



**ANTONIO ROSÁRIO NETO**

**ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO PARA QUALIDADE DE  
GRÃOS EM LINHAGENS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS**

**LAVRAS - MG**

**2018**

**ANTONIO ROSÁRIO NETO**

**ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO PARA QUALIDADE DE GRÃOS EM LINHAGENS  
DE ARROZ DE TERRAS ALTAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da UFLA, para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora

Profa. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho

**LAVRAS - MG**

**2018**

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

Rosário Neto, Antonio.

Estratégias de seleção para qualidade de grãos em linhagens de  
arroz de terras altas / Antonio Rosário Neto. - 2018.

63 p. : il.

Orientador(a): Flávia Barbosa Silva Botelho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. Oryza sativa. 2. Múltiplos caracteres. 3. Melhoramento  
genético. I. Universidade Federal de Lavras. . II. Título.

**ANTONIO ROSÁRIO NETO**

**ESTRATÉGIAS DE SELEÇÃO PARA QUALIDADE DE GRÃOS EM LINHAGENS  
DE ARROZ DE TERRAS ALTAS**

**SELECTION STRATEGIES FOR GRAIN QUALITY IN UPLAND RICE LINES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia da UFLA, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada 28 de fevereiro de 2018.

Prof<sup>a</sup>. Dra. Priscila Zaczuk Bassinello

EMBRAPA

Prof. Dr. Adriano Teodoro Bruzi

UFLA

Prof<sup>a</sup>. Dra. Flávia Barbosa Silva Botelho

Orientadora

**LAVRAS - MG**

**2018**

## RESUMO

A qualidade de grãos em arroz é de extrema importância em programas de melhoramento da cultura, pois as linhagens selecionadas devem contemplar os padrões exigidos pelo mercado. O atributo qualidade é formado por várias características, o que pode ser um complicador para o trabalho do melhorista. Assim, objetivou-se verificar a eficiência do uso de índices de seleção para a obtenção de linhagens de arroz de terras altas que atendam aos padrões de qualidade de grãos. Foram avaliadas 14 linhagens do ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU), do programa de melhoramento de arroz de terras altas da Universidade Federal de Lavras. Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Lavras-MG e Lambari-MG nas safras de 2015/2016 e 2016/2017. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com três repetições. Foram avaliadas, para a composição dos índices, as seguintes características: produtividade de grãos, tempo mínimo de cozimento, índice de absorção de água, gessamento, rendimento de inteiros, comprimento e largura dos grãos, teor de amilose aparente e temperatura de gelatinização. Foram empregados os seguintes índices de seleção: Base de Williams, Soma de Postos “Ranks” de Mulamb e Mock e Índice do Somatório das Variáveis Padronizadas (Índice Z). Realizou-se, também, a seleção direta por meio da produtividade de grãos. Observou-se que o índice Base obteve bons ganhos com a seleção para produtividade, mas foi ineficiente para as características de qualidade, resultados equivalentes quando usada a seleção direta. Os índices de Ranks e Índice do Somatório das Variáveis Padronizadas (Índice Z), obtiveram ganhos superiores e equilibrados para as características, mostrando-se mais eficientes na seleção de linhagens de arroz de terras altas visando a qualidade de grãos.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa*. Múltiplos caracteres. Melhoramento genético.

## ABSTRACT

The grain quality in rice is extremely important for breeding programs, in order to select lines that meet the standards demanded by the market. The quality attribute is composed by several characteristics, which can make difficult the work for breeder. Thus, the objective in this study was to verify the efficiency of the selection indexes in order to select upland rice lines that meet the grain quality standards. Fourteen lines of the Cultivation and Use Value test (CUV) of the upland rice breeding program of the Federal University of Lavras were evaluated. The experiments were conducted in the municipalities of *Lavras - MG* and *Lambari - MG* in the seasons of 2015/2016 and 2016/2017. The experimental was a randomized block design with three replications. The following characteristics were evaluated to compose the indexes: grain yield, minimum cooking time, water absorption index, grain chalkiness, integer grain percentage, grain length and width, apparent amylose content and gelatinization temperature. The following selection indexes were compared: Base index of Willians, Sum of "Ranks" of Mulamb and Mock, and Index Sum of Standardized Variables (Z Index) and also was held direct selection through grain yield. It was observed that the Base index obtained good gains with the selection for grain yield, but it was inefficient for the quality characteristics, results when used direct selection. The Ranks and Z index obtained superior and balanced gains for the characteristics, showing up more efficient in the selection of upland rice lines aiming at the quality of grains.

**Keywords:** *Oryza sativa*. Multiple traits. Plant breeding.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido.....	12
Tabela 2	Coordenadas geográficas e altitudes dos municípios onde os experimentos foram avaliados.....	25
Tabela 3	Identificação dos genótipos utilizados no experimento.....	25
Tabela 4	Classificação do teor de amilose em arroz e características culinárias correspondentes.....	27
Tabela 5	Escala dos graus de dispersão e temperatura de gelatinização de arroz.....	28
Tabela 6	Resumo da análise de variância conjunta para: tempo mínimo de cozimento (minutos), índice de absorção de água, gessamento (%), rendimento de inteiros (%), comprimento de grãos (mm), largura de grãos (mm), teor de amilose aparente (%), temperatura de gelatinização (notas) e produtividade de grãos (kg/ha).....	36
Tabela 7	Médias fenotípicas da análise conjunta para: tempo mínimo de cozimento (minutos), índice de absorção de água, gessamento (%), rendimento de inteiros (%), comprimento de grãos (mm), largura de grãos (mm), teor de amilose aparente (%), temperatura de gelatinização (notas) e produtividade de grãos (kg/ha).....	38
Tabela 8	Coefficientes de correlação de Pearson para as características avaliadas, duas a duas, considerando a análise conjunta dos dados.....	40
Tabela 9	Identificação das quatro linhagens de melhor desempenho pelos índices Base, Ranks e Z e também pela Seleção Direta, na média dos ambientes.....	42
Tabela 10	Porcentagem de coincidência entre os índices de seleção e seleção direta, considerando as 4 melhores progênies selecionadas em cada índice.....	43
Tabela 11	Ganhos obtidos com a seleção para os índices de seleção: Base, Ranks e Z e com a Seleção Direta, considerando as 4 melhores progênies selecionadas em cada índice.....	44

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Análise de temperatura de gelatinização das amostras, realizada com seis grãos.....	27
Figura 2	Representação gráfica dos valores padronizados das características: tempo mínimo de cozimento (minutos), índice de absorção de água, gessamento (%), rendimento de inteiros (%), comprimento de grãos (mm), largura de grãos (mm), teor de amilose aparente (%), temperatura de gelatinização (notas) e produtividade (kg/ha), das quatro melhores e das piores linhagens para o Índice Z.....	46

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>A cultura do arroz</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Qualidade de grãos em arroz</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>Melhoramento genético para qualidade de grãos</b> .....	<b>19</b>
<b>2.4</b>	<b>Índices de seleção</b> .....	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Local</b> .....	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Genótipos</b> .....	<b>25</b>
<b>3.3</b>	<b>Condução dos experimentos</b> .....	<b>26</b>
<b>3.4</b>	<b>Caracteres avaliados</b> .....	<b>26</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise dos dados</b> .....	<b>29</b>
<b>3.6</b>	<b>Índices de seleção</b> .....	<b>31</b>
<b>3.7</b>	<b>Estimativas de ganho com a seleção</b> .....	<b>32</b>
<b>3.8</b>	<b>Índice de coincidência</b> .....	<b>33</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>47</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>48</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

De grande destaque no cenário mundial, o arroz é cultivado e consumido em todos os continentes, sendo a cultura mais importante em muitos países em desenvolvimento, alimentando cerca de metade da população mundial (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA, 2017). A qualidade dos grãos de arroz é determinante para agregar valor ao produto e para a aceitação pelo consumidor e indústria.

Atualmente, 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 de grãos é determinada a partir de características culinárias, sensoriais e físicas. Vários são os testes, diretos ou indiretos, para a avaliação destas características, e os resultados são usados pelos melhoristas na seleção dos genótipos para posterior recomendação ao mercado.

A qualidade de grãos em arroz pode ser enfocada sob quatro aspectos principais: qualidade industrial, valor nutritivo, adequação aos padrões de comercialização e qualidade culinária e sensorial (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2009). Esses aspectos são controlados por fatores físico-químicos, sendo seu estudo fundamental para o conhecimento das características dos grãos de arroz após o seu preparo, auxiliando o melhorista.

O mercado brasileiro demanda um arroz de cozimento rápido, que após este processo apresenta-se solto, seco e macio, características comumente obtidas quando se tem o teor de amilose intermediário a alto (20-25%) e temperatura de gelatinização intermediária a baixa (55-74°C). Em relação ao tamanho do grão, a preferência se dá aos grãos longo-finos (comprimento <6,00 mm; espessura >1,9 mm, relação comprimento/largura superior a 2,75) e estes ainda devem ser inteiros e sem a presença de gessamento ou centro branco (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2015; MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012).

Para se obter tais genótipos superiores, em relação à qualidade dos grãos, tanto física, química e industrial, o melhorista precisa avaliar uma série de características nos grãos que propiciem tal seleção. Para isso, lança mão de metodologias que o auxiliam na prática da seleção simultânea. São elas: Tandem, que se baseia na seleção de um caractere por vez, sendo demorado, caro e de eficiência baixa; Níveis Independentes de Seleção, que estabelecem níveis máximos e mínimos, mas que podem levar à exclusão de indivíduos ruins em uma característica, mas bom nas outras; Índices de Seleção, que reúnem as informações de todos os caracteres em um único valor (RAMALHO et al., 2012).

Como citado anteriormente, para a seleção de linhagens de arroz que atendam às exigências do mercado, várias características desejáveis têm de ser reunidas, sendo o índice de seleção uma boa alternativa, já que permite combinar os múltiplos valores de diferentes características analisadas, de modo que a seleção seja feita em um único valor envolvendo todos os demais, sendo possível a seleção com base em um conjunto de variáveis que reúna vários atributos de interesse econômico (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Outra vantagem é permitir que o desempenho para uma determinada característica compense alguma outra, sendo considerado mais flexível quando comparado a outros métodos de seleção de múltiplos caracteres (BERNARDO, 2002).

A primeira proposta de índice foi apresentada por Smith (1936), onde o uso de índice de seleção seria critério de seleção simultânea, para duas ou mais características correlacionadas, sendo adaptada ao melhoramento genético animal por Hazel (1943). São necessários os pesos econômicos, as variâncias genótípicas e fenotípicas relativas a cada característica, e as covariâncias genótípicas e fenotípicas entre cada par de características (FREITAS JÚNIOR et al., 2009). Posteriormente, Williams (1962) propôs o índice Base, onde os índices são feitos mediante a combinação linear dos valores fenotípicos médios das características, os quais são ponderados pelos seus respectivos pesos econômicos. O índice com base na soma de postos ou Ranks proposto Mulamba e Mock (1978), consiste em classificar os genótipos em relação a cada uma das características, em ordem decrescente. Uma vez classificados, são somadas as ordens de cada material genético referente a cada característica (FREITAS JÚNIOR et al., 2009). E ainda, o somatório Z das variáveis padronizadas (Índice Z), onde os dados das características são padronizados com intuito de torná-los diretamente comparáveis (NUNES; RAMALHO; ABREU, 2005).

É possível encontrar trabalhos onde resultados positivos para a seleção de um conjunto de caracteres foram observados com índices de seleção realizados com diferentes culturas como: café (REZENDE et al., 2014), milho de pipoca (FREITAS JÚNIOR et al., 2009), feijão (LIMA, 2015), maracujá (OLIVEIRA et al., 2008). Já para a cultura do arroz, não foram encontrados trabalhos com índices para qualidade de grãos.

Assim, objetivou-se estudar o emprego de índices de seleção para arroz de terras altas, visando a seleção de genótipos com alta qualidade de grãos, comparando-os com a seleção direta pela produtividade.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 A cultura do arroz

Quando se consideram os aspectos sociais, econômicos e culturais, é inegável considerar o arroz como um dos cereais mais importantes do mundo. Pesquisas realizadas no Brasil, avaliaram que a relação custo/benefício como fator de escolha de fontes alimentares, mostraram que o arroz apresenta um excelente desempenho por este ser um alimento disponível em todo o território brasileiro, ser parte da cultura alimentar, tendo grande aceitabilidade e custo acessível (INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - IRGA, 2008). O Brasil é o maior produtor fora da Ásia, produzindo na safra de 2016/2017 aproximadamente 12,3 milhões de toneladas de arroz em uma área de 1,9 milhões de hectares (CONAB, 2017).

O arroz é uma planta monocotiledônea, anual, herbácea pertencente à família poaceae. É uma planta adaptada a solos alagados, entretanto tem boa capacidade de desenvolvimento em áreas com pouca disponibilidade de água (GUIMARÃES; FAGERIA; BARBOSA FILHO, 2002).

O arroz possui um sistema secundário de raízes adventícias fibrosas que propiciam um eficiente suprimento de oxigênio ao sistema radicular, mesmo em condições anaeróbicas, de inundação. De maneira geral, as cultivares tradicionais de terras altas apresentam raízes longas e espessas, enquanto as de áreas irrigadas possuem raízes finas e fibrosas. Há relatos de que a profundidade do sistema radicular no solo raramente ultrapasse 40 cm, no entanto, Guimarães, Fageria e Barbosa Filho (2002) relatam que o arroz de terras altas pode apresentar raízes a 140 cm de profundidade.

A planta de arroz é autógama, sendo a taxa de alogamia do arroz baixa devido à estrutura floral favorecer a autofecundação (SANTOS; STONE; VIEIRA, 2006). As flores denominadas espiguetas são andróginas, constituídas de pistilo, estames e lodículas, reunidas em inflorescência do tipo panícula, onde cada panícula é composta por 50 a 250 espiguetas.

O arroz apresenta uma grande quantidade de espécies e a maior parte delas pode ser classificada em duas diferentes subespécies: *Oryza sativa* ssp. Indica e *Oryza sativa* ssp. Japonica. Posteriormente, para a inclusão de outros ecotipos da planta, a subespécie Javanica foi adicionada a esta classificação (PINHEIRO, 2006).

As diferenças das subespécies Indica e Japônica são tanto nos aspectos morfológicos quanto fisiológicos, sendo a mais marcante, o tipo de grão. O mais cultivado no Brasil, o grupo Indica, caracteriza-se por grãos longos e finos. Já o arroz do grupo Japônica apresenta grãos mais curtos e arredondados (PINHEIRO, 2008).

Diferente de outros cereais como o trigo e o milho, que são em sua maioria consumidos como ingredientes processados, o arroz é consumido majoritariamente na forma de grão (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008). Uma pequena porção do arroz produzido é usada como ingrediente em alimentos processados ou como ração (ZHOU et al., 2002); consumidores também passaram a optar pelo consumo do grão integral e produtos diversos a base de arroz (FITZGERALD et al., 2009).

Os grãos inteiros são as principais formas de consumo de arroz no Brasil. O arroz é classificado em quatro principais tipos de produtos: arroz beneficiado polido, integral, parboilizado e parboilizado integral. A forma mais consumida pela população brasileira é o arroz polido, obtido através do descasque e do polimento do grão integral. Já o parboilizado caracteriza-se como o grão que, ainda em casca, foi submetido a um processo hidrotérmico que provoca a gelatinização parcial do amido, sendo posteriormente seco, descascado e polido. O arroz integral refere-se àquele do qual somente a casca é retirada durante o processo de beneficiamento, podendo ser previamente parboilizado ou não (BRASIL, 2012; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2013).

