

JOÃO FILIPI RODRIGUES GUIMARÃES

**DESENVOLVIMENTO DE GENÓTIPOS DE ARROZ VERMELHO PARA SISTEMA
DE CULTIVO DE TERRAS ALTAS**

RECIFE

2012

JOÃO FILIPI RODRIGUES GUIMARÃES

**DESENVOLVIMENTO DE GENÓTIPOS DE ARROZ VERMELHO PARA SISTEMA
DE CULTIVO DE TERRAS ALTAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Melhoramento Genético de Plantas”, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

ORIENTADOR:

Professor D.Sc. Edson Ferreira da Silva - UFRPE

RECIFE

2012

Ficha catalográfica

G963d Guimarães, João Filipi Rodrigues
 Desenvolvimento de genótipos de arroz vermelho para
 sistema de cultivo de terras altas / João Filipi Rodrigues
 Guimarães. -- Recife, 2012.
 70 f. : il.

 Orientador: Edson Ferreira da Silva.
 Dissertação (Mestrado em Agronomia - Melhoramento
 Genético de Planta) – Universidade Federal Rural de
 Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife, 2012.
 Inclui referências e anexos.

 1. Retrocruzamento 2. Descritores qualitativos
 3. Parâmetros genéticos I. Silva, Edson Ferreira da,
 orientador II. Título

CDD 631.53

**DESENVOLVIMENTO DE GENÓTIPOS DE ARROZ VERMELHO PARA SISTEMA
DE CULTIVO DE TERRAS ALTAS**

JOÃO FILIPI RODRIGUES GUIMARÃES

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: ____/____/____.

ORIENTADOR: _____

Prof. D.Sc. Edson Ferreira da Silva
(Pesquisador/DB/UFRPE)

EXAMINADORES:

Prof. D.Sc. Péricles de Albuquerque Melo Filho
(Pesquisador/DEPA/UFRPE)

Prof. D.Sc. Clodoaldo José da Anunciação
(Pesquisador/DEPA/UFRPE)

D. Sc. Walma Nogueira Ramos Guimarães
(Pesquisadora /DB/UFRPE)

**Recife – PE,
Julho, 2012**

A Deus

Ofereço

Ao meu pai, Luiz Claudio Dias Guimarães, a minha mãe, Rivane de Fátima Rodrigues Guimarães, minhas irmãs, Sarah e Ana.

Dedico

Agradecimentos

A minha família, pela paciência e apoio durante esse período que fiquei longe.

Ao meu pai e a minha mãe, meus ídolos, pessoas simples, bem humoradas e sábias, pessoas que não pouparam esforços para que eu chegasse até aqui.

As minhas irmãs por sempre me proporcionarem força e carinho.

A minha namorada Natália pelo carinho e atenção, e a sua família por serem todos sempre atenciosos e prestativos comigo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Edson Ferreira da Silva, um exemplo de vida, um detentor de grande conhecimento e excelente orientador.

Aos Professores do mestrado: Luiza Suely, Clodoaldo Anunciação, Dimas Menezes, Gerson Quirino, José Luiz Sandes, Vivian Loges, Rosimar Santos pelos ensinamentos e dedicação ao Programa de Melhoramento Genético de plantas da UFRPE.

Aos colegas da UFRPE: Adriana, Alisson, Ana Luisa, Ana Rafaela, Claudia, Fábio, Felipe, Guilherme, Gustavo, Hudsonkleio, Hudson, Ismael Gaião, Ivanildo, Jayne, Jose Carlos, Lucas, Lenivânia, Marília, Natália, Rebeca, Ramon, Rodolfo, Renata, Silvan.

Ao Dr. Roberto de Albuquerque Melo, pela ajuda nos experimentos, além da amizade.

Ao meu amigo e quase irmão Thiago Prates.

Aos companheiros de convivência: Leonardo Tavares, Thiago Lira, Ricardo Valadares, José Maria, Paulo Roberto.

Ao apoio institucional e financeiro da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão de bolsa de pós-graduação durante parte do mestrado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES,
pela concessão de bolsa de mestrado.

Enfim a todos que contribuíram para a conclusão desta etapa.

RESUMO

No Brasil predomina o consumo do arroz branco, contudo em decorrência do aumento da demanda e a necessidade de atender os novos e diversificados hábitos alimentares, surge como uma alternativa os tipos especiais de arroz que possuem características próprias e distintas do arroz branco. O Arroz vermelho é um dos tipos especiais de arroz e normalmente para o seu cultivo são empregadas sementes “crioulas” ou genótipos locais, que em sua maioria apresentam características, como número elevado de perfilhos, porte alto e suscetibilidade ao acamamento. Tais caracteres constituem os principais obstáculos encontrados pelo fitomelhorista e que se superados podem proporcionar contribuição inestimável para desenvolvimento da cultura do Arroz vermelho. O objetivo do trabalho foi obter genótipos de arroz com pericarpo vermelho, por meio da metodologia do retrocruzamento e estimar os parâmetros genéticos da população (F_2) gerada pelo cruzamento entre cultivar IAC 25 e Arroz vermelho, a partir de descritores qualitativos utilizados na cultura do arroz. As plantas foram conduzidas em vasos plásticos em casa de vegetação e a polinização foi realizada naturalmente pela deiscência das anteras e liberação do pólen. Plantas F_1 obtidas do cruzamento entre IAC-25 e Arroz vermelho foram utilizadas como genitores masculinos na obtenção da RC_1 , tendo como genitor feminino nessa e nas demais etapas de retrocruzamento cultivar IAC-25. Para a condução do experimento e estimativa dos parâmetros genéticos adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados com quatro tratamentos (IAC 25, Arroz vermelho, geração F_1 e geração F_2) em quatro repetições, conduzido no Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco em Recife. Foram estimados os parâmetros genéticos dos caracteres: produção de grãos, altura da planta, dias até o florescimento, número de grãos por panícula, comprimento da panícula, comprimento da folha bandeira, largura da folha bandeira, número de perfilhos, dias até a maturação dos grãos. Realizou-se também estudo de herança a partir de descritores morfológicos ausência e presença de pilosidade no limbo foliar, coloração dourada ou palha das glumelas e presença ou ausência de ápulo púrpura do arroz na da população F_2 por meio do teste qui-quadrado (χ^2). No primeiro experimento verificou-se que a cada 16 indivíduos pelo menos um apresentaria o fenótipo esperado, com base na probabilidade de ocorrência do genótipo. Os valores observados demonstraram certo desajuste com as estimativas esperadas, pois na população composta de plantas RC_1 eram esperadas no mínimo dez plantas com produção de grãos vermelhos, foram constadas apenas seis plantas com esse caráter. Na população composta por plantas RC_2 o resultado observado foi ainda mais discrepante em relação aos resultados esperados, pois onde eram esperadas dez plantas com o caráter, foram constatadas apenas duas plantas com grãos de pericarpo vermelho. No segundo experimento as estimativas dos parâmetros genéticos indicaram que as maiores respostas esperadas por seleção foram obtidas nos caracteres altura de planta, comprimento da panícula, número de grãos por panícula e dias até o florescimento. As características altura da planta e dias até a maturação dos grãos apresentam correlações genotípicas positivas com a produtividade. No estudo de herança ficou evidenciado que os caracteres presença e ausência de pilosidade no limbo foliar e cor dourada ou palha das glumelas possuem herança monogênica e apresentam segregação independente.

Palavras chave: Retrocruzamento, descritores qualitativos, parâmetros genéticos.

ABSTRACT

RED-RICE GENOTYPES DEVELOPMENT FOR UPLAND FARMING

In Brazil predominates the consumption of white-rice. However, recently the high demand for special types of rice by the population is increasing the necessity of supplying this new market segment with breeds that have its own characteristics which are different from the common white-rice. Thus, the red-rice is one of this special breed and for its farming are usually employed seeds landraces that have high number of tillers, elevated height and lodging susceptibility. Such characteristics work like barriers that the plant breeder has to overcome in order to sustain the development of the red-rice agriculture. The objectives of this study were to obtain rice with red seed-vessel by the backcross method and estimates the genetics parameters of the population (F_2) generated by the crossing of the IAC 25 cultivar and red-rice from qualitative descriptors utilised in the rice farming. The plants were grown in plastic containers in greenhouse and the pollination was natural by the dehiscence of the anthers and pollen clearance. F_1 plants population were acquired from the crossing of IAC-25 and the red-rice plants that were utilised as male genitors to obtain the RC_1 , being the female genitor at this point and through the rest of the experiment the IAC-25. For the conduction of the experiment and the parameters estimation was adopted the randomized complete blocks design with 4 treatments (IAC-25, red-rice, F_1 population and F_2 population) and 4 replicates at the Federal Rural University of Pernambuco in the city of Recife. The characters of the genetics parameters estimated were: grain production, plant height, days up to blossoming, number of seeds per panicle, panicle length, flag-leaf length, flag-leaf width, numbers of tillers and days up to seed maturation. It was performed as well the study of the genetic inheritance from the morphologic descriptors: either presence or absence of leaf pilosity on the leaf blade, either golden colour or straws at the glumes and either presence or absence purple apiculus at the rice F_2 population by the chi-square test (χ^2). In the first experiment was verified that for each 16 descendent at least one would express the expected phenotype based on the occurrence probability of the genotype. The observed values indicates certain non-alignment with the expected estimations as at the RC_1 population produced only 6 descendents being that it was expected at least 10 plants with red grain production. In the RC_2 population the observed result was even more discrepant concerning the expected values as when it was expected 10 plants with the desired character only 2 were found with the red pericarp. On the second experiment the estimations of the genetics parameters shown that the highest answers by selection were obtained for the plant height, panicle length, numbers of grains per panicle and days up to the blossoming. The plant height and days up to blossoming characteristics showed positive genotypes correlations with the yield. At the inherence study it was evident that the presence and absence of leaf blade pilosity, golden colour and glumes straw have monogenic inheritance and exhibit independent segregation.

Keywords: Backcrossing, qualitative descriptors, genetic parameters.

LISTA DE TABELAS

CAPITULO II

OBTENÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ VERMELHO ATRAVÉS DE RETROCRUZAMENTO

- TABELA 1.** Número de sementes de arroz obtidas por geração, número total de plântulas e percentual de sobrevivência das mudas nas gerações F_1 , RC_1 e RC_2 22
- TABELA 2.** Estimativa do número de genótipos de Arroz vermelho esperados e número total de genótipos de Arroz vermelho observados nas gerações F_1 , RC_1 e RC_2 22

CAPITULO III

PARÂMETROS GENÉTICOS EM POPULAÇÃO p DE ARROZ ORIUNDA DO CRUZAMENTO ENTRE CULTIVAR IAC-25 x ARROZ VERMELHO

- TABELA 1.** Estimativas de variância fenotípica (σ^2_F), Variância genotípica (σ^2_G), Variância ambiental (σ^2_A), herdabilidades no sentido amplo (h^2_a), grau médio de dominância (k_m), número mínimo de genes que controlam o caráter (η) e heterose (H) em geração F_2 oriunda do cruzamento entre cultivar de arroz IAC-25 e Arroz vermelho..... 43
- TABELA 2.** Predição de ganhos por seleção na geração F_2 oriunda do cruzamento entre a cultivar de arroz IAC-25 e o Arroz vermelho para os caracteres altura da planta, comprimento da panícula, comprimento da folha bandeira, largura da folha bandeira, número de perfilhos, dias até o florescimento, dias até a maturação dos grãos, número de grãos por panícula e produção de grãos com intensidade de seleção de 10%.. .44
- TABELA 3.** Estimativa dos coeficientes de correlação fenotípica (r_F) submetidos ao teste t a 1% e 5% de probabilidade e coeficientes de correlação

genotípica ($\hat{r}G$), ambiental ($\hat{r}A$) submetidos a análise *bootstrap* a 1% e 5% de probabilidade entre oito caracteres em arroz..... 45

Tabela 4. Análise de segregação para o carácter presença ou ausência de pilosidade do limbo foliar em população F_2 do cruzamento entre cultivar IAC-25 e Arroz vermelho..... 46

Tabela 5. Análise de segregação para o carácter cor palha ou dourada das glumelas em população F_2 do cruzamento entre cultivar IAC-25 e Arroz vermelho.. 46

Tabela 6. Análise de segregação para o carácter presença ou ausência da coloração púrpura do ápulo na fase de florescimento foliar em população F_2 do cruzamento entre cultivar IAC-25 e Arroz vermelho. 46

