

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

**Caracterização morfoagronômica e qualidade de
sementes em arroz vermelho e branco**

Bruna Rafaela da Silva Menezes

2011



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOAGRONÔMICA E QUALIDADE DE
SEMENTES EM ARROZ VERMELHO E BRANCO**

BRUNA RAFAELA DA SILVA MENEZES

Sob a Orientação do Professor
Maurício Ballesteiro Pereira

e Co-orientação dos Professores
Luiz Beja Moreira
Higino Marcos Lopes

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal.

Seropédica
Rio de Janeiro – Brasil
Fevereiro 2011

641.3318

M543c

T

Menezes, Bruna Rafaela da Silva, 1985-
Caracterização morfoagronômica e
qualidade sementes em arroz vermelho e
branco / Bruna Rafaela da Silva Menezes -
2011.

64 f. : il.

Orientador: Maurício Ballesteiro
Pereira.

Dissertação (mestrado) - Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro, Curso de
Pós-Graduação em Fitotecnia.

Bibliografia: f. 56-64.

1. Arroz - Produtividade - Teses. 2.
Sementes - Dormência - Teses. I. Pereira,
Maurício Ballesteiro, 1954-. II.
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Curso de Pós-Graduação em
Fitotecnia. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

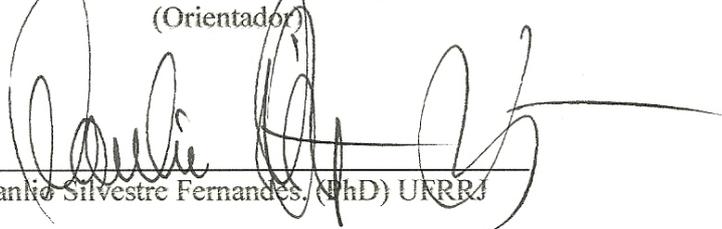
BRUNA RAFAELA DA SILVA MENEZES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Área de Concentração em Produção Vegetal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 18/02/2011



Maurício Ballesteiro Pereira. (Dr.) UFRRJ
(Orientador)



Manlio Silvestre Fernandes. (PhD) UFRRJ



Maria do Carmo Araújo Fernandes. (Dr.) PESAGRO-RIO

*A Deus por estar presente
em todos os momentos de
minha vida.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Célia da Silva Menezes e Edgard dos Santos Menezes, e ao meu irmão Wellington da Silva Menezes pelo amor, carinho e dedicação.

Ao meu orientador, Maurício Ballesteiro Pereira, pela orientação e paciência durante o curso de Mestrado.

Ao professor Luiz Beja Moreira pela experiência compartilhada desde a Graduação.

Ao professor Higino Marcos Lopes pela co-orientação e apoio.

Ao professor Aurino Florencio de Lima por ter me prestado apoio e conhecimentos em momentos da condução do experimento a campo.

Ao professor Daniel Fonseca de Carvalho pelo fornecimento dos dados meteorológicos.

À professora Ana Lúcia Cunha Dornelles por ter tido a paciência e me deixado fazer estágio a docência na disciplina Bases Genéticas do Melhoramento Vegetal.

À Elania Rodrigues da Silva por tudo. Por me escutar nos momentos difíceis, aconselhar, prestar apoio durante a execução do trabalho e por estar sempre disposta a ajudar.

Ao bolsista Elias Mendes Costa pela dedicação e por estar sempre ao meu lado durante o experimento.

À Alessandra Teixeira Moreira Curti pela ajuda e amizade conquistada.

À Elaine Rabello de Medeiros pelo apoio durante a execução do experimento.

À Natália pelo contato com pequenos agricultores produtores de arroz vermelho.

À Daniele Lima Rodrigues e Eva Adriana Gonçalves de Oliveira pela companhia durante o curso das disciplinas do Mestrado.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia.

E a todos aqueles que de alguma forma contribuíram com a execução e término deste trabalho.

Obrigada por fazerem parte dessa fase de minha vida.

“Ando devagar
Porque já tive pressa
Levo esse sorriso
Porque já chorei demais ...

... É preciso amor
Pra poder pulsar
É preciso paz pra poder sorrir
É preciso a chuva para florir”

Tocando em Frente
Almir Sater e Renato Teixeira

RESUMO GERAL

Menezes, Bruna Rafaela da Silva. **Caracterização morfoagronômica e qualidade de sementes em arroz vermelho e arroz branco**. 2011. 64 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia, Produção Vegetal). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

O arroz vermelho é conhecido como uma invasora em lavouras de arroz branco. É cultivado por pequenos agricultores em áreas da Região Nordeste e do Norte de Minas Gerais. Apesar de possuir características como porte elevado, maior susceptibilidade ao acamamento, maior duração da dormência das sementes após a colheita, já foram observados genótipos de arroz vermelho com características semelhantes a cultivares de arroz branco. Com isso, os objetivos deste trabalho foram comparar as características morfoagronômicas de genótipos de arroz vermelho com de arroz branco recomendados para o cultivo em condições de irrigação por inundação e em sequeiro, a qualidade fisiológica e a dormência de sementes em duas épocas de armazenamento, aliado a isto, determinar o ponto de maturidade fisiológica, das sementes na cultura irrigada. Os experimentos foram instalados no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ no ano de 2009. Para a avaliação das características morfoagronômicas foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições. No caso da qualidade fisiológica e dormência foi utilizado o fatorial 4 (genótipos) x 3 (1 controle e 2 tratamentos de quebra de dormência) no delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições. Após a análise da variância em cada época de armazenamento foi realizada a análise conjunta dos dados. As médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade. Para a determinação do ponto de maturidade fisiológica foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso em parcelas subdivididas. Após a análise da variância foi realizada a análise de regressão para as características teor de água e massa de matéria seca. Foi observado que os genótipos de arroz vermelho obtiveram menor produção em comparação com os de arroz branco recomendados para o cultivo irrigado por inundação. Já nas condições de sequeiro o genótipo Vermelho Virgínia apresentou maior produtividade apesar de não serem detectadas diferenças significativas entre os tratamentos. Nas duas condições de cultivo os genótipos de arroz vermelho apresentaram menor comprimento do cariopse. No caso do genótipo Vermelho Virgínia, o cariopse teve maior espessura e a planta teve maior porte em comparação com os genótipos de arroz branco. O genótipo Vermelho Pequeno apresentou perda de dormência aos 30 dias de armazenamento enquanto os genótipos Vermelho Virgínia, EPAGRI109 e SCSBRS Tio Taka apresentaram a perda da dormência somente aos 60 dias de armazenamento. Verificou-se que o ponto de maturidade fisiológica foi atingido aos 25 dias após a floração média quando as sementes apresentaram o máximo acúmulo de massa de matéria seca. Os genótipos Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia possuem potencial para serem utilizados em programas de melhoramento visando a obtenção de novas cultivares de arroz.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., produtividade, características morfológicas, dormência.

GENERAL ABSTRACT

Menezes, Bruna Rafaela da Silva. **Describe morphologic and agronomic and seed quality in red rice and white rice.** 2011. 64 p. Dissertation (Masters in Plant Science, Vegetable Production). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

Red rice is known as a weed in rice fields blank. It is grown by small farmers in areas of the Northeast and Northern Minas Gerais (Brazil). Despite having such features as large size, greater susceptibility to lodging, longer duration of seed dormancy after harvest have been observed genotypes of red rice with traits similar to white rice cultivars. Thus, the objectives were to compare the morphological and agronomics traits of rice genotypes of red with white rice recommended for cultivation in flood irrigation and dry, quality and physiological dormancy in two periods of storage, and combined, determine the point of physiological maturity of seeds in irrigated crop. The experiment was installed in the experimental field of Departamento de Fitotecnia UFRRJ in 2009. To the evaluation of morphological and agronomics traits was used a randomized block design with five replications. In the case of quality and physiological dormancy was used factorial 4 (genotypes) x 3 (1 control and 2 treatments of dormancy) in randomized blocks with five replications. After Analysis of variance at each time of storage was performed overall data analysis. Means were compared by Student-Newman-Keuls test at 5% probability. To determine the physiological maturity point was used a randomized blocks in split plots. After analysis of variance was performed regression analysis for the traits of water content and dry matter. It was observed that the red rice genotypes had lower yield compared to white rice recommended for cultivation under flooded conditions. Already in upland conditions the genotype “Vermelho Virgínia” showed higher productivity although not significant differences between treatments. In both culture conditions the red rice genotypes had lower length of caryopsis. In the case of genotype “Vermelho Virginia”, the caryopsis was thicker and the plant was larger compared with the genotypes of white rice. The genotype “Vermelho Pequeno” had lost dormancy after 30 days of storage while genotypes “Vermelho Virginia”, “EPAGRI109” and “SCSBRS Tio Taka” showed the loss of dormancy only after 60 days of storage. It was found that the point of physiological maturity was reached at 25 days after the flowering period when the seeds were the maximum accumulation of dry matter. The genotypes “Vermelho Virgínia” and “Vermelho Pequeno” have potential to be used in breeding programs aimed at obtaining new cultivars.

Key-words: *Oryza sativa* L., yield, morphological traits, dormancy.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO GERAL	i
GENERAL ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Importância da Cultura	2
2.2. Taxonomia e Centro de Origem	3
2.3. Desenvolvimento da Planta de Arroz	4
2.4. Descritores Morfológicos	7
2.5. O Arroz Vermelho	9
2.6. Qualidade e Dormência de Sementes	11
3. CAPÍTULO I: COMPARAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS DE ARROZ VERMELHO COM ARROZ BRANCO EM CULTIVO IRRIGADO POR INUNDAÇÃO	
RESUMO	15
ABSTRACT	16
3.1. Introdução	17
3.2. Material e Métodos	17
3.3. Resultados e Discussão	20
3.4. Conclusão	26
4. CAPÍTULO II: COMPARAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS DE ARROZ VERMELHO COM ARROZ BRANCO EM CULTIVO DE SEQUEIRO	
RESUMO	28
ABSTRACT	29
4.1. Introdução	30
4.2. Material e Métodos	31
4.3. Resultados e Discussão	33
4.4. Conclusão	41

5. CAPÍTULO III: AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA E DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ VERMELHO E BRANCO	
RESUMO	43
ABSTRACT	44
5.1. Introdução	45
5.2. Material e Métodos	45
5.3. Resultados e Discussão	47
5.4. Conclusão	54
6. COSIDERAÇÕES FINAIS	55
7. REFERÊNCIAS	56

1. INTRODUÇÃO

O arroz é fonte primária de energia e fonte protéica e, com isso, é considerado alimento básico e essencial para uma dieta saudável (NAVES & BASSINELLO, 2006). Cerca de 90% da produção e consumo de arroz se concentra no continente asiático, sendo a China o maior produtor mundial. O Brasil ocupa a nona posição entre os maiores produtores de arroz (FAO, 2009). O Rio Grande do Sul está no topo do *ranking* dos maiores estados brasileiros produtores de arroz. O arroz produzido nesse estado é o irrigado que é o mais tecnificado e menos dependente das condições climáticas em comparação com o arroz de sequeiro (FERNANDES et al., 2008).