Para a comercialização do grão diretamente ao consumidor, o processo de beneficiamento do arroz é necessário, pois possibilita a visualização de características que interferem na qualidade, tais como: presença de grãos inteiros ou quebrados, translucidez do grão, presença de manchas ou imperfeições (LAMBERTS et al., 2007).

Os principais componentes do grão de arroz são os carboidratos, correspondendo a aproximadamente 90% da matéria seca do arroz polido, estando presente principalmente no endosperma (BAO et al., 2004). Esses carboidratos são, em sua maioria, amido, um polissacarídeo constituído por duas formas poliméricas de glicose: amilose, que é essencialmente linear, com ligações  $\alpha$  (1-4) e a amilopectina, uma molécula altamente ramificada, composta por unidades de glicose ligadas em  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6, sendo esta última a responsável pela ramificação da molécula. A maior fração do amido no arroz é a amilopectina, sendo a proporção amilose:amilopectina um fator determinante na qualidade de cozimento do arroz (FITZGERALD; Mc COUCH; HALL; 2009; JULIANO, 1993).

Também fazem parte da constituição do arroz quantidades menores de proteínas, lipídios, fibras e minerais. Contudo, variações ambientais, de manejo, de processamento e de armazenamento levam a diferenças na composição do grão e de suas frações (ZHOU et al., 2002). O centro é rico em amido, enquanto as camadas externas apresentam maiores concentrações de proteínas, lipídios, fibras, minerais e vitaminas. Dessa forma, o polimento resulta em redução no teor de nutrientes, exceto amido, originando as diferenças na composição deste cereal (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

Tabela 3 Composição centesimal média (% na matéria seca) de arroz integral, branco polido e parboilizado polido

Componente	Integral	Branco Polido	Parboilizado Polido
Amido total	74,12	87,58	85,08
Proteína	10,46	8,94	9,44
Lipídeos	2,52	0,36	0,69
Cinzas	1,15	0,3	0,67
Fibras total	11,76	2,87	4,15

Fonte: adaptado de Walter, Marcheza e Avila (2008).

A forma do cereal mais consumida em todo o mundo, o arroz branco polido, é considerado alimento básico e essencial para uma dieta saudável, sendo fonte primária de energia proveniente de carboidratos complexos, além de fonte proteica (NAVES; BASSINELLO, 2006). É fonte de cerca de 30% das calorias e 12% das proteínas da dieta e, juntamente com o feijão, tem um papel fundamental na alimentação básica da população brasileira (PINHEIRO; FERREIRA, 2003). Apesar dos baixos teores de lipídios no arroz (1% à 3%), estes são ricos em ácidos graxos insaturados que possuem importância nos processos fisiológicos e que, por não serem sintetizados pelo organismo humano, devem ser supridos pela alimentação (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

O processo de polimento do arroz acarreta na perda da maioria das fibras do grão. Sua concentração é maior nas camadas externas do grão e diminui em direção ao centro e correspondem aos polissacarídeos não digeridos pelas enzimas no trato gastrointestinal, como celulose, hemiceluloses, amido resistente e pectinas, os quais fazem parte da fração fibra alimentar, que pode ser dividida em solúvel e insolúvel (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

Outra questão importante na cultura do arroz é a possibilidade de ser realizada sob diversas condições de cultivo, sendo dois ecossistemas predominantes: o sistema de várzeas, que compreende o arroz irrigado com inundações controladas, e o de terras altas, com ou sem

irrigação suplementar por aspersão (GUIMARÃES et al., 2006; PINHEIRO, 2008). As maiores produtividades são encontradas no sistema de várzeas, a qual constitui também a maior área cultivada entre os ecossistemas para a produção do arroz. Já o sistema de cultivo denominado terras altas é o que apresenta as menores produtividades, pois seu cultivo é realizado em solos que não são alagados, mas sob condições de seca e, na maioria das vezes, são dependentes da chuva para o aporte de umidade. Muitos desses solos têm baixo pH e são deficientes em nutrientes (CONAB, 2017; UTUMI, 2008).

O Brasil é o país que apresenta a maior área cultivada com arroz de terras altas, sendo o cerrado brasileiro o maior utilizador deste tipo de cultivo. Os solos nessa região são pobres em nutrientes, apresentam baixa capacidade de retenção de água e precipitações pluviais irregulares. A área com a produção do arroz de terras altas diminuiu nos últimos anos, representando 26% da área total cultivada, e apenas 10% da produção nacional (CONAB, 2017). As regiões centro-norte do Mato Grosso, partes do Maranhão e o Pará respondem por cerca de 60% da produção de arroz de terras altas, formando uma macrorregião bastante favorável a este sistema, devido à maior pluviosidade observada (CONAB, 2017).

O padrão de referência de qualidade de grãos de arroz até meados da década de 70 provinha do arroz de terras altas, ainda também possuía os melhores preços no mercado brasileiro, em comparação ao arroz produzido em várzeas, no sul do país (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 2006; CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003). A partir de meados da década de 80, com a introdução de cultivares norte-americanas, houve o aumento do interesse pelo arroz longo fino (agulhinha), produzido em várzeas com irrigação por inundação controlada, em detrimento do arroz de terras altas (SOUZA et al., 2007). Isto implicou na desvalorização de mercado e, conseqüentemente, desestímulo nos agricultores, gerando redução da área plantada para esse tipo de cultivo (CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003).

A pesquisa e o desenvolvimento de tecnologia para a região do Cerrado foram necessários para a competitividade do arroz de terras altas no mercado brasileiro, resultando em avanços consideráveis, entre os quais, o zoneamento agroclimático e a alteração do tipo de planta e da aparência do grão das cultivares (agulhinha), para uma maior aceitação pelo mercado e melhor adaptação ao ambiente de cultivo (BRESEGHELLO; CASTRO; MORAIS, 2006; CONAB, 2015; UTUMI, 2008). Pode-se destacar dentre as características apresentadas, a diminuição da estatura da planta, o aumento do perfilhamento e da dimensão do grão e características de cocção muito similares às do arroz irrigado (PINHEIRO; FERREIRA,

2003). A situação mudou a partir da safra 1996/97, com o lançamento de cultivares com grão agulhinha, recomendadas para plantio em terras altas e vários foram os exemplos de orizicultores que produziram arroz em terras altas com qualidade e custos competitivos (BRESEGHELLO et al., 2011; CASTRO et al., 1999; MORAIS et al., 2006).

Sob esse novo cenário da cultura do arroz, foram lançadas na década de 1990 as primeiras cultivares de arroz de terras altas: BRS Maravilha, BRS Primavera, BRS Canastra, BRS Carisma e BRS Confiança. Essas novas cultivares permitiram maior rentabilidade para o produtor, já que por serem aptas ao sistema de cultivo com uso de irrigação complementar, conseguiram elevar o potencial produtivo médio da cultura do arroz no ecossistema de terras altas de 1,0 para 1,9 toneladas por hectare. Com o uso de lavouras otimizadas, chega-se a atingir valores próximos de 4,0 toneladas por hectare (PINHEIRO, 2006).

## **2.2 Qualidade de grãos em arroz**

As características determinantes da qualidade de grãos em arroz determinam também o valor do produto no mercado, na aceitação pelo consumidor e na adoção de novas cultivares. Essas características englobam a aparência física, as propriedades culinárias e sensoriais e, ainda, o valor nutricional (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2009). O melhoramento genético esteve sempre associado às mudanças mais notáveis na qualidade do arroz e foram decorrentes da melhoria em diversos fatores como aparência dos grãos, rendimento industrial e qualidade culinária. Diferentes propriedades definem a qualidade do grão de arroz, dependendo para qual grupo alvo o sistema pós-colheita está dirigido (ZHOU et al., 2002).

Determinados consumidores podem considerar um produto de boa qualidade, mas um outro grupo de consumidores pode considerar totalmente inaceitável o mesmo produto, devido às diferentes tradições e costumes regionais ou locais existentes (FRANCO, 2011). No Brasil o consumidor tem preferência por um produto que expanda bem em volume, cozinhe rápido e apresente aspecto enxuto, com grãos soltos e macios após o preparo (CONAB, 2015; MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012), e também, que se apresentem macios e soltos após resfriamento e reaquecimento.

A aparência dos grãos é uma característica importante para a comercialização, sendo que o rendimento satisfatório de grãos inteiros, grãos translúcidos e de dimensões homogêneas são os

parâmetros mais procurados pela indústria arroseira e pelos consumidores (KIM et al., 2000; VIEIRA; RABELO, 2006).

A análise da qualidade de grãos baseia-se no conjunto de resultados de não somente um, mas de uma série de testes específicos, diretos ou indiretos, que, em conjunto, servem como indicadores da 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).

A qualidade industrial dos grãos de arroz reflete diretamente o valor do produto no mercado brasileiro, porém essa definição de qualidade depende de fatores relacionados à finalidade do consumo, do tipo de processamento pós-colheita, do grupo étnico envolvido, entre outros. Já os fatores que podem influenciar na valorização de mercado envolvem os rendimentos de grãos inteiros, opacidade e tamanho dos grãos, com todos esses podendo ser influenciados pelo sistema de cultivo, manejo da cultura e pelas cultivares (CAZETTA et al., 2006).

A renda ou rendimento de engenho 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. O grão inteiro é considerado aquele que foi descascado e polido e mesmo quebrado, apresenta comprimento igual ou superior a três quartos do comprimento mínimo da classe a que pertence (BRASIL, 2012; EMBRAPA, 2013).

O gessamento é a opacidade dos grãos, que ocorre no interior do endosperma. Os grãos são considerados quando apresentam 100% do endosperma opaco, diminuindo o valor comercial do produto gessado (BRASIL, 2012). A opacidade (gesso) que se verifica nos grãos ocorre pelo arranjo entre os grânulos de amido e proteína, e se desenvolve sob diversas condições adversas de clima e cultivo (EMBRAPA, 2013; FERREIRA; MÉNDEZ DEL VILLAR; ALMEIDA, 2005).

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% do peso total do lote ou amostra; já a classe de arroz misturado é aquela que nenhuma classe atingiu 80% e portanto possui mistura de

duas ou mais classes. São considerados grãos longos-finos, aqueles com comprimento igual ou superior a 6,00 mm; espessura de 1,9 mm, no máximo; relação comprimento/largura superior a 2,75 mm, porém, como alternativa operacional, os grãos que obtiverem a razão adequada e largura menor que 2,17mm são automaticamente enquadrados como longo-fino. Já os grãos longos são os que apresentam comprimento igual ou superior a 6,00 mm; médios os que têm comprimento entre 5,00 mm e até menos de 6,00 mm e aqueles considerados curtos, com comprimento inferior a 5 mm (BRASIL, 2012; EMBRAPA, 2013). 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 (BRASIL, 2012; EMBRAPA, 2013).

De acordo com a legislação brasileira, é exigida para 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). Vários fatores prejudicam o rendimento do arroz e interferem na proporção de grãos quebrados, estes são: o tipo de cultivar, métodos de colheita e secagem de grãos, condições climáticas após floração e adubação (BRASIL, 2012; VIEIRA; CARVALHO, 1999).

A qualidade culinária e sensorial inclui a avaliação de características como: tempo de cozimento, propriedades de textura, aroma e sua retenção após o cozimento, e a capacidade de permanecer macio por longo tempo após o cozimento (FITZGERALD; McCOUCH; HALL, 2009). É de fundamental importância para o conhecimento das modificações que ocorrem no produto durante o cozimento, conhecer os fatores que controlam o comportamento culinário e de processamento do arroz que estão relacionados às características físico-químicas do grão (VIEIRA; RABELO, 2006). A qualidade culinária e sensorial do arroz é usualmente determinada por três principais características físico-químicas do amido: teor de amilose aparente (JULIANO, 1985), consistência de gel (CAGAMPANG; PEREZ; JULIANO, 1973) e temperatura de gelatinização (LITTLE; HILDER; DAWSON, 1958).

O amido ocupa cerca de 90% do endosperma do grão de arroz. Os grânulos de amido são formados por numerosas moléculas que podem ser fracionadas essencialmente em cadeia linear de amilose e altamente ramificada de amilopectina (ZHOU et al., 2002). Amilose e amilopectina são diferentes em suas propriedades: a amilose tem uma alta tendência a retrogradar e produz géis resistentes e filmes fortes; a amilopectina, dispersa em água, produz géis macios e filmes fracos (PÉREZ; BERTOFT, 2010). Segundo Patindol, Gu e Wang

(2010) a dureza do arroz cozido é função da amilose, enquanto a pegajosidade é atribuída à amilopectina. Amido com elevada razão amilose/amilopectina tem uma estrutura molecular densa e rígida principalmente devido à forte ligação de hidrogênio entre as moléculas de amilose e possíveis complexos formados entre amilose e lipídeos, resultando em géis de amido firmes no arroz cozido (TETENS et al., 1997).

Em cultivares cerosas, de baixos teores de amilose, o endosperma é opaco devido aos espaços de ar entre os grânulos de amido. No arroz não-ceroso, os grânulos de amido, poligonais e irregulares, preenchem a maioria do espaço central dentro das células do endosperma (JANE et al., 1999).

O teor de amilose é considerado um dos principais parâmetros para a qualidade tecnológica e de consumo do arroz (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008). A amilose, por desempenhar um papel importante nas propriedades funcionais e sensoriais do arroz, pode ser usada em fases iniciais de programas de melhoramento para selecionar ou descartar materiais, com base em teores de amilose específicos (FITZGERALD et al., 2009).

Textura, características culinárias, capacidade de absorção de água, expansão de volume, dureza, viscosidade e até mesmo a brancura e o brilho do arroz cozido são afetados pelo teor de amilose (ZHOU et al., 2002). Quanto menor o teor de amilose, os grãos são macios, aquosos e pegajosos no cozimento. Maior teor de amilose leva os grãos a serem mais secos e soltos, e podem endurecer após o resfriamento (BAO et al., 2006).

Considerando a textura do arroz cozido, o teor de amilose é o mais importante parâmetro de avaliação (CHAMPAGNE et al., 1999). Contudo, cultivares de arroz com teor de amilose similares podem ainda diferir em propriedades texturais e certos parâmetros secundários têm sido usados para melhorar essa diferenciação, como conteúdo proteico, temperatura de gelatinização, consistência de gel, perfil viscoamilográfico e estrutura fina da amilopectina (PATINDOL; GU; WANG, 2010). De acordo com Zhou et al. (2002), as diferenças na textura do arroz cozido parecem estar relacionadas com a diferença na fina estrutura da amilopectina. Esta é mais abundante no grão de arroz do que o polímero linear (amilose) (ROSELL; MARCO, 2008). Quando o arroz possui maior conteúdo de amilose e mais amilopectina de cadeia longa este tende a ter propriedade de dureza após cozimento, enquanto que o arroz que possui baixo conteúdo de amilose e amilopectina de cadeia curta tende a ter textura macia após cozimento (ONG; BLANSHARD, 1995).

