas (DE LIMA et al., 2020).

Nas últimas décadas, o melhoramento do arroz de terras altas passou por grandes avanços, selecionando além dos caracteres de produtividades, aqueles relacionados a qualidade física, química e industrial dos grãos de arroz. Tal fato foi importante por conciliar a demanda e preferência do mercado há um sistema de produção tão importante e eficaz. Visto que na década de 70 o arroz produzido por esse sistema era fisicamente menos atraente, suas dimensões eram mais curtas e espessas (CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003). Atualmente é muito difícil distinguir visualmente qual grão advém de qual sistema de produção, sendo esse um enorme ganho dentro da comercialização desta cultura, pois permite conciliar a demanda culinária dos consumidores às necessidades agronômicas do produtor.

Diante do programa de melhoramento, características como a renda, rendimento de inteiros, comprimento, largura e a razão dessas dimensões são de suma importância, por permitir a seleção de genótipos promissores e atender a cadeia complexa daqueles que demandam tanto para a produção, quanto comercialização e consumo do arroz (CONCEPCION et al., 2015). No entanto pouco se sabe se há uma interação entre esses caracteres selecionados e como eles funcionam.

O estudo de correlações entre variáveis é importante por viabilizar a seleção paralela de caracteres de interesse, dentro dos programas de melhoramento de plantas. Desse modo, é importante que as características avaliadas estejam correlacionadas com a característica principal, apresentando correlação positiva ou negativa, ou seja, quando os caracteres variam conjuntamente na mesma direção ou em direções opostas, respectivamente (Cruz, Regazzi & Carneiro, 2012).

Portanto, o objetivo dessa pesquisa visa avaliar as correlações genéticas e fenotípicas existente entre as características relacionadas a qualidade física e industrial de grãos de arroz de terras altas no país.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do Arroz e sua importância no Brasil e no mundo

No que tange à situação do Brasil, a cultura orizícola está presente desde sua colonização, introduzida no país pela frota de Pedro Álvares Cabral, começou a ser produzido em 1530. Mas somente em 1904 surgiram as primeiras grandes lavouras comerciais (CARNEY, 2017). Difundido no costume local, atualmente 95% da população faz o consumo de arroz ao menos uma vez por dia, sendo a constituição entre arroz e feijão o prato base e principal para as famílias brasileiras. Enquanto o consumo per capita do arroz por um homem adulto possui uma média de variação de 35kg a 65kg por ano, no Brasil esse consumo médio é de 45kg de arroz beneficiado. (EMBRAPA, 2013).

O arroz é uma planta da família das gramíneas e gênero *Oryza*, que abrange 24 espécies, das quais apenas duas são cultivadas (*O. glaberrima* e *O. sativa*) (GE et al., 2002). Considerado um dos poucos cereais com disseminação pelo mundo, o arroz é cultivado hoje em todos os cinco continentes, com produção e demanda interna que oscilam de acordo com o costume e tradição local (HUANG et al., 2013). Além disso, segundo a Embrapa Arroz e Feijão (Embrapa, 2014) é o terceiro cereal mais produzido do mundo ficando atrás apenas do milho e trigo, sendo a principal fonte de alimentação para mais de metade da população mundial, sobretudo de países emergentes (FAO, 2018; LIMA et al., 2019).

A China é considerada a maior produtora e consumidora de arroz do mundo, no entanto é a oitava maior exportadora do grão. Embora desde 2017 sua taxa de exportação tenha aumentado acentuadamente devido a venda de seu abundante estoque, o país não tem pretensão de expandir suas exportações, visto a sua preocupação em atender a demanda da população. A primeira posição de maior exportadora é da Índia, considerada também a segunda maior

produtora e consumidora da cultura, no ano de 2021 exportou cerca de 25% da produção (USDA, 2021).

A maior parte de arroz produzido no Brasil é oriunda da região do Rio Grande do Sul, responsável por aproximadamente 70% da produção nacional de 2021 (CONAB,2021). Seguido pela região Norte, especialmente por Tocantins. Roraima chegou a alcançar uma produtividade local de 6900Kg/há, segunda maior média nacional e aproximadamente 2200Kg/ha superior a média mundial. A Região Sudeste apresenta médias menores quando comparada as demais regiões brasileiras, ainda que tenha rendimento superior em relação à safra passada e possua produção da cultura com destaque para os estados de Minas Gerais e São Paulo (CONAB,2021).

O manejo da rizicultura abrange dois sistemas, irrigado e de sequeiro, com destaque para a produção majoritária irrigada, aproximadamente 80% da área plantada no Brasil corresponde a este sistema. (CONAB,2021). No entanto o arroz de terras altas tem características importantes no cenário global e ambiental, principalmente quando observado as mudanças climáticas constantes, ele permite ser conduzido em regiões sem inundação e ter suas necessidades hídricas atendidas pela precipitação pluvial ou, de forma suplementar, pela irrigação por aspersão (XIA et al., 2019).

2.2 Qualidade de grãos de Arroz

A qualidade do grão de arroz pode ser avaliada por diversos aspectos, o que dificulta a elaboração de uma definição única e específica. A princípio ela depende da interação mútua entre melhorista, orizicultor, indústria e o consumidor final, ou seja, todos os envolvidos na cadeia de produção (BERGMAN, 2019). Além disso, a diversidade existente entre os tipos de arroz corrobora com a exigência em padrões de qualidades específicos para cada região/país.

A qualidade industrial é marcada pela necessidade de uma alta porcentagem de grãos inteiros após o beneficiamento, além de ser caracterizada por fatores como baixos teores de grãos gessados e de grãos com centro branco, ausência de contaminantes, teor de defeitos dentro dos limites de tipificação e outros. No Brasil a classificação tipológica, segue o requerido padrão (FERREIRA et al. 2009):

- A) Tipo 1: Admite 10% de grãos quebrados e quirera.
- B) Tipo 2: Admite 20% de grãos quebrados e quirera.

- C) Tipo 3: Admite 30% de grãos quebrados e quirera.
- D) Tipo 4: Admite 40% de grãos quebrados e quirera.
- E) Tipo 5: Admite 50% de grãos quebrados e quirera.