O arroz vermelho é praticamente desconhecido da maioria da população brasileira, mas é cultivado em algumas regiões como no Nordeste e o Norte de Minas Gerais (PEREIRA, 2004). Sendo considerado como invasora em lavouras de arroz branco, pois acarreta prejuízos a produção uma vez que o arroz vermelho encontrado no campo na forma espontânea tem como principal característica o maior degrane. Além disso, é mais competitivo que o arroz branco, possui porte elevado, maior susceptibilidade ao acamamento, maior perfilhamento e maior aderência da pálea e lema, grãos de menor comprimento e mais espessos (LEITÃO FILHO et al., 1972). Por se tratar de uma planta invasora, as sementes de arroz vermelho geralmente possuem período de dormência pós-colheita mais prolongado em relação às sementes de arroz branco (ÁVILA et al., 2000).

Por pertencerem a mesma espécie botânica, *Oryza sativa* L., existe a possibilidade de cruzamentos entre o arroz branco cultivado e o arroz vermelho e que, desta forma, estaria adquirindo características da cultura que infesta (LEITÃO FILHO et al., 1972). Já foram observadas variedades de arroz vermelho com algumas características semelhante a de cultivares de arroz branco, como o porte da planta. Apesar de alguns órgãos desenvolverem pesquisas, existem poucos trabalhos científicos e pouco se conhece sobre esse tipo de arroz (PEREIRA, 2004).

Com isso, a hipótese científica deste trabalho é de que existem genótipos de arroz vermelho com características morfoagronômicas, qualidade fisiológica e dormência de sementes semelhantes às de cultivares comerciais de arroz branco.

Os objetivos gerais desta pesquisa foram à comparação morfoagronômica do genótipo Vermelho Pequeno, obtido no campo experimental do Departamento de Fitotecnia, e do genótipo Vermelho Virgínia, obtido de pequenos agricultores da cidade de Virgínia-MG, com genótipos de arroz branco recomendados para o cultivo irrigado, EPAGRI109 e SCSBRS Tio Taka, e em sequeiro, Caiapó e BRS Primavera, e comparação da qualidade fisiológica e dormência de sementes dos mesmos genótipos de arroz vermelho, porém somente com os de arroz branco recomendados para o cultivo irrigado por inundação.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da Cultura

O arroz é um dos grãos de maior importância econômica, sendo cultivado nos cinco continentes (FERREIRA et al., 2006). Segundo dados da FAO (2009) aproximadamente 90% do arroz produzido no mundo são oriundos do continente asiático, sendo a China, Índia e Indonésia o primeiro, segundo e terceiro produtores mundiais, respectivamente. Além disso, o maior volume de exportação pertence à Tailândia e o de importação a Indonésia, ambos da Ásia.

Nem sempre os países maiores produtores são responsáveis pelas maiores exportações produzindo principalmente para o mercado interno. A China, por exemplo, apesar de ser um grande produtor é também um grande consumidor de arroz. A exportação é concentrada em poucos países ao passo que as importações estão dispersas entre um grande número de países. Alguns países que não produzem arroz, como a Dinamarca, Holanda e Suíça, importam o produto, transformando-o em produtos elaborados, de maior valor agregado, revendendo parte para outros países, como é o caso do Brasil (WANDER, 2006).

O Brasil é o nono maior produtor mundial de arroz sendo o maior da América Latina (FAO, 2009). Porém, o consumo desse cereal é grande no Brasil, ou seja, o abastecimento interno não permite uma maior eficiência nas exportações do produto (FERNANDES et al., 2008). Segundo dados da CONAB (2010) a área plantada brasileira no ano agrícola de 2009/2010 foi de 2.764,8 mil hectares, com produção de 11.260,3 mil toneladas e produtividade de 4.073 kg ha⁻¹. O Rio Grande de Sul é o maior Estado produtor com área plantada de 1.079,6 mil hectares, produção de 6.920,2 mil toneladas e produtividade de 6.410 kg ha⁻¹ no ano agrícola de 2009/2010. O Estado de Santa Catarina é o segundo maior produtor brasileiro com predomínio do sistema de plantio com o uso de sementes pré-germinadas.

Dois sistemas de produção de arroz são considerados no Brasil, o de várzea, irrigado por inundação, e o de terras altas, cultivado em condições de sequeiro ou irrigado por aspersão. A maior parte da produção do país é proveniente do ecossistema de várzea (GUIMARÃES et al., 2006). O sistema de terras altas ou sequeiro ganhou destaque em sistemas de produção na abertura do bioma Cerrado, como cultura pioneira e ocupação da fronteiras agrícolas. Adotava-se baixa tecnologia o que resultou na baixa produtividade média (DIAS et al., 2010). Esse sistema está localizado normalmente em regiões onde é comum a ocorrência de períodos de estiagem durante a estação das chuvas e associado à alta evapotranspiração, tem provocado baixa estabilidade produtiva da cultura (CRUSCIOL et al., 2003a). O arroz produzido no sistema irrigado é o melhor aceito no mercado internacional devido a ser mais tecnificado e menos dependente das condições climáticas, ou seja, um produto mais padronizado e de melhor qualidade. Além disso, o arroz produzido no Rio Grande do Sul possui uma competitividade interna frente ao mercado brasileiro seguido do produzido em Santa Catarina, ambos cultivados no sistema irrigado (FERNANDES et al., 2008).

Até meados da década 70 o arroz de terras altas, tradicionalmente referido como arroz de sequeiro, foi considerado como referencial qualitativo e seu produto atingia os melhores preços no mercado. Com o passar dos anos a preferência de consumidores e industriais voltou-se para o produto com grão agulhinha (longo-fino) produzido no sistema de cultivo irrigado da Região Sul do país, em detrimento do tradicional arroz de grão longo e espesso, até então típico do sistema de sequeiro. Em consequência disso o preço da saca de arroz de sequeiro passou a valer menos da metade do valor da saca do arroz agulhinha produzido na Região Sul. Isso favoreceu a acentuada redução da área plantada com arroz no sistema de sequeiro na região Centro-Oeste (CASTRO et al., 1999). Nos Estados onde o cultivo é

realizado sem inundação, essa cultura vem sendo substituída por outras mais rentáveis, como as culturas para a produção de biocombustíveis como a cana de açúcar e a soja. A consequência disso é a redução das áreas cultiváveis disponíveis para o plantio de alimentos (FERNANDES et al., 2008).

Novas cultivares com qualidades adequadas e adaptadas ao cultivo em sequeiro, como a BRS Primavera, são fundamentais para a retomada da produção de arroz nas regiões de fronteira agrícola, como o Centro-Oeste e Norte do Brasil. O Estado do Mato Grosso, o maior produtor de arroz nesse sistema, torna-se uma alternativa para garantir o abastecimento nacional de arroz (FERREIRA et al., 2002).

O desenvolvimento de cultivares de arroz com tipos de grãos especiais, como os aromáticos e vermelho, de boa qualidade e adaptados às condições de cultivo do Brasil constitui-se em grande oportunidade com vistas a agregar valor à produção e capitalizar o agricultor (BASSINELLO et al., 2005).

As variações nos preços do arroz são regionais por influência da logística. No Rio Grande do Sul, o preço da saca com 50 kg é de R\$ 26,53 e no Mato Grosso o preço praticado pela saca de 60 kg de arroz de sequeiro longo-fino é de R\$ 37,53, ou seja, R\$ 0,53 no Rio Grande do Sul e R\$ 0,63 no Mato Grosso o quilograma do arroz longo-fino (CONAB, 2010). Em levantamento de preços realizado em Dezembro de 2010, o preço do quilograma do arroz branco longo-fino integral no mercado custa em torno de R\$ 1,80. No caso, do arroz vermelho integral, tipo especial, esse valor é mais elevado. Por exemplo, o arroz cateto vermelho integral custa cerca R\$ 4,50/ kg na cidade de Pedralva, Sul do Estado de Minas Gerais, R\$ 3,67/ kg na cidade de São Paulo e até R\$ 7,50/ kg na cidade do Rio de Janeiro. Ou seja, até quatro vezes o valor pago pelo arroz branco integral.

Além da forma integral, existe o tipo polido e o parboilizado que são as formas mais consumidas. O arroz integral é o mais rico em nutrientes do qual só é retirada a casca durante o processo de beneficiamento. O arroz polido é o mais consumido no Brasil. Nesse tipo de arroz são removidas proporções variáveis das suas camadas mais externas. O arroz parboilizado é aquele que, ainda em casca, é submetido a um processo hidrotérmico que provoca a gelatinização total ou parcial do amido. O processo de parboilização melhora a qualidade nutricional do arroz, em relação ao produto polido, devido à redistribuição de alguns componentes do grão. O arroz parboilizado pode ser consumido integral ou polido (CASTRO et al., 1999).

Os grãos de arroz, apesar de apresentarem baixos teores de proteína, contêm glutelina que é uma proteína de melhor qualidade para a alimentação humana do que as de outros cereais (ARAÚJO et al., 2003). As camadas mais periféricas se destacam pela presença de fibras e vitaminas do complexo B e o endosperma é fonte de amido (energia). Amido resistente, não digerido no intestino, tem o mesmo efeito da fibra alimentar e pode ser encontrado no arroz parboilizado (NAVES & BASSINELLO, 2006). Aliado também ao fato de que é produzido e consumido principalmente por países em desenvolvimento, o arroz constitui uma das principais fontes de combate a fome e desnutrição no mundo.