O conteúdo de amilose medido colorimetricamente é denominado teor de amilose aparente e este número permite a classificação dos grãos em: cerosos ou glutinosos (0 - 4%); de muito baixa amilose (5 - 12%); baixa (12 - 20%); intermediária (20 - 25%); alta (25 - 33%) (JULIANO, 2003). As cultivares glutinosas apresentam grãos com endosperma opaco e, quando cozidos, apresentam-se úmidos, pegajosos e com massa pastosa, sendo o amido quase totalmente formado por amilopectina (VIEIRA; RABELO, 2006). A genética também é determinante dos teores de amilose; a subespécie Indica apresenta maior teor de amilose do que a subespécie Japônica (FERREIRA; MÉNDEZ DEL VILLAR; ALMEIDA, 2005).

Outra característica, além do teor de amilose, é de extrema importância como medida indireta da qualidade do arroz: a temperatura de gelatinização (TG) (CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003). É uma ferramenta que avalia características do comportamento culinário do arroz, como aumento de volume, abertura ou fragmentação dos grãos e desenvolvimento de texturas diferenciadas no arroz cozido (VIEIRA; RABELO, 2006). Temperatura de gelatinização é a temperatura de cozimento na qual os grânulos de amido incham irreversivelmente em água quente com perda de cristalinidade e birrefringência (JULIANO, 2003).

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 (VIEIRA; RABELO, 2006). O teste avalia quanto o grão é resistente à cocção (FERREIRA; MÉNDEZ DEL VILLAR; ALMEIDA, 2005) e é usualmente empregado para prever o tempo de cozimento do arroz (CUEVAS et al., 2010). A TG é classificada como baixa (55-69,5 °C), intermediária (70-74 °C) ou alta (74,5-80 °C) e é medida 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).

Valores de ASV entre 1 e 2 são indicadores de alta TG; 3, alto-intermediário; 4 a 5, intermediário; e 6 a 7, baixa TG (JULIANO; KAORSA-ARD, 1991). A maioria dos programas de seleção de linhagens de arroz de terras altas selecionam, preferencialmente, materiais com TG intermediária, preferidos pelo consumidor brasileiro.

A temperatura de gelatinização é afetada por diversos fatores, incluindo conteúdo de amilose, teor de água do gel, grau de cristalinidade na fração da amilopectina e tamanho da cadeia de amilopectina (ZHOU et al., 2002). Grãos com alta temperatura de gelatinização iniciam a absorção e a dissolução em água a altas temperaturas e necessitam mais água e

maior tempo de cocção do que aqueles com baixa temperatura de gelatinização (ZHOU et al., 2002). Nestes tipos de arroz, são mais frequentes os problemas de cocção, principalmente aqueles relacionados com o centro do grão mal cozido (CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003). Mesmo arrozes com similares teores de amilose podem ser diferentes com relação à consistência da pasta de arroz, medida pela consistência do gel (CG). Quanto à essa característica, cultivares com alto teor de amilose podem apresentar variabilidade quanto à consistência do gel, enquanto aquelas com baixo teor de amilose geralmente apresentam CG macia. Assim, a determinação da CG aparece como uma análise complementar ao teste da amilose e auxilia na diferenciação das cultivares com conteúdo de amilose alto, fornecendo um indicativo da textura do arroz cozido e de seu comportamento após resfriamento (VIEIRA; RABELO, 2006). Esta análise é muito utilizada pelos programas de melhoramento do arroz irrigado na diferenciação de cultivares para mercados de interesse asiático.

Os testes são inúmeros e, além dos descritos anteriormente para avaliação da qualidade de grãos em arroz, existe ainda o teste de panela ou de cocção. Este é um teste direto onde é feita uma avaliação que consiste na preparação culinária do arroz (semelhante ao modo de preparo dos consumidores) e posterior apreciação do mesmo por um grupo de pessoas treinadas. Este teste pode ser considerado o mais conclusivo para a determinação da qualidade do arroz, porém é de difícil realização, pois este tipo de análise demanda quantidade relativamente grande de amostra, de tempo e grande número de pessoas treinadas para avaliação sensorial, tornando-se pouco prático e caro, especialmente quando o número de linhagens a serem avaliadas é grande, além de problemas com erros provenientes de fadiga, subjetividade da análise e, também, da metodologia empregada (CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003).

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

O programa de melhoramento genético na cultura orizícola brasileira, visando o desenvolvimento de variedades para o sistema de terras altas, teve início apenas em 1937, no Instituto Agrônomo de Campinas (SANTOS; STONE; VIEIRA, 2006).

São três as principais fases do melhoramento do arroz de terras altas no Brasil: a primeira caracterizada pelas introduções feitas de outros países e o aproveitamento da variabilidade genética existente nas variedades locais; a segunda tem como característica a obtenção de variabilidade genética por meio de hibridações e pelas coletas e introduções de

outros países; e a terceira, com início na década de 1970, se caracteriza pelas atividades desenvolvidas pela Embrapa e as instituições de pesquisa agropecuária (PEREIRA, 2002).

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, onde é totalmente dependente das precipitações ocorridas nas regiões de cultivo (CARGNIN et al., 2008).

A produtividade 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. Começou-se, então, a priorização da qualidade em detrimento da produtividade, devido principalmente a um mercado consumidor cada vez mais exigente por um produto de melhor qualidade. O resultado desse processo foi uma diminuição no ganho de produtividade de grãos nos programas de melhoramento do arroz, sendo resultado de um estreitamento da base genética, além da priorização da qualidade do grão (CASTRO et al., 1999; RANGEL, 2000).

Isso pode ser observado no Programa de Melhoramento Genético do Arroz de Terras Altas em Minas Gerais, onde Soares et al. (1999), quantificaram o ganho genético com o melhoramento do arroz de terras altas, entre 1974 e 1995, verificando um ganho genético médio anual de 1,26% para os materiais do grupo precoce, e de 3,37% para os do grupo médio ou tardio. Uma das maiores contribuições para esse ganho foi o desenvolvimento de cultivares de grãos agulhinha de alta qualidade culinária, característica que até meados da década de 90, eram exclusivas de cultivares de várzeas. Este foi o ponto de mudança, igualando a competição do arroz de terras altas, com o arroz irrigado no mercado de grãos (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS - EPAMIG, 2004).

Avaliando a Embrapa e seu programa de melhoramento de arroz de terras altas no Brasil, Breseghello (2011) verificou aumento da produção de grãos e redução na altura da planta e duração do ciclo no período de 1984 a 2009, com destaque nos últimos anos para o ganho de produtividade. Durante esse mesmo período, grandes mudanças foram realizadas na qualidade de grãos, agregando valor às cultivares de arroz de terras altas modernas. Na seleção de linhagens para obtenção de novas cultivares de arroz, alguns caracteres são desejáveis, tais como: tolerância a déficit hídrico; ciclo curto; resistência a doenças;

diminuição do porte; tolerância ao acamamento; tolerância à toxidez de alumínio; grãos longo-fino (agulhinha) e boa qualidade culinária (EPAMIG, 2004).

O sucesso dos programas de melhoramento genético de arroz de terras altas em colocar no mercado novas cultivares geneticamente melhoradas para qualidade, com grãos longo-finos tem sido positivo. A busca passou a ser a obtenção de grãos com teores de amilose e temperatura de gelatinização intermediários, que resultam em um arroz enxuto, solto e macio após o cozimento (CASTRO; FERREIRA; MORAIS, 2003).

O foco dos programas de melhoramento de arroz é a substituição de cultivares de alta qualidade e menor rendimento por outras de maior rendimento e com 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 definidos (FITZGERALD; MCCOUCH; HALL, 2009). As ferramentas utilizadas para avaliar a qualidade de grãos são baseadas na determinação de características físicas e químicas do grão, e muitas vezes, incapazes de distinguir uma variedade antiga de uma potencial substituta, por não avaliarem o produto da forma como ele é consumido. Portanto, alguns caracteres de qualidade, normalmente identificados pelos consumidores, não são avaliados, sendo o desafio principal nos programas de melhoramento de arroz.

Vários são os caracteres sensoriais de qualidade importantes na diferenciação e seleção de cultivares de arroz, dentre eles: sabor, odor, textura, rugosidade, maciez e elasticidade do grão. Para o entendimento da base estrutural e genética desses atributos, os programas de avaliação da qualidade devem sempre melhorar sua capacidade e desenvolver meios capazes de avaliá-los (CHAMPAGNE et al., 2010).

Algumas cultivares de sucesso podem ser citadas como o caso da BRS Primavera. Esta destaca-se como padrão de arroz de terras altas. Desenvolvida em 1997 pelo programa de melhoramento genético da Embrapa Arroz e Feijão, é uma cultivar com excelente qualidade culinária, mas apresenta uma dificuldade quanto ao ponto de colheita; caso seja colhida com umidade abaixo de 20% pode ocasionar o aparecimento significativo de grãos quebrados (EMBRAPA, 2004). O tamanho de seus grãos enquadram-se ao tipo longo-fino. Estes também possuem teor de amilose intermediário, característica que tornou a cultivar competitiva com o arroz irrigado (FERREIRA; MÉNDEZ DEL VILLAR; ALMEIDA, 2005). Possui uma alta produtividade e ampla adaptação a diferentes sistemas agrícolas, mas

apresenta alguns problemas agronômicos como a tendência ao acamamento e quebra da sua resistência à brusone, principal doença que ataca a cultura do arroz. Entretanto, esta perda é compensada pelo maior preço pago pela indústria para grãos desta cultivar (PINHEIRO; FERREIRA, 2003).

Outra cultivar a ser mencionada é a Douradão, que também foi desenvolvida pela Embrapa Arroz e Feijão, a partir do cruzamento entre “IAC-25” e a linhagem 63-83, esta última introduzida da África. Foi lançada como cultivar em 1987, pela EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), no Estado de Minas Gerais. O principal objetivo do desenvolvimento desta cultivar foi combinar as características de precocidade, adaptabilidade e qualidade de grão da cultivar IAC-25 à boa resistência à seca e a algumas raças de brusone da linhagem africana. Possui grãos longos, claros e translúcidos, porém, com dimensões desfavoráveis e qualidade de cocção inferior a cultivar BRS Primavera (EPAMIG, 1987).

## **2.4 Índices de seleção**

Os melhoristas usualmente selecionam vários caracteres simultaneamente afim de se obter cultivares que reúnam vários atributos favoráveis e que atendam às exigências do produtor e principalmente do consumidor. No entanto, a seleção de materiais superiores consiste em uma tarefa bastante trabalhosa, pois os caracteres de importância, geralmente quantitativos, apresentam comportamento complexo, por serem influenciados pelo ambiente e estarem inter-relacionados (CRUZ, 2001).

Três diferentes opções podem ser adotadas para a obtenção de ganhos genéticos em todos os caracteres de interesse: seleção em Tandem, Níveis Independentes de Seleção e Índice de Seleção (BERNARDO, 2002).

A seleção em Tandem baseia-se na seleção de uma característica por vez, sendo demorada e nem sempre eficaz, por isso é pouco utilizada. Já os Níveis Independentes de Seleção estabelecem níveis máximos e mínimos para cada característica, podendo haver eliminação de indivíduos bons em alguns caracteres, mas que estejam fora dos limites para outras características. A terceira opção, Índices de Seleção, permite combinar em um único valor múltiplas informações obtidas para os diferentes caracteres (RAMALHO et al., 2012; RESENDE, 2002).

Segundo Lima (2015), o índice de seleção constitui-se num caráter adicional que resulta da ponderação dos caracteres por meio de coeficientes estimados com base nos valores econômicos, variâncias e covariâncias genéticas e/ou informações de interesse dos melhoristas.

Vários índices podem ser encontrados na literatura, os quais são compostos por combinações lineares das medidas fenotípicas dos diversos caracteres, permitindo utilizar um único valor para efetuar a seleção de maneira mais eficiente (GARCIA; SOUZA JÚNIOR, 1999).

Proposto por Hazel (1943) e Smith (1939) para ser utilizado em animais, o primeiro índice de seleção, é conhecido como índice clássico, consistindo em uma combinação linear dos valores fenotípicos dos vários caracteres de interesse. A eficiência do índice está associada à obtenção de estimativas de variâncias e covariâncias genéticas e fenotípicas dos diferentes caracteres. Importante também é a questão do peso econômico atribuído a cada caráter (RAMALHO et al., 2012). Este fator é importante diante da dificuldade de obtenção dos valores dos pesos, que devem ser estimados de modo a maximizar a correlação entre o índice de seleção (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Duas grandes limitações estão ligadas a este índice, a primeira é que o ganho genético para um determinado caráter não pode ser particularizado; a segunda é que podem ocorrer respostas indesejáveis nos caracteres individuais dentro do agregado fenotípico, principalmente quando esses caracteres são geneticamente correlacionados com caracteres que têm valores econômicos altos, alta herdabilidade ou alta variância genética (CRUZ; CARNEIRO, 2003).

Posteriormente, Williams (1962) propôs o denominado índice Base, para evitar a interferência de imprecisões das matrizes de variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas. Propôs o estabelecimento de índices, através da combinação linear dos valores fenotípicos médios das características, os quais são ponderados diretamente pelos seus respectivos pesos econômicos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Mulamba e Mock (1978) propuseram o índice com base na soma de postos ou “Ranks”, que consiste em classificar os materiais em relação a cada uma das características, em ordem decrescente. Após a classificação, são somadas as ordens de cada material genético referente a cada característica, resultando em uma medida adicional, tomada como índice de seleção (FREITAS JÚNIOR et al., 2009).

Em relação ao somatório das variáveis padronizadas (Índice Z), os dados são padronizados, com intuito de torná-los diretamente comparáveis. Estes são utilizados para construir um diagrama para cada cultivar, permitindo que a interpretação seja feita graficamente. A variável Z pode assumir valores negativos e positivos, então soma-se uma constante às suas estimativas, para que não ocorram valores negativos (NUNES; RAMALHO; ABREU, 2005).

De acordo com a exposição gráfica, esse índice é também conhecido como ‘bola cheia ou murcha’. Bola cheia quando o material tem valores favoráveis para as características, e bola murcha quando ela é deficiente em uma ou até todas as características (MARQUES JÚNIOR; FERREIRA; RAMALHO, 1996).

Em revisão na literatura, alguns trabalhos são encontrados sobre índices de seleção. A seleção direta aplicada num único caráter proporciona maiores ganhos para este, entretanto, pode provocar grandes efeitos indesejáveis sobre os demais caracteres, como observado por Santos e Araújo (2001), em um trabalho realizado com feijão. Já os índices, proporcionaram ganhos desejáveis quando considerado o conjunto dos caracteres. Isso também foi observado por Oliveira et al. (2008) que, trabalhando com maracujá, obtiveram maior ganho de seleção, de uma forma equilibrada, utilizando índice de seleção.

Em trabalho de melhoramento de milho pipoca, Freitas Júnior (2009), também registrou melhores resultados em relação ao índice Mulamba e Mock (Ranks). Tal índice não apenas proporcionou ganhos satisfatórios, como também revelou ganhos negativos para as características indesejáveis. Resultados satisfatórios foram obtidos por Mendes et al. (2009), utilizando o índice Z em feijão. Em batata (TERRES et al., 2015), café (FERREIRA; MÉNDEZ DEL VILLAR; ALMEIDA, 2005) e alfafa (VASCONCELOS et al., 2010), também foram obtidos resultados favoráveis com a utilização de índices de seleção.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local

Os experimentos foram conduzidos nos municípios de Lavras-MG, no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, e no município de Lambari-MG, na fazenda experimental da EPAMIG, durante as safras 2015/2016 e 2016/2017. As coordenadas geográficas, altitudes e tipo de clima, pela classificação de Köppen-Geiger (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007), estão descritas na Tabela 2.