Tabela 7. Análise de segregação conjunta para os caracteres coloração palha ou dourada das glumelas e presença ou ausência de pilosidade da folha em população F_2 do cruzamento entre cultivar IAC-25 e Arroz vermelho. 46

SUMÁRIO

Páginas

CAPÍTULO I**INTRODUÇÃO GERAL 1**

1 Origem e aspectos botânicos do arroz cultivado 2

2 Importância econômica e social dos tipos especiais de arroz 3

3 Arroz vermelho..... 4

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 7

CAPÍTULO II**OBTENÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ VERMELHO ADAPTADOS A
TERRAS ALTAS VIA RETROCRUZAMENTO 11**

RESUMO 12

ABSTRACT..... 13

INTRODUÇÃO..... 14

MATERIAL E MÉTODOS..... 15

RESULTADOS E DISCUSSÃO 17

CONCLUSÃO 19

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 20

CAPÍTULO III**PARÂMETROS GENÉTICOS EM POPULAÇÃO SEGREGANTE DE ARROZ
ORIUNDA DO CRUZAMENTO ENTRE CULTIVAR IAC-25 x ARROZ
VERMELHO..... 23**

RESUMO 24

ABSTRACT..... 25

INTRODUÇÃO.....	27
MATERIAL E MÉTODOS.....	28
RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
CONCLUSÕES.....	39
AGRADECIMENTOS.....	39
REFERÊNCIAS	39
TABELAS E FIGURAS.....	43
ANEXO	47
INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS NA REVISTA PESQUISA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA	48

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO GERAL

INTRODUÇÃO GERAL

1 Origem e aspectos botânicos do arroz cultivado

O arroz (*Oryza sativa* L.) tem como centro de origem o sul e sudeste da Ásia, sendo cultivado em todo mundo (REN *et al.*, 2007). O processo de evolução do arroz se deu sob forte pressão de seleção natural e artificial, o que levou a diferenciação de vários grupos ecogeográficos, entre eles os grupos *indica* e *japonica*, que mostram a sincronia em sua diferenciação morfológica e molecular (ABADIE *et al.*, 2005). Segundo Cheng *et al.*, (2003) a espécie *O. sativa* L., se originou da espécie *Oryza rufipogon* Griff., que é perene e possui em sua população natural alta variabilidade o que possibilitaria a potencialização do processo evolutivo.

O arroz pertence à ordem Glumiflorae, família das Poaceas, gênero *Oryzae* o qual é composto de 23 espécies (KHUSH, 1997). Existem duas espécies cultivadas, *O. sativa* L., que é cultivada em todo mundo e *Oryza glaberrima* Steud, que tem seu cultivo restrito ao oeste da África. O número básico de cromossomos do gênero *Oryza* é 12 e há várias espécies poliplóides com $2n=4x=48$. A diferença entre as espécies que compõem esse gênero é a classificação quanto aos seus seis distintos genomas, A, B, C, D, E e F. As espécies *O. sativa* L. e *O. glaberrima* Steud., pertencem ao grupo com genoma A, o qual é composto por oito espécies todas diploides (KHUSH, 1997).

A espécie *O. sativa* L., é anual e após à germinação das sementes em poucas semanas inicia-se a emissão dos perfilhos. O sistema radicular pode ser superficial, como as variedades adaptadas ao ecossistema irrigado, ou profundo como as cultivadas em sequeiro (ABICHEQUER; BOHNEN, 2008).

O colmo principal emite de 8 a 14 folhas e a última folha emitida é denominada de folha bandeira. O comprimento, a largura, ângulo de inserção, a pubescência e a cor das folhas, são alguns dos caracteres que distinguem os genótipos de arroz morfológicamente (PINHEIRO, 1999). As flores do arroz são hermafroditas e estão reunidas em uma inflorescência do tipo panícula, que emerge da parte terminal do colmo. Essa inflorescência é composta por um grupo de flores perfeitas que formam as espiguetas (FONSECA, 2008). O arroz (*O. sativa* L.) é uma

espécie autógama, pois segundo Destro; Montalvan (1999) taxas naturais de fecundação cruzada inferiores a 5% confirmam que tais plantas são autógamas.

2 Importância econômica e social dos tipos especiais de arroz

No Brasil predomina o consumo do arroz branco com características de grão longo e translúcido (LUZ; TREPTOW, 1998). Contudo em decorrência do aumento da demanda e do consumo, tem aumentado cada vez mais a busca de cultivares de arroz com características peculiares de grãos, esses são denominados como “tipos especiais” de arroz (BASSINELLO *et al.*, 2005).

Os tipos especiais de arroz atendem apenas parcelas pequenas e específicas do mercado, influenciados normalmente por hábitos culturais de alguns povos, servidos em restaurantes especializados ou étnicos (EPAGRI, 2011). Os tipos especiais de arroz constituem um grupo pequeno, de forma geral se restringem a função de complementar à renda de pequenos produtores (SHAHIDULLAH *et al.*, 2010).

Para atender a grande demanda por produção de grãos de tipos especiais de arroz tem se adotado a importação de outros países, sendo seu preço no mercado internacional para compra, de duas a três vezes mais alto do que os materiais locais (BASSINELLO *et al.*, 2005).

Os novos mercados e diversificados hábitos alimentares são lucrativas alternativas para os tipos especiais de arroz. O Arroz vermelho, por exemplo, é considerado uma iguaria gastronômica na dieta alimentar dos habitantes do Sertão Nordestino (PEREIRA *et al.*, 2007), o arroz-preto, o arroz-moti, dos imigrantes japoneses no Estado de São Paulo, e o arroz-cateto, caracterizado como um tipo de arroz de forma variada apresentando desde grãos longos, médios ou curtos, com forma arredondada, semi-arredondada ou meio alongada, normalmente consumido como arroz integral (FONSECA *et al.*, 2007).

O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) desenvolveu uma série de cultivares de tipos especiais de arroz, dentre os quais estão o arroz aromático IAC 500, que além do aroma típico, produz altas concentrações de 2-Acetil-1-Pyrroline que

confere o sabor natural amanteigado ao grão cozido (BASTOS; AZZINI; MCCLUNG, 2010). A cultivar de arroz preto, IAC 600 foi desenvolvida para atender demanda de nichos de mercado destinados à culinária mundial (BASTOS *et al.*, 2010) e a cultivar IAC 400, específica para a culinária japonesa, de porte baixo, precoce e resistente a brusone (*Pyricularia grisea* Cavara), para ser cultivado, principalmente, no Vale do Ribeira no Estado de São Paulo (BASTOS *et al.*, 2010). Mais recentemente a mesma instituição lançou o arroz tipo arbório, IAC 300, adequado para pratos como o risoto, dentre outros da culinária italiana (BASTOS *et al.*, 2010).

A necessidade por sementes melhoradas para implantação da lavoura de tipos especiais de arroz tem sido crescente em algumas regiões de cultivos no Brasil (CORDEIRO; RANGEL; MEDEIROS, 2010). A obtenção de cultivares de arroz com tipos de grãos especiais, bem como grãos curtos ou aromáticos, de boa qualidade e adaptados às condições de cultivo do país torna-se uma ótima oportunidade para agregar valor à produção e ampliar o ganho financeiro do agricultor (BASSINELLO *et al.*, 2005).

3 Arroz vermelho

O mercado brasileiro de arroz é pouco diversificado em relação aos tipos de grãos consumidos. Em geral o arroz branco polido é o que atende a demanda da maior parte da população (CASTRO *et al.*, 1999). Este cenário representa uma ótima oportunidade para inserção e crescimento de variedades de tipos de arroz especial, incluindo o Arroz vermelho.

O Arroz vermelho um tipo especial de arroz e também popularmente denominado no Nordeste como arroz-da-terra, foi o primeiro arroz introduzido pelos colonizadores portugueses no Brasil, seu cultivo atualmente se limita a pequenas áreas do semiárido nordestino, nos Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte e Pernambuco (PEREIRA *et al.*, 2007). O consumo do Arroz vermelho na forma integral proporciona maior ganho nutricional ao consumidor em relação ao arroz branco, além disso, algumas características medicinais podem ser atribuídas ao mesmo, o que torna essa variedade bastante apreciada (PEREIRA, 2005).

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

O nome “Arroz vermelho” é decorrente da coloração avermelhada do pericarpo dos grãos, em função do acúmulo de antocianina (SOARES; CAMARGOS, 2009). A cor branca presente nas variedades mais plantadas teve origem a partir de mutação, vindo a se tornar uma característica de interesse comercial e procurada pelos processos de seleção na maioria dos programas de melhoramento genético do arroz (PEREIRA *et al.*, 2007).

O Arroz vermelho corresponde à mesma espécie do arroz cultivado *O. sativa* L. (AGOSTINETTO *et al.*, 2001) e pode ser considerada uma variedade (LEITAO FILHO *et al.*, 1972), sendo que a cor vermelha do grão dessa espécie foi herdada a partir do seu ancestral silvestre *Oryza rufipogon* (SCHWANKE *et al.*, 2008).

A cor do pericarpo do arroz é uma característica determinada pelos genes *Rd* e *Rc*, o primeiro está situado no cromossomo 1 e o segundo no cromossomo 7. A composição genotípica *Rd/Rc* condiciona a grãos com o pericarpo vermelho; já *rd/Rc* produz grãos com o pericarpo marrom, ao passo que as combinações alélicas *Rd/rc* ou *rd/rc* originam grãos com pericarpo branco (SWEENEY *et al.*, 2006).

Quanto à arquitetura da planta de Arroz vermelho apresenta porte alto, folhas longas, largas, decumbentes e pilosas, alta suscetibilidade ao acamamento e baixo potencial genético de produção são características a serem superadas pelo melhoramento (MENEZES; SILVA, 1998). Segundo Pereira *et al.*, (2009) o tempo médio de cocção dos grãos do Arroz vermelho é maior em relação ao arroz branco, tendo demonstrando em experimento que o tempo de cocção do Arroz vermelho variando entre 35 e 41 minutos, já para o arroz branco os valores variaram entre 19 a 21 minutos.

O Arroz vermelho cultivado no Vale do Piancó-PB difere dos ecótipos tidos como invasores em outras regiões do Brasil, já que não apresenta degrana fácil e nem acentuada dormência das sementes. O Arroz vermelho normalmente é cultivado por agricultores familiares e é considerado riqueza genética, cultural e alimentar do povo nordestino, apesar de estudos indicarem que a sua área em cultivo não chega a dez mil hectares (PEREIRA, 2002; 2005).

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

Para o cultivo do Arroz vermelho normalmente são empregadas sementes “crioulas” ou genótipos locais, os quais são escolhidos e mantidos por comunidades, o que viabiliza a manutenção da variabilidade genética necessária aos programas de melhoramento (FONSECA *et al.*, 2004). As características como baixa produtividade, resistência a pragas e doenças e adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas constituem os principais obstáculos encontrados pelo fitomelhorista e que se superados podem proporcionar contribuição inestimável para desenvolvimento da cultura do Arroz vermelho (MOREIRA *et al.*, 2011).

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABADIE, Tabare *et al.* Construção de uma coleção nuclear de arroz para o Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p.129-136, 2005.

ABICHEQUER, André Dabdab; BOHNEN, Humberto. Morfologia e distribuição de raízes de arroz irrigado por inundação e sua relação com a absorção de nutrientes e o produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p.13-20, 2008.

AGOSTINETTO, Dirceu *et al.* Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p.341-349, 2001.

BASSINELLO, Priscila Zaczuk *et al.* **Avaliação de linhagens de arroz irrigado com tipo de grãos para a culinária japonesa**. 17. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 16 p.

BASTOS, Cândido Ricardo *et al.* **IAC 300 – Cultivar de arroz tipo especial culinária italiana**. Disponível em: <www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Arroz/IAC300>. Acesso em: 10 jul. 2010.

BASTOS, Cândido Ricardo *et al.* **IAC 400 – Cultivar de arroz tipo especial culinária japonesa**. Disponível em: <www.iac.sp.gov.br/Cultivares/Folders/Arroz/IAC400>. Acesso em: 12 jul. 2010.

BASTOS, Cândido Ricardo *et al.* **IAC 600 – Cultivar de arroz tipo especial exótico-preto**. Disponível em: <www.iac.com.br/Cultivares/Folders/Arroz/IAC600>. Acesso em: 12 jul. 2010.