2.2. Taxonomia e Centro de Origem

O arroz pertence ao gênero *Oryza*, a tribo *Oryzaceae*, família *Poaceae* (*Gramineae*), ordem *Poales*, classe *Liliopsida*, divisão *Magnoliophyta* e reino *Plantae*. Existem 25 espécies pertencentes a esse gênero, porém duas são cultivadas, a *Oryza sativa* L. e *Oryza glaberrima* Steud, sendo a primeira espécie a mais cultivada (VAUGHAN, 1994). O topo das montanhas do Himalaia, Nordeste da Índia, partes do Norte de Mianmar e Tailândia, província de Yunnan na China etc, são alguns dos centros de origem da espécie *O. sativa* L.. Já o Delta do Rio Niger e algumas áreas ao redor da costa da Guiné na África são consideradas os centros de origem da espécie *O. glaberrima* Steud. (CHANG, 1976).

De acordo com Chang e Bardenas (1965) *O. sativa* L. pode ser dividida em três subespécies: *Indica*, *Japonica* e *Javanica* (*Japonica* tropical). A subespécie *Indica* é descrita como possuindo folhas verde-claras, estatura alta, grãos finos, normalmente não possuem aristas, sensibilidade ao fotoperíodo variável e geralmente degranam facilmente. Já a *Japonica* é descrita como de folhas de coloração verde-escura, baixa estatura, grãos curtos e redondos, aristas ausentes ou longas, sensibilidade ao fotoperíodo variável e baixo degrane. A *Japonica* tropical possui folhas verde-claras, alta estatura, grãos largos e espessos, arista ausente ou longa, baixa sensibilidade ao fotoperíodo e baixo degrane. A maioria das cultivares de arroz irrigado do Brasil é pertencente à subespécie *Indica*, enquanto que as cultivares tradicionais de arroz de sequeiro pertence à subespécie *Japonica* tropical (KHUSH, 1997).

As espécies do gênero *Oryza* são classificadas em quatro complexos: *Sativa*, *Officinalis*, *Ridleyi* e *Meyeriana*. Os complexos *Sativa* e *Officinalis* são os mais estudados. Pertencem ao complexo *Sativa* as duas espécies cultivadas, *O. sativa* L. e *O. glaberrima* Steud., e os seus ancestrais silvestres, *O. nivara*, *O. rufipogon*, *O. barthii*, *O. longistaminata*, *O. glumaepatula* e *O. meridionalis* (VAUGHAN, 1994). Todas essas espécies são diplóides ($2n=24$) e por apresentarem genoma semelhante (AA), o cruzamento entre espécies do complexo *Oryza* pode resultar em pareamento normal dos cromossomos produzindo híbridos férteis comuns na natureza (MORISHIMA et al., 1992).

O arroz cultivado descende diretamente da forma perene do ancestral *O. rufipogon*. e tipos intermediários entre as duas espécies podem ser encontrados em Jeypore Tract na Índia (MORISHIMA et al., 1992). Ainda, segundo Sweeney et al. (2006), o alelo responsável pela coloração branca em cultivares modernas pode ter sido um mutante não funcional da versão do alelo responsável pela coloração vermelha do ancestral *O. rufipogon*. Segundo Londo e Schaal (2007) para o surgimento de grãos de pericarpo vermelho em variedades de arroz da espécie *O. sativa* L. seria a hibridação do arroz branco cultivado com o seu ancestral *O. rufipogon*.

A substituição da seleção natural pela seleção humana, seja ela inconsciente ou consciente, permitiu o aproveitamento de alelos que provavelmente desapareceriam com a seleção natural. A redução do degrane talvez seja a principal mudança ocorrida com a domesticação desse cereal. Outras mudanças também ocorreram como aumento do peso dos grãos, diminuição das aristas, período de dormência das sementes, diminuição da sensibilidade fotoperiódica, diminuição do porte da planta, diminuição da frequência da polinização cruzada e etc (CHANG, 1976).

As cultivares de arroz são autógamas, porém espécies silvestres são intercrossáveis. Algumas características morfológicas nessas espécies favorecem o cruzamento como maior produção de pólen, estigmas maiores e maior tempo de abertura das glumas durante a floração. A espécie *O. longistaminata* é quase que totalmente alógama, pois além de sua estrutura floral adaptada a alogamia, possui também o mecanismo de autoincompatibilidade (CASTRO et al., 1999).

2.3. Desenvolvimento da Planta de Arroz

A planta de arroz (*O. sativa* L.) é adaptada a solos alagados, mas desenvolve bem em solos não alagados. Suas raízes são fibrosas com muitas ramificações e pelos radiculares. Os pelos absorventes têm origem na epiderme e são responsáveis pela absorção de água e nutrientes. O córtex da raiz possui células parenquimáticas com a formação de grandes lacunas, os aerênquimas (GUIMARÃES et al., 2002).

O caule da planta de arroz é composto por um colmo principal e número variável de colmos primários e secundários, ou perfilhos. Os perfilhos primários originam-se na base das folhas de cada nó não alongado, do colmo principal, durante o crescimento vegetativo. Esses, por sua vez, dão origem aos perfilhos secundários. Esses últimos, por fim, dão origem aos

perfilhos terciários (FAGERIA, 1984). Deficiências hídricas quando ocorrem no estágio vegetativo pode afetar o crescimento da planta. O perfilhamento e o alongamento das folhas podem ser inibidos e, como consequência a planta poderá apresentar baixo índice de área foliar (IAF) o que vai reduzir o seu potencial produtivo (PINHEIRO & GUIMARÃES, 1990). Segundo University of the Philippines e IRRI (1967) quanto maior o estágio vegetativo maior é o número de perfilhos produzidos. Entretanto, deficiências nutricionais podem limitar o número de perfilhos que irão resultar em panículas viáveis. Alvarez et al. (2005) observaram que 82% do nitrogênio aplicado foram absorvidos no período entre o estágio de ativo perfilhamento e o de florescimento independentemente da cultivar utilizada. Na ocorrência de veranicos, comuns em algumas regiões produtoras de arroz de sequeiro, quando a deficiência hídrica reduz a absorção de nutrientes, ocorre diminuição da produtividade, ocasionando prejuízos aos rizicultores e oscilação na produção de ano para ano (BARROS & SANTOS, 2006). Afetando o crescimento, o déficit hídrico irá interferir na altura da planta. Crusciol et al. (2003a), avaliando diferentes lâminas de água de irrigação por aspersão sobre o desenvolvimento da planta de arroz, verificaram que os maiores valores de altura de planta e, conseqüentemente de acamamento, foram observados no tratamento onde se aplicou a maior lâmina de água. A altura da planta pode ser afetada também por baixas temperaturas em função da diminuição na divisão e alongação celular (MARTINS et al., 2007).

A produção em grãos da planta de arroz está em função dos componentes da produção que são: o número de panículas por planta (ou por unidade de área), número de espiguetas férteis por panícula e o peso médio das espiguetas. Geralmente, o número de panículas por planta é determinado durante o estágio vegetativo; o número de espiguetas por panícula, durante o estágio reprodutivo; e o peso de grãos durante a fase de enchimento dos grãos (UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES & IRRI, 1967). A panícula, inflorescência da planta de arroz, localiza-se no último nó do caule de cada perfilho e é subtendida pela folha bandeira. É composta pela ráquis principal, que possui nós dos quais saem ramificações primárias que dão origem a ramificações secundárias de onde surgem as espiguetas (FAGERIA, 1984).

O número de panículas por unidade de área pode variar de acordo com a densidade de semeadura. Menezes e Silva (1998) observaram que o menor número de panículas de arroz por área, foi observado nas densidades de semeadura de arroz baixa e intermediária, e deveu-se ao menor número de perfilhos obtidos nessas densidades. Segundo Guimarães et al. (2003a) a produtividade do arroz de sequeiro, mais sujeita a deficiências hídricas, aumenta com o número de plantas por unidade de área até o ponto em que a competição intraespecífica por nutrientes, água, luz e outros fatores de produção limita o processo produtivo. A maior população de plantas também aumenta a competitividade com as plantas invasoras. Também de acordo com o mesmo autor, um excessivo número de plantas por m² acarreta maior auto-sombreamento, provocando um menor aproveitamento da luz solar e maior possibilidade de acamamento e susceptibilidade às doenças. Na avaliação feita por Freitas et al. (2007), utilizando cultivares de arroz irrigado, observaram que número de panículas por m² foi o que mais se correlacionou com a produtividade de grãos em casca em comparação com o número de espiguetas por panícula.

O número de espiguetas por panícula é uma característica varietal, mas que pode sofrer influência da temperatura, do suprimento de água e da atividade fotossintética durante o estágio reprodutivo (UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES & IRRI, 1967). De acordo com Yoshida (1981) a faixa ótima para o crescimento da planta do arroz situa-se entre 25 e 30 °C com variações em função do estágio fenológico considerado. Temperaturas extremas podem afetar a produtividade se coincidirem com períodos de maior sensibilidade da planta de arroz. A influência mais marcante ocorre durante a germinação e, principalmente, durante a fase reprodutiva. A coincidência do período de redução da célula-mãe do pólen com temperaturas

inferiores a 15 °C podem trazer problemas ao grão de pólen (LIN & PETERSON, 1975). Temperaturas altas, acima de 35 °C também resultam em esterilidade de espiguetas, especialmente nos períodos de gametogênese e floração (YOSHIDA, 1981). A ocorrência dessas temperaturas nas fases iniciais pode causar danos no estabelecimento e estande inicial da lavoura e, mais tardiamente, pode provocar perdas no rendimento de grãos devido à esterilidade de espiguetas (MARCHEZAN et al., 2004). A intensidade da temperatura e sua duração são determinantes para a esterilidade (MARTINS et al., 2007).

A deficiência hídrica quando ocorre durante o período de redução da célula-mãe do pólen e o florescimento também pode levar a esterilidade de espiguetas (MATSUSHIMA, 1968). Segundo Crusciol et al. (2003a), a possibilidade de ocorrência de veranicos no florescimento e a dependência de chuva, com frequência é irregular e insuficiente, fazem com que a produtividade no sistema de cultivo de sequeiro seja de, aproximadamente, 1.500 kg ha⁻¹. Esses mesmos autores verificaram que a irrigação por aspersão em lavouras com cultivares de sequeiro proporciona acréscimos no número de panículas por m², na fertilidade das espiguetas (18,1%) e de 36,7% na produtividade de grãos, independente do espaçamento. Dentre as características avaliadas por Guimarães et al. (2008) a esterilidade de espiguetas foi uma das que apresentaram maior correlação (-0,938) com a produtividade em cultivares de arroz.