Tabela 4 Coordenadas geográficas e altitudes dos municípios onde os experimentos foram avaliados

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

#### 3.2 Genótipos

Foram avaliadas 14 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, conforme apresentadas na Tabela 3.

Tabela 5 Identificação dos genótipos utilizados no experimento

Identificação	Nome do Genótipo
1	CMG 2162
2	CMG 2168
3	BRS ESMERALDA
4	CMG 2170
5	CMG 2119
6	BRSMG CAÇULA
7	CMG 2185
8	CMG 2187
9	CMG 2188
10	CMG 2085
11	BRSMG CARAVERA
13	CMG 1511
15	CMG 1896
19	CMG 1509

### 3.3 Condução dos experimentos

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados, com três repetições. As parcelas foram constituídas por cinco linhas de quatro metros, a densidade da semeadura foi de 80 sementes por metro linear com espaçamento entre linhas de 35 cm e parcela útil de 4,2 m<sup>2</sup>. Os plantios foram realizados entre os meses de novembro e dezembro, nos anos de 2015 e 2016. Os tratos culturais foram os mesmos recomendados para a cultura do arroz de terras altas, excetuando-se o controle de doenças fúngicas, já que o programa também avalia a resistência às doenças.

### 3.4 Caracteres avaliados

#### A) Produtividade de grãos (Kg/ha)

Obtida em gramas por parcela e convertida para Kg/ha, referentes à área útil da parcela, eliminando-se na parcela as duas linhas laterais;

#### B) Rendimento (%)

Porcentagem de grãos inteiros resultantes do beneficiamento dos grãos de arroz. O beneficiamento das amostras foi realizado logo após a colheita, trilhagem e secagem, em moinho de provas da marca Susuki, modelo MT 10, com amostras de 100g.

#### C) Gessamento (%)

Porcentagem de grãos gessados (centro branco) em amostras de 100 grãos brunidos de cada parcela. De modo visual, cada grão foi classificado como gessado ou não gessado, fazendo-se posterior contagem da porcentagem gessada da amostra;

#### D) Teor de Amilose Aparente – T.A.A (%)

Realizado no Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão, o teor de amilose aparente foi determinado pelo Sistema FIA (Análise por Injeção de Fluxo) da Foss Tecator (FIASStar 5000, Dinamarca). As amostras de arroz, previamente moídas em moinho de facas Perten Laboratory Mill 3100, foram injetadas após completa dispersão e gelatinização em solução alcalina, e a absorvância do complexo formado com solução de iodo foi determinada em espectrofotômetro UV-Visível através de um detector digital “Dual-Wavelength (DDW)” a 720 nm. O conteúdo de amilose das amostras foi calculado por meio de uma curva de calibração, preparada com cultivares padrão de arroz pré-selecionadas com

teores de amilose conhecidos e determinados pela ISO 6647: 2007 Rice – Determination of amylose content do International Organization for Standardization e a classificação seguiu a escala de Juliano (2003).

Tabela 6 Classificação do teor de amilose em arroz e características culinárias correspondentes

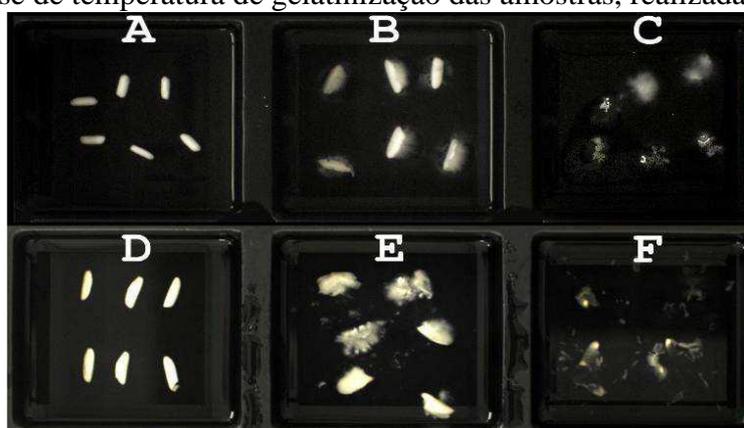
Classificação	Teor de Amilose Aparente (%)	Características Esperadas Após Cozimento
Alta Amilose	25 - 33	Grão seco, solto e duro
Amilose Intermediária	20 - 25	Grão seco, solto e macio
Baixa Amilose	12 - 20	Grão pegajoso e macio
Muito Baixa Amilose	5 - 12	Grão pegajoso e muito macio
Cerosos	0 - 4	Grão muito macio

Fonte: Adaptado de Juliano (2003)

#### E) Temperatura de gelatinização (TG)

Realizado no Laboratório de Grãos e Subprodutos da Embrapa Arroz e Feijão, a temperatura de gelatinização (TG) 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), à 30°C, por 23 horas. Após este período, observou-se visualmente o quanto os grânulos de arroz se dissolveram.

Figura 1 Análise de temperatura de gelatinização das amostras, realizada com seis grãos



TG alta (A e D); TG intermediária (B e E); TG baixa (C e F).

Fonte: Conforme metodologia original de Martínéz e Cuevas (1989).

Os dez grãos da amostra foram classificados de acordo com uma escala numérica de 1 a 7. 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 relação entre grau de dispersão (valores de ASV em escala numérica de 1 a 7) e a temperatura de gelatinização encontra-se descrita na Tabela 3.

Tabela 7 Escala dos graus de dispersão e temperatura de gelatinização de arroz

Grau de Dispersão	Características	Temperatura de Gelatinização
1, 2 e 3	Grãos não afetados pela solução alcalina	Alta (74 a 80°C)
4 e 5	Grãos desintegram parcialmente	Intermediária (69 a 73°C)
6 e 7	Grãos se dissolvem totalmente	Baixa (63 a 68°C)

Fonte: Adaptado de Martínéz e Cuevas (1989).

#### F) 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:

##### A) Tempo Mínimo de cozimento

Primeiramente foram pesados 5g de arroz inteiros que foram adicionados em 135mL de água destilada em ebulição. Após 15 minutos, tomados três grãos entre duas lâminas de vidro e estes são comprimidos, este procedimento é repetido a determinados intervalos de tempo até que o arroz se apresente cozido, ou seja, até a completa gelatinização do amido, onde ao comprimir os grãos não foi mais visto partes brancas, quando isto ocorre o tempo mínimo de cozimento foi determinado (HUMMEL, 1966; CIACCO; CHANG, 1986).

##### B) Índice de absorção de água

Foram pesados novamente 5g de arroz inteiro e estes foram cozidos em 135mL 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 tenha sido eliminada. Posteriormente os grãos cozidos foram pesados e o coeficiente de absorção de água foi calculado pela reação (1) (DONELLY, 1979; HUMMEL, 1966):

$$\text{Coeficiente de absorção de água} = \frac{\text{peso arroz cozido}}{\text{peso arroz cru}} \quad (1)$$

### G) Tamanho dos grãos

Após beneficiamento, foi tomada uma subamostra de 100 grãos brunidos de cada uma das parcelas, e procedidas as análises. A captura das imagens dos grãos de arroz foi realizada com o auxílio do equipamento GroundEye, onde os grãos foram dispostos na bandeja do equipamento sem nenhuma posição definida.

As imagens foram capturadas por câmera de alta resolução e posteriormente foi feita a configuração do GroundEye. Para a calibração da cor do fundo, os valores de luminosidade, a dimensão “a”, a dimensão “b” e o tamanho mínimo do grão foram ajustados de acordo com a espécie a ser estudada.

Posteriormente foram realizadas análises biométricas dos grãos, onde se obteve os valores de comprimento e largura dos grãos, em seguida gerou-se relatório com os resultados das análises realizadas.

Os grãos foram classificados de acordo com os padrões definidos por Brasil (2012), os grãos beneficiados serão classificados como longo-fino ( $C \geq 6$  mm;  $L \leq 2,17$  mm;  $C/L > 2,75$ ), longo ( $C \geq 6$ mm), médio ( $C < 6$  e  $\geq 5$ mm) e curto ( $C < 5$ mm).

### 3.5 Análise dos dados

As análises individuais, por ambiente, para todos os caracteres, foram realizadas utilizando o modelo estatístico:

$$Y_{ij} : \mu + t_i + b_j + e_{ij}$$

em que:

$Y_{ij}$ : é o valor do caráter para o i-ésimo tratamento no j-ésimo bloco e no k-ésimo ambiente;

$\mu$ : é a média geral;

$t_i$ : é o efeito do i-ésimo tratamento, com  $i = 1, 2...14$ ;

$b_j$ : é o efeito do j-ésimo bloco, com  $j = 1, 2...3$ ;

$e_{ij}$ : é o erro aleatório;

E a análise conjunta envolvendo todos os ambientes seguiu o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} : \mu + t_i + b_j + a_k + ta_{ik} + e_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  : é o valor do caráter para p i-ésimo tratamento no j-ésimo bloco e no k-ésimo ambiente;

$\mu$ : é a média geral;

$t_i$ : é o efeito do i-ésimo tratamento, com  $i = 1, 2...14$ ;

$b_j$ : é o efeito do j-ésimo bloco, com  $j = 1, 2...3$ ;

$a_k$ : é o efeito do k-ésimo ambiente,  $k = 1, 2...4$ ;

$ta_{ik}$ : é o efeito da interação entre tratamentos x ambientes.

$e_{ijk}$ : é o erro aleatório;

As estimativas para determinar a precisão experimental utilizadas foram:

A) Coeficiente de Variação (%)

$$CV = \frac{\sigma}{X} \times 100$$

em que:

$\sigma$ : desvio-padrão;

X: média.

B) Acurácia (%)

$$rgg = \sqrt{1 - \frac{1}{F}} \times 100$$

em que:

rgg: acurácia expressa em percentagem;

F: valor de F calculado.

Foram estimadas as correlações fenotípicas entre as características, considerando a média conjunta dos ambientes, segundo metodologia apresentada por Ramalho et al. (2012). As análises foram realizadas utilizando o programa computacional GENES (CRUZ, 2001).

### 3.6 Índices de seleção

Foram considerados sete dos caracteres em estudo, excluindo-se teor de amilose e temperatura de gelatinização, pois estas características são separadas em classes e todas as linhagens obtiveram a mesma classificação, não sendo possível definir, dentro das classes, valores que seriam os superiores. Para todas as características, quando necessário, o peso econômico foi 1. Foi atribuída uma intensidade de seleção de 25% sobre as linhagens, para os caracteres avaliados, totalizando 4 linhagens selecionadas.

Foram empregados os índices:

a) Índice base de Williams (1962):

Para  $n$  caracteres o índice base é dado pela seguinte expressão:

$$I_{W(i)} = \sum_{k=1}^n u_k \bar{y}_{ik} = u_1 \bar{y}_{i1} + u_2 \bar{y}_{i2} + \dots + u_n \bar{y}_{in}$$

em que:

$I_{W(i)}$  é o valor do índice base associado ao indivíduo/linhagem  $i$ ;

$u_k$  é o peso econômico do caráter  $k$ ;

$\bar{y}_{ik}$  é a média fenotípica ajustada do indivíduo/progênie  $i$  relativo ao caráter  $k$ .

A determinação dos valores do índice considerando  $n$  caracteres para  $v$  genótipos pode ser realizada na forma matricial pela seguinte expressão:

$$I_w = M \times u$$

em que:

$M$  é a matriz  $v \times n$  das médias fenotípicas ajustadas dos  $v$  indivíduos/linhagens associados aos  $n$  caracteres;

$u$  é o vetor  $n \times 1$  dos pesos econômicos associados aos caracteres.

b) Índice com base na soma de postos ou “ranks” proposto por Mulamba e Mock (1978):

O princípio do índice de Mulamba e Mock é a transformação em postos, das médias fenotípicas ajustadas dos genótipos para cada caráter de acordo com o interesse do melhorista,

ou seja, no sentido de aumentar ou diminuir a expressão fenotípica. O posto ou rank refere-se à posição ou ordem depois de efetuado o ordenamento. A partir dos postos das linhagens para cada característica, procede-se a soma desses por genótipo, obtendo-se os valores do índice para cada linhagem. O índice para  $n$  caracteres é dado pela seguinte combinação linear dos postos:

$$I_{MM_i} = \sum_{k=1}^n u_k r_{ik} = u_1 r_{i1} + u_2 r_{i2} + \dots + u_n r_{in}$$

em que:

$I_{MM_i}$ : é o valor do índice de Mulamba e Mock associado à linhagem  $i$ ;

$u_k$ : é o peso econômico do caráter  $k$ ;

$r_{ik}$ : é o posto associado à média fenotípica ajustada da linhagem  $i$  relativo ao caráter  $k$ .

c) Somatório das variáveis padronizadas ( $Z$ ):

Os dados dos caracteres foram padronizados por parcela, utilizando o seguinte estimador:

$$Z_{ijq} = \frac{Y_{ijq} - Y_{.qj}}{S_{.qj}}$$

em que:

$Y_{ijq}$ : é a observação da linhagem  $i$  na repetição  $j$  para o caráter  $q$ ;

$Y_{.qj}$ : é a média geral do caráter  $q$  na repetição  $j$ ;

$S_{.qj}$ : é o desvio padrão fenotípico do caráter  $q$  na repetição  $j$ .

Para que não ocorram valores negativos, a constante quatro foi somada às estimativas, pois é possível que a variável  $Z_{ijq}$  assumira valores positivos e negativos. Assim, a média populacional passou a ser quatro, ao invés de zero. Após a obtenção dos valores para as sete características, foi realizado o somatório do índice  $Z$ .

Para o cálculo dos índices de seleção foi utilizado o programa computacional GENES (CRUZ, 2001). O índice ( $Z$ ) foi obtido com o auxílio do programa computacional Excel (2007).

### 3.7 Estimativas do ganho com a seleção

Após o estabelecimento dos índices, foi quantificado o ganho de seleção em cada caráter avaliado e, no conjunto, para cada índice e para a seleção direta. A estimativa do

ganho total foi feita pelo somatório dos ganhos dos caracteres individuais. O ganho esperado para o caráter  $j$ , quando a seleção é praticada sobre o índice, é expresso por:

$$\Delta g_{j(i)} = DS_{(ji)} R_j$$

em que:

$\Delta g_{j(i)} = g_{(ji)}$ : ganho esperado para o caráter  $j$ , com a seleção baseada no índice  $I$ ;

$DS_{(ji)}$ : diferencial de seleção do caráter  $j$ , com a seleção baseada no índice  $I$ ;

$h^2_j$ : repetibilidade do caráter  $j$ .

### 3.8 Índice de coincidência

No intuito de avaliar a correspondência entre o desempenho das linhagens selecionadas pelos diferentes índices de seleção aplicados, estimou-se o índice de coincidência, comparando-se os mesmos dois a dois, utilizando a expressão proposta por Hamblin e Zimmermann (1986):

$$IC = \frac{A - C}{M - C} \cdot 100$$

em que:

$A$ : número de linhagens selecionadas comuns às duas estratégias de seleção;

$C$ : número de linhagens selecionadas nas duas estratégias de seleção, devido ao acaso.