BASTOS, Cândido Ricardo; AZZINI, Luiz Ernesto; MCCLUNG, Anna Myers. **IAC 500 - Arroz aromático para o estado de São Paulo**. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/cultivares/inicio/Folders/Arroz/IAC500.htm>>. Acesso em: 10 jul. 2010.

CASTRO, Emílio da Maia de *et al.* **Qualidade de grãos em arroz**. 34. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 30 p.

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

CHENG, Chaoyang *et al.* Polyphyletic origin of cultivated rice: based on the interspersed pattern of SINEs. **Molecular Biology and Evolution**, Durham, v.20, n.1, p.67-75. 2003.

CORDEIRO, Antonio Carlos Centeno; RANGEL, Paulo Hideo Nakano; MEDEIROS, Roberto Dantas. Avaliação de linhagens de arroz irrigado com tipo de grãos para a culinária japonesa. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 4, n. 2, p.74-79, 2010.

DESTRO, Deonísio; MONTALVÁN, Ricardo. Modo de reprodução das plantas superiores In: DESTRO, Deonísio; MONTALVÁN, Ricardo. **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: UEL, 1999. p. 9-25.

FONSECA, Jaime Roberto *et al.* **Descrição morfológica, agrônômica, fenológica e culinária de alguns tipos especiais de arroz (*Oryza sativa* L.)**. 210. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2007. 28 p.

FONSECA, Jaime Roberto *et al.* **Descritores botânicos, agrônômicos e fenológicos do arroz (*Oryza sativa* L.)**. 226. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 28 p.

FONSECA, Jaime Roberto *et al.* Descritores morfoagronômicos e fenológicos de cultivares tradicionais de arroz coletados no Maranhão. **Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 293, p.45-56, 2004.

KHUSH, Gurdev. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. **Plant Molecular Biology**, [s.l.], v.35, n. 1, p. 25-34, 1997.

LEITAO FILHO, Hermógenes de Freitas *et al.* Estudos de competição entre o Arroz vermelho e o arroz cultivado. **Bragantia**, Campinas, v. 31, n. único, p. 249-258. 1972.

LUZ, Maria; TREPTOW, Rosa. Comportamento de variedades tailandesas de arroz. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 4, n. 3, p.151-157, 1998.

MENEZES, Valmir; SILVA, Paulo da. Manejo de Arroz vermelho através do tipo e arranjo de plantas em arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 16, n. 1, p.45-57, 1998.

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

MOREIRA, Luiz Beja *et al.* Caracterização agronômica e qualidade fisiológica de sementes de Arroz vermelho. **Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p.9-14, 2011.

PEREIRA, José Almeida *et al.* Comparação entre características agronômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p.243-248, 2009.

PEREIRA, José Almeida *et al.* Potencial genético de produção e propriedades culinárias do arroz-vermelho cultivado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 1, p.43-48, 2007.

PEREIRA, José Almeida. **Cultura do arroz no Brasil: subsídios para a sua história**. Teresina: Embrapa Meio-norte, 2002. 226 p.

PEREIRA, José Almeida. **O Arroz vermelho cultivado no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-norte, 2005. 90 p.

PINHEIRO, Beatriz da Silveira. Características morfofisiológicas da planta relacionadas à produtividade. In: VIEIRA, Noris Regina de Almeida; SANTOS, Alberto Baêta dos; SANT'ANA, Evaldo Pacheco. **A cultura do arroz no Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. p. 17-35.

REN, Wan-Jun *et al.* Effect of different tillage and transplanting methods on soil fertility and root growth of rice. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, n.1, p.108-110, 2007.

SCHWANKE, Alvaro Matheus Lopes *et al.* Caracterização morfológica de ecótipos de arroz daninho (*Oryza sativa* L.) provenientes de áreas de arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, n. 2, p.249-260, 2008

SHAHIDULLAH, Shahid *et al.* Analysis of grain density and yield characters in aromatic rice genotypes. **Agrociencia**, Mexico, v. 44, n. 3, p.325-337, 2010.

SOARES, Alexandra de Paiva; CAMARGOS, Sânia Lúcia. Morfologia de grão e qualidade protéica em variedades de Arroz vermelho. **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 4, p.31-40, 2009.

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

SWEENEY, Megan *et al.* Caught Red-Handed: Rc Encodes a Basic Helix-Loop-Helix Protein Conditioning Red Pericarp in Rice. **The Plant Cell**, Rockville, v. 18, n. 1, p.283-294, 2006.

CAPÍTULO II

OBTENÇÃO DE GENÓTIPOS DE ARROZ VERMELHO ADAPTADOS A TERRAS ALTAS VIA RETROCRUZAMENTO

RESUMO

O retrocruzamento é empregado normalmente com o objetivo de transferir pequenas porções genômicas de genótipos não adaptados ou espécies selvagens para genótipos elite, aprimorando a expressão fenotípica de determinado genótipo com algum tipo de expressão deficiente. O objetivo com o trabalho foi obter genótipos de arroz com pericarpo vermelho, adaptados ao cultivo em terras altas por meio da metodologia do retrocruzamento. Para tanto, plantas F_1 obtidas do cruzamento entre IAC-25 e Arroz vermelho foram utilizadas como genitores masculinos na obtenção da RC_1 , tendo como genitor feminino nessa e nas demais etapas de retrocruzamento a cultivar IAC 25. Este procedimento possibilitou identificar as plantas oriundas de RC_1 das provenientes de autofecundação. Para realização do RC_2 , avaliou-se o pericarpo das sementes RC_1 , as que apresentaram pericarpo vermelho foram plantas selecionadas para realizar novo retrocruzamento, por possuírem os alelos que conferem o caráter coloração avermelhada do pericarpo. As plantas RC_1 selecionadas foram então utilizadas como genitor masculino na etapa de obtenção da RC_2 . As plantas RC_2 foram avaliadas para proceder à identificação de genótipos de Arroz vermelho. Para as gerações RC_1 e RC_2 estimou-se o número mínimo de plantas, para que a população de trabalho possuísse pelo menos um único indivíduo com a característica de pericarpo vermelho. A partir da estimativa chegou-se ao resultado de que a cada 16 indivíduos pelo menos um apresentaria o fenótipo esperado, com base na probabilidade de ocorrência do genótipo. Os valores observados para o total de indivíduos com o caráter foram distintos dos esperados, pois na população composta de plantas RC_1 eram esperadas no mínimo dez plantas com produção de grãos vermelhos, foram constadas apenas seis plantas com esse caráter. Na população composta por plantas RC_2 o resultado observado foi ainda mais distinto em relação aos resultados esperados, pois onde eram esperadas dez plantas com o caráter, foram constatadas apenas duas plantas com o caráter. Portanto após dois ciclos de retrocruzamento foram obtidos dois genótipos de arroz com pericarpo vermelho.

Palavras-chave: Híbridos, retrocruzamento, expressão fenotípica, arroz de terras altas.

ABSTRACT

OBTAINMENT OF RED-RICE GENOTYPES ADAPTED FOR UPLAND FARMING BY BACKCROSSING

Backcrossing is usually employed aiming to transfer small genomic portions of genotypes that are not adapted or salvage species for elite genotypes, enhancing the phenotypic expression of a determined genotype with any kind of deficient expression. The objectives of the study were to obtain rice genotype that possess red pericarp and are adapted for upland farming by the backcrossing method. Thus F_1 plants obtained from the crossing of the IAC-25 cultivar and red-rice was used as male genitors for the achievement of RC_1 . The female genitors at this point and for the rest of backcrossing method were only the IAC-25 cultivar. Such procedure allowed the identification of the plant derived from RC_1 from the ones derived from self fecundation. For the conception of the RC_2 it was evaluated the pericarp of the RC_1 seeds. The ones that had red pericarp were selected to perform new backcrossing as they had the allele that conveys the reddish character to the pericarp. The RC_1 plants selected were utilised as male genitors at the RC_2 obtaining point. RC_2 plants were evaluated to proceed for the identification of the red-rice genotypes. For the RC_1 and RC_2 generations it was estimated the minimal number of plants so that the working population possessed at least one individual with the red pericarp particularity. From the estimation was possible to observe that for each 16 individuals at least one would express the expected phenotype based on the genotype occurrence probability. The observed values for total individuals within the character were distinct from the expected ones as the population composed by RC_1 plants were expected to be at least 10 with red grain production but only 6 were found. At the RC_2 population the observed results were even more distinct from the expected ones as where it was expected 10 plants with the red pericarp character there were only 2 of them. Therefore after two cycles of backcrossing it was found 2 genotypes of rice possessing red pericarp.

Keywords: Hybrids, backcrossing, phenotype expression, upland rice.

INTRODUÇÃO

Por meio do melhoramento genético busca-se o desenvolvimento de genótipos superiores, em relação aos caracteres de interesse agrônomico (FONSECA *et al.*, 2009). No caso de cruzamentos entre genótipos elite, os melhoristas têm direcionado atenção à seleção dos genitores ou aos testes de geração precoce para obter constituições genótípicas com elevada frequência de alelos favoráveis (FEHR, 1987). A recuperação dos alelos favoráveis em maior proporção é dependente de fatores como: o número de alelos envolvidos no caráter e distintos entre os genitores utilizados para compor a população; contribuição relativa dos alelos desejáveis dos genitores; a possível fixação dos alelos em um bloco gênico individual e distinções de origem genética para distinguir o genótipo superior dos demais (ISLEIB, 1999).

O retrocruzamento é o método adequado quando se objetiva transferir pequenas porções genômicas de genótipos não adaptados ou espécies selvagens para genótipos elite (MESQUITA *et al.*, 2005), busca-se assim aprimorar a expressão fenotípica de determinado genótipo com algum tipo de expressão deficiente.

O caráter cor do pericarpo no arroz é uma característica determinada pelos genes *Rd* e *Rc* que em dominância condiciona a grãos com o pericarpo vermelho (SWEENEY *et al.*, 2006). No nordeste cultiva-se o Arroz vermelho em sistema de sequeiro, entretanto o ecótipo plantado possui características morfológicas comuns às cultivares de sistema irrigado, como folhas e glumelas com presença de pubescência e elevado número de perfilhos. A cultivar IAC-25 desenvolvida para o sistema de terras altas possui boa adaptabilidade a condições de baixa umidade (APASSUL, 2012). Sendo assim a recuperação do genoma da cultivar IAC-25 por meio de retrocruzamento, após o cruzamento com o Arroz vermelho pode proporcionar a obtenção de genótipos de Arroz vermelho adaptados a condições de sequeiro e com boa produtividade.

O objetivo do presente trabalho foi obter genótipos de arroz adaptados a terras altas com pericarpo vermelho via retrocruzamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados como genitores a cultivar IAC-25 e o genótipo de Arroz vermelho. O ecótipo de Arroz vermelho utilizado no experimento como genitor doador foi obtido junto à Associação dos Produtores de Arroz vermelho do município Santana dos Garrotes – PB. A cultivar IAC-25 foi utilizada como genitor recorrente; para que fossem recuperadas as características de adaptabilidade às condições de terras altas da referida cultivar comercial no genótipo a ser obtido.

Para a realização dos cruzamentos, os genitores foram conduzidos em vasos plásticos com capacidade para dez quilos de solo, dispostos em casa de vegetação situada no campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco em Recife, no Departamento de Agronomia. O plantio dos genitores foi feito escalonado com intervalo de 15 dias entre o plantio do genótipo de Arroz vermelho e da cultivar IAC-25, a qual tem ciclo precoce comparada ao genitor doador. O escalonamento do plantio dos genitores foi um procedimento adotado também para realização dos retrocruzamentos, visando assegurar a coincidência de florescimento dos genitores.

Tanto para os cruzamentos como retrocruzamentos as flores da cultivar IAC-25 (genitor feminino) foram devidamente emasculadas, utilizando-se de tesoura e pinça cirúrgica, onde a abertura das flores para esse procedimento se deu por meio de pequeno corte longitudinal da mesma com a tesoura conforme metodologia descrita por Guimarães (1999).

Após a emasculação das flores dos genitores femininos, as inflorescências foram unidas às inflorescências das plantas de Arroz vermelho (genitor masculino) e protegidas com sacos de papel para evitar a contaminação por pólen de outras plantas. A polinização foi realizada fazendo-se movimento inflorescências sem a remoção do saco de papel para haver liberação do pólen das inflorescências do genitor masculino no período entre as seis e dez horas da manhã, horário com maior porcentagem de antese e liberação de pólen. Após a polinização foram anotadas as identificações em etiquetas apropriadas, contendo as datas e os genitores envolvidos na hibridação.