Plantas com adequada absorção de nitrogênio em cada estágio de seu desenvolvimento obtêm geralmente altas produtividades. Com ampla área foliar e suprimento de nitrogênio, as plantas mantêm grande quantidade de carboidratos durante o estágio reprodutivo e de enchimento dos grãos (UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES & IRRI, 1967). Dias et al. (2010), avaliando o efeito da adubação com nitrogênio, potássio e fósforo sobre a produtividade de cultivares de arroz de sequeiro, observaram que de modo geral os tratamentos que receberam adubação nitrogenada apresentaram melhores desempenhos quando comparados com os tratamentos que não receberam esse nutriente e todos apresentaram desempenho superior ao tratamento testemunha. O efeito significativo entre os tratamentos foi observado nas produtividades médias de 3.683 kg ha⁻¹ a 4.486 kg ha⁻¹ em relação à testemunha que foi de 1.858 kg ha⁻¹.

O grão de arroz denomina-se cariopse ou fruto-semente. Esse está protegido também pelo pericarpo que é onde se encontram os pigmentos responsáveis pela coloração vermelha dos genótipos de arroz vermelho e preto (GUIMARÃES et al., 2002). O componente peso de grãos é pouco influenciado por fatores de ordem climática e nutricional (ALVAREZ et al., 2005). Crusciol et al. (2003a) observaram que os tratamentos de diferentes lâminas de água de irrigação em cultivares de arroz não influenciaram a massa de 1.000 grãos, provavelmente, por ser uma característica varietal bastante estável. Porém, a brusone (*Pyricularia grisea*), ao necrosar os tecidos da base das panículas e das espiguetas, interfere no fluxo de carboidratos e compromete o enchimento de grãos (GUIMARÃES & PRABHU, 2002). Em estudo conduzido por Freitas et al. (2007) a massa de 1.000 grãos correlacionou-se negativamente com o número de espiguetas por panículas e com o índice de fertilidade das espiguetas.

As fases do desenvolvimento vegetativo da planta de arroz podem ser divididas em duas: a fase vegetativa básica e a fase sensível ao fotoperíodo. Em cultivares insensíveis ao fotoperíodo a fase sensível ao fotoperíodo é inferior a 30 dias. Em cultivares pouco sensíveis a fase sensível ao fotoperíodo pode ser superior a 30 dias quando o fotoperíodo for superior a 12 horas. Já em cultivares muito sensíveis não há florescimento além do fotoperíodo crítico, há grande incremento no ciclo com o aumento do fotoperíodo e a fase vegetativa básica normalmente é menor do que 40 dias. Com suprimento de água adequado, a duração do período entre a emergência e a floração em cultivares insensíveis é determinada principalmente pela temperatura do ar (YOSHIDA, 1981). Crusciol et al. (2003a), avaliando a produtividade e qualidade industrial de grãos de arroz de sequeiro em função de lâminas de

água no sistema irrigado por aspersão, observaram que a menor disponibilidade de água durante a fase vegetativa proporciona aumento do ciclo, pois o cultivo sem irrigação aumentou 9 e 8 dias o período para as plantas atingirem o florescimento e a maturação respectivamente, quando comparado com o tratamento com o maior nível de água aplicado. Breseghello et al. (2006) observaram correlação positiva para a duração do ciclo e produtividade, ou seja, quanto maior o ciclo maior poderá ser a produtividade de cultivares de arroz de sequeiro. Segundo Cutrim et al. (2006), as cultivares de ciclo médio e tardio tendem a produzir mais que as precoces, por atingirem um desenvolvimento vegetativo mais vigoroso.

Outra característica relevante em cultivares de arroz é o índice de colheita (IC). Esse é a relação da massa seca de grãos pela massa seca total da planta de arroz e, com isso, mede a eficiência da planta na translocação dos carboidratos acumulados nos colmos e nas bainhas para os grãos. Quanto maior o IC maiores valores de produtividade são esperados (PEREIRA, 2004). Estimativas realizadas por Cock e Yoshida (1972) permitiram a conclusão de que 68% dos carboidratos armazenados no estágio vegetativo são remobilizados para os grãos, 20% são consumidos com a respiração e 12% permanecem nos órgãos vegetativos (carboidratos estruturais). O desenvolvimento de cultivares semi-anãs (arquitetura moderna) no processo de melhoramento de cultivares do arroz irrigado possibilitou maior acúmulo de carboidratos não estruturais nos colmos e bainhas antes do florescimento, sendo prontamente translocados para enchimento dos grãos (AKITA, 1995). Variedades tradicionais de arroz possuem IC em torno de 30% enquanto que as de arquitetura moderna apresentam IC em torno de 50% (YOSHIDA, 1981).

2.4. Descritores Morfológicos

O uso de descritores morfológicos, prescritos pela lei nº 9.456, é importante pois permite a identificação de cultivares. No caso da cultura do arroz alguns desses descritores são: cor da folha, pubescência do limbo, cor da lígula, cor da aurícula, ângulo da folha bandeira, comprimento da panícula, comprimento do colmo, altura da planta, degrane, presença de arista, cor das glumelas, cor do ápulo na maturação, comprimento do grão, forma do grão e cor do pericarpo.

A cor da folha é uma característica quantitativa, ou seja, controlada por vários genes, apresenta baixa herdabilidade e recebe alta influência das condições ambientais, podendo ser considerada como resultante da ação do meio ambiente sobre o genótipo. Essa característica é alterada pelo teor de nitrogênio no solo. Em solos férteis em nitrogênio, as folhas adquirem tonalidade verde escura, onde a tonalidade é modificada principalmente nas plantas mais jovens (FONSECA et al., 2002).

O ângulo da folha bandeira é uma característica qualitativa, pois é controlada por pouco genes e pouco influenciada pelas condições ambientais (FONSECA et al., 2002). Está relacionado com a interceptação de radiação solar. Tanaka (1976) observou que durante a floração nos primeiros 30 cm a interceptação de radiação foi de 90% em população de plantas com folhas decumbentes enquanto que em população de plantas com folhas eretas foi de 50%. Em população de plantas com folhas eretas o aumento da fotossíntese ocorre sem que se atinja o ponto de saturação luminoso.

A altura da planta, assim como o comprimento do colmo e panícula, são características muito influenciadas pelo ambiente (características quantitativas), principalmente por altas dosagens de nitrogênio e densidade de semeadura. Plantas altas têm maior probabilidade de sofrerem acamamento, porém também dependerá do diâmetro e resistência do colmo, intensidade dos ventos e disponibilidade de água (FONSECA et al., 2002). O comprimento da panícula também pode ser alterado pela intensidade de brusone no pedúnculo e nas ramificações (FONSECA et al., 2007a).

Durante a Revolução Verde buscou-se plantas de menor porte, folhas menos espessas e eretas, raízes finas e fibrosas e menor relação raiz/parte aérea (arquitetura moderna) (Figura 1). Com isso, produtividade de cultivares de arroz irrigado praticamente dobrou. A pesquisa em variedades de arroz de sequeiro, de arquitetura mais tradicional, teve maior ênfase na resistência a seca. Atualmente, devido à preferência dos consumidores, os programas de melhoramento têm buscado variedades com tipo de grão longo fino (PINHEIRO, 2006).

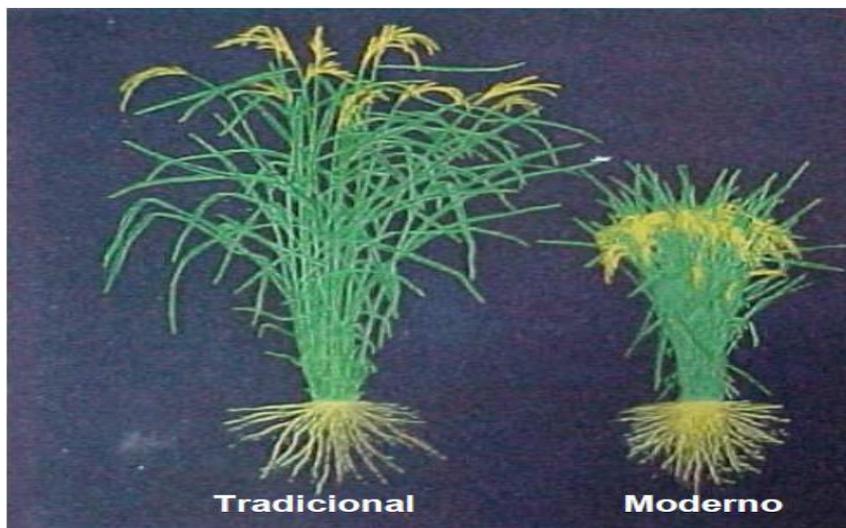


Figura 1. Diferentes tipos de arquitetura (VIEIRA, 2007).

As mensurações de comprimento, largura, espessura e da relação comprimento/largura (C/L) da cariopse são necessárias para determinar as classes do arroz. Essas características são qualitativas, ou seja, de alta herdabilidade e pouco influenciadas pelo ambiente (FONSECA et al., 2007a).

Alguns genótipos de arroz possuem grãos de cor vermelha. Essa coloração é devido a pigmento presente apenas no pericarpo (HAN et al., 2006). Essa é uma característica bifatorial. Os genes *Rc* e *Rd* quando presentes juntos produzem grãos de pericarpo vermelho. *Rc* na ausência do gene *Rd* no outro par de fatores produz grãos marrons, enquanto que o *Rd* sozinho não produz fenótipo (SWEENEY et al., 2006).

A pubescência das folhas, cor da lígula, cor da aurícula, cor das glumelas e cor do ápulo e presença de aristas são características qualitativas (FONSECA et al., 2002). A pubescência da folha pode ser identificada em todas as fases da cultura sendo bastante útil na identificação de misturas varietais (FONSECA et al., 1980). Cunha Filho et al. (1982), avaliando apenas a presença ou ausência de pelos no limbo foliar, observaram que essa característica é de controle monofatorial com dominância do alelo para presença de pubescência. Segundo os mesmos autores a característica presença ou ausência de pigmentação no ápulo também se trata de característica monofatorial com dominância do alelo para presença de cor. Em estudo conduzido por Bonow et al. (2007), com cultivares de arroz visando à pureza varietal, foi possível através da coloração do ápulo a classificação em cinco grupos concluindo, os autores, que essa característica é muito importante para a diferenciação de cultivares de arroz. A presença de arista é um importante mecanismo de dispersão e preservação da espécie silvestre *O. longistaminata*. Aristas grandes ainda permanecem em algumas linhagens porque não houve pressão de seleção contra elas, mas trata-se de característica indesejável em cultivares comerciais (NEVES & GUIMARÃES, 2000). Essa característica é bifatorial, sendo um dos pares de genes responsável pela expressão e o outro inibidor (NASCIMENTO & CUNHA FILHO, 1983).