Assume-se que, do número de linhagens selecionadas, uma proporção igual à intensidade de seleção coincida por acaso.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a avaliação da precisão experimental foram empregadas as estimativas do coeficiente de variação (CV%) e a acurácia (rgg). O CV, quando apresentar resultados inferiores a 10% o experimento possui alta precisão, entre 10% e 20% a precisão é considerada boa, entre 20% e 30% a precisão é média e acima de 30% é considerada baixa precisão (PIMENTEL-GOMES, 2009). Já a acurácia varia de 0 a 1 e é classificada segundo Resende e Duarte (2007) como muito alta ( $>0,90$ ), alta (entre 0,70 e 0,90), moderada (entre 0,50 e 0,70) e baixa ( $<0,50$ ). Neste trabalho, o CV foi inferior a 20% para quase todas as características e, associado com estimativas de acurácia maiores que 70%, indica boa confiabilidade nos resultados obtidos.

Em relação à característica gessamento, o CV apresentou valores considerados altos em todos os locais analisados, diminuindo a precisão para a característica (Apêndices A, B, C e D). Isso pode ser verificado, pois a avaliação do gessamento nos grãos é tradicionalmente feita de forma visual e não há nenhum método padrão para efetivamente classificar os grãos gessados em diferentes categorias, exceto para o cálculo da área das partes gessadas dos grãos. O grau de gessamento e sua localização diferem entre as cultivares, entre plantas da mesma cultivar e até mesmo entre grãos da mesma panícula, sendo difícil a utilização de um método padrão (GRIGG; SIEBENMORGEN, 2014).

Os resumos das análises de variância individuais para Lavras e Lambari nas safras de 2015/2016 e 2016/2017 estão apresentadas nos apêndices A, B, C e D. Em relação ao teste F, houve diferença significativa entre os genótipos avaliados, exceto Índice de Absorção de Água (I.A.A.), para os locais Lavras 2015/2016 e Lambari 2016/2017.

Em Lambari 2015/2016, foi detectada variabilidade genética entre as linhagens somente para tempo mínimo de cozimento (t.m.c.), gessamento e rendimento de inteiros. Para Lavras 2016/2017, houve diferença significativa para tempo mínimo de cozimento, gessamento, rendimento de inteiros, comprimento, teor de amilose aparente e produtividade, indicando a presença de variabilidade, o que possibilita inferir, a princípio, sucesso com a seleção. As médias dos quatro locais estão expostas no apêndices E, F, G e H.

Em relação à análise de variância conjunta, a precisão experimental foi boa para quase todos os caracteres, apresentando CV menor que 20%. Novamente, a característica gessamento apresentou alto CV e menor precisão experimental.

Houve diferença significativa para todos os caracteres, excetuando-se o índice de absorção de água, podendo ser observado na Tabela 6. A interação genótipos por ambientes foi significativa em todas as características, indicando que o comportamento das linhagens diferiu nos quatros ambientes avaliados, devido às diferentes condições em que as linhagens foram expostas, ou seja, não houve coincidência na expressão fenotípica dos genótipos.

Tabela 8 Resumo da análise de variância conjunta para: tempo mínimo de cozimento (minutos), índice de absorção de água, gessamento (%), rendimento de inteiros (%), comprimento de grãos (mm), largura de grãos (mm), teor de amilose aparente (%), temperatura de gelatinização (notas) e produtividade de grãos (kg/ha)

FV	GL	Quadrado Médio								
		T.M.C. <sup>1</sup>	I. A. A. <sup>1</sup>	Gess. <sup>1</sup>	Rend. Int. <sup>1</sup>	Compr. <sup>1</sup>	Larg. <sup>1</sup>	T.A.A. <sup>1</sup>	T.G. <sup>1</sup>	Produtividade de grãos
Tratamento	13	7,39**	0,02 <sup>ns</sup>	188,65**	481,24**	0,59**	0,05**	3,72**	0,27**	1919775,43**
Local	3	5,46**	0,63**	40,83**	2101,77**	0,79**	0,27**	12,67**	1,54**	40721009,73**
Trat.*Local	39	3,04**	0,03**	33,12**	189,42**	0,09**	0,04**	2,14**	0,08**	1205959,17**
Rep(local)	8	1,39**	0,01 <sup>ns</sup>	7,87 <sup>ns</sup>	63,13**	0,04**	0,02**	3,34**	0,04**	445479,51 <sup>ns</sup>
Erro	104	0,52 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	11,45 <sup>ns</sup>	30,76 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	1,06 <sup>ns</sup>	0,05**	347137,06 <sup>ns</sup>
CV (%)		3,3	7,04	46,68	16,36	2,87	7,24	4,75	5,48	17,12
rgg (%)		76,15	81,24	90,50	77,84	92,24	70,29	74,01	84,20	70,82
Média Geral		21,8	1,8	5,9	33,8	6,7	2	21,7	4,1	3441,9

\*\* significativo e ns não significativo à 5% de probabilidade pelo teste F

<sup>1</sup>T.M.C.: Tempo mínimo de cozimento

I.A.A.: índice de absorção de água

Gess.: Gessamento

Rend. Int.: Rendimento de inteiros

Compr.: Comprimento

Larg.: Largura

T.A.A.: teor de amilose aparente

T.G.: temperatura de gelatinização

Na Tabela 7 estão expostas as médias para todas as características após a análise conjunta. Observou-se em relação ao tempo mínimo de cozimento valores próximos de vinte minutos, com menor estimativa de 20,9 min e maior de 23,4 min. Estes, semelhantes com encontrados por Paraginski et al. (2014), estudando arrozes antes da parboilização. Foram considerados os menores valores como os melhores, atendendo a uma demanda crescente da população para alimentos de preparo mais rápido (CONAB, 2015).

Em relação ao índice de absorção de água, não foram verificadas diferenças significativas entre os valores e estes ficaram em torno de 2,0 (200%), valores semelhantes aos encontrados por Arns et al. (2014). O grão de arroz ao absorver mais água tem maior aumento de seu volume (rendimento de panela) e provável maior maciez após o cozimento, sendo que as maiores estimativas estão associadas aos genótipos mais promissores para recomendação no mercado.

A porcentagem de grãos gessados variou entre 1,4% e 13,4%. O gessamento em arroz em alguns países, como o Brasil, é considerado um defeito; já para a Espanha e Itália é valorizado comercialmente. O grão gessado é caracterizado quando este perde a translucidez devido a alterações na estrutura do amido do endosperma. Para a indústria, este tipo de grão pode causar maior percentual de grãos quebrados durante as fases de beneficiamento e, assim afetar o enquadramento em tipos diferenciados de grãos, desvalorizando o produto para a comercialização (FRANCO et al., 2011). O mercado consumidor é bastante exigente quanto à translucidez do endosperma, de maneira geral, o arroz Tipo 1, de melhor qualidade, deve apresentar no máximo 2,0% de grãos gessados (BRASIL, 2012).

O Rendimento de inteiros refere-se à porcentagem de grãos de arroz inteiro em determinada amostra ou lote. A menor estimativa obtida foi de 25,8% e a maior foi de 47,1 %, comprovando a existência de diferenças significativas entre as linhagens (Tabela 5). A porcentagem de grãos inteiros é de extrema importância no retorno econômico da cultura. O grão de arroz pode ser quebrado no beneficiamento por vários motivos. Alguns inerentes à própria genética do grão, outros em relação ao manejo e manuseio dos equipamentos e do produto. Aumentos pequenos de 1% ou 2% no rendimento geram valores significativos quando se considera o beneficiamento de grandes quantidades de grãos (CONAB, 2015).

O grão de arroz pode ser classificado em quatro diferentes classes de acordo com o seu tamanho: longo-fino, longo, médio e curto. Para o arroz ser considerado longo-fino, os grãos devem apresentar comprimento maior ou igual a 6mm e espessura menor ou igual a 1,9mm, e ainda uma razão comprimento largura maior que 2,75. Porém, como alternativa operacional, os grãos que obtiverem a razão adequada e largura menor que 2,17mm são automaticamente enquadrados como longo-fino (BRASIL, 2012).

Tabela 9 Médias fenotípicas da análise conjunta para: tempo mínimo de cozimento (minutos), índice de absorção de água, gessamento (%), rendimento de inteiros (%), comprimento de grãos (mm), largura de grãos (mm), teor de amilose aparente (%), temperatura de gelatinização (notas) e produtividade de grãos (kg/ha)

Genótipos	T.M.C. <sup>1</sup>	I.A.A. <sup>1</sup>	Gess. <sup>1</sup>	Rend. Int. <sup>1</sup>	Compr. <sup>1</sup>	Larg. <sup>1</sup>	T.A.A. <sup>1</sup>	T.G. <sup>1</sup>	Produtividade <sup>1</sup>
CMG 1896	21,1 a	1,8 a	12,3 d	29,9 c	6,8 b	2,1 b	21,9 b	4,1 b	3986,0 a
CMG 2119	22,2 b	1,9 a	2,5 a	41,0 b	6,4 c	1,9 a	21,9 b	3,8 a	3821,0 a
CMG 2085	21,8 b	1,8 a	10,1c	33,5 c	7,2 a	2,1 b	22,7 b	4,2 b	3789,0 a
CMG 2188	20,9 a	1,9 a	3,5 a	30,9 c	6,5 c	1,9 a	22,0 b	4,1 b	3735,0 a
CMG 1511	21,9 b	1,8 a	1,4 a	25,8 d	6,4 c	2,0 b	21,6 a	4,2 b	3721,0 a
CMG 1509	21,8 b	1,8 a	3,5 a	40,1 b	6,6 c	2,0 b	21,7 b	4,1 b	3686,0 a
CMG 2187	21,1 a	1,9 a	10,3 c	37,8 b	6,8 b	1,9 a	22,1 b	4,1 b	3610,0 a
BRS ESMERALDA	21,1 a	1,8 a	2,1 a	31,6 c	6,9 b	1,9 a	21,1 a	3,8 a	3492,0 a
CMG 2185	20,8 a	1,8 a	6,3 b	34,8 c	6,7 b	1,9 a	22,5 b	4,2 b	3471,0 a
CMG 2170	22,7 c	1,9 a	4,9 b	38,8 b	6,4 c	2,0 b	21,3 a	4,0 a	3147,0 b
CMG 2168	23,4 d	1,8 a	13,4 d	26,6 d	6,7 b	2,0 b	20,8 a	3,8 a	3089,0 b
CMG 2162	22,5 c	1,9 a	3,1 a	47,1 a	6,4 c	1,8 a	21,1 a	3,8 a	3037,0 b
BRSMG CARAVERA	21,4 a	1,8 a	5,5 b	27,4 d	6,8 b	2,0 b	21,6 a	4,1 b	2960,0 b
BRSMG CAÇULA	22,2 b	1,9 a	4,1 b	28,5 d	6,8 b	2,1 b	21,3a	4,2 b	2631,0 b
Média	21,8	2,0	5,9	33,8	6,7	2,0	21,7	4,0	3441,1

\*Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott à 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>T.M.C.: Tempo Mínimo de Cozimento, I.A.A.: índice de absorção de água, Gess.: Gessamento, Rend. Int.: Rendimento de Inteiros, Compr.: Comprimento, Larg.: Largura, T.A.A.: Teor de Amilose Aparente, T.G.: Temperatura de Gelatinização.

O arroz do tipo longo-fino é o preferido pelo mercado consumidor brasileiro (CONAB, 2015), sendo o mais comercializado no país e o foco nos programas de melhoramento. Todas as linhagens avaliadas se enquadraram como longo-fino, sendo consideradas para seleção as que obtiveram os maiores valores para comprimento e menores para largura.

Em relação ao teor de amilose aparente, a classificação é feita dentro de classes, sendo essas: grãos cerosos (0 – 4%), muito baixa amilose (5 - 12%), baixa (12 - 20%), intermediário (20 - 25%) e alta (25 - 30%) (JULIANO, 2003). Teores maiores de amilose tendem a grãos mais secos e soltos, podendo endurecer após o resfriamento. Já quando os teores são menores, os grãos são macios, aquosos e pegajosos no cozimento (BAO; SUN; CORKE, 2007). O consumidor brasileiro espera um cozimento rápido, que os grãos expandam bem em volume e se apresentem soltos, enxutos e macios, após cozimento, e também depois de resfriados e reaquecidos, sendo esses padrões geralmente obedecidos quando se tem um teor de amilose intermediário (CONAB, 2015; MINGOTTE; HANASHIRO; FORNASIERI FILHO, 2012). No presente trabalho, considerando a característica em questão, houve diferença significativa entre as linhagens, mas todas foram enquadradas como intermediárias (20% a 25% de amilose), estando de acordo com a preferência nacional, sendo o menor teor observado de 20,8% e o maior 22,5%.

A temperatura de gelatinização também é um caráter cuja avaliação é separada por classes: alta, intermediária e baixa. Novamente, a preferência do mercado brasileiro é a classe intermediária (notas 3 e 4). Todas as linhagens estudadas atenderam a esse critério, com valores variando de 3,8 até 4,2. Como os valores de teor de amilose e temperatura de gelatinização são separados em classes e todas as linhagens obtiveram a mesma classificação, as duas características não foram utilizadas no cálculo dos Índices de Seleção, já que não é possível definir dentro das classes valores que seriam os melhores ou piores.

Atender aos padrões exigidos pelo consumidor e a indústria brasileira é indispensável, mas uma linhagem de arroz só obterá sucesso, podendo ser indicada ao produtor, se aliar a tudo isso produtividade de grãos elevada. As linhagens estudadas obtiveram diferença significativa entre si em relação à produtividade, com uma média de 3441,9 Kg/ha, superior à média nacional de produtividade em terras altas que é 2169,0 Kg/ha (CONAB, 2017) e, ainda vale ressaltar que, todas as linhagens apresentaram estimativas médias acima deste patamar.

Para o estudo das relações e interferências das características entre si, foram calculadas as correlações fenotípicas de Pearson.

Tabela 10 Coeficientes de correlação de Pearson para as características avaliadas, duas a duas, considerando a análise conjunta dos dados

	T.M.C. <sup>1</sup>	I.A.A1	Gess. <sup>1</sup>	Rend. Int. <sup>1</sup>	Prod.	Compr. <sup>1</sup>	Larg. <sup>1</sup>	T.A.A1	T.G. <sup>1</sup>
T.M.C. <sup>1</sup>	1	-0,1336	0,0739	0,1334	-0,4783*	-0,3431	0,1534	-0,6136**	-0,4446*
I.A.A1		1	-0,2393	0,1676	-0,172	0,0479	0,0308	0,3041	0,2939
Gess. <sup>1</sup>			1	-0,246	0,1003	0,4821*	0,4418*	0,1511	0,0777
Rend. Int. <sup>1</sup>				1	0,0812	-0,3949	-0,5672**	0,0795	-0,3332
Prod. <sup>1</sup>					1	0,0452	0,0003	0,593**	0,1529
Compr. <sup>1</sup>						1	0,4409*	0,3503	0,303
Larg. <sup>1</sup>							1	0,0846	0,4364*
T.A.A1								1	0,6888**
T.G. <sup>1</sup>									1

\*significativo à 5%

\*\* significativo à 1%

<sup>1</sup>T.M.C.: Tempo Mínimo de Cozimento

I.A.A.: índice de absorção de água

Gess.: Gessamento

Rend. Int.: Rendimento de Inteiros

Prod.: Produtividade de grãos

Compr.: Comprimento

Larg.: Largura

T.A.A.: Teor de Amilose Aparente

T.G.: Temperatura de Gelatinização

Na Tabela 8 é possível observar que há correlação significativa e positiva entre teor de amilose aparente e temperatura de gelatinização, resultado este esperado, já que a amilose é determinante das características de cozimento. É possível observar, também, correlação significativa e positiva entre o tempo mínimo de cozimento, teor de amilose e temperatura de gelatinização. Uma vez que a escala de notas é inversa, valores negativos indicam correlação positiva. Esta pode ser uma ferramenta útil ao melhorista, pois este pode inferir sobre o comportamento de uma característica por meio dos resultados de outra, permitindo realizar a seleção indireta, reduzindo o número de análises necessárias para a seleção.