Obrigatoriamente, há uma cobrança do mercado pela produção de lotes com um rendimento de inteiros superior a 62% ao final do percentual de arroz descascado e polido. Visto que, tal característica possui o potencial de influenciar diretamente no valor final do produto, sendo aqueles com maior índice de rendimento os mais desejados e mais bem avaliados economicamente no mercado. Isso porque, a aceitação para o consumo é baixa, embora sejam grãos com as mesmas qualidade e propriedades de um inteiro, é desvalorizado por sua aparência física (MILANI et al., 2017).

Além disso o Governo é responsável por estipular medidas que estimulem mecanismos do mercado, assegurando uma oferta e demanda a preços que atendam às necessidades básicas da sociedade e garantem uma receita mínima ao produtor (ADAMI; MIRANDA, 2011; BRANDÃO; CONTREIRA; CAIRES, 2016).

No que tange sua ocorrência no sistema de produção, ela transcorre entre os processos de colheita, transporte, secagem e armazenamento (GOES et al., 2016). Sendo influenciados direta e indiretamente por fatores como a época e densidade de semeadura, dose do nitrogênio em cobertura, irrigação, manejo fitossanitário, estresses abióticos em fase críticas como o florescimento e enchimento de grãos, época de supressão da água de irrigação e a época/umidade da colheita (PERES, 2017).

Desse modo o primeiro passo visando evitar os danos que comprometem a qualidade industrial dos grãos de arroz com bons rendimentos de grãos inteiros, está relacionado ao manejo de forma adequada durante as fases de crescimento e desenvolvimento da cultura. Portanto, é importante se atentar as seguintes práticas: escolha correta do cultivar, adubação, métodos de colheita, pós - colheita e condições climáticas favoráveis após a floração (QIAN et al., 2016).

A escolha do cultivar correta é importante, pois características do grão como às particularidades atribuídas à casca, formato, dureza e aparência do endosperma são fatores decisivos para um beneficiamento sem perdas por quebra. (MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012).

Além disso, segundo Londero et al. (2015), o ideal é que a colheita seja realizada quando a umidade está entre 20 e 24%. Com teores abaixo do indicado, aumenta-se as chances de acamamento, degrana natural e a redução de grãos inteiros. Já a colheita com teores de umidade superiores favorece a ocorrência de grãos verdes, gessados e malformados, sendo estes os mais suscetíveis à quebra.

A qualidade física do grão se refere a características como a aparência, relação entre comprimento e espessura do grão (C/E), volume, cor, formato, densidade e a incidência de gessamento nos grãos (SILVA, 2019). Sendo esse um constituinte importante de caracteres que direcionam também na hora da escolha do cultivar, pois são selecionados os atributos de maior valia. (Castro et al, 1999; Agrianual, 2011).

Segundo WANG et al. (2018), o tamanho dos grãos, que é resultado da razão entre comprimento e espessura quando já beneficiados, é uma característica controlada por vários genes em diferentes vias de sinalização. Além de também responder a efeitos ambientais e práticas de manejo.

No Brasil, a preferência pela população exige grãos da classe longo e fino (ABIARROZ, 2020), conhecidos popularmente por “agulhinha”. Desse modo eles apresentam dimensão C/L maior que 2,75 mm, devendo o grão apresentar no mínimo um comprimento maior que 6mm e espessura menor que 1,85mm para atender a relação. (ELIAS; OLIVEIRA; VANIER, 2012).

Os valores referentes a essa análise física podem ser coletados utilizando um paquímetro ou até mesmo via análise de imagem, que aceleram o processo de verificação. Sendo esse um passo importante na classificação do arroz, que segue um padrão já pré estabelecido pelo MAPA (BRASIL, 2009). Via uma instrução normativa, Portaria nº 6 de 16 de fevereiro de 2009, que classifica o cereal em cinco classes (longo fino, longo, médio e curto) (FERREIRA et al. 2009):

Classificação para classes de arroz:

A) Longo fino: medindo 6,00 mm ou mais no comprimento, a espessura menor ou igual a 1,90 mm e a relação comprimento/ largura maior ou igual a 2,75mm) após o polimento dos grãos.

B) Longo: medindo 6,00 mm ou mais no comprimento, após o polimento dos grãos.

C) Médio: medindo de 5,00 mm a menos de 6,00 mm no comprimento, após o polimento dos grãos.

D) Curto: medindo menos de 5,00 mm de comprimento, após o polimento dos grãos.

2.3 Melhoramento genético para qualidades física e industrial de grãos de arroz

Durante o processo evolutivo do arroz o manejo e adaptação das plantas favoreceu para a consolidação de dois sistemas de produção, sendo os de várzea (irrigado ou inundado) e de terras altas (sequeiro), ambos de grande importância no Brasil (DE LIMA et al., 2020). Desde os anos 90 há um estreitamento genético dos bancos de germoplasma, ocasionado pelo uso da cultivar IR8 como genitor base ou de suas linhagens descendentes (RANGEL et al., 1996). Responsável pela “revolução verde do arroz” a IR8 foi a primeira variedade semi-anã, apresentando altas produtividades, porte baixo, colmo forte, folhas eretas, alto perfilhamento e aceitação pelos produtores (RANGEL & NEVES, 1995).

Dado o exposto, esse estreitamento de variabilidade genética dentro do sistema de produção é um fator complicador para os programas de melhoramento genético, uma vez que as cultivares apresentam características muito similares não contribuindo para o ganho de seleção (FACCHINELLO, 2021).

Segundo GRENIER et al. (2015), majoritariamente o desenvolvimento e a recomendação de cultivares que apresentam alto potencial produtivo é uma demanda prioritária. No entanto a sustentabilidade ambiental e qualidade comercial estão sendo cada vez mais importantes e levadas em consideração diante o cenário agronômico e socioeconômico geral (ANDRADE et al., 2021). Fato explicado pela necessidade dos produtores em diminuir os custos e elevar a rentabilidade, conciliada a maior exigência do mercado consumidor por produtos de melhor qualidade e procedência, o que corrobora com a demanda cada vez maior por cultivares com ciclos precoce e semi-precoce, potencial produtivo e qualidade de grãos no mesmo material (PEREIRA & RANGEL, 2001).

Os programas de melhoramento visando altas produtividades estão bem avançados, enquanto que para qualidade de grãos há uma grande oportunidade para novos estudos e pesquisas, que até o momento se mostraram insuficientes (FIAZ et al., 2019).