O degrane é influenciado pela época de colheita, plantas de arroz que permanecem no campo por muitos dias após a maturação fisiológica apresentam maiores perdas e intensidade de brusone no pedúnculo e nas ramificações, no período de floração (FONSECA et al., 2002). O Ministério da Agricultura (BRASIL, 1997) recomenda para a avaliação desse descritor a leve compressão da panícula, a contagem e cálculo da porcentagem de espiguetas que se desprenderam da inflorescência. De acordo com Ávila et al. (2000) a metodologia de colocação de copos plásticos de 7,2 cm de diâmetro sob o dossel das plantas de arroz é eficiente para a avaliação do degrane de arroz vermelho para o solo em áreas com menor nível de infestação.

Algumas limitações são colocadas no uso de descritores morfológicos para identificação e diferenciação de cultivares. Isso devido à subjetividade durante a avaliação e ausência de um padrão de classificação dentro de cada descritor o que põe em dúvida a sua eficiência (BONOW et al., 2007).

Segundo Vieira (2007) as cultivares EPAGRI109 e SCSBRS Tio Taka, recomendadas para o cultivo irrigado por inundação, são do tipo moderno e possuem excelente potencial em produtividade. A cultivar EPAGRI109 possui folhas de cor verde, pubescência forte, ângulo da folha bandeira ereto, cor da lígula de branca a verde, cor da aurícula incolor a verde, colmo com aproximadamente 71 cm, panícula com aproximadamente 27 cm, com ausência de aristas, cariopse com 7,6 mm de comprimento e 1,8 mm de espessura, grãos com forma alongada, peso de mil grãos de 28,5 g, cor palha do apículo na maturação e das glumelas, altura de aproximadamente 101 cm, degrane intermediário e ciclo longo (142 dias). De acordo com os mesmos autores a cultivar SCSBRS Tio Taka possui as seguintes características: folhas de cor verde, pubescência forte, ângulo da folha bandeira ereto, cor da lígula de branca a verde, cor da aurícula incolor a verde, colmo com aproximadamente 71 cm, panícula com aproximadamente 24 cm, com ausência de aristas, cariopse com 7,5 mm de comprimento e 1,8 mm de espessura, grãos com forma alongada, peso de mil grãos de 30 g, cor palha do apículo na maturação e das glumelas, degrane intermediário, altura de aproximadamente 99 cm e ciclo longo (141 dias).

Em estudo conduzido por Bonow et al. (2007) a cultivar BRS Primavera, recomendada para cultivo em sequeiro, apresentou cor da folha verde, ausência de pubescência no limbo, cor da aurícula verde-clara, cor da lígula incolor a verde, ângulo da folha bandeira ereto, degrane intermediário, ausência de aristas, cor marrom do apículo na maturação, cor palha das glumelas, forma do grão descascado alongada, comprimento da cariopse de 7,5 mm e espessura de 2,1 mm e ciclo curto. De acordo com Guimarães et al. (2003a) a cultivar BRS Primavera possui arquitetura moderna. No mesmo estudo conduzido por Bonow et al. (2007) a cultivar Caiapó, também recomendada para cultivo em sequeiro, apresentou cor da folha verde, ausência de pubescência no limbo, cor da aurícula verde-clara, cor da lígula incolor a verde, ângulo da folha bandeira ereto, degrane intermediário, ausência de aristas, cor marrom do apículo na maturação, cor palha das glumelas, forma do grão descascado alongada, comprimento da cariopse de 6,8 mm e espessura de 2,5 mm e ciclo médio. Segundo Guimarães et al. (2003b) a cultivar Caiapó apresenta arquitetura mais tradicional conferindo-lhe maior capacidade competitiva com plantas invasoras.

2.5. O Arroz Vermelho

O arroz vermelho mais conhecido é a forma espontânea da espécie *Oryza sativa* L.. Esse arroz é praticamente desconhecido nas principais regiões produtoras de arroz, com exceção da África e de pequenas áreas de países como a Argentina, Brasil, França, Madagascar, Moçambique, Nicarágua, Venezuela, Butão, China, Coreia do Sul, Índia, Japão, Nepal, Sri Lanka e Tailândia. No Brasil é cultivado principalmente na Região Nordeste nos Estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará, Bahia e Alagoas. Também é

produzido em alguns municípios de Minas Gerais. O arroz vermelho é tido como planta invasora em lavouras de arroz branco, pois ao pertencerem à mesma espécie, irão competir por água, luz, nutrientes e gás carbônico (CO₂) (PEREIRA, 2004).

O arroz vermelho possui maior competitividade em relação ao arroz branco. Variedades de arroz vermelho de arquitetura tradicional podem atingir cerca de 1,85 m (PEREIRA, 2004). O maior porte da planta de arroz vermelho lhe confere maior capacidade de competição pelo recurso radiação solar com plantas de arroz branco, porém aumenta a susceptibilidade ao acamamento. Em experimento realizado por Menezes e Silva (1998) a cultivar de arroz branco de porte mais alto apresentou maior capacidade de competição por luz com o arroz vermelho tendo maior rendimento de massa seca. O acamamento de plantas de arroz vermelho pode levar também ao acamamento de plantas de arroz branco dificultando a colheita (STRECK et al., 2008). Variedades de arroz vermelho geralmente possuem maior capacidade de perfilhamento. Leitão Filho et al. (1972) observaram que variedades de arroz vermelho apresentaram maior perfilhamento cultivado em consórcio ou isoladamente com o arroz branco cultivado. Em consórcio com o arroz vermelho ocorreu redução do sistema radicular e, com isso, redução do número de perfilhos por plantas de arroz branco devido à concorrência do arroz vermelho. Resultado semelhante foi encontrado por Fleck et al. (2008) onde a interferência do arroz vermelho não reduziu somente o perfilhamento, mas também a área foliar e massa seca de plantas de arroz branco.

Variedades de arroz vermelho tendem ser mais precoces que o arroz branco cultivado e, pela maturação mais cedo e ser de fácil debulha, cai frequentemente no solo antes de ser colhido. No solo irão sobreviver por longos períodos de tempo (2-3 anos) infestando plantios posteriores (LEITÃO FILHO et al., 1972). Como forma de reduzir a quantidade de sementes de arroz vermelho que cai ao solo em lavoura de arroz branco é a utilização de cultivar de ciclo precoce (MENEZES & SILVA, 1998). Contudo, essa infestação pode gerar lotes de arroz branco contaminados com arroz vermelho que são bastante depreciados, pois compromete a sua qualidade comercial (PEREIRA, 2004). Isso porque a lema e a pálea (glumelas) estão mais intimamente aderidas em grãos de arroz vermelho necessitando para descasque maior aperto, o que ocasiona porcentagens elevadas de quebra dos grãos do arroz branco cultivado (LEITÃO FILHO et al., 1972). Menezes et al. (1997) analisando a interferência da contaminação de arroz vermelho em lotes de arroz branco observaram que à medida que aumentou a presença de grãos de arroz vermelho na amostra, o rendimento de grãos diminuiu, enquanto que o rendimento de grãos quebrados aumentou linearmente.

A taxa de cruzamento de plantas de arroz branco e de arroz vermelho é cerca de 4% (LEITÃO FILHO et al., 1972). Brunet et al. (2007) detectaram fluxo gênico a 10 m de distância entre o arroz vermelho e o arroz branco cultivado. Dessa forma pode-se dizer que variedades de arroz vermelho estão recebendo características de cultivares branco o que dificulta o seu controle no campo.

Faria et al. (2008) observaram que genótipos de arroz vermelho apresentam pouca variação para as características pubescência da folha, cor da aurícula e cor da lígula. No estudo realizado por esses autores os genótipos apresentaram a maioria folhas pubescentes (96%) e todos cor da aurícula e lígula verde-clara. Nesse mesmo estudo a característica degrane apresentou grande variabilidade onde 65% dos genótipos apresentaram difícil degrane. Em estudo conduzido por Ramos et al. (2006) observou-se que a maioria dos acessos de arroz vermelho apresentou folhas bandeiras eretas. Pode-se dizer que esses genótipos de difícil degrane e ângulo da folha bandeira ereto podem ser oriundos de cruzamentos com o arroz cultivado. Isso porque genótipos de arroz vermelho apresentam fácil degrane e folhas decumbentes (KWON et al., 1992).

Os grãos de arroz vermelho apresentam geralmente menor comprimento, maior espessura e forma meio-alongada. Essa característica foi observada por Leitão Filho et al.

(1972) e Walter (2009). Porém, a preferência do consumidor brasileiro é por grãos de maior comprimento e menor espessura, ou seja, mais alongados (WALTER, 2009). Outra característica do grão de arroz vermelho é de se apresentarem pegajosos após o cozimento (PEREIRA, 2004). Grãos aquosos e pegajosos geralmente apresentam baixo teor de amilose. Grãos que se apresentam secos e soltos após o cozimento, endurecendo após o resfriamento possuem alto teor de amilose e grãos que se apresentam pouco aquosos, soltos e macios, mesmo após o resfriamento apresentam teores intermediários de amilose (FONSECA et al. 2007a). Contudo, Pereira et al. (2006a) observaram que a maioria dos genótipos de arroz vermelho utilizadas em seu experimento apresentou teores de amilose intermediário. A preferência do consumidor brasileiro é por grãos secos e soltos após cozidos e que permaneçam macios mesmo após o resfriamento (CASTRO et al., 1999). Quanto ao aspecto nutricional, Walter (2009) observou em seu experimento que os grãos de arroz vermelho se destacaram por apresentarem maior teor de proteína, fósforo, cálcio, magnésio, potássio, ferro, manganês e zinco em relação ao arroz branco. Pereira et al. (2009) também encontraram resultado semelhante para os teores de ferro e zinco.

Pereira et al. (2009) ao comparar variedades de arroz vermelho com cultivares de arroz branco, observaram que de maneira geral as variedades de arroz branco são mais produtivas do que as de arroz vermelho com médias de $10.851 \text{ kg ha}^{-1}$ e 8.572 kg ha^{-1} , respectivamente. Em Pereira et al. (2006a) verificou-se que a variedade de arroz vermelho semi-anã produziu $12.839 \text{ kg ha}^{-1}$ enquanto que a variedade de porte tradicional produziu 4.786 kg ha^{-1} , ou seja, aumento na produtividade pode ser conseguido com a redução do porte da planta e acréscimos no índice de colheita.