A partir dos resultados apresentados é possível observar o quanto é trabalhoso e difícil para o melhorista verificar o desempenho das melhores linhagens como um todo, quando se tem vários caracteres, utilizando somente as médias. Nos apêndices E, F, G e H, onde estão expostas as médias de todos os locais, é possível observar que algumas linhagens obtiveram bons desempenhos em algumas características, mas insatisfatórios em outras. Esses resultados são comuns quando se avaliam vários caracteres, porém isso dificulta, sobremaneira, na seleção das melhores linhagens.

Na recomendação de linhagens de arroz, os genótipos devem possuir uma série de características desejáveis em relação à qualidade física, industrial e química, além de boas produtividades. Para que nenhum desses atributos seja deixado de lado, uma opção é utilizar a seleção simultânea dos caracteres envolvidos, pelo uso de Índices de Seleção. Neste trabalho foram usados três índices: Índice Base (WILLIAMS, 1962), Índice de Soma de Postos “Rank” (MULAMB; MOCK, 1978) e o Índice Baseado na Soma das Variáveis Padronizadas, o Índice Z. Para comparação de desempenho com os índices, foi feita também a seleção direta levando em consideração somente os valores de produtividade de grãos.

Na Tabela 9 estão indicadas as linhagens selecionadas para cada índice e também pela seleção direta. É possível observar que a linhagem CMG 2119 foi selecionada em todos os índices e também na seleção direta. Isso demonstra que, além de ter uma boa produtividade, atende aos requisitos para qualidade de grãos.

Tabela 11 Identificação das quatro linhagens de melhor desempenho pelos índices Base, Ranks e Z e também pela Seleção Direta, na média dos ambientes

Classificação	Base	Ranks	Ind. Z	Sel. Direta Prod.
1º	CMG 1896	CMG 2119	BRS Esmeralda	CMG 1896
2º	CMG 2119	CMG 2188	CMG 2188	CMG 2119
3º	CMG 2085	BRS Esmeralda	CMG 2185	CMG 2085
4º	CMG 1511	CMG 2185	CMG 2119	CMG 2188

A seleção direta mostra também que a linhagem CMG 2188 foi selecionada em mais dois índices e que as linhagens CMG 2085 e CMG 1896, apesar de boa produtividade, não foram tão bem avaliadas em relação à qualidade de grãos.

As linhagens BRS Esmeralda e CMG 2185 apresentaram produtividades de nível intermediário, mas foram selecionadas por dois índices, mostrando que suas outras características se destacaram e elevaram sua classificação nos índices Z e Ranks.

Na Tabela 10 estão expostas as porcentagens de coincidência entre os índices e a seleção direta. É possível perceber que os índices Z e Ranks selecionaram exatamente as mesmas linhagens, diferindo apenas as suas colocações (Tabela 9). Reis et al. (2015) com eucalipto e Lima (2015) com feijão, também observaram alta coincidência entre o índice Z e Ranks. O índice base coincidiu em apenas uma linhagem (25%) com os demais.

O Índice Base apresentou 75% de coincidência com a seleção direta, fato esse em decorrência da forte influência da escala dos caracteres. A produtividade de grãos em Kg/ha exerce alta influência sobre os demais caracteres de escala menor, problema esse não existente nos índices de Ranks e Z, pois suas escalas são adimensionais (RAMALHO et al., 2012).

O Índice Base e a Seleção Direta apresentaram alta coincidência entre si, e estes, baixa em relação aos Índices de Ranks e Z, levando a resultados em que cultivares com boas produtividades e qualidade de grãos (CMG 2188 e CMG 2119) foram selecionadas, mas também que outras duas, de produtividade intermediária (CMG 2185 e BRS Esmeralda), foram selecionadas por terem boa qualidade de grãos. Ainda, duas das cultivares mais produtivas (CMG 1896 e CMG 2085) selecionadas pela seleção direta, não apresentaram as melhores características de qualidade não sendo selecionadas nos índices Ranks e Z. Isso leva a considerar estes dois índices como bons para selecionar características de qualidade.

Tabela 12 Porcentagem de coincidência entre os índices de seleção e seleção direta, considerando as 4 melhores progênies selecionadas em cada índice

Índice de Seleção	Índice de Coincidência (%)			
	Base	Ranks	Z	Direta
Base	-	25	25	75
Ranks	-	-	100	50
Z	-	-	-	50

Vivas et al. (2013) com mamoeiro e Freitas Junior (2009) com milho pipoca registraram bons resultados com o emprego do Índice de Ranks. Assim como Oliveira et al. (2008) com maracujá e Rezende et al. (2014) com café, que observaram bons resultados com o Índice Z. Estes também mostraram que o Índice Base obteve melhor desempenho quando usado para selecionar características como a produtividade, semelhante ao observado no trabalho de Vivas et al. (2013) com mamoeiro.

Nota-se que, na literatura, diferentes resultados para a avaliação da eficiência dos índices são encontrados. Isso se deve ao fato de se trabalhar com tipo e número de material diferentes, do número de características, do uso ou não de pesos econômicos, da geração da população, entre outros (BERNARDO, 2002; RAMALHO et al., 2012).

A Tabela 11 apresenta estimativas das porcentagens dos ganhos obtidos com a seleção para cada índice e com a seleção direta, para cada característica. Foi calculado, também, o somatório de ganhos positivos e negativos com a seleção, de acordo com cada característica. As características tempo mínimo de cozimento, gessamento e largura têm seus melhores resultados expressos em menores valores, portanto, os valores negativos indicam que houve ganho para estas características. Para as demais, os valores negativos indicam ganhos negativos, demonstrando a dificuldade de reunir somente características boas em um material.

Em relação à produtividade de grãos, o Índice Base e a Seleção Direta obtiveram os maiores ganhos. Isso era esperado pela alta coincidência entre os mesmos. No entanto, apesar deste ganho em produtividade, estes apresentaram perdas nas características de qualidade, principalmente com gessamento e rendimento de inteiros.

Tabela 13 Ganhos obtidos com a seleção para os índices de seleção: Base, Ranks e Z e com a Seleção Direta, considerando as 4 melhores progênes selecionadas em cada índice.

Índice	Ganho com a seleção (%)							
	T.M.C. <sup>1</sup>	I.A.A. <sup>1</sup>	Gess. <sup>1</sup>	Rend. Int. <sup>1</sup>	Compr. <sup>1</sup>	Larg. <sup>1</sup>	Produtividade	Somatório
Base	-0,10	-0,06	8,75	-2,28	0,36	0,39	4,20	-6,82
Rank	-1,43	-0,08	-11,34	1,32	-0,30	-0,73	2,04	16,48
Z	-1,43	-0,08	-11,34	1,32	-0,30	-0,73	2,04	16,48
Direta	-0,75	-0,58	13,97	0,01	0,71	0,14	4,23	-10,2

<sup>1</sup>T.M.C.: Tempo Mínimo de Cozimento

I.A.A.: índice de absorção de água

Gess.: Gessamento

Rend. Int.: Rendimento de Inteiros

Compr.: Comprimento

Larg.: Largura

T.A.A.: Teor de Amilose Aparente

T.G.: Temperatura de Gelatinização

Os Índices Z e Ranks apresentaram os mesmos ganhos, já que selecionaram as mesmas linhagens. Observando-se somente a produtividade, o ganho foi inferior à seleção direta e o índice Base, entretanto, considerando o somatório dos ganhos de todas as características, estes foram maiores, evidenciando uma melhor seleção para as características de qualidade de grãos. As diferenças, quando se comparam as estimativas de ganhos genéticos obtidos com a Seleção Direta e as estimativas utilizando-se índices, aparecem também no trabalho de Vasconcelos et al. (2010) com alfafa.

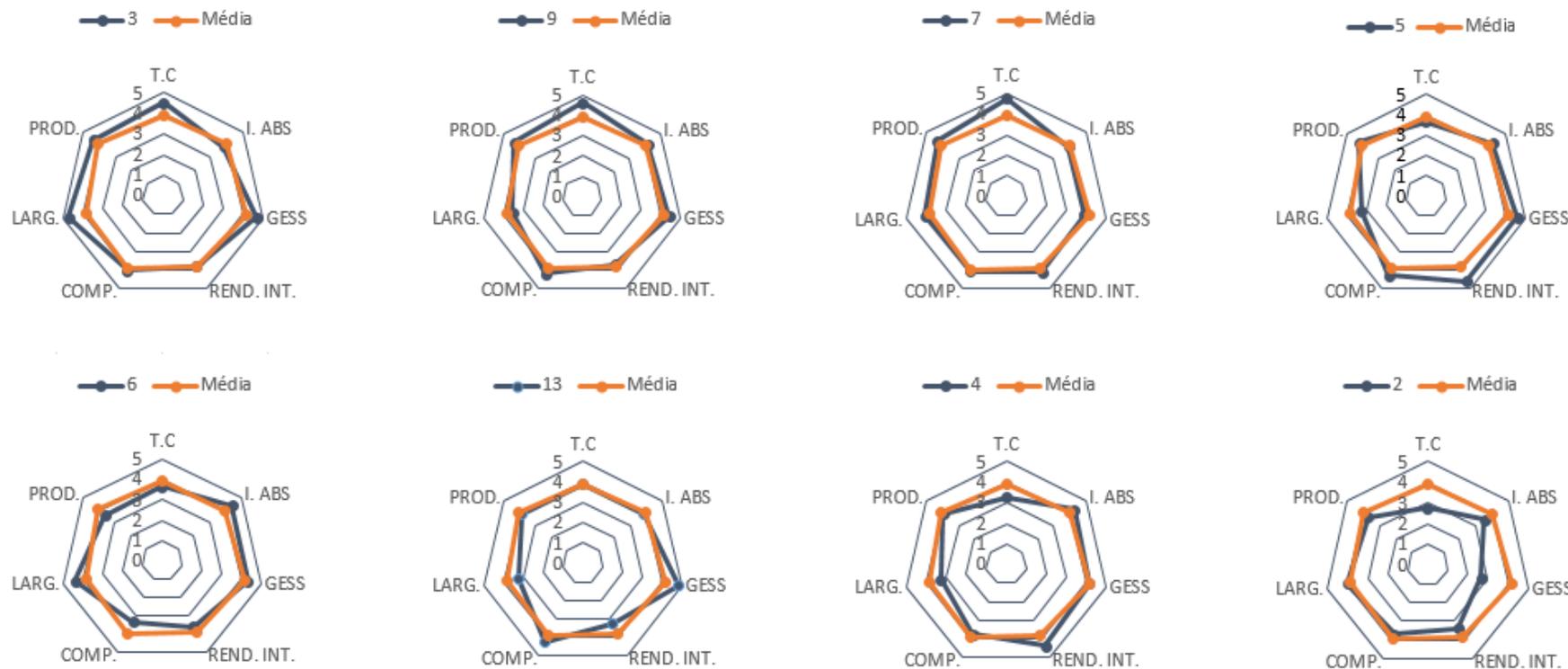
Segundo Terres et al. (2015), ao se utilizarem índices de seleção, é possível obter uma distribuição percentual de ganhos mais homogênea para todas as características, diferentemente da Seleção Direta que proporciona maximização dos ganhos individuais, possibilitando a não obtenção de níveis satisfatórios para os demais caracteres.

Os índices de Ranks e Z são considerados de fácil aplicação, já que não necessitam da elaboração de matrizes de variâncias e covariâncias genéticas, além de não usarem pesos econômicos às suas características (RAMALHO et al., 2012). Além disso, segundo Rodrigues et al. (2011), o índice de Ranks facilita a decisão do melhorista de quais genótipos selecionar e quais descartar.

Aliado ainda à fácil obtenção, o Índice Z pode ser submetido à análise gráfica de desempenho, como apresentado na Figura 2, onde os gráficos das quatro melhores e das quatro piores linhagens estão dispostos. Este é um diferencial deste índice, pois facilita a visão do desempenho das linhagens no geral. É possível perceber quais são as de melhor

desempenho ou “bolas cheias”, observando que sua representação é mais uniforme e maior em comparação com a média geral, como no caso das linhagens 3, 9, 7 e 5. O contrário também é válido, as linhagens de menor desempenho ou as “bolas murchas”, apresentam-se menores que a média geral, como no caso das linhagens 6, 13, 4 e 2.

Figura 14 Representação gráfica dos valores padronizados das características: tempo mínimo de cozimento (minutos), índice de absorção de água, gessamento (%), rendimento de inteiros (%), comprimento de grãos (mm), largura de grãos (mm), teor de amilose aparente (%), temperatura de gelatinização (notas) e produtividade (kg/ha), das quatro melhores e das piores linhagens para o Índice Z.



## 5 CONCLUSÕES

Os Índices de Soma de Postos (Ranks) e Z são mais eficientes na seleção de linhagens com características desejáveis para qualidade de grãos em arroz de terras altas, pois mostram ganhos maiores e mais equilibrados entre os caracteres estudados, além de obterem alta coincidência. O Índice Base mostra-se eficiente somente para seleção de produtividade de grãos, sendo altamente coincidente com a Seleção Direta pela produtividade, não obtendo assim, resultados desejáveis na seleção para a qualidade dos grãos de arroz.

As linhagens CMG 2119 e CMG 2188 obtiveram os melhores resultados para qualidade e produtividade de grãos, sendo selecionadas pelos índices e também pela seleção direta pela produtividade.

## REFERÊNCIAS

- ARNS, B. et al. The effects of heat–moisture treatment of rice grains before parboiling on viscosity profile and physicochemical properties. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 49, n. 8, p. 1939-1945, 2014.
- BAO, J. et al. Analysis of genotypic and environmental effects on rice starch. 1. Apparent amylose content, pasting viscosity, and gel texture. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 52, p. 6010-6016, 2004.
- BAO, J. et al. Analysis of genotypic diversity in the starch physicochemical properties of nonwaxy rice: apparent amylose content, pasting viscosity and gel texture. **Starch**, Weinheim, v. 58, n. 6, p. 259-267, 2006.
- BAO, J.; SUN, M.; CORKE, H. Analysis of genotypic diversity in starch thermal and retrogradation properties in nonwaxy rice. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 67, p. 174–181, 2007.
- BERNARDO, R. **Breeding for quantitative traits in plants**. Woodbury: Stemma, 2002. 368 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 02, de 6 de fevereiro de 2012**. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=918108049>>. Acesso em: 22 nov. 2017.
- BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. M. de; MORAIS, O. P. de. **Progresso genético pelo melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa para os Estados de Goiás, Minas Gerais, Maranhão, Piauí e Mato Grosso**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 24 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Arroz e Feijão).
- BRESEGHELLO, F. et al. Results of 25 years of upland rice breeding in Brazil. **Crop Science**, Madison, v. 51, n. 3, p. 914-923, May 2011.
- CAGAMPANG, G. B.; PEREZ, C. M.; JULIANO, B. O. A gel consistency test for eating quality in Rice. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 24, p. 1589-1594, 1973.
- CARGNIN, A. et al. Interação genótipos e ambientes e implicações na adaptabilidade e estabilidade de arroz sequeiro. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 14, n. 3/4, p. 49-57, 2008.
- CASTRO, E. M. et al. **Qualidade de grãos em arroz**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30 p.