Para a obtenção das plantas oriundas do primeiro retrocruzamento (RC₁), os híbridos (F₁) foram utilizados como genitores masculinos, tendo como genitor feminino a cultivar IAC 25. A emasculação e polinização foram realizadas pela mesma metodologia utilizada nos cruzamentos para obtenção da F₁. Este procedimento possibilita a identificação das plantas provenientes de RC₁, pois as plantas que não segregaram em relação ao genitor feminino puderam ser descartadas por serem oriundas de autofecundação. Para realização do RC₂ foi avaliada o pericarpo das sementes RC₁F₂, sendo que as que apresentaram pericarpo vermelho tiveram suas soqueiras selecionadas para compor novo cruzamento. As plantas mães das sementes foram então utilizadas como genitor masculino no RC₂, visando assegurar que as plantas que apresentassem sementes com pericarpo vermelho na geração fossem provenientes do RC₂.

Calculou se o tamanho da população de trabalho necessária em cada retrocruzamento para que houvesse pelo menos um indivíduo portador do caráter pericarpo vermelho com base na seguinte expressão (RAMALHO et al., 2008):

$$n = \frac{\log(1 - P)}{\log(1 - k)}$$

Em que: n é tamanho da população para obtenção x indivíduos portadores do caráter; K é a proporção genotípica do indivíduo desejado no cruzamento; P é probabilidade de sucesso que se queira e possa admitir.

A estimativa baseou-se na probabilidade de 25% da ocorrência do genótipo esperado e considerando um índice de fracasso inferior a 1%.

As sementes das plantas provenientes da geração RC₂ foram semeadas em campo objetivando selecionar plantas que produzissem sementes com pericarpo vermelho, conforme descrição da metodologia de retrocruzamento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na geração F_1 foram obtidas 256 sementes, que resultou em um número de 178 plântulas, o que corresponde a 69,53%. Na geração RC_1 foram obtidas 207 sementes, que resultaram em 165 plântulas (79,71%). Na RC_2 obteve-se o maior percentual de plântulas (89,53%) em um total de 172 sementes (Tabela 1).

A variação quanto ao percentual de emergência ocorrido nas gerações pode estar ligado à dormência das sementes, sendo que fatores genéticos e as condições ambientais durante a maturação dos grãos são as principais explicações para a dormência nas sementes de arroz (DIAS; SHIOGA, 1997). Segundo Delatorre, (1999) a maioria dos ecótipos de Arroz vermelho possuem o caráter dormência das sementes, justificando assim o maior valor percentual de emergência de mudas no decorrer das gerações de retrocruzamento e evidenciado pela F_1 , que por apresentar maior proporção do genoma do Arroz vermelho presente em sua constituição genética, apresenta menor percentual de emergência de plântulas.

Para a geração F_1 obteve-se 173 plantas portadoras do caráter de pericarpo vermelho (Tabela 2), em se tratando dessa geração esperava-se uma população 100% portadora dessa característica, a justificativa para esse resultado pode ser atribuída a autofecundação nas plantas genitoras femininas (IAC-25). Para identificar e eliminar os genótipos oriundos de autofecundação ainda na fase inicial de desenvolvimento da planta utilizou-se o caráter dominante pilosidade da folha como marcador morfológico. Bonow *et al.*, (2006) ressalta que os descritores morfológicos são uma excelente ferramenta na estratégia de identificar genótipos.

A exclusão dos genótipos com folhas não pilosas foi utilizada como medida de segurança, mas não se descarta a possibilidade de ocorrência de genótipos F_1 que não apresentaram limbo foliar piloso. Segundo Bered, Barbosa Neto e Carvalho (1997) o ambiente pode modificar a expressão dos marcadores morfológicos, causando dificuldade na interpretação das análises.

Para as gerações RC_1 e RC_2 estimou-se o número mínimo de plantas necessárias para que a população de trabalho tivesse pelo menos um único indivíduo com a característica de pericarpo vermelho. Nesse caso a cada 16

indivíduos pelo menos um apresentaria o fenótipo esperado, com base na probabilidade de ocorrência do genótipo. O tamanho populacional necessário deve ser diretamente proporcional ao número de genes que se almeja transferir, entretanto, segundo Borém (2001) o método se torna complexo para transferência de características quantitativas.

Os valores observados demonstraram desacordo com as estimativas esperadas, pois na população composta de plantas RC₁ eram esperadas no mínimo dez plantas com produção de grãos vermelhos, foram constadas apenas seis plantas com esse caráter. Na população composta por plantas RC₂ o resultado observado foi ainda mais discrepante em relação aos resultados esperados, pois onde eram esperadas dez plantas com o caráter, foram constatadas apenas duas plantas com grãos de pericarpo vermelho. Novamente ressalta-se a possibilidade de ocorrência de autofecundações para justificar os baixos valores observados em relação aos esperados.

As sementes das plantas RC₂ que produziram sementes com pericarpo vermelho foram utilizadas para obtenção de sementes para ciclos de retrocruzamentos seguinte, ou mesmo para ser autofecundada visando fixação e seleção de genótipos de interesse agrônômico. Por se tratar de dois genitores já cultivados a fixação das linhagens após dois ciclos de retrocruzamentos pode resultar em genótipos passíveis de serem explorados comercialmente. Além da coloração vermelha do pericarpo, tais plantas apresentam grãos longos e finos e não apresentam pilosidade nas folhas.

CONCLUSÃO

A metodologia de retrocruzamento foi eficiente para obtenção de genótipos de arroz com pericarpo vermelho.

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. São Paulo: editora Edgard Blücher Ltda., 1971. 381p.

APASSUL. **Associação dos produtores e comerciante de sementes e mudas do Rio Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.apassul.com.br/>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

BERED, Fernanda; BARBOSA NETO, José Fernandes; CARVALHO, Fernando Irajá Félix de. Marcadores moleculares e sua aplicação no melhoramento genético de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p.513-520, 1997.

BONOW, Sandro *et al.* Caracterização morfológica de cultivares de arroz visando a certificação da pureza varietal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p.619-627, 2006.

BORÉM, Aluizio. **Melhoramento de plantas**. 3ª. ed. Viçosa: UFV, 2001. 500 p.

DELATORRE, Carla Andréa. DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ VERMELHO. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p.565-571, 1999

DIAS, Maria Cristina; SHIOGA, Pedro Sentaro. Obtenção de genótipos de Arroz vermelho através de retrocruzamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 19, n. 1, p.52-57, 1997.

FEHR, Walter. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan, 1987. 525 p.

FONSECA, Kenia Gracielle Da *et al.* Análise da recuperação do genitor recorrente em maracujazeiro-azedo por meio de marcadores RAPD. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p.145-153, 2009.

GUIMARÃES, Élcio Perpetuo. Hibridação em arroz. In: BOREM, Aluizio. **Hibridação artificial em planta**. Viçosa: UFV, 1999. p. 101-119.

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

ISLEIB, Thomas. Recovery of superior homozygous progeny from biparental crosses and backcrosses. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p.558-563, 1999.

MESQUITA, Antônio Gilson Gomes *et al.* Recuperação do genitor recorrente em milho utilizando retrocruzamento assistido por marcadores microssatélites. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 4, n. 3, p.275-285, 2005.

RAMALHO, *et al.* **Genética na Agropecuária**. 4ª ed. Lavras: UFLA, 2008. 464 p.

SWEENEY, Megan *et al.* Caught Red-Handed: Rc Encodes a Basic Helix-Loop-Helix Protein Conditioning Red Pericarp in Rice. **The Plant Cell**, Rockville, v. 18, n. 1, p.283-294, 2006.

TABELAS E FIGURAS

TABELA 1. Número de sementes de arroz obtidas por geração, número total de plântulas e percentual de sobrevivência das mudas nas gerações F₁, RC₁ e RC₂.

Geração	Número de sementes por geração	Número total de plântulas	Percentual de emergência de plântulas (%)
F ₁	256	178	69,53
RC ₁	207	165	79,71
RC ₂	172	154	89,53

TABELA 2. Estimativa do número de genótipos de Arroz vermelho esperados e número total de genótipos de Arroz vermelho observados nas gerações F₁, RC₁ e RC₂.

Geração	População	Número genótipos com o caráter esperados na população	Número de genótipos com o caráter na população
F ₁	178	178	173
RC ₁ *	165	10	6
RC ₂ *	154	10	2

(*) Estimativa da população mínima necessária para ocorrência de pelo menos um indivíduo portador do caráter com índice de fracasso inferior a 1%.

CAPÍTULO III

PARÂMETROS GENÉTICOS EM POPULAÇÃO SEGREGANTE DE ARROZ ORIUNDA DO CRUZAMENTO ENTRE CULTIVAR IAC-25 x ARROZ VERMELHO

Este trabalho será submetido para publicação na Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira - ISSN 1678-3921

1 **Parâmetros genéticos em população segregante de arroz oriunda do cruzamento entre**
2 **cultivar IAC-25 x Arroz vermelho**

3 João Filipi Rodrigues Guimarães⁽¹⁾, Edson Ferreira da Silva⁽¹⁾, Hudson Oliveira Rabelo⁽¹⁾ e
4 Mairykon Coelho da Silva⁽¹⁾

5 ⁽¹⁾Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Agronomia
6 (Melhoramento Genético de Plantas), Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP:
7 52171-900 - Recife/PE, Brasil. E-mail: filipiguimaraes@yahoo.com.br, edson@db.ufrpe.br.

8 Resumo - As avaliações dos parâmetros genéticos nas gerações segregantes proporcionam a
9 identificação da origem e ação dos genes responsáveis por caracteres quantitativos,
10 possibilitando a adoção de melhores estratégias para obtenção de ganhos com a seleção. O
11 objetivo do trabalho foi estimar parâmetros genéticos em população segregante de arroz
12 (*Oryza sativa* L.) oriunda do cruzamento entre cultivar IAC 25 e Arroz vermelho. O
13 experimento foi delineado em blocos casualizados, tendo como tratamentos os genitores (IAC
14 25 e Arroz vermelho gerações F₁ e F₂) em quatro repetições na área experimental situada no
15 Campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Na mesma área onde foi implantado
16 o experimento para estimativa dos parâmetros genéticos foi conduzida uma população F₂,
17 visando à realização do estudo de herança por meio do teste de qui-quadrado (χ^2) para os
18 caracteres qualitativos ausência e presença de pilosidade no limbo foliar, cor dourada ou palha
19 das glumelas e, presença ou ausência da cor púrpura no ápulo. Após as avaliações efetuou-
20 se as estimativas dos parâmetros genéticos, onde as herdabilidade no sentido amplo
21 mostraram-se altas para os caracteres altura da planta, comprimento de panícula, dias até o
22 florescimento e dias até a maturação dos grãos. A partir da predição de ganhos por seleção na
23 F₂, os maiores percentuais ocorreram nos caracteres altura da planta, comprimento da
24 panícula, dias até o florescimento e número de grãos por panícula. Os pares de caracteres:

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

25 altura da planta e comprimento da panícula, altura da planta e número de perfilhos, altura da
26 planta e rendimento, comprimento da panícula e número de perfilhos, apresentaram
27 correlações fenotípicas positivas e significativas. Verificou-se que as maiores respostas
28 esperadas por seleção foram obtidas nos caracteres altura de planta, comprimento da panícula,
29 número de grãos por panícula e dias até o florescimento, além disso, a altura da planta e
30 número de dias até a maturação apresentam correlações genotípicas positivas com a
31 produtividade. No estudo de herança verificou-se que os caracteres presença e ausência de
32 pilosidade do limbo foliar e, cor dourada e cor palha das glumelas têm herança monogênica
33 com interação alélica de dominância. Os resultados permitem inferir também que esses dois
34 pares de caracteres apresentam segregação independente.