O melhoramento da qualidade dos grãos de arroz, apresenta uma grande complexidade por englobar diversas características tão distintas e diferentes demandas entre todos os envolvidos nas cadeias de produção, processamento, comércio e consumo (ZHOU et al., 2020). Além disso, as características relacionadas a qualidade do grão são quantitativas, influenciadas

por vários genes, e simultaneamente influenciadas por fatores ambientais. De acordo com SCREENIVASLU et al. (2015), fatores do solo como tipo, disponibilidade hídrica, umidade relativa, adubação e outros são capazes de impactar na expressão gênica para a qualidade do grão.

O desenvolvimento de novas cultivares exige o cruzamento entre espécies com grande variabilidade genética entre elas, sendo um grande desafio a busca pelos caracteres desejados, para isso são utilizados bancos de germoplasmas de programas de melhoramento genéticos e/ou em lavouras. Quando selecionados, as linhagens são submetidas a cruzamentos entre e dentro dos grupos. Durante a evolução desses cruzamentos é importante avaliar como a característica se manifesta em ambientes distintos, herdabilidade, estabilidade e por fim suas características agronômicas, químicas, culinárias e físicas (FITZGERALD, 2017).

Além disso, o processo de melhoramento genético de plantas é bem oneroso, demandando tempo, mão de obra e investimentos. Tanto para a condução dos experimentos quanto para as avaliações necessárias, visando a seleção de genótipos propícios ao ganho genético após as gerações. Ademais, outro obstáculo nesse processo de seleção gênica, diz respeito a complexidade das análises, visto que aquelas essenciais na compreensão do funcionamento e propriedades que melhor avaliam os atributos da qualidade dos grãos de arroz ainda são limitadas e pouco compreendidas, o seu aprofundamento contribui para a eficiência da seleção e para a diminuição de custos em pesquisas futuras (CONCEPCION et al., 2015).

Um grande exemplo da eficiência e importância dos programas de melhoramento para a qualidade dos grãos de arroz pode ser observada nos últimos anos. Durante a década de 80, novas cultivares de arroz advindas dos Estados Unidos agradaram aos paladares exigentes dos brasileiros, suprimindo a então produção do arroz de terras altas. Que até então vinha sendo sinônimo de qualidade no país, porém não apresentavam as agradáveis características de longo-fino do recente material genético. Desse modo para voltar a ser apreciado e comercializado, o arroz de terras altas passou por um longo processo de seleção e desenvolvimento até chegar as características que conhecemos atualmente, sendo tão rentável e conceituado quanto o de várzea (CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003).

Além disso, o programa de melhoramento genético de arroz de terras altas da Universidade Federal de Lavras em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e Epamig, avaliaram recentemente que durante o período de 2015 a 2019, a seleção dos genótipos visando a qualidade física e industrial dos grãos foi eficiente, o programa conseguiu um ganho de renda e rendimento conjunta a uma redução nas dimensões do grão, o qual atendeu as demandas da preferência nacional (MARINS, 2021).

Por fim, recentemente em 2020 a EMBRAPA Arroz e Feijão, lançou a cultivar BRS A502, destinada a produção de arroz de terras altas visando a inserção de novas regiões de sequeiro nesse circuito produtivo. Essa cultivar apresenta uma excelente produtividade, mas com destaque para seu potencial de qualidade, permitindo a produção de grãos com alta estabilidade de rendimento de grãos inteiros (média 67%) e renda de média 74%. Sem dúvidas despertou o interesse da indústria e de produtores. Desse modo, tal avanço permitiu evidenciar que não só é possível promover ganhos físicos e industriais no grão, como tal fato não inviabilizará a expressão de outros caracteres inerentes a produção (EMBRAPA,2020).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Locais

Os experimentos foram realizados nas safras agrícolas de 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19, 2019/20 e 2020/21. Conduzidos na unidade experimental situada no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras (UFLA), com exceção à safra de 2019 em que os dados se referem a área experimental localizada em Patos de Minas – MG. A Tabela 1 apresenta as coordenadas geográficas, altitude e tipo de clima, pela classificação Köppen-Geiger.

Tabela 1 – Coordenadas geográficas e altitudes no município de Lavras-MG e de Patos de Minas-MG onde a safra 2019/20 com experimentos de VCU foram avaliados.

Local	Região	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Clima
Lavras	Sul	21° 14' 45" S	44° 59' 59" W	920	Cwa
Patos de Minas	Triangulo mineiro	18° 34' 46" S	46° 31' 6" W	842	Aw

3.2 Genótipos

Foram avaliadas 20 linhagens por safra nos anos agrícolas 2015/16, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019, 2019/20 e 2020/21, sendo todas estas pertencentes ao experimento de Valor de Cultivo e Uso (VCU) do programa de melhoramento genético de arroz de terras altas do convênio entre a Universidade Federal de Lavras (UFLA), Embrapa Arroz e Feijão e a

Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG); e também, uma multilinha e quatro cultivares testemunhas (BRS Esmeralda, BRS Caçula, BRSMG Caravera e BRSMG Relâmpago) (TABELA 2). Vale ressaltar que, alguns genótipos foram avaliados em mais de uma safra. A escolha das testemunhas foi devido a estas cultivares já serem estabelecidas no mercado e possuírem boa aceitação em relação à qualidade de grãos pelos consumidores e indústria (CASTRO et al., 2014; SOARES et al., 2013).

Tabela 2 – Linhagens pertencentes ao Programa de Melhoramento Genético de Arroz de Terras Altas da Universidade Federal de Lavras - MelhorArroz, em parceria com a Embrapa Arroz e Feijão e Epamig, avaliadas nas diferentes safras agrícolas.