- 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/ REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 1../ 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 220-233. (Documentos, 153).
- CAZETTA, D. A. et al. Industrial quality of an upland rice variety cultivated in rotation with several crops and nitrogen doses in a no-till system. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 155-161, 2006.
- CHAMPAGNE, E. T. et al. Correlation between cooked rice texture and rapid visco analyser measurements. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 5, p. 764-771, 1999.
- CHAMPAGNE, E. T. et al. Important sensory properties differentiating premium rice varieties. **Rice**, Rome, v. 3, n. 4, p. 270-281, 2010.
- CIACCO, C. F.; CHANG, Y. K. **Como fazer massas**. Campinas: UNICAMP, 1986. 127 p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: terceiro levantamento. Safra 2017/2018**. Brasília, 2017.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **A cultura do Arroz**. Brasília, 2015. 180 p.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2003. v. 2, 585 p.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2001. 648 p.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa, MG: UFV, 2012. 508 p.
- CUEVAS, R. P. et al. Melting the secrets of gelatinization temperature in rice. **Functional Plant Biology**, Collingwood, v. 37, p. 439-447, 2010.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-186, 2007.
- DONNELLY, B. J. Pasta products: raw material, tchnology, evaluation. **Macaroni Journal**, Minneapolis, v. 61, n. 1, p. 6-18, 1979.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 2. ed. ver. ampl. Brasília, 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Avaliação de diferentes métodos de cocção de arroz de terras altas para teste sensorial**. Santo Antônio de Goiás, 2004. 8 p. (Comunicado Técnico, 84).

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Arroz: avanços tecnológicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 25, n. 222, p. 1-108, 2004.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. **Douradão**: nova cultivar de arroz de sequeiro para Minas Gerais. Belo Horizonte, 1987. 6 p. (SUCOM – Núcleo de Edições Especiais).

FERREIRA, C. M.; MÉNDEZ DEL VILLAR, P.; ALMEIDA, P. N. A. Qualidade e utilização das principais cultivares de arroz de terras altas. In: FERREIRA, C. M.; SOUZA, I. S. F. DE; MÉNDEZ DEL VILLAR, P. (Ed.). **Desenvolvimento tecnológico e dinâmico da produção de arroz de terras altas no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. cap. 3, p. 37-50.

FITZGERALD, M. A. et al. Addressing the dilemmas of measuring amylose in rice. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 86, n. 5, p. 492-498, 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.

FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J. L. **Manual da cultura do arroz**. Jaboticabal: FUNEP, 2006. 589 p.

FRANCO, D. F. et al. Qualidade do grão formado no colmo principal e nos perfilhos de plantas de arroz (*oryza sativa*, L.) em função de diferentes arranjos de distribuição de plantas no solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 17, n. 1/4, p. 78-84, jan./mar. 2011.

FREITAS JÚNIOR, S. P. et al. Predição de ganhos genéticos na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente utilizando-se diferentes índices de seleção. **Semina**, Londrina, v. 30, p. 803-814, 2009.

GARCIA, A. A. F.; SOUZA JUNIOR, C. L. Comparação de índices de seleção não paramétricos para a seleção de cultivares. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 253-267, 1999.

GRIGG, B. C.; SIEBENMORGEN, T. J. **A Comparison of methods used to quantify chalkiness of head rice**. 2014. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/422b/9305b5be7071c788f6de3772d99319eb8cb2.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2017.

GUIMARÃES, C. M. et al. Sistemas de cultivo. In: 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. 3, p. 59-108.

GUIMARÃES, C. M.; FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. Como a planta de arroz de desenvolve. **Arquivo do Agrônomo**, Campinas, n. 13, p. 1-12, 2002.

HAMBLIN, J. E.; ZIMMERMANN, M. J. O. Breeding common bean for yield in mixtures. **Plant Breeding Reviews**, Westport, v. 4, p. 245-272, 1986.

HAZEL, L. N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Austin, v. 28, p. 476-490, 1943.

HUMMEL, C. **Macaroni products, manufacture, processing and packing**. 2nd ed. London: Food Trade, 1966. 287 p.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ. **Sabores e saberes do arroz: uma oportunidade para a alimentação escolar**. 3. ed. Porto Alegre, 2008. 98 p.

JANE, J. et al. Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 76, n. 5, p. 629-637, 1999.

JULIANO, B. O.; KAORSA-ARD, M. **Assessing rice quality characteristics and prices in selected international markets**. 1991. Disponível em: <<http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=PH19920091381>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

JULIANO, B. O. Polysaccharides, proteins, and lipids of rice. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Rice: chemistry and technology**. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1985. Cap. 3, p. 17-57.

JULIANO, B. O. **Rice chemistry and quality**. Philippines: Philippine Rice Research Institute, 2003. 480 p.

JULIANO, B. O. **Rice in human nutrition**. Rome: FAO, 1993.

KIM, S. S. et al. Physicochemical characteristics of chalky kernels and their effects on sensory quality of cooked rice. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 77, n. 3 p. 373-379, 2000.

LAMBERTS, L. et al. Effect of milling on colour and nutritional properties of rice. **Food Chemistry**, London, v. 100, n. 4, p. 1496-1503, 2007.

LIMA, D. C. et al. Breeding common bean populations for traits using selection index. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 72, n. 2, p. 132-137, 2015.

LITTLE, R. R.; HILDER, G. B.; DAWSON, E. H. Differential effect of dilute alkali on 25 varieties of milled white rice. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 35, p. 111-126, 1958.

MARQUES JÚNIOR, O. G.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P. Emprego de um método gráfico para a escolha de cultivares, considerando vários caracteres do feijoeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão, 1996. p. 347-349.

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**. 3th ed. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1989. 73 p.

- MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 10, p. 1312-1318, out. 2009.
- 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, p. 2605-2618, 2012. Supl. 1.
- MORAIS, O. P. et al. Melhoramento genético. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. S. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. rev. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. p. 97-116.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, p. 40-51, 1978.
- NAVES, M. M. V.; BASSINELLO, P. Z. Importância na nutrição humana. In: 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. 1, p. 17-33.
- NUNES, J. A. R.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B Graphical method in studies of adaptability and stability of cultivars. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 48, p. 182-183, 2005.
- OLIVEIRA, E. J. et al. Seleção em progênies de maracujazeiro-amarelo com base em índices multivariados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1543-1549, 2008.
- ONG, M. H.; BLANSHARD, J. M. V. Texture determinants in cooked, parboiled rice. I: Rice starch amylose and the fine structure of amylopectin. **Journal of Cereal Science**, London, v. 21, p. 251-260, 1995.
- PARAGINSKI, R. T. et al . Propriedades tecnológicas e de cocção em grãos de arroz condicionados em diferentes temperaturas antes da parboilização. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 146-153, jun. 2014 .
- PATINDOL, J.; GU, X.; WANG, Y. Chemometric analysis of cooked Rice texture in relation to starch fine structure and leaching characteristics. **Starch**, Weinheim, v. 62, n. 3/4, p. 188-197, 2010.
- PEREIRA, J. A. **Cultura do Arroz no Brasil**: subsídios para a sua história. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 226 p.
- PÉREZ, S.; BERTOFT, E. The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: a comprehensive review. **Starch**, Weinheim, v. 62, n. 8, p. 389-420, 2010.
- PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15. ed. Piracicaba: ESALQ, 2009. 451 p.

PINHEIRO, B. Características morfológicas da planta relacionadas à produtividade. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. 2. ed. rev. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 1000 p.

PINHEIRO, B. S.; FERREIRA, C. M. Possíveis cenários de produção de arroz no Brasil e no MERCOSUL. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ/ REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 1./ 7., 2002, Florianópolis. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 202-219. Documentos, 153.

PINHEIRO, L. S. Determinação da variabilidade genética nas populações de seleção recorrente de arroz CNA-IRAT 4 e CNA 12 utilizando marcadores microssatélites. 2008. 82 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. 522 p.

RANGEL, P. H. N. et al. Ganhos na produtividade de grãos pelo melhoramento genético do arroz irrigado no meio-norte do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1595-1604, 2000.

REIS, C. A. F. et al. Estratégias na seleção de simultânea de vários caracteres no melhoramento de eucalyptus. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 457-467, 2015.

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.

RESENDE, M. D. V. **Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 975 p.

REZENDE, J. C. de et al. Genetic progress in coffee progenies by different selection criteria. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, p. 347-353, 2014.

RODRIGUES, F. et al. Índice de seleção e estimativa de parâmetros genéticos e fenotípicos para características relacionadas com a produção de milho-verde. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 278-286, 2011.

ROSELL, C. M.; MARCO, C. **Gluten-Free cereal products and beverages**. Rice. Rome: FAO, 2008. cap. 4, p. 81-100.

SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. v. 2.

SANTOS, C. A. F.; ARAÚJO, F. P. Aplicação de índices para seleção de caracteres agrônômicos de feijão-de-corda. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 32, p. 78-84, 2001.

SMITH, H. F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, London, v. 7, p. 240-250, 1936.

- SOARES, A. A. et al. Progresso genético obtido pelo melhoramento do arroz de sequeiro em 21 anos de pesquisa em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 415-424, 1999.
- SOUZA, M. A. et al. Progresso genético do melhoramento de arroz de terras altas no período de 1950 a 2001. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 371-376, 2007.
- TERRES, L. R. et al. Estimativas de ganhos genéticos por diferentes índices de seleção em três populações híbridas de batata. **Horticultura Brasileira**, Vitoria da Conquista, v. 33, n. 3, p. 305-310, Sept. 2015.
- TETENS, I. et al. Physico-chemical characteristics as indicators of starch availability from milled rice. **Journal of Cereal Science**, London, v. 26, n. 3, p. 355-361, 1997.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Rice Outlook, dez, 2017.
- UTUMI, M. M. **Sistema de produção de arroz de terras altas**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008.
- VASCONCELOS, E. S. et al. Estimativas de ganho genético por diferentes critérios de seleção em genótipos de alfafa. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 57, n. 2, p. 205-210, 2010.
- VIEIRA, N. R. A.; CARVALHO, J. L. V. Qualidade tecnológica. In: VIEIRA, N. R. A.; SANTOS, A. B.; SANT'ANA, E. P. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 582-604.
- 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.
- VIVAS, M. et al. Predição de ganhos genéticos e seleção de progênies de mamoeiro para resistência à pinta-preta. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 142-148, 2013.
- WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, 2008.
- 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.
- WILLIAMS, J. S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, Madison, v. 18, p. 375-393, 1962.
- ZHOU, Z. et al. Review: composition and functional properties of rice. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 37, p. 849-868, 2002.

## APÊNDICES

Apêndice A Resumo da análise de variância do ambiente Lavras na safra 2015/2016 para: Tempo Mínimo de Cozimento (minutos), Índice De Absorção De Água, Gessamento (%), Rendimento de Inteiros (%), Comprimento de Grãos (mm), Largura de Grãos (mm), Teor de Amilose Aparente (%), Temperatura de Gelatinização (notas) e Produtividade (Kg/ha).

FV	GL	Quadrado Médio								
		T.M.C. <sup>1</sup>	I. A. A. <sup>1</sup>	Gess. <sup>1</sup>	Rend. Int. <sup>1</sup>	Compr. <sup>1</sup>	Larg. <sup>1</sup>	T.A.A. <sup>1</sup>	T.G. <sup>1</sup>	Produtividade
Tratamento	13	4,80**	0,03	36,72**	294,45**	0,22**	0,34**	3,56**	0,15**	1017737,71**
Repetição	2	0,58	0	3,5	208,16**	0,01	0,00	9,21**	0,01	1066252,49
Erro	26	0,41	0,14	3,01	32,58	0,01	0,01	0,82	0,32	350283,66
CV (%)		2,94	5,93	34,23	17,17	1,53	3,06	4,04	4,17	14,25
Média		21,9	2,02	5,1	33,2	6,8	2,0	22,4	4,4	4152,7

\*\* significativo à 5%

<sup>1</sup>T.M.C.: Tempo Mínimo de Cozimento

I.A.A.: índice de absorção de água

Gess.: Gessamento

Rend. Int.: Rendimento de Inteiros

Compr.: Comprimento

Larg.: Largura

T.A.A.: Teor de Amilose Aparente

T.G.: Temperatura de Gelatinização

Apêndice B Resumo da análise de variância do ambiente Lambari na safra 2015/2016 para: Tempo Mínimo de Cozimento (minutos), Índice De Absorção De Água, Gessamento (%), Rendimento de Inteiros (%), Comprimento de Grãos (mm), Largura de Grãos (mm), Teor de Amilose Aparente (%), Temperatura de Gelatinização (notas) e Produtividade (Kg/ha).

FV	GL	Quadrado Médio								
		T.M.C. <sup>1</sup>	I. A. A. <sup>1</sup>	Gess. <sup>1</sup>	Rend. Int. <sup>1</sup>	Compr. <sup>1</sup>	Larg. <sup>1</sup>	T.A.A. <sup>1</sup>	T.G. <sup>1</sup>	Produtividade
Tratamento	13	4,03 **	0,03	92,84 **	137,05**	0,11	0,01	1,97	0,06	420381,48
Repetição	2	1,13	0,01	17,16	38,74	0,05	0,01	2,73	0,11	1199843,65
Erro	26	0,42	0,02	32,14	50,44	0,09	0,01	2,21	0,08	290527,7
CV (%)		2,96	6,74	70,72	21,96	4,61	4,64	6,95	7,32	16,69
Média		22,1	1,9	7	32,3	6,8	2,1	21,4	4	3229,3

\*\* significativo à 5%

<sup>1</sup>T.M.C.: Tempo Mínimo de Cozimento

I.A.A.: índice de absorção de água

Gess.: Gessamento

Rend. Int.: Rendimento de Inteiros

Compr.: Comprimento

Larg.: Largura

T.A.A.: Teor de Amilose Aparente

T.G.: Temperatura de Gelatinização

Apêndice C Resumo da análise de variância do ambiente Lavras na safra 2016/2017 para: Tempo Mínimo de Cozimento (minutos), Índice De Absorção De Água, Gessamento (%), Rendimento de Inteiros (%), Comprimento de Grãos (mm), Largura de Grãos (mm), Teor de Amilose Aparente (%), Temperatura de Gelatinização (notas) e Produtividade (Kg/ha).