Esse tipo de arroz, apesar de ser considerado invasora em lavouras de arroz branco, constitui um dos principais pratos da culinária de algumas regiões brasileiras como nos Vales dos Rios Piancó e do Peixe no Estado da Paraíba. Um dos pratos mais famosos na Região Nordeste é chamado de arroz de leite, confeccionado com arroz vermelho cozido no leite. Também é componente básico da dieta das populações que habitam grande parte do Semi-Árido nordestino. É geralmente plantado em pequena escala por agricultores familiares e comercializado na feira livre das cidades (PEREIRA, 2004). Além disso, observa-se aumento crescente desse tipo especial de arroz em restaurantes de grandes centros urbanos (BOËNO et al., 2009). Esse aumento na procura tem motivado alguns centros de pesquisa no desenvolvimento de trabalhos que gerem informações sobre essas variedades como no caso da EMBRAPA Meio-Norte (SINIMBU, 2010) e o IAC (FARIA, 2010).

2.6. Qualidade e Dormência de Sementes

A época recomendável para a colheita deve ser conhecida, pois a colheita realizada em época inadequada acarreta perdas tanto em qualidade quanto em quantidade de sementes. A determinação da fase em que as sementes atingiram o ponto de maturidade fisiológica é importante, pois a partir desse ponto cessa a translocação de fotoassimilados da planta-mãe para a semente. A partir daí as sementes atingem o ponto de equilíbrio com a umidade reativa do ar não sendo aconselhável mantê-las unidas a planta-mãe, pois estarão sujeitas às condições adversas do ambiente (temperatura, umidade, contaminação por microorganismos) sem sofrer acréscimos no conteúdo de matéria seca (MARCOS FILHO, 2005).

O processo de maturação das sementes pode ser dividido em quatro fases: fase I e II que são de divisão e expansão celular, fase III que é de acúmulo de reservas e aumento da massa de matéria seca e fase IV onde se encerra a transferência de matéria seca e as sementes passam pelo processo de desidratação (ADAMS & RINNE, 1980). O máximo potencial fisiológico (germinação e vigor) das sementes só ocorre após a maturidade fisiológica, ou seja, quando a semente apresenta o máximo acúmulo de massa de matéria seca (ELLIS & PIETRA FILHO, 1992), mas Tekrony e Egli (1997), trabalhando com diversas espécies dentre

elas o milho e tomate, chegou a essa mesma conclusão apenas para sementes contidas em frutos carnosos sendo que para as demais espécies o máximo potencial fisiológico ou coincidiu ou foi ligeiramente antes das sementes atingirem o máximo acúmulo de massa de matéria seca. Porém, Quiroga (1978) ao avaliar sementes de arroz da cultivar IAC-435, verificou que há aumento na germinação e vigor das sementes após atingir o máximo acúmulo de massa de matéria seca.

Após a maturidade das sementes ocorre redução do metabolismo não havendo tradução da mensagem genética. Nesse estado as sementes são identificadas com quiescentes. No entanto pode ser estabelecido o estado de dormência devido a empecilhos localizados na própria semente (MARCOS FILHO, 2005). As sementes de arroz apresentam dormência pós-colheita e uma das principais causas é a impermeabilidade ao oxigênio das glumelas e pericarpo (FONSECA et al., 2001). Essa impermeabilidade é devida a compostos fenólicos estão presentes nas glumelas impedindo a chegada do oxigênio até o embrião (BEWLEY & BLACK, 1985). Agostinetto et al. (2001a) observaram maior percentual de germinação das sementes de arroz descascadas em relação às intactas inferindo que possivelmente existam inibidores químicos na casca, porém a maior germinação obtida aos oito dias em sementes de arroz descascadas foi de 22% indicando que esses podem não ser os únicos fatores envolvidos na indução da germinação. A giberelina (GA) apesar de não está envolvida com o controle da dormência é importante na promoção e manutenção da germinação (BEWLEY, 1997). Segundo Gianinetti e Vernieri (2007) o ácido abscísico (ABA) é importante para a manutenção da dormência em arroz vermelho, mas que não é o fator chave do processo.

A dormência, característica evolutiva de plantas invasoras, possibilita a dispersão no tempo da germinação de sementes de arroz vermelho, o que dificulta a adoção de práticas de controle (AGOSTINETTO et al., 2001b). Fonseca et al. (2007b) observaram que a dormência em sementes de arroz vermelho é mais intensa em comparação com sementes de arroz branco. Os genótipos com menor intensidade de dormência apresentaram germinação de 84% aos 41 dias após a colheita enquanto que os de maior intensidade apresentaram dormência após 89 dias depois de colhidas. As cultivares de arroz branco avaliadas foram Diamante e BRS Jaçanã que apresentaram germinação acima de 80% aos 29 e 17 dias após a colheita, respectivamente. Schwanke et al. (2008) avaliando a dormência em sementes de 16 genótipos de arroz vermelho durante o armazenamento, verificaram que aos 30 dias após a colheita todos os genótipos de arroz vermelho apresentavam dormência em porcentagens que variaram de 70 a 100%. Em 4 dos 16 genótipos não apresentaram dormência após 60 dias da colheita, mas outros 4 a dormência persistiu até 150 dias após a colheita. A redução do período de dormência do arroz vermelho observada em alguns genótipos de arroz pode ser característica evolutiva devido a cruzamentos entre cultivares de arroz branco com variedades de arroz vermelho (ÁVILA et al., 2000).

Alguns tratamentos são utilizados para quebra de dormência em sementes de arroz como os de imersão em solução de hipoclorito de sódio (NaClO_3), nitrato de potássio (KNO_3) e água quente. A atividade da enzima polifenoloxidase (peroxidase), oxida compostos fenólicos, tende a decrescer com o tempo de armazenamento (VIEIRA et al., 2008). Em Vieira et al. (1994) a menor atividade da enzima peroxidase foi observada quando se utilizou a pré-secagem a 40 °C por 168 h devido a inibição da atividade da enzima quando exposta a altas temperaturas. Vieira et al. (1994) também avaliaram o tratamento com hipoclorito de sódio a 1% por 24, 48 e 72 h, mas esses não foram capazes de superar a dormência em sementes de arroz proporcionando resultados semelhantes à testemunha. Dias e Shioga (1997) observaram que os tratamentos com NaClO_3 e KNO_3 foram mais efetivos na superação no lote com menor intensidade de dormência em relação ao tratamento com imersão em água por 48 h que foi mais efetivo na superação da dormência em sementes de lotes com maior intensidade de dormência. Menezes et al. (1997), analisando a superação da dormência em

sementes de arroz expostas a diferentes níveis de oxigênio (O_2) e período de tempo, observaram que a exposição por 48 h levou a aumento na porcentagem de germinação, mas essa não foi superior a 30% em nenhuma das concentrações. Com exposição por 48 e 96 h a maioria das sementes não germinaram sugerindo os autores que não foi a falta de O_2 a causa da baixa germinação, mas a presença de substâncias inibidoras que impedem a reativação de macromoléculas, organelas ou em, particular, enzimas respiratórias.

3. CAPÍTULO I

COMPARAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS DE ARROZ VERMELHO COM ARROZ BRANCO EM CULTIVO IRRIGADO POR INUNDAÇÃO

RESUMO

Menezes, Bruna Rafaela da Silva. **Comparação de características morfoagronômicas de arroz vermelho com arroz branco em cultivo irrigado por inundação**. 2011. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia, Produção Vegetal). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

Apesar de ser praticamente desconhecido da maioria da população brasileira, o arroz vermelho vem sendo cultivado principalmente por pequenos agricultores da Região Nordeste do Brasil. O aumento da procura e o preço pago por esse tipo especial de arroz leva a necessidade de maiores informações sobre essa cultura. Com isso, os objetivos do presente estudo foram a comparação de características morfoagronômicas do genótipo Vermelho Virgínia, obtido de pequenos agricultores de Minas Gerais, do genótipo Vermelho Pequeno, selecionado no campo experimental da UFRRJ, com genótipos de arroz branco: SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109. Para isto foi instalado um experimento no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ, Seropédica-RJ, no período de Outubro de 2009 e Março de 2010. O plantio foi feito por mudas, transplantadas aos 18 dias da semeadura em viveiro, espaçadas de 0,20 m. Foram utilizadas de seis a dez mudas por cova. A lâmina d'á foi mantida em cerca de dez cm até a colheita. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições. Cada parcela foi constituída de uma área de 4 x 4 m, com oito fileiras de plantas espaçadas de 0,50 m, e utilizou-se como área útil a parte central da parcela, com 2 x 2 m. Conduziram-se análises de variâncias e as médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5%. Os genótipos Vermelho Virgínia e Vermelho Pequeno apresentaram menor comprimento de grão, porém o genótipo Vermelho Virgínia apresentou maior espessura o que permitiu a classificação da forma dos grão desse como meio-alongada. O genótipo Vermelho Virgínia apresentou maior porte em relação aos demais tratamentos e menor índice de colheita em comparação com os de arroz branco. O genótipo Vermelho Pequeno apresentou menor peso de espiguetas em relação aos demais tratamentos e menor índice de colheita em comparação com os genótipos comerciais. A produtividade dos genótipos de arroz vermelho foi significativamente inferior à dos genótipos de arroz branco utilizados. O porte da planta do genótipo Vermelho Virgínia e o tamanho (comprimento) e peso das espiguetas do Vermelho Pequeno são as principais características a serem melhoradas para que provavelmente se possam obter produtividades semelhantes aos genótipos comerciais em cultivo sob sistema irrigado por inundação.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., produtividade, características morfológicas.