Safra 2015/16		Safra 2016/2017		Safra 2017/2018	
1	CMG 2162	1	CMG 2162	27	CMG F6 LAM 20-2
2	CMG 2168	2	CMG 2168	28	CMG ERF 85-14
3	BRS Esmeralda	3	BRS Esmeralda	3	BRS Esmeralda
4	CMG 2170	4	CMG 2170	29	CMG ERF 221-16
5	CMG 2119	5	CMG 2119	5	CMG 2119
6	BRSMG Caçula	6	BRSMG Caçula	6	BRSMG Caçula
7	CMG 2185	7	CMG 2185	30	CMG ERF 85-6
8	CMG 2187	8	CMG 2187	8	CMG 2187
9	CMG 2188	9	CMG 2188	9	CMG 2188
10	CMG 2085	10	CMG 2085	10	CMG 2085
11	BRSMG Caravera	11	BRSMG Caravera	31	CMG ERF 85-15
12	BRSMG Relâmpago	21	CMG ERF 221-4	21	CMG ERF 221-4
13	CMG 1511	13	CMG 1511	32	CMG F6 LAV 1-7
14	CMG 2089	22	CMG ERF 221-9	22	CMG ERF 221-9
15	CMG 1896	15	CMG 1896	15	CMG 1896
16	CMG 2097	23	CMG ERF 221-9	23	CMG ERF 221-9
17	CMG 2093	24	CMG ERF 221-19	24	CMG ERF 221-19
18	CMG 1977	25	CMG ERF 221-29	25	CMG ERF 221-29
19	CMG 1509	19	CMG 1509	19	CMG 1509
20	CMG 1987	26	Multilinha	26	Multilinha

Safrá 2018/2019		Safrá 2019/2020		Safrá 2020/2021	
27	CMG F6 LAM 20-2	40	P95-8 CNAx18360-B-3-B-B	1	BRSMG Caçula
28	CMG ERF 85-14	28	CMG ERF 85-14	2	CMG ERF 85-14
3	BRS Esmeralda	3	BRS Esmeralda	3	CMG ERF 81-2
29	CMG ERF 221-16	29	CMG ERF 221-16	4	P113-3-CNAx18839-B-6-B
5	CMG 2119	5	CMG 2119	5	CMG ERF 85-3
6	BRSMG Caçula	6	BRSMG Caçula	6	CMG ERF 81-6
30	CMG ERF 85-6	41	CMG ERF 70-1	7	CMG ERF 222-1
33	CMG ERF 81-2	33	CMG ERF 81-2	8	CMG ERF 221-19
34	CMG ERF 81-6	34	CMG ERF 81-6	9	BRS Emeraldá
10	CMG 2085	42	P143-2 CNAx18834-B16-B	10	CMG ERF 221-16
31	CMG ERF 85-15	43	P2166-5 CNAx18834-B-5-B	11	CMG ERF 85-4
35	CMG ERF 85-3	35	CMG ERF 85-3	12	CMG ERF 179-3
32	CMG F6 LAV 1-7	44	CMG ERF 78-1	13	OBS1819-126-9
36	CMG ERF 85-4	36	CMG ERF 85-4	14	CMG ERF 100-1
37	CMF ERF 222-1	37	CMG ERF 222-1	15	P 313-2 CNAx 18901-B-9-B
38	CMG ERF 46-1	38	CMG ERF 46-1	16	P 95-8 CNAx18360-B-3-B-B
24	CMG ERF 221-19	24	CMG ERF 221-19	17	P34-1-CNAx18803-B-15-B
25	CMG ERF 221-29	45	P313-2 CNAx18901-B-9-B	18	P85-15-CNAx18874-B-5-6
39	CMG ERF 85-13	39	CMG ERF 85-13	19	OBS1819-51-4
26	Multilinha	46	CMG 1590	20	CMG 1590

Fonte: Do autor (2021)

3.3 Condução dos experimentos

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com três repetições. As parcelas foram constituídas por cinco linhas de quatro metros, com espaçamento de 0,35 cm. As duas linhas externas de cada parcela foram desprezadas na colheita para evitar mistura varietal, sendo área útil 4,2 m².

A aplicação de fertilizantes em todas as safras foi realizada de acordo com a análise de solo feita nos locais de plantio. Totalizando duas aplicações, sendo no sulco e de cobertura. Com controle e cuidado especial nas adubações nitrogenadas, visto seu impacto e interferência em gramíneas.

As técnicas de manejo foram uniformes para todos os ambientes, segundo Utumi (2008). Para o controle de doenças fúngicas, não foram utilizados fungicidas, pois o programa de melhoramento também realiza a seleção de genótipos quanto à resistência a doenças.

O início da colheita das plantas foi realizado conforme a maturação do ciclo de forma manual. A trilha das plantas foi feita manualmente para evitar danos mecânicos aos grãos e a secagem dos grãos foi feita ao sol no Setor de Grandes Culturas do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras segundo normativa apresentada por Utumi (2008). Os grãos recém-colhidos foram espalhados sobre lonas e constantemente revolvidos 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 operação de limpeza dos grãos foi feita por meio de peneiras. Após esses processos as amostras de ambas as safras foram armazenadas em câmara fria a temperatura de 10 °C, com subsequente início dos processos de beneficiamento e as avaliações de laboratório.

3.4 Características avaliadas

Foram coletadas amostras de 1 kg de arroz com casca de todas as parcelas e realizadas as avaliações dos seguintes caracteres: renda e rendimento dos grãos, dimensões dos grãos.

3.4.1 Renda (REN)

Foram obtidas amostras de 100 g de arroz em casca de cada parcela e levado à máquina de classificação e beneficiamento (moinho de provas do modelo Sukuki MT 10, situado na subestação da EPAMIG, Lavras-MG) as amostras foram beneficiadas (descascadas e polidas) e por meio do *trieur*01 houve a separação dos grãos inteiros e quebrados para a determinação da renda e rendimento dos grãos. 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 (BRASIL, 2009).

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

3.4.2 Rendimento (RDT)

Foi contabilizada a massa de grãos inteiros e quebrados de cada parcela, resultante do processo de beneficiamento dos grãos de arroz. O rendimento de grãos inteiros foi determinado por meio do cálculo de percentual de grãos inteiros, conforme a Equação 2 (Instrução Normativa n. 6, de 2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA).

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

3.4.3 Dimensão do grão (DG)

A dimensão do grão foi obtida a partir de análise de imagens. Foi feita uma subamostra de 100 grãos brunidos de cada parcela, e procedidas às análises. A captura das imagens dos grãos de arroz foi efetuada no equipamento *Groundeye*, desenvolvido pela Tbit Tecnologia e Sistemas, na qual os grãos foram dispostos em a bandeja de vidro do equipamento sem nenhuma posição definida e posteriormente as imagens foram capturadas por câmeras de alta resolução situadas no interior do equipamento. As configurações do *Groundeye* foram processadas para calibração da cor do fundo, luminosidade, e dimensões do grão.