35 Termos para indexação: *Oryza sativa* L., herdabilidade, ganho por seleção, correlação

36 **Genetics parameters on a segregating population of rice derived from the crossing IAC-**
37 **25 cultivar vs. Red-rice**

38 Abstract - The evaluation of the genetics parameters on segregating population provided the
39 origin and action identification of the genes responsible for quantitative characters enabling
40 the adoption of the best strategies to obtain gains with the genetic selection. The aim of the
41 research was to estimate genetic parameters on segregating population of rice (*Oryza sativa*
42 L.) derived from the crossing among the IAC-25 cultivar and red-rice. The experiment design
43 adopted was the randomized complete blocks with 4 treatments (IAC-25, red-rice, F₁
44 population and F₂ population) and 4 replicates at the Federal Rural University of Pernambuco
45 in the city of Recife. A population F₂ was breed at the same area that was conducted the
46 experiment to estimate the genetics parameters aiming to perform the inheritance study
47 through the chi-squared test (χ^2) for the qualitative characters: presence and absence of blade
48 leaf pilosity, either golden colour or glumes straw and either presence or absence of apiculus
49 purple colour. After the evaluations it was performed the estimation of the genetics

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

50 parameters where a high heritability in broad sense was exhibited for the characters plant
51 height, panicle length, days up to blossoming and days up to seed maturation. The highest
52 percentage of gain obtained from the prediction of selection gain occurred over the characters:
53 plant height, panicle length, days up to blossoming and numbers of grains per panicle. The
54 pair of characters plant height and panicle length; plant height and numbers of tillers; plant
55 height and yield; panicle length and numbers of tillers showed positive phenotypic
56 correlations and statistically significant. It was verified that the highest gain by selection was
57 obtained for the characters: plant height, panicle length, number of seed per panicle and days
58 up to blossoming. Besides plant height and numbers of days up to grain maturation showed
59 positives genotypic correlations with yield. The inheritance study determined that the
60 characters presence and absence of blade leaf pilosity and golden colour of the glumes have
61 monogenic inheritance with dominant allele interaction. The results suggest also that these
62 pairs of character exhibit independent segregation.

63 Index terms: *Oryza sativa* L., heritability, selection gain, correlation

64

65 **Introdução**

66 A redução da variabilidade genética das variedades de arroz tem como principal
67 consequência à redução dos ganhos com a seleção. Assim, o estabelecimento das populações
68 de melhoramento, deve ser analisado com base na variabilidade genética (RANGEL et al.,
69 2000). Para tanto se utiliza cruzamentos divergentes, onde as populações segregantes
70 apresentam grande variabilidade genética (BORÉM, 1998). A divergência entre os genitores é
71 essencial para obtenção populações segregantes em vários caracteres, de modo a ampliar as
72 chances de seleção de genótipos superiores (MACHADO; SANTOS; NUNES, 2000).

73 O conhecimento dos parâmetros genéticos nas gerações segregantes fornecem
74 informações sobre índice de transmissibilidade dos caracteres quantitativos (AJMAL;
75 ZAKIR; MUJAHID, 2009), e segundo Câmara et al., (2007) proporcionam a identificação da
76 origem e ação dos genes que participam do controle de caracteres quantitativos, possibilitando
77 a adoção de estratégias de melhoramento que visam a obtenção de maiores ganhos de seleção.

78 No Nordeste cultiva-se o Arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) em sistema de sequeiro,
79 entretanto o ecótipo utilizado possui características morfológicas comuns as cultivares de
80 sistema irrigado, como o elevado número de perfilhos. A cultivar IAC-25, desenvolvida para
81 o sistema de terras altas possui boa adaptabilidade a condições de baixa umidade e
82 características morfológicas distinta do Arroz vermelho. Portanto, populações segregantes
83 oriundas do cruzamento entre esses dois genótipos possibilita a estimativa de parâmetros
84 genéticos essenciais para condução de programas de melhoramento do arroz.

85 O presente trabalho teve como objetivo estimar parâmetros genéticos em população
86 segregante de arroz oriunda do cruzamento entre cultivar IAC-25 e Arroz vermelho e efetuar
87 estudo de herança genética de caracteres qualitativos.

88 Material e Métodos

89 Foram utilizados como genitores a cultivar IAC-25 e o genótipo de Arroz vermelho
90 sendo que o último foi obtido junto à Cooperativa dos Produtores de Arroz vermelho de
91 Santana dos Garrotes no Estado da Paraíba.

92 Para realização dos cruzamentos os genitores foram conduzidos em vasos plásticos
93 com capacidade para 10 kg de solo, dispostos em casa de vegetação no Departamento de
94 Agronomia do campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco em Recife. O plantio
95 dos genitores foi escalonado em quatro etapas com intervalos de 15 dias entre o plantio do
96 genótipo de Arroz vermelho em relação a cultivar IAC-25, para que houvesse maior
97 coincidência entre o florescimento de plantas genitoras, já que o Arroz vermelho possui ciclo
98 mais tardio.

99 As flores das plantas correspondentes a cultivar IAC-25 (genitor feminino) foram
100 devidamente emasculadas, utilizando-se tesoura e pinça cirúrgica. A abertura das flores para
101 esse procedimento se deu por meio de pequeno corte longitudinal da mesma com a tesoura
102 conforme metodologia descrita por Guimarães (1999), a polinização se deu conforme
103 procedimento descrito pelo mesmo autor. Utilizou-se a cultivar IAC 25 como genitor
104 feminino para possibilitar a utilização do caráter pilosidade no limbo foliar (dominante),
105 presente no Arroz vermelho e ausente no IAC25, como marcador morfológico para
106 identificação de híbridos (F_1) em relação às plantas oriundas de autofecundação, já que as
107 plantas F_1 por serem heterozigotas manifestam pilosidade nas folhas.

108 Sementes F_1 obtidas a partir da hibridação foram semeadas e as plantas foram
109 autofecundadas, visando à obtenção da geração F_2 utilizada no estudo.

110 Estimativa de parâmetros genéticos

111 Visando a estimativa dos parâmetros genéticos sementes dos quatro tratamentos
112 genitores (IAC-25 e Arroz vermelho), gerações F₁ e F₂ foram semeadas em bandejas de
113 poliestireno compostas de 128 células com substrato comercial, sendo semeada apenas uma
114 semente por célula, após dez dias da germinação procedeu-se então o transplântio das mudas
115 para o campo.

116 O experimento foi delineado em blocos casualizados com quatro tratamentos e quatro
117 repetições, conduzido na área experimental do Departamento de Agronomia no Campus da
118 Universidade Federal Rural de Pernambuco. Cada parcela experimental foi composta por 30
119 plantas dispostas em linha espaçadas a 0,50 m entre linhas e 0,20 m entre plantas. A adubação
120 foi realizada segundo análise de solo obedecendo às recomendações para a cultura em
121 condições de terras altas (MALAVOLTA, 1987).

122 Visando às estimativas de parâmetros genéticos em cada parcela foram avaliados os
123 seguintes caracteres quantitativos: Produção de grãos (Prod; g.planta⁻¹) – colheita individual
124 de 30 plantas; Altura da planta (Alt; cm) – medição individual de 30 plantas, considerando a
125 distância vertical do nível do solo ao ápice da panícula; Dias até o florescimento (Flr) – leitura
126 direta das plantas da parcela na fase de antese; Número de grãos por panícula (GRPan; un) –
127 determinado em 30 panículas coletadas de cada planta; Comprimento da panícula (CPan: cm)
128 – medido por meio de régua graduada a partir da inserção da folha bandeira até o ápice da
129 panícula; Comprimento da folha bandeira –(CBan: cm) – medido a partir da inserção até o
130 ápice da folha bandeira; Largura da folha bandeira (LBan: cm) – medido na porção mediana
131 da folha bandeira; Número de perfilhos (NP: un) – contagem dos perfilhos na fase maturação
132 das panículas; Dias até a maturação dos grãos (Mat) – leitura direta das plantas da parcela na
133 fase maturação dos grãos.

134 Os dados obtidos para cada caráter estudado foram utilizados para estimar os seguintes
 135 parâmetros genéticos: variância fenotípica (σ^2_F), variância genética (σ^2_G), herdabilidade (h^2)
 136 correlação fenotípica ($\hat{r}_{\bar{F}_{xy}}$), correlação genotípica ($\hat{r}_{\bar{G}_{xy}}$) e correlação ambiental ($\hat{r}_{\bar{A}_{xy}}$) e
 137 heterose (H) para os caracteres estudados.

138 Para a estimativa da variância genética dos caracteres em estudo foi utilizada a
 139 seguinte expressão (CRUZ, 2006):

$$140 \sigma_G^2 = \sigma_{F_2}^2 - \frac{(\sigma_{P_1}^2 + \sigma_{P_2}^2 + \sigma_{F_1}^2)}{3}$$

141 Em que: σ^2_G é a variância genética para o caráter em avaliação; $\sigma^2_{F_2}$ é a variância
 142 genética para o caráter em avaliação na geração F_2 ; $\sigma^2_{P_1}$ é a variância genética para o caráter
 143 em avaliação no genitor 1; $\sigma^2_{P_2}$ é a variância genética para o caráter em avaliação no genitor
 144 2; $\sigma^2_{F_1}$ é a variância genética para o caráter em avaliação na geração F_1 .

145 A herdabilidade no sentido amplo (h^2_a) foi obtida por meio da expressão conforme
 146 Cruz (2006).

$$147 h_a^2 = \left(\frac{\sigma_G^2}{\sigma_{F_2}^2} \right) \times 100$$

148 Para a estimativa das correlações fenotípicas ($\hat{r}_{\bar{F}_{xy}}$) e genéticas ($\hat{r}_{\bar{G}_{xy}}$) entre dois
 149 caracteres x e y , adotou se as seguintes expressões (CRUZ; REGAZZI, 1994):

$$150 \hat{r}_{\bar{F}_{xy}} = \frac{C\hat{O}V_{F_{xy}}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{F_x}^2 \bar{\sigma}_{F_y}^2}} \quad \hat{r}_{\bar{A}_{xy}} = \frac{C\hat{O}V_{\bar{A}_{xy}}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{A}_x}^2 \bar{\sigma}_{\bar{A}_y}^2}} \quad \hat{r}_{\bar{G}_{xy}} = \frac{C\hat{O}V_{G_{xy}}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{G_x}^2 \bar{\sigma}_{G_y}^2}}$$

151 Em que: $\hat{r}_{\bar{F}_{xy}}$, $\hat{r}_{\bar{G}_{xy}}$ e $\hat{r}_{\bar{A}_{xy}}$ correspondem aos coeficientes de correlação fenotípica,
 152 genotípica e ambiental; $C\hat{O}V_{\bar{F}_{xy}}$ e $C\hat{O}V_{\bar{A}_{xy}}$ $C\hat{O}V_{\bar{G}_{xy}}$ correspondem às estimativas das
 153 covariâncias fenotípicas, ambientais e genotípicas ao nível de médias respectivamente;

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

154 $\hat{\sigma}_{\bar{F}_x}^2$, $\hat{\sigma}_{\bar{F}_y}^2$, $\hat{\sigma}_{\bar{A}_x}^2$, $\hat{\sigma}_{\bar{A}_y}^2$ e $\hat{\sigma}_{\bar{G}_x}^2$, $\hat{\sigma}_{\bar{G}_y}^2$ correspondem às estimativas das variâncias fenotípicas, ambientais e
155 genéticas.

156 A heterose, o grau médio de dominância baseado em médias e o número mínimo de
157 genes envolvidos na determinação do caráter foram estimados com base nas respectivas
158 expressões (CRUZ, 2006):

$$H = \bar{F}_1 - \left(\frac{\bar{P}_1 + \bar{P}_2}{2} \right) \quad k_m = \frac{2\bar{F}_1 - (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{\bar{P}_1 - \bar{P}_2} \quad \eta = \frac{R^2 - (1 + 0,5k_m^2)}{8\hat{\sigma}_G^2}$$

159

160 Em que: H é a heterose, \bar{F}_1 é a média da geração F_1 ; \bar{P}_1 é a média do genitor 1; \bar{P}_2 é a
161 média do genitor 2; η é o número mínimo de genes envolvidos na determinação do caráter, R^2
162 é amplitude total na F_2 ; k_m é o grau médio de dominância.

163 A caracterização do efeito de interação foi verificado a partir da estimativa do grau
164 médio de dominância utilizou-se a escala proposta por Stuber et al. (1987), na qual valores de:
165 zero a 0,20 = aditivo; 0,21 a 0,80 = dominância parcial; 0,81 a 1,2 = dominância completa;
166 >1,2 = sobredominância, sendo que tais valores podem ser negativos ou positivos.