FV	GL	Quadrado Médio								
		T.M.C. <sup>1</sup>	I. A. A. <sup>1</sup>	Gess. <sup>1</sup>	Rend. Int. <sup>1</sup>	Compr. <sup>1</sup>	Larg. <sup>1</sup>	T.A.A. <sup>1</sup>	T.G. <sup>1</sup>	Produtividade
Tratamento	13	2,91**	0,2	102,72**	202,38**	0,32**	0,11	2,31**	0,06	318406,39**
Repetição	2	0,36	0,01	3,31	2,09	0,4	0,10	0,74	0,03	355673,5
Erro	26	0,75	0,2	4,77	19,41	0,3	0,10	0,54	0,03	446209,97
CV (%)		3,97	8,39	33,12	10,13	2,36	13,56	3,49	4,35	15,72
Média		21,9	1,8	6,6	43,5	6,7	1,9	21,2	4	4249,7

\*\* significativo à 5%

<sup>1</sup>T.M.C.: Tempo Mínimo de Cozimento

I.A.A.: índice de absorção de água

Gess.: Gessamento

Rend. Int.: Rendimento de Inteiros

Compr.: Comprimento

Larg.: Largura

T.A.A.: Teor de Amilose Aparente

T.G.: Temperatura de Gelatinização

Apêndice D Resumo da análise de variância do ambiente Lambari na safra 2016/2017 para: Tempo Mínimo de Cozimento (minutos), Índice De Absorção De Água, Gessamento (%), Rendimento de Inteiros (%), Comprimento de Grãos (mm), Largura de Grãos (mm), Teor de Amilose Aparente (%), Temperatura de Gelatinização (notas) e Produtividade (Kg/ha).

FV	GL	Quadrado Médio								
		T.M.C. <sup>1</sup>	I. A. A. <sup>1</sup>	Gess. <sup>1</sup>	Rend. Int. <sup>1</sup>	Compr. <sup>1</sup>	Larg. <sup>1</sup>	T.A.A. <sup>1</sup>	T.G. <sup>1</sup>	Produtividade
Tratamento	13	4,74**	0,03	55,72**	415,62**	0,19**	0,02**	2,29**	0,24**	915227,34**
Repetição	2	3,36**	0,01	7,52	3,51	0,05	0,00	0,65	0,01	240148,38
Erro	26	0,47	0,02	5,88	20,58	0,02	0,01	0,68	0,05	301526,92
CV (%)		3,2	7,23	46,73	17,12	1,92	2,00	3,78	5,74	25,71
Média		21,3	1,8	5,2	26,5	6,5	1,9	21,9	3,9	2135,9

\*\* significativo à 5%

<sup>1</sup>T.M.C.: Tempo Mínimo de Cozimento

I.A.A.: índice de absorção de água

Gess.: Gessamento

Rend. Int.: Rendimento de Inteiros

Compr.: Comprimento

Larg.: Largura

T.A.A.: Teor de Amilose Aparente

T.G.: Temperatura de Gelatinização

Apêndice E Médias do ambiente Lavras na safra 2015/2016 para: Tempo Mínimo de Cozimento (minutos), Índice de Absorção de Água, Gessamento (%), Rendimento de Inteiros (%), Comprimento de Grãos (mm), Largura de Grãos (mm), Teor de Amilose Aparente (%), Temperatura de Gelatinização (notas) e Produtividade (Kg/ha).

Linhagem	T.M.C. <sup>1</sup>	I.A.A. <sup>1</sup>	Gess. <sup>1</sup>	Rend. Int. <sup>1</sup>	Compr. <sup>1</sup>	Larg. <sup>1</sup>	T.A.A. <sup>1</sup>	T.G. <sup>1</sup>	Produtividade <sup>1</sup>
CMG 2162	23,8 d	2,1 a	5,7 b	55,6 a	6,7 c	2,2 c	21,4 a	4,0 a	5211,1 a
CMG 1896	22,1 c	2,1 a	11,0 c	31,6 c	6,8 a	2,0 b	21,0 a	4,5 b	4619,4 a
CMG 2170	23,0 c	1,9 b	4,3 b	41,1 b	6,6 c	2,0 b	22,1 a	4,4 b	4612,5 a
CMG 2188	20,2 a	2,0 b	1,7 a	40,5 b	6,6 c	2,0 b	23,4 b	4,6 b	4533,3 a
CMG 2185	19,9 a	1,9 b	9,0 c	37,1 b	7,1 b	2,0 b	23,8 b	4,6 b	4467,4 a
CMG 2187	22,5 c	2,1 a	7,3 c	42,4 b	7,1 b	2,6 c	23,7 b	4,5 b	4437,5 a
BRS ESMERALDA	20,6 a	1,8 b	2,0 a	34,3 c	6,9 b	1,8 a	20,9 a	3,9 a	4281,9 a
CMG 2168	23,8 d	1,9 b	3,0 b	17,3 d	5,6 c	1,9 b	20,8 a	4,1 a	4215,3 a
CMG 2119	22,1 c	2,1 a	0,7 a	34,1 c	6,7 c	1,8 a	22,7 b	4,1 a	4177,1 a
CMG 1509	21,6 b	2,0 b	3,3 b	24,5 d	6,6 a	2,1 c	21,0 a	4,5 b	3954,9 b
CMG 2085	22,6 c	1,9 b	8,0 c	30,5 c	7,3 a	2,1 c	23,5 b	4,6 b	3645,8 b
BRS CARAVERA	20,6 a	1,8 b	10,3 c	30,3 c	7,2 a	2,1 c	21,4 a	4,2 a	3577,8 b
CMG 1511	21,41 b	2,0 b	1,0 a	23,2 d	6,6 c	2,0 b	23,2 b	4,5 b	3402,8 b
BRS CAÇULA	22,9 c	2,1 a	3,7 b	22,7 d	7,1 b	2,1 c	22,4 b	4,2 a	3001,4 b

\* Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott à 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>T.M.C.: Tempo Mínimo de Cozimento, I.A.A.: índice de absorção de água, Gess.: Gessamento, Rend. Int.: Rendimento de Inteiros, Compr.: Comprimento, Larg.: Largura, T.A.A.: Teor de Amilose Aparente, T.G.: Temperatura de Gelatinização

Apêndice F Médias do ambiente Lambari na safra 2015/2016 para: Tempo Mínimo de Cozimento (minutos), Índice de Absorção de Água, Gessamento (%), Rendimento de Inteiros (%), Comprimento de Grãos (mm), Largura de Grãos (mm), Teor de Amilose Aparente (%), Temperatura de Gelatinização (notas) e Produtividade (Kg/ha).

Linhagem	T.M.C. <sup>1</sup>	I.A.A. <sup>1</sup>	Gess. <sup>1</sup>	Rend. Int. <sup>1</sup>	Compr. <sup>1</sup>	Larg. <sup>1</sup>	T.A.A. <sup>1</sup>	T.G. <sup>1</sup>	Produtividade <sup>1</sup>
CMG 1896	20,6 a	1,8 a	18,0 b	20,3 b	6,8 a	2,0 b	21,0 a	4,5 b	3829,2 a
CMG 1511	23,0 c	1,9 a	2,0 a	34,7 a	6,6 c	2,0 b	23,2 b	4,5 b	3634,7 a
CMG 2119	22,6 c	2,0 a	4,0 a	40,8 a	6,7 c	1,8 a	22,7 b	4,1 a	3490,3 a
CMG 2188	23,3 c	2,1 a	4,3 a	23,3 b	6,6 c	2,0 b	23,4 b	4,6 b	3431,9 a
BRS ESMERALDA	21,5 b	1,8 a	2,3 a	24,6 b	6,9 b	1,8 a	20,9 a	3,9 a	3398,6 a
CMG 2085	20,1 a	1,8 a	14,0 b	41,1 a	7,3 a	2,1 c	23,5 b	4,6 b	3368,1 a
BRSMG CAÇULA	23,2 c	2,0 a	3,6 a	31,4 b	7,1 b	2,1 c	22,4 b	4,2 a	3350,0 a
CMG 1509	23,1 c	1,7 a	6,0 a	30,3 b	6,6 a	2,1 c	21,0 a	4,5 b	3276,4 a
CMG 2162	23,2 c	1,8 a	3,7 a	36,2 a	6,7 c	2,2 c	21,4 a	4,0 a	3275,0 a
CMG 2187	20,3 a	1,8 a	13,3 b	38,1 a	7,1 b	2,6 c	23,7 b	4,5 b	3115,3 a
CMG 2168	23,3 c	1,9 a	15,6 b	31,0 b	5,6 c	1,9 b	20,8 a	4,1 a	3012,5 a
BRSMG CARAVERA	22,2 c	1,8 a	5,3 a	26,1 b	7,2 a	2,1 c	21,4 a	4,2 a	2959,7 a
CMG 2185	21,5 b	1,8 a	4,6 a	35,0 a	7,1 b	2,0 b	23,8 b	4,6 b	2638,9 a
CMG 2170	21,7 b	2,0 a	1,6 a	39,5 a	6,6 c	2,0 b	22,1 a	4,4 b	2429,2 a

\* Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott à 5% de probabilidade.

<sup>1</sup>T.M.C.: Tempo Mínimo de Cozimento, I.A.A.: índice de absorção de água, Gess.: Gessamento, Rend. Int.: Rendimento de Inteiros, Compr.: Comprimento, Larg.: Largura, T.A.A.: Teor de Amilose Aparente, T.G.: Temperatura de Gelatinização.

Apêndice G Médias do ambiente Lavras na safra 2016/2017 para: Tempo Mínimo de Cozimento (minutos), Índice de Absorção de Água, Gessamento (%), Rendimento de Inteiros (%), Comprimento de Grãos (mm), Largura de Grãos (mm), Teor de Amilose Aparente (%), Temperatura de Gelatinização (notas) e Produtividade (Kg/ha).

Linhagem	T.M.C. <sup>1</sup>	I.A.A. <sup>1</sup>	Gess. <sup>1</sup>	Rend. Int. <sup>1</sup>	Compr. <sup>1</sup>	Larg. <sup>1</sup>	T.A.A. <sup>1</sup>	T.G. <sup>1</sup>	Produtividade <sup>1</sup>
CMG 2119	21,1 a	1,8 a	4,0 a	56,1 a	6,4 c	2,0 a	21,8 b	3,9 a	5527,8 a
CMG 2085	22,7 b	1,8 a	9,0 b	42,9 b	7,4 a	2,0 a	22,5 b	4,0 a	5365,1 a
CMG 1511	22,1 b	1,7 a	1,3 a	27,5 d	6,5 c	1,9 a	20,7 a	4,2 a	4982,1 a
CMG 2188	20,1 a	1,8 a	6,0 a	32,7 d	6,5 c	1,8 a	21,5 b	4,0 a	4976,2 a
CMG 2185	21,6 a	1,8 a	8,6 b	41,0 c	6,7 b	1,8 a	21,9 b	4,2 a	4916,7 a
CMG 2187	21,3 a	1,7 a	15,6 c	47,7 b	6,7 b	1,9 a	22,0 b	3,9 a	4730,2 a
CMG 1509	21,4 a	1,7 a	3,0 a	56,8 a	6,6 c	2,0 a	21,8 b	3,9 a	4678,6 a
CMG 1896	22,6 b	1,8 a	9,3 b	46,7 b	6,9 b	2,0 a	22,1 b	4,1 a	4422,6 a
BRS ESMERALDA	20,8 a	1,8 a	2,3 a	38,4 c	6,9 b	1,9 a	20,8 a	3,9 a	4345,2 a
CMG 2170	23,2 b	1,9 a	9,6 b	44,1 b	6,4 c	2,0 a	20,7 a	3,9 a	4041,7 a
CMG 2168	23,7 b	1,6 a	20,0 d	34,9 c	6,8 b	2,0 a	20,0 a	4,0 a	3456,3 b
BRS CARAVERA	22,4 b	1,8 a	1,3 a	44,8 b	6,8 b	2,0 a	20,5 a	4,0 a	3226,2 b
BRS CAÇULA	22,3 b	1,7 a	1,0 a	48,2 b	7,1 b	2,0 a	20,1 a	4,3 a	2908,3 b
CMG 2162	21,6 a	1,7 a	1,0 a	47,2 b	6,1 d	1,9 a	19,8 a	3,8 a	1916,9 c

\* Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott à 5% de probabilidade

<sup>1</sup>T.M.C.: Tempo Mínimo de Cozimento, I.A.A.: índice de absorção de água, Gess.: Gessamento, Rend. Int.: Rendimento de Inteiros, Compr.: Comprimento, Larg.: Largura, T.A.A.: Teor de Amilose Aparente, T.G.: Temperatura de Gelatinização.

Apêndice H Médias do ambiente Lambari na safra 2016/2017 para: Tempo Mínimo de Cozimento (minutos), Índice de Absorção de Água, Gessamento (%), Rendimento de Inteiros (%), Comprimento de Grãos (mm), Largura de Grãos (mm), Teor de Amilose Aparente (%), Temperatura de Gelatinização (notas) e Produtividade (Kg/ha).

Linhagem	T.M.C. <sup>1</sup>	I.A.A. <sup>1</sup>	Gess. <sup>1</sup>	Rend. Int. <sup>1</sup>	Compr. <sup>1</sup>	Larg. <sup>1</sup>	T.A.A. <sup>1</sup>	T.G. <sup>1</sup>	Produtividade <sup>1</sup>
CMG 1896	18,9 a	1,8 a	11,0 b	21,3 b	6,9 b	2,0 a	22,1 b	4,1 a	3076,4 a
CMG 1511	21,3 b	1,7 a	1,3 a	17,9 c	6,5 c	1,9 a	20,7 a	4,2 a	2866,6 a
CMG 1509	21,1 b	1,7 a	2,0 a	49,1 a	6,6 c	2,0 a	21,8 b	3,9 a	2837,5 a
CMG 2085	22,1 c	1,8 a	9,6 b	19,8 c	7,4 a	2,0 a	22,5 b	4,0 a	2777,8 a
CMG 2187	20,4 b	1,7 a	5,0 a	23,1 b	6,7 b	1,9 a	22,0 b	3,9 a	2159,7 b
CMG 2119	23,3 d	1,8 a	1,3 a	33,13 b	6,4 c	2,0 a	21,8 b	3,9 a	2091,6 b
BRSMG CARAVERA	20,5 b	1,8 a	5,3 a	8,6 d	6,8 b	2,0 a	20,5 a	4,0 a	2079,2 b
CMG 2188	20,3 b	1,8 a	2,3 a	27,3 b	6,5 c	1,8 a	21,5 b	4,0 a	2001,4 b
BRS ESMERALDA	21,6 c	1,8 a	1,6 a	29,2 b	6,9 b	1,9 a	20,8 a	3,9 a	1944,4 b
CMG 2185	20,1 b	1,8 a	3,0 a	26,3 b	6,7 b	1,8 a	21,9 b	4,2 a	1870,9 b
CMG 2162	21,8 c	1,7 a	2,3 a	49,4 a	6,1 d	1,9 a	19,8 a	3,8 a	1748,6 b
CMG 2168	22,9 d	1,6 a	15,3 c	23,2 b	6,8 b	2,0 a	20,0 a	4,0 a	1673,6 b
CMG 2170	23,1 d	1,9 a	4,0 a	30,5 b	6,4 c	2,0 a	20,7 a	3,9 a	1506,9 b
BRSMG CAÇULA	20,6 b	1,7 a	8,3 b	12,1 d	7,1 b	2,0 a	20,1 a	4,3 a	12,68,1 b

\* Médias seguidas de mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott e Knott à 5% de probabilidade

<sup>1</sup>T.M.C.: Tempo Mínimo de Cozimento, I.A.A.: índice de absorção de água, Gess.: Gessamento, Rend. Int.: Rendimento de Inteiros, Compr.: Comprimento, Larg.: Largura, T.A.A.: Teor de Amilose Aparente, T.G.: Temperatura de Gelatinização.