ABSTRACT

Menezes, Bruna Rafaela da Silva. **Comparison of morphological and agronomics traits of red rice with white rice in irrigated by flooding.** 2011. Dissertation (Master Science in Plant Science, Vegetable Production). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

Despite being virtually unknown to most Brazilians, red rice has been grown mainly by small farmers in Northeastern Brazil. Increasing demand and the price paid for this special kind of rice leads to a need for more information about this culture. Thus, the objectives of this study were to compare the morphological and agronomics traits of genotype “Vermelho Virgínia”, produced by small farmers in Minas Gerais (Brazil), the genotype “Vermelho Pequeno”, field experimental UFRRJ with white rice genotypes: “SCSBRS Tio Taka” and “EPAGRI109”. For this was an experiment in the experimental field of Departamento de Fitotecnia UFRRJ, Seropédica-RJ, between October 2009 and March 2010. Transplanting method was used, with seedling transplanted to field 18 days after sowing in the nursery, spaced at 0.20 m, and six to ten seedlings per hill. Depth of water was maintained at about four inches to harvest. The experimental design was complete randomized blocks with four treatments and five replications. Each plot was an area of 4 x 4 m with eight rows of plants spaced 0.50 m, and the useful area was the central plot, with 2 x 2 m. Analysis of variance was performed and means were compared by Student-Newman-Keuls test at 5%. The genotypes “Vermelho Pequeno” and “Vermelho Virgínia” had a lower length of grain, but the genotype “Vermelho Virgínia” showed higher thickness which allowed us to determine the shape of the grain that's half-stretched. The genotype “Vermelho Virgínia” showed larger compared to others treatments and lower harvest index compared with white rice. The genotype “Vermelho Pequeno” had lower weight of spikelets in the others treatments and lower harvest index compared to commercial genotypes. Red rice genotypes yield was significantly lower than the white rice genotypes used. Size of the plant of the genotype “Vermelho Virgínia” and size (length) and weight of spikelets of the genotype “Vermelho Pequeno” are the main characteristics to be improved so that probably can be achieved yields similar to genotypes commercial cultivation under flooded system.

Key word: *Oryza sativa* L., yield, morphological traits.

3.1. Introdução

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma cultura que apresenta ampla adaptabilidade às diferentes condições de solo e clima, sendo a espécie com maior potencial de aumento de produção e, possivelmente, de combate à fome no mundo. Esse cereal constituiu alimento básico para cerca de 2,4 bilhões de pessoas sendo considerado o produto de maior importância econômica em muitos países em desenvolvimento. É cultivado principalmente por países asiáticos (90% da produção mundial) em mais de 250 milhões de pequenas propriedades, no sistema irrigado. O arroz cultivado nesse sistema não é tão dependente das condições climáticas como no caso dos cultivos de sequeiro representado em torno de 69% da produção nacional brasileira (EMBRAPA, 2008).

Além do arroz branco existem também tipos especiais de arroz como o de pericarpo de coloração avermelhada, denominado arroz vermelho. De acordo com Sweeney et al. (2006) dois locos são responsáveis pela coloração avermelhada, o *Rc* e *Rd*. Quando presentes juntos, esses genes produzem sementes de cor vermelha. A ação do *Rc* é de dominância sobre o pericarpo branco (*rc*). Isto sugere que o alelo (branco) de cultivares modernas poderia ser o mutante (não funcional) da versão do alelo (vermelho) do ancestral *O. Rufipogon*.

O arroz vermelho é considerado uma das principais invasoras em lavouras de arroz branco. Em estudo conduzido por Menezes et al. (1997) verificou-se que com o aumento da presença de grãos vermelhos em amostra de arroz branco, o rendimento de grãos inteiros diminuiu linearmente para todas as cultivares no processo de remoção da casca e polimento dos grãos de arroz. A maior estatura das plantas de arroz vermelho confere a essa planta invasora grande capacidade de competição pelo recurso de radiação solar. Além disso, maior estatura confere maior susceptibilidade ao acamamento, um aspecto prejudicial a mais em lavoura de arroz (STRECK et al., 2008).

Segundo Pereira et al. (2004) já existem variedades de arroz vermelho com porte semelhante a cultivares de arroz branco. Na comparação de uma variedade de arroz vermelho com 15 de arroz branco, em regime de irrigação por inundação com lâmina d'água permanente, observou-se praticamente o mesmo potencial de produção entre variedades. As características intermediárias de crescimento e desenvolvimento de genótipos de arroz vermelho, entre cultivares modernas de porte baixo e ciclo curto e cultivares tradicionais, de porte mais elevado e ciclo longo, reflete a condição de planta invasora em constante processo de evolução (STRECK et al., 2008). Experimento realizado por Brunet et al. (2007) detectaram fluxo gênico a 10 m de distância entre o arroz vermelho e o arroz cultivado, o que ajuda a explicar o alto potencial de contaminação em áreas de cultivo comercial.

O arroz vermelho é cultivado na zona central da Região Semi-Árida nordestina, durante a estação chuvosa, nos baixios alagados, onde não há controle de lâmina de água, caracterizando-se, portanto, pelo desenvolvimento do sistema radicular da planta durante todo ou maior parte do ciclo da cultura em condições anaeróbica (PEREIRA et al., 2004). Aliado a isso, apesar de ser praticamente desconhecido da maioria da população brasileira, observa-se aumento na procura desse tipo especial de arroz que chega a custar quatro vezes mais que o arroz branco cultivado (BOËNO et al., 2009). O aumento da procura requer sementes de variedades melhoradas de arroz vermelho (FONSECA et al., 2007a).

Neste sentido, os objetivos do presente estudo foram a comparação de características morfoagronômicas de genótipos de arroz vermelho com genótipos de arroz branco recomendados para o cultivo em sistema de produção irrigado por inundação.

3.2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de Outubro de 2009 a Março de 2010, no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ, município de Seropédica - RJ, situado a 22° 45' S de latitude, 43° 41' W de longitude e entre 35-40 m de altitude. O solo foi

classificado como Planossolo Áplico-Série Ecologia (RAMOS et al., 1973), distrófico e de textura arenosa. Antes da instalação do experimento foi feito o nivelamento da área e coletadas amostras de solo da área e realizadas as análises químicas cujos resultados foram os seguintes: pH (água) = 6,1; P = 278,6 e K = 37 mg dm⁻³; Ca, Mg, Al = 4,3; 0,7; 0,0 mmolc dm⁻³, respectivamente. Os altos níveis de concentração de certos elementos, principalmente de fósforo, se devem ao fato desta área ter sido usada continuamente para experimentação por muitos anos. Durante o período cultural a temperatura média foi de 27,88 °C , com temperatura máxima de 32,80 °C e mínima de 22,97 °C, precipitação de 1.241 mm, 74% de umidade relativa média e 2.827 MJ m⁻² de radiação solar. Os tratamentos constaram dos genótipos de arroz branco SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 e dos denominados de Vermelho Virgínia e Vermelho Pequeno, ambos de arroz vermelho. O genótipo Vermelho Virgínia foi obtido de pequenos agricultores do Estado de Minas Gerais e o Vermelho Pequeno selecionado no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ.

A semeadura em viveiro foi realizada no dia 20 de Outubro de 2009 e as mudas transplantadas quando apresentavam quatro folhas completamente desenvolvidas, ou seja, aos 18 dias após a emergência média das plântulas. Foram transplantadas de 6 a 10 mudas por cova, com espaçamento de 20 cm entre as mesmas e de 50 cm entre fileiras de plantio. A densidade de semeadura no viveiro foi de 200 g m⁻² para o genótipo Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109. Para o genótipo Vermelho Pequeno foi utilizada a densidade de 160 g m⁻² devido ao tamanho reduzido das sementes. A densidade foi ajustada de acordo com o resultado obtido no teste de germinação. Foram aplicados 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio e 45 kg ha⁻¹ de potássio, na forma de cloreto de potássio, em cobertura, logo após o transplante e por ocasião do emborrachamento, totalizando 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio. O manejo da água de irrigação foi o contínuo (abastecimento por gravidade) de forma que se mantivesse uma lâmina d'água de 10 cm em toda a extensão dos tabuleiros. Após 7 dias do transplante das mudas iniciou-se a irrigação dos tabuleiros.



Figura 1. Viveiro com mudas dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, EPAGRI109 e SCSBRS Tio Taka (Seropédica, RJ, 2009).

Foram analisadas as seguintes características morfoagronômicas:

a) Cor da folha – observação que foi feita na folha bandeira no início do surgimento das panículas, tomando-se dez plantas ao acaso de cada parcela, de acordo com a escala: verde

claro; verde; verde-escuro; púrpura na ponta; púrpura na margem; púrpura; e púrpura na bainha (BRASIL, 1997).

b) Ângulo da folha bandeira – foi medido o ângulo formado pela folha bandeira e o colmo na época da floração, tomando-se dez plantas ao acaso de cada parcela, empregando-se a seguinte escala: ereto, menor que 30°; intermediário, entre 31 e 60°; horizontal, entre 61 e 90°; e descendente, maior que 90° (BRASIL, 1997).

c) Cor da aurícula - observação feita na penúltima folha da planta (primeira folha abaixo da folha bandeira), entre o emborrachamento e a antese tomando-se dez plantas ao acaso, e classificada em: verde-claro e púrpura (BRASIL, 1997).

d) Cor da lígula - determinada da mesma forma que a cor da aurícula e classificada em: incolor a verde e púrpura (BRASIL, 1997).

e) Pubescência do limbo - determinação que foi realizada através de leve contato digital, no sentido da extremidade até a base da folha, tomando-se dez plantas ao acaso, e efetuada entre o emborrachamento e a emissão da panícula. Foi classificada de acordo com a escala: ausente (glabra); escassa; média; e forte (BRASIL, 1997).

f) Cor do ápulo na maturação – por ápulo entende-se a extensão da ponta da lema ou da pálea. Para essa avaliação foram tomadas ao acaso cinco panículas de cinco plantas das quais foram analisadas cinco espiguetas da porção central da panícula. A cor foi determinada de acordo com a seguinte escala: branca; verde; amarela; marrom; vermelha; púrpura; e preta (BRASIL, 1997).

g) Porte da planta - avaliado tomando-se dez plantas ao acaso de cada parcela e medindo a altura da superfície do solo até a extremidade da panícula mais alta (BRASIL, 1997).

h) Comprimento do colmo – distância média, em centímetros, do solo até a base da panícula (nó ciliar), medida nos mesmos perfis utilizados para medir a altura da planta. A classificação foi feita de acordo com a seguinte escala: curto, menor que 65 cm; médio, de 66 a 85 cm; e longo, maior que 86 cm (BRASIL, 1997).

i) Comprimento da panícula – distância, em centímetros, da base da panícula à ponta da última espiguetas, determinada na época da colheita, nas mesmas panículas usadas para medir porte das plantas e comprimento do colmo. Foi utilizada a seguinte escala: curta, menor que 22 cm; média, de 22,1 a 25 cm; e longa, maior que 25,1 cm (BRASIL, 1997).

j) Degrane da panícula - avaliação feita por ocasião da colheita, considerando-se a quantidade de espiguetas debulhadas após pressionar levemente com as mãos cinco panículas, obtidas ao acaso de cinco plantas de cada parcela. A classificação foi feita de acordo com a seguinte escala: fácil, mais de 50% das espiguetas debulhadas; intermediário, de 25 a 50% das espiguetas debulhadas; e difícil, menos de 25% das espiguetas debulhadas (BRASIL, 1997).