167 Além dos parâmetros genéticos foi efetuada estimativa de predição de ganho de
168 seleção a partir da geração F_2 com intensidade de seleção de 10% e segundo a expressão
169 (CRUZ, 2006):

$$170 \Delta G = (\bar{x}_s - \bar{x}_o) \times h_a^2$$

171 Em que: \bar{x}_s é a média dos indivíduos selecionados na F_2 ; \bar{x}_o média da geração F_2 ; h_a^2
172 herdabilidade no sentido amplo. Todas as estimativas foram obtidas com o auxílio do
173 software estatístico GENES (CRUZ, 2006).

174 Estudo de herança

175 Um total de 221 plantas da geração F₂ composta 221 foram conduzidas a campo em
176 experimento disposto em área paralela ao experimento conduzido para estimativa de
177 parâmetro genético. Tendo sido utilizado o espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,2 m entre
178 plantas. A adubação foi realizada segundo análise de solo obedecendo às recomendações para
179 a cultura em condições de terras altas (MALAVOLTA, 1987).

180 Os descritores qualitativos avaliados foram coloração dourada ou palha das glumelas e
181 ausência e presença de pilosidade no limbo foliar e presença ou ausência de coloração púrpura
182 no apículo do grão na fase de florescimento. Tais descritores foram escolhidos em função de
183 serem pouco influenciados pelo ambiente e com possibilidade de ser controlado por herança
184 monogênica. A análise da segregação fenotípica das plantas foi realizada por meio do teste
185 qui-quadrado (χ^2), com uso do programa GENES (CRUZ, 2006) comparando as frequências
186 observadas às esperadas.

187 As diferentes proporções fenotípicas na população F₂ foram analisadas para herança
188 condicionada por um gene (3:1), (1:2:1) e dois genes (9:3:3:1) para identificação de
189 ocorrência segregação independente. Para a decisão de se aceitar ou não a hipótese de
190 nulidade (H₀), o valor do qui-quadrado (χ^2) calculado foi avaliado quanto probabilidade em
191 nível de P>5% de significância.

192 Resultados e Discussão**193 Estimativa de parâmetros genéticos**

194 Nas estimativas de variâncias fenotípicas, verificou-se que para as variáveis; altura da
195 planta, comprimento da panícula, dias até o florescimento e dias até a maturação dos grãos há
196 maior contribuição da variância genética com contribuições percentuais para a variância

197 fenotípica de 67%, 52%, 80%, 79%, respectivamente, enquanto para os demais caracteres a
198 variância ambiental teve maior influência na expressão dos fenótipos (Tabela 1).

199 Os intervalos de confiança para os componentes de variância indicaram que as
200 estimativas diferem de zero, sugerindo que independentemente da proporção, tanto à variância
201 ambiental quanto a genética contribuíram para a variação fenotípica dos caracteres. Na
202 estimativa da variância fenotípica do caráter comprimento da panícula, não está descartada a
203 possibilidade de maior contribuição da variância ambiental na manifestação fenotípica, em
204 detrimento da amplitude do intervalo de confiança e dos valores que podem vir a ser
205 assumidos por tais estimativas.

206 Nas estimativas para herdabilidade no sentido amplo verificou-se magnitudes altas
207 para os caracteres altura da planta (67,03%), comprimento de panícula (51,71%), dias até o
208 florescimento (81,72%) e dias até a maturação dos grãos (78,93%), resultados esses já
209 esperados em virtude da herdabilidade estar diretamente associada aos altos valores obtidos
210 para as variâncias genéticas nesses caracteres (Tabela 1). Segundo Rocha et al. (2009),
211 herdabilidades com esses valores indicam que há amplas probabilidades de ganhos genéticos
212 com a seleção para o caráter.

213 Para o grau médio de dominância os resultados demonstraram que os caracteres
214 largura da folha bandeira e dias até a maturação dos grãos, por apresentarem valores entre
215 zero e 0,20 foram classificados como tendo seus alelos influenciados pelo efeito aditivo, já
216 para o caráter comprimento da folha bandeira por apresentar estimativa do grau médio de
217 dominância inferior a -1,2 demonstra haver efeito sobredominância em seus alelos. Os
218 caracteres número de perfilhos por planta, dias até o florescimento, número de grãos por
219 panícula e produção predomina o efeito de dominância parcial por apresentarem
220 independentemente se positivos ou negativos, valores intermediários entre 0,20 e 0,81. O

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

221 efeito de dominância completa foi verificado nos caracteres altura da planta e comprimento de
222 panícula, pois ambos tiveram valores de grau médio de dominância entre - 0,81 e -1,20.

223 Ressalta-se que na estimativa do grau médio de dominância houve resultados com
224 valores negativos e positivos entre os caracteres em estudo. Segundo Lopes, Gomes e Freire
225 Filho (2003), o sinal positivo ou negativo da estimativa indica apenas que os desvios de
226 dominância fornecidos pelas interações entre os genes que controlam o caráter são
227 possivelmente unidirecionais, ou seja, a soma dos desvios se inclina para a manifestação
228 fenotípica de forma superior ou inferior.

229 Os caracteres altura da planta, comprimento da panícula, dias até o florescimento e
230 dias até a maturação dos grãos possuem natureza oligogênica por apresentarem valores entre
231 1,74 a 6,61 para o número mínimo de genes que controlam o caráter (Tabela 1), esses
232 resultados justificam os altos valores de herdabilidade observados para parte dos caracteres
233 avaliados. A natureza oligogênica do comprimento da panícula em arroz foi estudada por
234 Amela et al. (2008), tendo verificado que são três o número mínimo de genes que controlam o
235 caráter.

236 As demais características estudadas possuem controle poligênico, sendo que o
237 comprimento da folha bandeira apresentou número superior a 28 genes no controle do caráter,
238 indicando serem características de baixa herdabilidade e muito influenciados pelo ambiente.

239 Com relação à heterose na geração F_1 verificou-se que apenas para o comprimento da
240 folha bandeira e dias até o florescimento os valores foram negativos (Tabela 1), indicando
241 redução no comprimento da folha bandeira bem como do ciclo vegetativo frente à média dos
242 pais. Os resultados referentes à redução nos dias até o florescimento são apreciáveis, pois
243 segundo Heinemann (2010) a precocidade no florescimento favorece a redução do ciclo da
244 planta e conseqüentemente o escape de veranicos.

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

245 Para a predição de ganhos por seleção na F_2 para os caracteres em avaliação foram
246 tomadas 11 plantas com os melhores para o caráter altura da planta, comprimento de panícula,
247 comprimento da folha bandeira, largura da folha bandeira, dias até o florescimento e dias até a
248 maturação dos grãos. Para os caracteres número de grão por panícula e produção foram
249 tomadas nove plantas e para o caráter número de perfilhos 12 plantas (Tabela 2). A diferença
250 ocorrida para os valores levando-se em consideração o estande de 120 plantas por tratamento
251 e a intensidade de seleção de 10%, se deve a impossibilidade de avaliação de indivíduos
252 componentes da parcela experimental durante o período de avaliação.

253 A partir da predição de ganhos por seleção na F_2 , os maiores percentuais de ganho
254 genético foram obtidos para os caracteres altura da planta (-25,24%), comprimento da
255 panícula (20,17%), dias até o florescimento (-22,65%) e número de grãos por panícula
256 (25,45%) (Tabela 2). Tais valores reforçam os indícios de que a alta herdabilidade observada
257 para essas variáveis contribuíram para ganhos elevados na população selecionada. Ressalta-se
258 que mesmo a variável número de grãos por panícula não tendo apresentando alta
259 herdabilidade a mesma proporcionou elevado ganho genético.

260 O elevado ganho genético para a variável número de grãos por panícula justifica-se
261 através da intensidade de seleção e conseqüentemente atribui-se ao alto valor assumido pelo
262 diferencial de seleção, tendo em vista que o progresso esperado pela seleção depende da
263 herdabilidade do caráter, da intensidade de seleção, e, de forma inversa, do desvio fenotípico
264 do caráter (DUDLEY; MOLL, 1969).

265 Para dias até a maturação dos grãos observa-se que mesmo a variável possuindo
266 herdabilidade alta, o valor percentual de ganho genético é inferior 20%, sendo que novamente
267 o diferencial de seleção pode ter influenciado o resultado, pois os baixos valores de

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

268 diferencial de seleção podem suprimir o efeito da herdabilidade e assim reduzir o ganho
269 genético.

270 Quanto às correlações genotípicas todas apresentaram o mesmo sinal de suas
271 respectivas correlações fenotípicas, sendo que 61,11% das correlações genotípicas foram
272 superiores as correlações fenotípicas (Tabela 3). Para Almeida, Peluzio e Afferri (2010), tais
273 resultados possibilitam a utilização das correlações fenotípicas para seleção dos caracteres na
274 ausência das correlações genotípicas e indicam ainda que a expressão fenotípica é diminuída
275 diante das influências do ambiente.

276 No comparativo entre correlações genéticas e correlações ambientais observou-se que
277 58,33% das correlações genotípicas foram superiores às ambientais. Correlações ambientais
278 entre os caracteres com diferenças em magnitude quando comparados às correlações
279 genotípicas, revelam que o ambiente favorece um caráter em virtude do outro e que as causas
280 de variação genética e ambiental apresentam diferentes mecanismos fisiológicos, dificultando
281 assim seleção indireta (PELUZIO et al., 2005).

282 Verificou-se que entre os pares de caracteres: altura da planta e comprimento da
283 panícula, altura da planta e número de perfilhos por planta, altura da planta e produção,
284 comprimento da panícula e número de perfilhos por planta, tiveram correlações fenotípicas
285 positivas e significativas com valores acima de 0,95 e também para as correlações genotípicas
286 onde todos os pares anteriormente citados tiveram correlação positiva significativa (1,00).

287 Dessa forma a seleções fenotípicas para redução do porte da planta podem resultar na
288 redução no número de perfilhos por planta, contudo podem incorrer na redução do
289 comprimento de panícula e na produção. A correlação fenotípica significativa é uma
290 alternativa vantajosa em situações onde um caráter de elevado valor econômico possui baixa

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

291 herdabilidade e, ou, difícil avaliação, em comparação a outro caráter que está associado a ele
292 (RODRIGUES et al., 2010)

293 Apesar da ocorrência de correlação fenotípica positiva significativa entre os caracteres
294 número de perfilhos por planta e produção, não houve correlação genética significativa,
295 mesmo tendo magnitudes de valor para correlações muito próximas, sendo que a correlação
296 ambiental significativa pode ser a causa da correlação fenotípica significativa observada.

297 Houve resultados significativos em alguns pares de caracteres para as correlações
298 genéticas, mas que não se refletiram em suas respectivas correlações fenotípicas, como no
299 caso das correlações entre comprimento da folha bandeira e largura da folha bandeira, dias até
300 a maturação dos grãos e produção. Correlações genotípicas positivas e significativas indicam
301 a possibilidade de ocorrência de pleiotropia ou desequilíbrio de ligação gênica entre os pares
302 de caracteres que em geral favorecem a seleção simultânea de dois ou mais caracteres por
303 meio de apenas um destes (FALCONER, 1987).

304 Houve também simultaneamente correlações fenotípicas negativas significativas e
305 correlações genotípicas negativas respectivamente, essas ocorreram entre os caracteres:
306 largura da folha bandeira e dias até o florescimento, largura da folha bandeira e dias até a
307 maturação dos grãos. Evidenciando que seleção para obtenção de plantas com folhas bandeira
308 mais largas pode resultar em redução no ciclo da planta.

309 Quando correlacionada a produção com o comprimento da folha bandeira observou se
310 valor significativo negativo para correlação genética. Verificou-se também que houve
311 correlações genotípicas negativas e significativas quando o caráter comprimento da folha
312 bandeira foi correlacionado com número de perfilhos por planta, dias até o florescimento, dias
313 até a maturação dos grãos e número de grãos por panícula.

314 As correlações genéticas negativas e significativas observadas para os caracteres
315 relacionados à folha bandeira quando correlacionados aos caracteres reprodutivos podem ser
316 resultado de fatores fisiológicos com origem genética. Em alguns casos os estádios de
317 desenvolvimento de determinados órgãos da planta podem proporcionar competição pela
318 translocação de fotoassimilados entre eles (GUEDES et al., 2008).

319 No presente trabalho observou-se que 80,55% das correlações fenotípicas, 55,55%
320 das correlações genotípicas e 80,55% das correlações ambientais não foram significativas.
321 Segundo Rodrigues et al., (2010) mesmo sendo observadas correlações baixas entres os
322 caracteres em estudo, os mesmos possuem ação independente.