Após este processo, foram realizadas as análises biométricas dos grãos, nas quais foram obtidos os valores de comprimento e espessura dos grãos. Os grãos foram classificados de acordo com os padrões definidos por Brasil (2012): longo-fino ($C \geq 6$ mm; $L \leq 2,17$ mm; $C/L > 2,75$), longo ($C \geq 6$ mm), médio ($C < 6$ e ≥ 5 mm) e curto ($C < 5$ mm).

3.5 Análise de dados

A análise conjunta, em virtude do desbalanceamento dos dados, devido ao dinamismo do programa de melhoramento de uma safra para outra, optou-se por utilizar uma abordagem via modelos mistos. O modelo estatístico proposto foi:

$$y = X\mathbf{b} + Z\mathbf{g} + W\mathbf{c} + V\mathbf{d} + \mathbf{e}$$

em que \mathbf{b} , \mathbf{g} , \mathbf{c} , \mathbf{d} e \mathbf{e} correspondem aos vetores, respectivamente, de ambientes (efeito fixo), efeito dos genótipos (aleatório), efeitos da interação genótipos x ambientes (aleatório), efeito de repetição dentro de ambientes (aleatório) e de erros (aleatórios).

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (R CORE

TEAM, 2020) pelo procedimento REML/BLUP, em que os componentes de variância e parâmetros genéticos foram estimados via REML (máxima verossimilhança restrita) e predição das médias ajustadas por meio do BLUP (melhor predição linear não viciada) e a significância das variâncias associadas aos efeitos aleatórios foi verificada pelo teste da razão de verossimilhança “LikelihoodRatio Test” (BERNARDO, 2010).

3.5.1 Estimativa dos parâmetros genéticos:

Considerando a análise conjunta, a partir dos valores estimados dos componentes de variância, foram calculadas as seguintes estimativas:

- Herdabilidade (h_a^2) no sentido amplo para seleção na média das linhagens:

$$h_a^2 = 1 - \frac{PEV}{\sigma_g^2}$$

em que: PEV : variância do erro de predição; σ_g^2 : variância genética;

- Coeficiente de variação experimental (CV):

$$CV = \frac{\sqrt{\sigma_e^2}}{\bar{x}}$$

em que: σ_e^2 : variância residual; \bar{x} : média geral;

- Acurácia (r_{gg}):

A acurácia foi estimada utilizando o seguinte modelo:

$$r_{gg} = \sqrt{1 - \frac{PEV}{\sigma_g^2}} \times 100$$

em que: r_{gg} é a acurácia seletiva expressa em percentagem; PEV é a variância do erro de predição; σ_g^2 é a variância genética.

- Correlações genóticas e fenóticas:

A partir das estimativas dos componentes de variância e predições dos valores genéticos, foram obtidas as estimativas das correlações genéticas entre os caracteres estudados.

As estimativas das correlações genóticas e fenóticas entre os caracteres dois a dois foram obtidas pela expressão:

$$r_{XY} = \frac{COV_{XY}}{\sqrt{V_X \cdot V_Y}}$$

Em que:

r_{XY} : correlação genotípica entre os caracteres X e Y;

COV_{XY} : covariância genotípica entre os caracteres X e Y;

V_X : variância genotípica do caráter X;

V_Y : variância genotípica do caráter Y.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância conjunta para comprimento (COMP), largura (LARG), dimensão do grão (DG), renda (REN) e rendimento (RDT), estão apresentados na Tabela 3. Foram estimados, também, os índices de correlação fenotípica e genotípica entre os caracteres. Estas informações são importantes para o direcionamento e suporte, dentro dos programas de melhoramento genético (Maia et al., 2009).

A precisão experimental foi avaliada pelo coeficiente de variação, segundo Pimentel e Gomes (2009), o CV, quando apresentar resultados inferiores a 10% indica alta precisão experimental, para valores entre 10% e 20% a precisão é classificada como boa, entre 20% e 30% a precisão é média e acima de 30% é considerada baixa precisão. Dado a importância da alta precisão experimental para uma seleção eficiente (CARGNELUTTI FILHO et al., 2012).

No presente trabalho, as estimativas de coeficiente de variação oscilaram entre 2,08 (COMP) e 18,45 (RDT), indicando boa precisão experimental. Esses valores obtidos, por serem estimativas inferiores a 20%, permitem inferir maior confiança na avaliação e valor genético predito (RESENDE e DUARTE, 2007).

Tabela 3 – Estimativas das variâncias (REML/BLUP) e coeficiente de variação experimental (CV) para comprimento (COMP), largura (LARG), dimensão do grão (DG), renda (REN) e rendimento de grãos inteiros (RDT) para o conjunto de ambientes.

	Variâncias				
	COMP	LARG	DG	REN	RDT
σ_g^2	0.0132**	0.00009.021	0.02843**	0.5843	5.6010
σ_{ga}^2	0.0313**	0.0004.014**	0.02088**	0.7879	33.7300**
σ_e^2	0.0060	0.00009.199	0.01574	12.0186	78.8720
h_a^2	43.56	30.06	66.69	20.25	16.08
CV (%)	2.08	2.80	3.61	4.91	18.45

σ_g^2 : variância genética; σ_{ga}^2 : variância da interação genótipos x ambientes; σ_e^2 : variância do erro; h_a^2 : herdabilidade no sentido amplo; **Significativo a 99% de confiabilidade pelo teste de máxima verossimilhança (likelihood).

Fonte do autor (2021)

Para os caracteres COMP e DG, observou-se efeitos significativos entre os genótipos, indicando a existência de variabilidade genética (Tabela 3). Fator esse de relevância para os programas de melhoramento genético por favorecer o sucesso na seleção de linhagens superiores, com o avanço das gerações. A variância significativa para o caráter COMP era esperada dentro do programa de melhoramento genético de arroz de terras altas, da Universidade Federal de Lavras, visto que a seleção dos genótipos utilizada se baseia no caráter DG em vez de COMP, principalmente por ser considerada uma característica de qualidade. Uma vez que no Brasil a preferência por grãos do tipo longo e fino, os quais correspondem as medidas ideais para a DG, sendo o comprimento maior ou igual a 6mm e espessura menor ou igual a 1,9mm, favorecendo também para uma razão comprimento/largura maior que 2,75mm (ELIAS; OLIVEIRA; VANIER, 2012).

Foram observados efeitos significativos na interação genótipos x ambientes (GxE) ($P < 0,05$) para todos os caracteres, com exceção de REN, ou seja, as linhagens apresentaram expressões diferentes, nas diferentes safras avaliadas (Tabela 3). No entanto, esse trabalho foi conduzido em anos agrícolas distintos com avaliação de uma safra em localidade diferente, contribuindo nessas condições para a influência de fatores ambientais previsíveis e imprevisíveis (ALLARD; BRADSHAW, 1964). Além disso, tal fato, também, pode ser subentendido pela análise climatológica da região durante este período em que, durante a safra 2016/2017 houve registro de temperaturas mínimas abaixo de 17°C causando prejuízo do desempenho fenotípico dos genótipos mais sensíveis (TERRES & GALLI, 1985). Enquanto que na safra 2017/2018, a precipitação foi um fator limitante nos meses de janeiro e fevereiro, justamente meses que o arroz de terras altas requer pelo menos um total de 180 mm de chuva para garantir a fecundação e o sucesso na produção da cultura (CIIAGRO, 2009)

Com relação a herdabilidade, os caracteres REN e RDT, foram os que apresentaram os menores valores, 20,25 e 16,08 respectivamente (Tabela 3). Considerando que a herdabilidade representa a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, essa avaliação se mostrou condizente com os trabalhos apresentados por WANG et al. (2018), evidenciando a alta influência do ambiente sobre a expressão gênica desses caracteres. Além disso, tal fator é uma dificuldade para a recomendação de cultivares para os agricultores, visto que se torna impossível predizer o comportamento dos genótipos e ambientes durante os

sucessivos anos de produção (Kang & Gauch, 1996). O caráter DG foi o que apresentou melhor estimativa de herdabilidade 66,69, se mostrando mais estável no decorrer das seis safras analisadas. Corroborando com a seleção feita pelo programa de melhoramento genético de arroz, visto seu trabalho anual na seleção de genótipos para esse caráter.

A correlação permite prever as alterações em um determinado caráter provocadas pela pressão de seleção exercida sobre outro caráter (COIMBRA et al., 1999). Desse modo, conhecer e entender a natureza das relações existente entre os caracteres, permite a seleção indireta de outro caráter importante no mesmo programa, proporcionando uma economia financeira, além de redução de tempo e esforço (VENKOVSKY e BARRIGA, 1992; CASTRO, 2020).

Fenotipicamente, a seleção para os caracteres COMP e LARG apresentaram correlação negativa para DG e positiva para REN (Figura 1), indicando que a seleção de genótipos para COMP e LARG indiretamente induz uma redução na dimensão final do grão e um aumento no caráter renda, ou seja, na porcentagem total de grãos inteiros e quebrados, após o processo de beneficiamento.

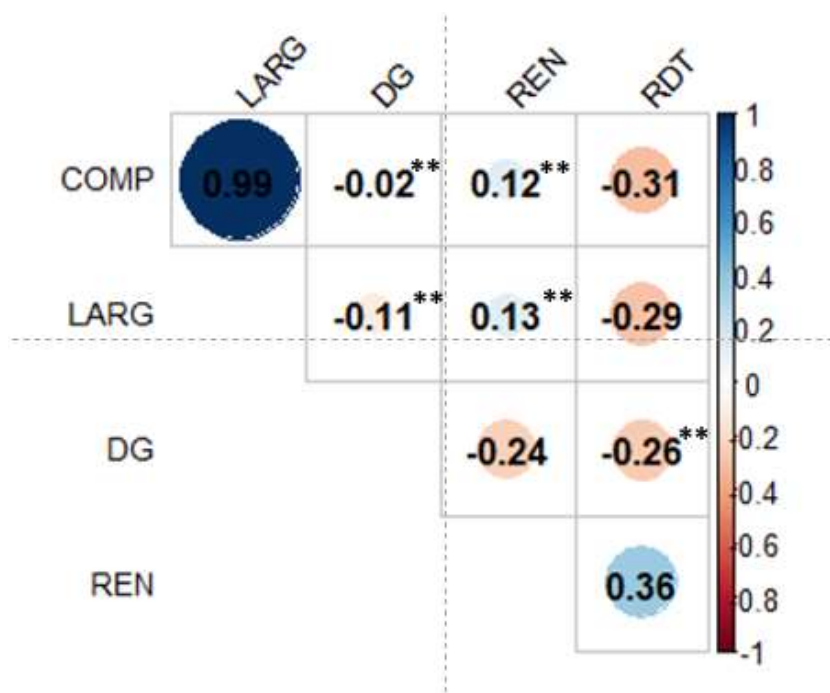


Figura 1- Correlações fenotípicas entre os caracteres: comprimento (COMP), largura (LARG), dimensão do grão (DG), renda (REN) e rendimento (RDT). Significativo a 5% de probabilidade pelo teste T.

Fonte do autor (2021)

O caráter DG quando selecionado apresentou correlação negativa para RDT, o que já era esperado, visto que RDT é um caráter qualitativo e assim controlado por poucos genes, mas influenciado por fatores externos. Desse modo, corroborando com a discussão de MARINS

(2021) em que seleção para o melhoramento da relação C/L favoreceu para o aumento da DG, mas consequentemente favoreceu na média de grãos de arroz quebrados, fato explicado pela maior susceptibilidade e fragilidade dos grãos mais compridos e finos a processos de abrasão e consequente quebra durante as operações de beneficiamento, as quais são responsáveis por aproximadamente metade do valor total de grãos quebrados, interferindo diretamente na porcentagem de grãos quebrados (REIS, 2018; PRESTES, 2011). Vale elucidar nesse caso, a importância de se adequar as necessidades de produtores e consumidores com a realidade permitida genética e fenotípica dos grãos de arroz, uma vez que para um eficiente programa de desenvolvimento de linhagens que apresentem boa qualidade genética e industrial a cautela na intensidade de seleção visando a alongamento dos grãos é essencial.