323 **Estudo de herança**

324 A partir do teste de qui-quadrado (χ^2) verificou-se que os caracteres ausência e
325 presença pilosidade do limbo foliar e cor dourada e palha das glumelas tem herança
326 monogênica com interação alélica de dominância (3:1). Evidenciado pelos valores não
327 significativos obtidos para o qui-quadrado, onde os caracteres apresentaram $p > 5\%$, indicando
328 que a hipótese de herança monogênica (H_0) foi aceita para os dois caracteres (Tabelas 4 e 5).

329 A análise qui-quadrado para o caráter presença ou ausência da cor púrpura do ápulo,
330 revelou que o resultado obtido não foi comum ao pressuposto de que a proporção para o
331 caráter seria de 3:1 com herança monogênica e interação alélica de codominância completa. O
332 valor obtido para o qui-quadrado foi elevado, sendo que a probabilidade obtida para a
333 hipótese foi inferior a 1% ($p < 5\%$), indicando resultado significativo, dessa forma rejeita-se a
334 hipótese (H_0) de herança monogênica para essa característica (Tabela 6). Baldoni, Teixeira e
335 Santos (2002) ressaltam que a ocorrência de penetrância incompleta e expressividade variável
336 podem influenciar os resultados do teste de qui-quadrado.

337 A análise para distribuição independente considerando-se os dois caracteres com
338 herança monogênica (presença ou ausência de pilosidade do limbo foliar e cor dourada ou
339 palha das glumelas) revelou valor 4,26 para o qui-quadrado, com probabilidade de 23,44% e
340 portanto $p > 5\%$ (Tabela 7). Portanto, tal resultado validou a hipótese de segregação
341 independente (H_0) evidenciando que os genes responsáveis pelos caracteres estão situados em
342 cromossomos distintos.

343 **Conclusões**

- 344 1. As estimativas dos parâmetros genéticos indicam que as maiores ganhos por seleção
345 são obtidas nos caracteres altura de planta, comprimento da panícula, número de grãos
346 por panícula e dias até o florescimento.
- 347 2. As características altura da planta e dias até a maturação apresentam correlações
348 genotípicas positivas com a produtividade por planta.
- 349 3. Os caracteres ausência e presença de pilosidade no limbo foliar, cor dourada e cor
350 palha das glumelas possuem herança monogênica e apresentam segregação
351 independente.

352 **Agradecimentos**

353 À Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo apoio institucional e a CAPES por
354 concessão de bolsa de pós-graduação e ajuda de custo.

355 **Referências**

- 356 AJMAL, S.U.; ZAKIR, N.; MUJAHID, M.Y. Estimation of genetic parameters and character
357 association in wheat. **Journal of Agricultural & Biological Science**, v. 1, n. 1, p.15-18,
358 2009.
- 359 ALMEIDA, R.D. de; PELUZIO, J.M.; AFFERRI, F.S. Correlações fenotípicas, genotípicas e
360 ambientais em soja cultivada sob condições várzea irrigada, sul do tocantins. **Bioscience**

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

- 361 **Journal**, v. 26, n. 1, p.95-99, 2010.
- 362 AMELA, F.A.; VALLEJO CABRERA, F.A.; MARTINEZ, C.P.; BORRERO, J.C.
363 Parâmetros genéticos de la longitud de panícula en arroz. **Acta Agronómica**. v. 57, n. 4,p.
364 233-239, 2008.
- 365 APASSUL. **Associação dos produtores e comerciante de sementes e mudas do Rio**
366 **Grande do Sul**. Disponível em: <<http://www.apassul.com.br/>>. Acesso em: 20 jun. 2012.
- 367 BALDONI, A.B.; TEIXEIRA, F.F.; SANTOS, J.B. dos. Controle genético de alguns
368 caracteres relacionados à cor da semente de feijão no cruzamento Rosinha x Esal 693. **Acta**
369 **Scientiarum**, v. 24, n. 5, p.1427-1431, 2002.
- 370 BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 2. ed. Viçosa: UFV, 1998. 453 p.
- 371 CÂMARA, T.M.M.; BENTO, D.A.V.; ALVES, G.F.; SANTOS, M.F.; MOREIRA, J.U.V.;
372 SOUZA JÚNIOR, C.L. de. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados à tolerância à
373 deficiência hídrica em milho tropical. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p.595-603, 2007.
- 374 CRUZ, C.D. **Programa GENES: análise e processamento de dados baseado em modelos**
375 **biométricos e em estatística experimental**. Viçosa: UFV, 2006. CD-ROM.
- 376 CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**.
377 1ª ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1994, 390 p.
- 378 DUDLEY, J.; MOLL, R.H. Interpretation and use of estimation of heritability and genetic
379 variance in plant breeding. **Crop Science**, Madison v.2, n.3, p.257-262, 1969.
- 380 FALCONER, D.S. **Introdução à genética quantitativa**. 1ª. ed. Viçosa: UFV, 1987. 279p.
- 381 GUEDES, P.A.; ALMEIDA, O. da S.; LEMOS, O.L.; REBOUÇAS, T.N.H. Relação fonte-
382 dreno na formação de frutos: Uma revisão bibliográfica. **Diálogos e Ciência**, v. 1, n. 13, p. 1-
383 13, 2008.
- 384 GUIMARÃES, E.P. Hibridação em arroz. In: BOREM, Aluizio. **Hibridação artificial em**

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

- 385 **planta**. Viçosa: UFV, 1999. p. 101-119.
- 386 HEINEMANN, A. B. Caracterização dos padrões de estresse hídrico para a cultura do arroz
387 (ciclo curto e médio) no estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético.
388 **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 1, p. 29-36, 2010.
- 389 LOPES, F.C.C.; GOMES, R.L.F.; FREIRE FILHO, F.R. Genetic control of cowpea seed
390 sizes. **Scientia Agrícola**, v. 60, n. 2, p.315-318, 2003.
- 391 MACHADO, C.F.; SANTOS, J.B. dos; NUNES, G.H.S. Escolha de genitores de feijoeiro por
392 meio da divergência avaliada a partir de caracteres morfo-agronômicos. **Bragantia**, v. 59, n.
393 1, p.11-20, 2000.
- 394 MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo:
395 Ceres, 1987. 496 p.
- 396 PELUZIO, J.M.; ALMEIDA, R.D.; FIDELIS, R.R.; ALMEIDA JUNIOR, D.; BRITO, E.L.;
397 FRANCISCO, E.R. Correlação entre caracteres de soja, em Gurupi, Tocantins. **Revista**
398 **Ceres**, v. 52, n. 1, p.779-786, 2005.
- 399 RANGEL, P.H.N. et al. Ganhos na produtividade de grãos pelo melhoramento genético do
400 arroz irrigado no meio-norte do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 8, p.
401 1595-1604, 2000.
- 402 ROCHA, M. de M.; CARVALHO, K.J.M. de; FREIRE FILHO, F.R.; LOPES, A.C.A.;
403 GOMES, R.L.F.; SOUSA, I.S. Controle genético do comprimento do pedúnculo em feijão-
404 caupi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 3, p.270-275, 2009.
- 405 RODRIGUES, H.C. de A.; et al CARVALHO, S.P. de; CARVALHO, A.A. de; SANTOS,
406 C.E.M. dos; CARVALHO FILHO, J.L.S. de. Correlações genótípicas, fenotípicas e
407 ambientais entre caracteres de mamoneira. **Ciência Agrotecnologia**, v. 34, n. 6, p. 1390-
408 1395, 2010.

409 STUBER, C.; EDWARDS, M.; WENDEL, J. Molecular marker-facilitated investigations of
410 quantitative trait loci in maize. II. Factors influencing yield and its component traits. **Crop**
411 **Science**, v. 27, p.639- 648, 1987.

412

413

Tabelas e Figuras

414 **Tabela 1.** Estimativas de variância fenotípica (σ^2_F), Variância genotípica (σ^2_G), Variância ambiental (σ^2_A), herdabilidades no sentido amplo (h^2_a),
 415 grau médio de dominância (k_m), número mínimo de genes que controlam o caráter (η) em geração F₂ e heterose (H) na geração F₁ oriunda do
 416 cruzamento entre cultivar de arroz IAC-25 e Arroz vermelho.

Parâmetro	Alt	CPan	CBan	LBan	NP	Flr	Mat	GRPan	Prod
σ^2_F	746,88 [589,42 - 927,90]	73,68 [56,00 - 96,18]	125,02 [96,74 - 159,30]	0,07 [0,06 - 0,09]	29,19 [23,467 - 34,73]	197,11 [162,36 - 230,99]	160,80 [134,06 - 179,87]	3187,36 [2381,36 - 3908,51]	474,57 [392,49 - 567,37]
σ^2_A	246,25 [212,47 - 268,80]	35,57 [29,51 - 41,11]	89,67 [76,21 - 110,89]	0,06 [0,053 - 0,063]	20,09 [17,76 - 23,23]	36,03 [31,52 - 39,55]	33,88 [27,75 - 37,07]	2027,12 [1810,47 - 2227,74]	406,66 [361,92 - 440,12]
σ^2_G	500,63 [335,07 - 677,85]	38,10 [16,73 - 66,85]	35,35 [3,09 - 66,71]	0,01 [-0,005 - 0,035]	9,10 [2,69 - 15,99]	161,08 [126,23 - 195,76]	126,92 [102,14 - 147,048]	1160,25 [392,43 - 2021,88]	67,91 [-17,55 - 194,64]
h^2_a	67,03 [56,97 - 74,19]	51,71 [30,05 - 69,80]	28,27 [3,99 - 45,39]	15,62 [1,79 - 36,28]	31,18 [11,38 - 46,89]	81,72 [77,57 - 85,11]	78,93 [75,10 - 83,32]	36,40 [16,06 - 52,38]	14,31 [1,84 - 26,88]
k_m	-0,90 [-1,13 - -0,63]	-0,86 [-1,07 - -0,67]	-1,48 [-7,53 - -0,55]	0,16 [-1,0 - 1,09]	-0,58 [-0,74 - -0,41]	0,73 [0,37 - 1,04]	-0,20 [-0,46 - 0,01]	0,78 [-0,20 - 2,79]	-0,65 [-0,96 - -0,44]
η	4,24 [2,91 - 5,67]	6,61 [3,55 - 16,03]	14,76 [7,39 - 119,94]	28,85 [9,16 - 106,44]	10,76 [6,11 - 30,48]	2,10 [1,72 - 2,65]	1,74 [1,44 - 2,15]	12,16 [5,45 - 21,80]	15,71 [5,437 - 73,35]
H	15,085	4,874	-3,224	0,009	3,031	-2,437	0,900	-4,733	15,157

417 (Alt) Altura da planta; (CPan) Comprimento da panícula; (CBan) Comprimento da folha bandeira; (LBan) Largura da folha bandeira; (NP) Número de perfilhos; (Flr) Dias até o florescimento;
 418 (Mat) Dias até a maturação dos grãos; (GRPan) Número de grãos por panícula; (Prod) Produção de grãos. [] Valores de intervalo de confiança submetidos à análise *bootstrap* a 5% de
 419 probabilidade.

420 **Tabela 2.** Predição de ganhos por seleção na geração F₂ oriunda do cruzamento entre a cultivar de arroz IAC-25 e o Arroz vermelho para os
 421 caracteres altura da planta, comprimento da panícula, comprimento da folha bandeira, largura da folha bandeira, número de perfilhos, dias até o
 422 florescimento, dias até a maturação dos grãos, número de grãos por panícula e produção de grãos com intensidade de seleção de 10%.

Parâmetros	Alt (cm)	CPan (cm)	CBan (cm)	LBan (cm)	NP (un)	Flr (dias)	Mat (dias)	GRPan (un.pan ¹)	Prod (g.planta ¹)
Número de indivíduos selecionados	11	11	11	11	12	11	11	9	9
Média original da F ₂	132,41	32,64	39,87	1,87	14,00	73,32	89,47	161,06	48,24
Média dos indivíduos selecionados	82,55	45,37	21,64	2,34	6,33	53,0	68,54	273,66	89,27
Diferencial de seleção	-49,85	12,73	-18,23	0,47	-7,66	-20,32	-20,92	112,60	41,02
Ganho por seleção	-33,42	6,58	-5,15	0,07	-2,39	-16,60	-16,51	40,99	5,87
Ganho por seleção (%)	-25,24	20,17	-12,93	3,90	-17,07	-22,65	-18,46	25,45	12,17
Média predita para 1º ciclo após seleção	98,99	39,22	34,71	1,94	11,61	56,71	72,95	202,05	54,11

423

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

424 **Tabela 3.** Estimativa dos coeficientes de correlação fenotípica (\hat{r}_F) submetidos ao teste *t* a 1% e 5% de probabilidade e coeficientes de
425 correlação genotípica (\hat{r}_G), ambiental (\hat{r}_A) submetidos a análise *bootstrap* a 1% e 5% de probabilidade entre oito caracteres em arroz.