A Figura 2 permite avaliar as como os caracteres abordados correlacionam genotípicamente entre si. Evidenciando e comprovando mais uma vez a interferência da seleção de LARG e COMP, na DG, REN e RDT.

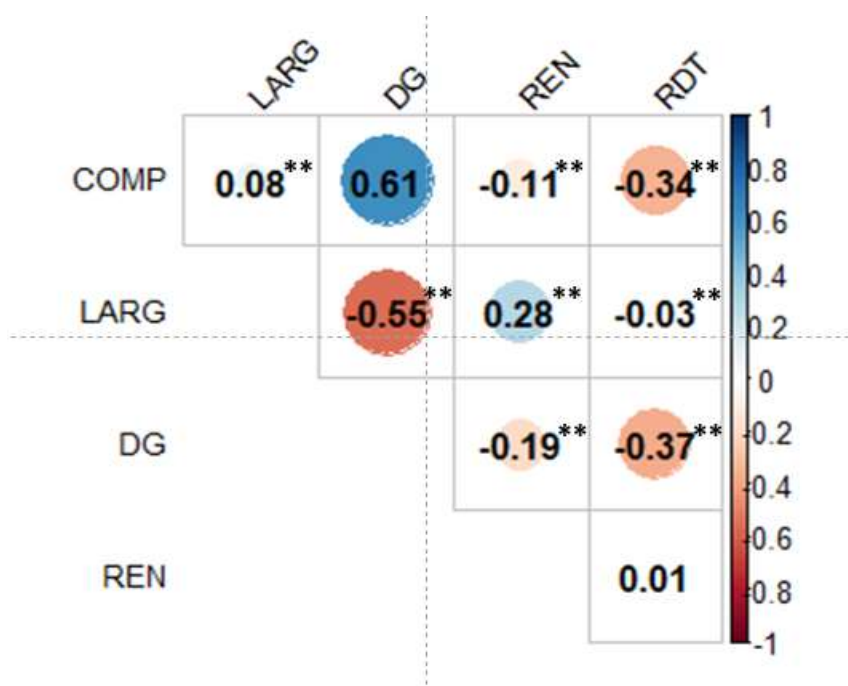


Figura 2 – Correlações genotípica entre os caracteres: comprimento (COMP), largura (LARG), dimensão do grão (DG), renda (REN) e rendimento (RDT) obtidas por meio das médias BLUP.

Fonte do autor (2021)

Quando a seleção genotípica é dada pelo fator COMP, apresenta correlação positiva para LARG e correlação negativa para REN e RDT, como apresentado pela Figura 2. Essa análise corrobora com as afirmações de Farias Filho & Ferraz Júnior (2009) e Maghelly et al. (2020), em que o rendimento de grãos inteiros é afetado pelo tamanho e forma do grão. Também coincidente LARG e DG correlacionaram-se de maneira negativa com RDT, permitindo inferir que

genótipos com maior comprimento, menor largura e menor valor da razão entre esses dois caracteres (DG), apresenta os menores rendimentos de grãos inteiros. Fato que pode ser justificado pela maior susceptibilidade do grão há danos mecânicos durante o processo de beneficiamento devido a menor dimensão (REIS, 2018).

5 CONCLUSÃO

A seleção dos caracteres para qualidade física interfere na qualidade industrial do grão, de modo que a correlação genotípica e fenotípica entre esses caracteres foi negativa. Quanto mais finos e compridos os grãos, menor será a porcentagem de grãos inteiros após o beneficiamento.

REFERÊNCIAS

ABIARROZ - Associação Brasileira da Indústria do Arroz. **Exportação por destino – Dezembro de 2020 e 2019**, v1, n1. Dezembro 2020

ADAMI, A.C.O; MIRANDA, S.F.G. Transmissão de preços e cointegração no mercado brasileiro de arroz. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, v. 49, n. 1, p. 55-80, 2011. **AGRIANUAL, Anuário da Agricultura Brasileira**. Arroz. São Paulo: FNP, p. 161-167, 2011.

ALLARD, R.W.; BRADSHAW, A.D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v.4, n.5, p.503-508, 1964.
ASCHERI, D. P. R. et al. Correlation between grain nutritional content and pasting properties of pre-gelatinized red rice flour. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 1, p.16-24, 2012.

ANDRADE, A.; MARSCHALEK, R.; NOLDIN, J. A. **Breve retrospectiva da orizicultura catarinense**. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.34, n.1, p.5-6. 2021.

BERGMAN, C. J. **Rice end-use quality analysis**. In: Rice. AACC International Press. p. 273-337, 2019.

BIENVENIDO, Juliano. **Rice in human nutrition**. FAO - Food and Nutrition Series. N o 26. Roma. 162 p, 1993.

BOLSISTA, DTI-A. DO CNPQ E.; DO CNPQ, D. T. I. A. Armazenamento de arroz no Brasil– Avaliação, manejo operacional e tecnológico para redução de perdas1. **Perdas em transporte e armazenagem de grãos**, p. 127, 2021.

BORGES, V.; SOARES, A. A.; RESENDE, M. D. V. de; REIS, M. S.; CORNÉLIO, V. M. O.; SOARES, P. C. Progresso genético do programa de melhoramento de arroz de terras altas de minas gerais utilizando modelos mistos. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 27, n. 3, p. 478-490, ago. 2009.

BRANDÃO, J. B.; CONTREIRA, R. A.; CAIRES, L. M. **Análise da comercialização do arroz**: uma abordagem desde as agroindústrias gaúchas até a região Sudeste. *Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)*, Santa Maria, v. 20, n. 1, p. 01-15, 2016.

BRASIL. Instrução normativa n°6, de 16 de fevereiro de 2009. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 de fevereiro de 2009, seção 1, p. 3.

CARGNELUTTI FILHO, A. et al. Medidas de precisão experimental e número de repetições em ensaios de genótipos de arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 3, 336-343. 2012.

CARNEY, J. O arroz africano na história do Novo Mundo. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 6, n. 2, p. 182-197, 2017.

CASTRO, E. da M.; VIEIRA, N.R. de A.; RABELO, R.R.; SILVA, S.A. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 34).

CASTRO, E. M.; FERREIRA, C. M.; MORAIS, O. P. Qualidade de grãos e competitividade do arroz de terras altas. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ/ 70 REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ – RENAPA, 1./ 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Documentos 153. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 220-233.

COIMBRA, J. L. M., et al. (1999). Análise de trilha e análise do rendimento de grãos e seus componentes. **Ciência Rural**, Santa Maria, 29, (2), 213-218.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2019/20**, v.7, n.12, 2020c.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2020/21**: sexto levantamento, v.6, n. 6. Acesso em outubro, 2021a.

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.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J., & CARNEIRO, P. C. S. **Métodos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, UFV : Editora UFV, (v. 1, cap. 9, p. 392) 2012.

DE LIMA, I. P.; BOTELHO, F. B. S.; SILVA, C. S. C.; NETO, A. R.; BERCHEMBROCK, Y. V.; CARDOSO, F. P.; SORMANTI, G.; CASTRO, A. P. Potencial genético de linhagens de arroz de terras altas pertencentes ao programa 26 de melhoramento da Universidade Federal de Lavras – **melhor arroz**. *Braz. J. of Develop.* v.6, n.1, p.1706-1713. 2020.

DE SOUSA, I. S. F; FERREIRA, C. M. **Aspectos histórico-culturais do arroz e do feijão na sociedade brasileira**. Arroz e feijão, p. 47, 2021.

EDWARDS, J.D.; JACKSON, A.K.; MCCLUNG, A.M. Genetic architecture of grain chalk in rice and interactions with a low phytic acid locus. **Field Crops Research**, v.205, n.2, p. 116-123, 2017.

ELIAS, M.; OLIVEIRA, M. D.; VANIER, N. **Qualidade do arroz da pós-colheita ao consumo**. Pelotas: UFPel, 2012.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Importância econômica e social do arroz (Oryza sativa L.)**. Disponível em: <<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fe7457q102wx5eo07qw4xeynhsp7i.html>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

FACCHINELLO, P. H. K.. **Ação gênica, parâmetros genéticos e ganho por seleção de atributos físicos relacionados a qualidade de grãos em arroz**. 2021.

FAO - Food and Agriculture organization of the United Nations. **Rice Market Monitor**,

April 2018, Volume XXI, No 1, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/economic/est/publications/rice-publications/rice-market-monitor-rmm/en/>. Acesso em: 23 de outubro de 2021.

FARIAS FILHO, M. S.; FERRAZ JUNIOR, A. S. L. A cultura do arroz em sistema de vazante na baixada maranhense, periferia do sudeste da Amazônia. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 39, n. 2, p. 82-91, 2009.

FERREIRA, C. M.; MÉNDEZ DEL VILLAR, P.; ALMEIDA, P. N. A. **Qualidade e utilização das principais cultivares de arroz de terras altas**. In: 2009

FAIZ, S.; AHMAD, S.; ALI NOOR, M.; WANG, X.; YOUNAS, A.; RIAZ, AAMIR; RIAZ, ADEEL; ALI, F. Applications of the CRISPR/Cas9 system for rice grain quality improvement: Perspectives and opportunities. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 20, n. 4, p. 1–18, 2019.

FITZGERALD, M. Rice: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements. In: *Cereal Grains 2* ed. 2017. p. 291-315

GOES, R.J. et al. Rice industrial quality under effect of sidedress nitrogen fertilization in no tillage. *Revista Agrarian, Dourados*, v. 9, n. 33, p. 219-227, 2016.

GRENIER, C.; CAO, T-V.; OSPINA, Y.; QUINTERO, C.; CHÂTEL, M.H., TOHME, J.; COURTOIS, B.; AHMADI, N. Accuracy of genomic selection in a rice synthetic population developed for recurrent selection breeding. *PLoS ONE*, v.10, n.8, 2015.

HUANG, R. et al. **Genetic bases of rice grain shape: so many genes, so little known**. *Trends in plant science*, Oxford, v. 18, n. 4, p. 218-226, 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.

MAGHELLY, O. R.; OGLIARI, J. B.; DE SOUZA, R.; et al. Milling yield components of local dryland rice varieties. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 50, p. 1–9, 2020.

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.

PEREIRA, J. A.; RANGEL, P. H. N. Produtividade e qualidade de grãos de arroz irrigado no Piauí. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 25, n. 3, p. 569-575, 2001

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

PRESTES et al. **Avaliação do Brunimento em Relação à Dimensão de Grãos de Arroz**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011

QIAN Q. et al. Breeding high-yield superior quality hybrid super rice by rational design. **National Science Review**, [s.l.], v. 3, n. 3, p. 283-294, 2016.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2020. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

RANGEL, P. H. N.; GUIMARÃES, E. P.; NEVES, P. C. F. N. Base genética das cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.5, p.349-357, 1996. RANGEL, P. H. N; NEVES, P. C. F. Seleção recorrente em arroz irrigado no Brasil: guia prático. Goiânia, EMBRAPA- CNPAF, Documento 53, 1995. 24p.

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

SANTIAGO; CINTRA. **Qual a diferença entre precisão e acurácia?** 2019. Disponível em: <https://santiagoocintra.com.br/blog/geo-tecnologias/qual-a-diferenca-entre-precisao-e-acuraciay>. Acesso em: 19 out. 2021.

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. Desempenho do melhoramento genético do arroz de sequeiro e irrigado da década de oitenta em Minas Gerais. Lavras : ESAL, 1992. 188p. **Tese de Doutorado**.

USDA. **Grain and feed annual**. United States Departmente of Agriculture. : Report number: BR2020-0005., 2020.

VENCOVSKY, R.; MORAIS, A. R.; GARCIA, J. C.; TEIXEIRA, N. M. 1988. Progresso genético em vinte anos de melhoramento de milho no Brasil. In: **Congresso nacional de milho e sorgo**, Belo Horizonte. 1986. Anais..., Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, p.300- 307.

WANG, T. et al. Grain length and Awn 1 negatively regulates grain size in rice. **Journal of Integrative Plant Biology**, [s.l.: s.n.], p.1-12, 2018.

XIA, H. et al. Bi-directional Selection in Upland Rice Leads to Its Adaptive Differentiation from Lowland Rice in Drought Resistance and Productivity. **Molecular Plant**, 2019