Variáveis	\hat{r}	CPan	CBan	LBan	NP	Flr	Mat	GRPan	Prod
Alt	F	0,9926**	-0,533 ^{NS}	-0,3737 ^{NS}	0,9576*	0,3408 ^{NS}	0,5440 ^{NS}	-0,0114 ^{NS}	0,9851*
	G	1,0000**	-0,8721 ^{NS}	-0,6107 ^{NS}	1,0000**	0,4505 ^{NS}	0,6571 ^{NS}	0,0654 ^{NS}	1,0000**
	A	0,6419*	-0,1279 ^{NS}	0,4200 ^{NS}	-0,2539 ^{NS}	-0,233 ^{NS}	-0,3318 ^{NS}	-0,7234**	0,1890 ^{NS}
CPan	F		-0,6263 ^{NS}	-0,4807 ^{NS}	0,9841*	0,4389 ^{NS}	0,6403 ^{NS}	0,1098 ^{NS}	-0,913 ^{NS}
	G		-0,8875 ^{NS}	-0,6079 ^{NS}	1,0000**	0,5633 ^{NS}	0,7514 ^{NS}	0,1816 ^{NS}	-1,0000**
	A		-0,5821*	-0,1731 ^{NS}	0,2859 ^{NS}	-0,3225 ^{NS}	-0,3955 ^{NS}	-0,7345*	0,4910 ^{NS}
CBan	F			0,8631 ^{NS}	-0,7086 ^{NS}	-0,7206 ^{NS}	-0,9082 ^{NS}	-0,7681 ^{NS}	-0,6110 ^{NS}
	G			1,0000**	-1,0000**	-1,0000**	-1,0000**	-1,0000**	-0,9854*
	A			0,5896 ^{NS}	-0,2351 ^{NS}	0,6180 ^{NS}	0,7247*	0,1157 ^{NS}	-0,1970 ^{NS}
LBan	F				-0,6246 ^{NS}	-0,9692*	-0,9807*	-0,9132 ^{NS}	-0,5160 ^{NS}
	G				-0,7540 ^{NS}	-1,0000**	-1,0000**	-1,0000**	-0,6334 ^{NS}
	A				-0,4601 ^{NS}	0,5059 ^{NS}	0,4914 ^{NS}	-0,3158 ^{NS}	-0,3607 ^{NS}
NP	F					0,5916 ^{NS}	0,7613 ^{NS}	0,2711 ^{NS}	0,9904**
	G					0,6864 ^{NS}	0,8263 ^{NS}	0,2801 ^{NS}	0,9953 ^{NS}
	A					0,0774 ^{NS}	0,1743 ^{NS}	0,1941 ^{NS}	0,8405**
Flr	F						0,9361 ^{NS}	0,8579 ^{NS}	0,4964 ^{NS}
	G						0,9531 ^{NS}	1,0000**	0,5797 ^{NS}
	A						0,9040**	0,2397 ^{NS}	-0,0029 ^{NS}
Mat	F							0,8288 ^{NS}	0,6673 ^{NS}
	G							0,9203 ^{NS}	0,7302**
	A							0,2333 ^{NS}	0,0270 ^{NS}
GRPan	F								0,1377 ^{NS}
	G								0,1480 ^{NS}
	A								0,0011 ^{NS}

426 (Alt) Altura da planta; (CPan) Comprimento da panícula; (CBan) Comprimento da folha bandeira; (LBan) Largura da folha bandeira; (NP) Número de perfilhos; (Flr) Dias até o florescimento;
427 (Mat) Dias até a maturação dos grãos; (GRPan) Número de grãos por panícula; (Prod) Produção de grãos. ^{NS} Não significativo; ** * Significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste t e pelo
428 método de bootstrap com 5000 simulações.

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

429 **Tabela 4.** Análise de segregação para o caráter presença ou ausência de pilosidade do limbo
430 foliar em população F₂ do cruzamento entre cultivar IAC-25 e Arroz vermelho.

População	Plantas Limbo Piloso	Plantas Limbo Liso	Proporção esperada	χ^2_c	Probabilidade (%)
IAC 25	0	120	0:1	-	-
Arroz vermelho	120	0	1:0	-	-
F ₁	120	0	1:0	-	-
F ₂	157	64	3:1	1,8476	17,40

431 **Tabela 5.** Análise de segregação para o caráter cor palha ou dourada das glumelas em
432 população F₂ do cruzamento entre cultivar IAC-25 e Arroz vermelho.

População	Plantas Glumelas Palhas	Plantas Glumelas Douradas	Proporção esperada	χ^2_c	Probabilidade (%)
IAC 25	0	120	0:1	-	-
Arroz vermelho	120	0	1:0	-	-
F ₁	120	0	1:0	-	-
F ₂	155	66	3:1	2,7888	9,4923

433 **Tabela 6.** Análise de segregação para o caráter presença ou ausência da coloração púrpura do
434 ápice na fase de florescimento foliar em população F₂ do cruzamento entre cultivar IAC-25
435 e Arroz vermelho.

População	Plantas Apículo palha	Plantas Apículo púrpura	Proporção esperada	χ^2_c	Probabilidade (%)
IAC 25	0	120	0:1	-	-
Arroz vermelho	120	0	1:0	-	-
F ₁	120	0	1:0	-	-
F ₂	194	27	3:1	19,26	0.0011

436 **Tabela 7.** Análise de segregação conjunta para os caracteres coloração palha ou dourada das
437 glumelas e presença ou ausência de pilosidade da folha em população F₂ do cruzamento entre
438 cultivar IAC-25 e Arroz vermelho.

População	Plantas Folha pilosa e glumela palha	Plantas Folha pilosa e glumela dourada	Plantas Folha lisa e glumela palha	Plantas Folha lisa e glumela dourada	Proporção esperada	χ^2_c	Probabilidade (%)
IAC 25	0	0	0	120	0:0:0:1	-	-
Arroz vermelho	120	0	0	0	1:0:0:0	-	-
F ₁	120	0	0	0	1:0:0:0	-	-
F ₂	110	47	45	19	9:3:3:1	4,2629	23,4434

439

ANEXO

NORMAS DA REVISTA



INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS NA REVISTA PAB

Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos e não podem ter sido encaminhados a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

A Comissão Editorial faz análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como: escopo; apresentação do artigo segundo as normas da revista; formulação do objetivo de forma clara; clareza da redação; fundamentação teórica; atualização da revisão da literatura; coerência e precisão da metodologia; resultados com contribuição significativa; discussão dos fatos observados frente aos descritos na literatura; qualidade das tabelas e figuras; originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassa a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério só é aplicado aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor. Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

O texto deve ser digitado no editor de texto Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, margens de 2,5 cm, com páginas e linhas numeradas.

Escopo e política editorial

A revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) é uma publicação mensal da Embrapa, que edita e publica trabalhos técnico-científicos originais, em português, espanhol ou inglês, resultantes de pesquisas de interesse agropecuário. A principal forma de contribuição é o Artigo, mas a PAB também publica Notas Científicas e Revisões a convite do Editor.

Análise dos artigos

A Comissão Editorial faz a análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como escopo, apresentação do artigo segundo as normas da revista, formulação do objetivo de forma clara, clareza da redação, fundamentação teórica, atualização da revisão da literatura, coerência e precisão da metodologia, resultados com contribuição significativa, discussão dos fatos observados em relação aos descritos na literatura, qualidade das tabelas e figuras, originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassa a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério é aplicado somente aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

Forma e preparação de manuscritos

- Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos (não terem dados – tabelas e figuras – publicadas parcial ou integralmente em nenhum outro veículo de divulgação técnico-científica, como boletins institucionais, anais de eventos, comunicados técnicos, notas científicas etc.) e não podem ter sido encaminhados simultaneamente a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho. - São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor.

- Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

- O texto deve ser digitado no editor de texto Microsoft Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, com margens de 2,5 cm e com páginas e linhas numeradas.

Organização do Artigo Científico

- A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma: - Artigos em português - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Referências, tabelas e figuras.

- Artigos em inglês - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

- Artigos em espanhol - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.
- O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.
- O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

Título

- Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.
- Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.
- Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como "efeito" ou "influência".
- Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.
- Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.
- As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura.

Nomes dos autores

- Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção "e", "y" ou "and", no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.
- O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à chamada de endereço do autor.

Endereço dos autores

- São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.
- Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.
- Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

Resumo

- O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.
- Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.
- Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos, os resultados e a conclusão.
- Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.
- O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

Termos para indexação

- A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.
- Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.
- Não devem conter palavras que compõem o título.
- Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.
- Devem, preferencialmente, ser termos contidos no AGROVOC: Multilingual Agricultural Thesaurus ou no Índice de Assuntos da base SciELO.

Introdução

- A palavra Introdução deve ser centralizada e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.
- Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.
- O último parágrafo deve expressar o objetivo de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

Material e Métodos

- A expressão Material e Métodos deve ser centralizada e grafada em negrito; os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

- Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.
- Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.
- Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.
- Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.
- Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.
- Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.
- Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.
- Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.

Resultados e Discussão

- A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.
- As tabelas e figuras são citadas seqüencialmente.
- Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos em relação aos apresentados por outros autores.
- Evitar o uso de nomes de variáveis e tratamentos abreviados.
- Dados não apresentados não podem ser discutidos.
- Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.
- As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.
- Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.
- As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

Conclusões

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

- O termo **Conclusões** deve ser centralizado e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo.
- Devem ser elaboradas com base no objetivo do trabalho.
- Não podem consistir no resumo dos resultados.
- Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.
- Devem ser numeradas e no máximo cinco.

Agradecimentos

- A palavra **Agradecimentos** deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Devem ser breves e diretos, iniciando-se com "Ao, Aos, À ou Às" (pessoas ou instituições).
- Devem conter o motivo do agradecimento.

Referências

- A palavra *Referências* deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.
- Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 6023 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.
- Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.
- Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.
- Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.
- Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.
- Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.
- Devem ser trinta, no máximo.

Exemplos:

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

- Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)

AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

- Artigos de periódicos

SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.67-75, 2006.

- Capítulos de livros

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

- Livros

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

- Teses

HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR**. 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- Fontes eletrônicas

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste: relatório do ano de 2003**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 66). Disponível em: . Acesso em: 18 abr. 2006.

Citações

- Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados.

- A autocitação deve ser evitada.

- Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

- Redação das citações dentro de parênteses
- Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.
- Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.
- Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.
- Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.
- Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.
- Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão "citado por" e da citação da obra consultada.
- Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.
- Redação das citações fora de parênteses
- Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

Fórmulas, expressões e equações matemáticas

- Devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.
- Não devem apresentar letras em itálico ou negrito, à exceção de símbolos escritos convencionalmente em itálico.

Tabelas

- As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após as referências.
- Devem ser auto-explicativas.
- Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.
- Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

- O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.
- No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.
- Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.
- Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo.
- Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.
- Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.
- Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares. Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.
- As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.
- Notas de rodapé das tabelas
- Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.
- Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.
- Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); * e ** (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

Figuras

- São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.

GUIMARÃES, J.F.R. Desenvolvimento de genótipos de Arroz vermelho para sistema de cultivo de terras altas

- Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.
- O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.
- Devem ser auto-explicativas.
- A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.
- Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.
- Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.
- O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.
- As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.
- Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).
- Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.
- As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.
- Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.
- Devem ser gravadas nos programas Word, Excel ou Corel Draw, para possibilitar a edição em possíveis correções.
- Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.
- No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).
- Não usar negrito nas figuras.
- As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.

- Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

Outras informações

- Não há cobrança de taxa de publicação.
- Os manuscritos aprovados para publicação são revisados por no mínimo dois especialistas.
- O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.
- São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.
- Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da PAB.

Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos por telefone: (61) 3448-4231 e 3273-9616, fax: (61)3340-5483, via e-mail: pab@sct.embrapa.br ou pelos correios: Embrapa Informação Tecnológica, Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB, Caixa Postal 040315 CEP 70770 901 Brasília, DF