k) Número de panículas viáveis por m² - foi realizada a contagem do número de panículas viáveis (com pelo menos uma espiguetas cheia) das plantas de 1 m² da área útil de cada parcela.

l) Número de espiguetas por panícula - das plantas usadas no item anterior foram tomadas dez, ao acaso, e de cada uma delas uma panícula representativa, na qual foi efetuada a contagem das espiguetas (férteis e estéreis) cujos valores foram posteriormente usados para a obtenção da média de espiguetas por panícula de cada tratamento.

m) Porcentagem de espiguetas férteis por panícula - foi realizada em conjunto com o número médio de espiguetas por panícula.

n) Cor das glumelas – determinada em uma amostra de cinco espiguetas provenientes da porção central de cinco panículas de cinco plantas tomadas ao acaso, de acordo com a escala: amarelo-palha e dourada (BRASIL, 1997).

o) Presença de aristas – definida como um segmento filamentosos que ocorre no ápice da espiguetas. Para essa avaliação foram tomadas ao acaso cinco panículas de cinco plantas

tomadas ao acaso das quais foram analisadas cinco espiguetas da porção central da panícula. Essa determinação foi classificada em: presença e ausência (BRASIL, 1997).

p) Comprimento do grão – determinada em uma amostra cinco grãos provenientes da porção central de cinco panículas de cinco plantas tomadas ao acaso, de acordo com a escala: curto, menor que 5; médio, entre 5 e 6; e longo, maior que 6 mm (BRASIL, 1997).

q) Espessura do grão – realizada em conjunto com o comprimento do grão com auxílio de um paquímetro.

r) Forma do grão - determinada em uma amostra cinco grãos provenientes da porção central de cinco panículas de cinco plantas tomadas ao acaso, classificado com base na relação comprimento/largura dos grãos, sem polimento, considerando-se a escala: arredondada, C/L menor que 1,50; semi-arredondada, C/L entre 1,50 e 2,00; meio-alongada, C/L entre 2,01 e 2,75; alongada, C/L entre 2,76 e 3,50; e muito alongada, C/L acima de 3,5 (BRASIL, 1997).

s) Peso de mil espiguetas - realizado utilizando oito amostras de cem espiguetas tomadas ao acaso de cada parcela dos tratamentos. O teor de água das espiguetas foi ajustado para 13%.

t) Índice de colheita – obtido da relação peso de matéria seca de grãos e matéria seca total medida em dez perfilhos viáveis de dez plantas tomadas ao acaso de cada parcela. Para obtenção da matéria seca o material foi submetido a secagem em estufa a 72 °C até massa constante.

u) Massa seca da planta - obtido pela matéria seca total medida em dez perfilhos viáveis de dez plantas tomadas ao acaso de cada parcela.

v) Data da floração - número de dias ocorridos da emergência média até o florescimento de 50% das panículas de cada parcela.

x) Ciclo cultural - número de dias transcorridos da emergência média ao ponto de colheita, ou seja, quando 80% das panículas de cada parcela apresentavam 2/3 das espiguetas maduras.

w) Produtividade – obtida pela produção de grãos em casca em 4 m², a 13% de teor de água e expressa em kg ha⁻¹.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições, em parcelas de 16 m² constituídas de 8 fileiras de 4 m de comprimento e espaçamento de 0,5 m entre as mesmas. A área útil da parcela constou das 4 fileiras centrais, excluindo-se 1 m das extremidades dessas fileiras, correspondendo a 4 m² de área. Foram realizadas análises de variâncias e as médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% (ZIMMERMANN, 2004).

3.3. Resultados e Discussão

As características pubescência das folhas, cor da aurícula, lígula, apículo, glumelas, presença de aristas e ângulo da folha bandeira são ditas qualitativas, pois definem a variedade e, geralmente, são controladas por poucos genes, apresentam alta herdabilidade e não se alteram, ou são pouco influenciadas pelo ambiente (FONSECA et al., 2002). Os genótipos de arroz vermelho e de arroz branco não apresentaram diferenças quanto à coloração da aurícula, lígula, apículo e das glumelas, apresentando, respectivamente, as cores verde-claro, incolor a verde, verde-claro e amarelo-palha (Tabela 1). Segundo Nascimento e Cunha Filho (1983), analisando somente presença e ausência de pigmentação, observaram que a característica cor do apículo é monofatorial sendo o alelo que confere pigmentação dominante sobre o outro alelo que não determina pigmentação. Os genótipos de arroz vermelho e de arroz branco apresentaram limbo foliar pubescentes, caráter que segundo Nascimento e Cunha Filho (1983) é controlada por um par de genes sendo o alelo responsável pelo caráter presença de pelos dominante sobre o alelo que confere ausência de pelos (Tabela 1). Segundo esses mesmos autores a característica presença ou ausência de arista é controlada por dois pares de genes, sendo um deles responsável por sua expressão e o outro um inibidor do primeiro. No presente trabalho foram observadas 9% de espiguetas com aristas no genótipo Vermelho Virgínia. Em

relação ao ângulo da folha bandeira, o melhoramento vegetal visa desenvolver cultivares com folhas eretas, como encontrado neste experimento, pois possibilita maior aproveitamento da radiação solar (FONSECA et al., 2004).

A cor da folha é uma característica quantitativa influenciada principalmente pela quantidade de nitrogênio disponível no solo (FONSECA et al., 2002). Verificou-se que os genótipos de arroz vermelho avaliados apresentam a mesma coloração foliar (verde-clara), diferindo-se dos genótipos de arroz branco de coloração verde (Tabela 1).

O menor ciclo (96 dias) foi observado pelo genótipo Vermelho Pequeno (Tabela 1). Comportamento semelhante foi observado em variedades de arroz vermelho estudadas por Menezes e Silva (1998). Nesse estudo durante a ocasião da colheita da cultivar de ciclo médio a maioria das panículas de arroz vermelho encontrava-se em estágio de maturação completa e as sementes dos dois terços superiores das panículas já haviam caído e incorporados ao banco de sementes no solo. Essa característica de maior precocidade no ambiente natural favorece a persistência dessas populações no ambiente (NOLDIN et al., 2004). Nas condições climáticas de Seropédica tanto os genótipos de arroz vermelho quanto os de arroz branco apresentaram ciclo precoce (menor que 110 dias).

Tabela 1. Caracterização morfológica, floração e ciclo cultural dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 (Seropédica, RJ, 2009).

Característica	Genótipo			
	Vermelho Pequeno	Vermelho Virgínia	SCSBRS Tio Taka	EPAGRI109
Cor da folha	verde-clara	verde-clara	Verde	verde
Pubescência do limbo	média	forte	Forte	forte
Cor da lígula	incolor a verde	incolor a verde	incolor a verde	incolor a verde
Cor da aurícula	verde-clara	verde-clara	verde-clara	verde-clara
Ângulo da folha bandeira	ereto	ereto	Ereto	ereto
Comprimento da panícula	longo	longo	Longo	longo
Comprimento do colmo	longo	longo	Médio	médio
Degrane	intermediário	intermediário	intermediário	intermediário
Presença de arista	ausente	9% ¹	ausente	ausente
Cor das glumelas	amarelo-palha	amarelo-palha	amarelo-palha	amarelo-palha
Cor do ápulo na maturação	amarela	amarela	amarela	amarela
Comprimento do grão	médio	médio	Longo	longo
Forma do grão	alongada	meio-alongada	muito alongada	alongada
Floração (dias)	71	77	83	83
Ciclo cultural (dias)	96	102	108	108

¹ Porcentagem de espiguetas com a presença de aristas.

Os genótipos de arroz vermelho apresentaram comprimento do grão significativamente inferior aos SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109. Contudo, Soares e Camargos (2009) observaram em seu experimento que o genótipo Vermelho Pequeno apresentou maior comprimento em comparação com os demais genótipos de arroz vermelho avaliados. Os grãos do genótipo Vermelho Virgínia apresentaram maior espessura (Tabela 2) o que permitiu classificá-los na forma meio-alongada. Faria et al. (2008), comparando características morfológicas entre genótipos de arroz vermelho, observaram que 83% apresentaram a forma do grão meio-alongada. Araújo et al. (2003), comparando o teor de proteína bruta entre cultivares de arroz, observaram que os grãos com menor relação C/L (grãos mais arredondados) apresentavam o maior teor de proteína bruta. Apesar de menor comprimento, os grãos do genótipo Vermelho Pequeno são classificados como longos assim como os grãos do EPAGRI109. O mercado consumidor tradicional brasileiro prefere grãos de arroz mais alongados. No entanto, consumidores de arroz integral e de arroz vermelho não seguem essa mesma tendência. Melhorias podem ser realizadas em relação ao comprimento e a espessura desses grãos. Aluko et al. (2004) observaram, analisando linhagens obtidas do cruzamento da cultivar Caiapó (*Oryza sativa* L.) e IRGC 103544 (*Oryza glaberrima*), que as características comprimento e espessura do grão são de segregação transgressiva no sentido do maior comprimento e menor espessura. Schwanke et al. (2008) observaram genótipos de arroz vermelho com grãos na classe extra-longo o que pode indicar avançado nível de cruzamentos naturais entre o arroz vermelho e os cultivares.

Tabela 2. Ângulo da folha bandeira, comprimento do grão, espessura do grão e relação C/L dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 (Seropédica, RJ, 2009).

Genótipo	Ângulo da folha bandeira (°)	Comprimento do grão (mm)	Espessura do grão (mm)	Relação C/L
Médias				
Vermelho Pequeno	9,84 a *	5,67 d	2,00 b	2,83 c
Vermelho Virgínia	10,26 a	6,19 c	2,86 a	2,20 d
SCSBRS Tio Taka	5,42 b	7,63 a	2,00 b	3,82 a
EPAGRI109	3,72 c	7,01 b	2,00 b	3,50 b
Média geral	7,31	6,63	2,21	3,09
C.V. (%)	4,34	2,30	3,7	3,68
QM _{tratamento}	52,61	3,76	0,92	2,59
QM _{erro}	0,10	0,02	0,01	0,01
F _{tratamento}	523,01	161,61	137,98	200,24
Probabilidade (%)	0,00	0,00	0,00	0,00

* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

A época de colheita é um dos fatores que pode influenciar no degrane, pois plantas de arroz que permanecem no campo por muitos dias após a maturação fisiológica apresentam maiores perdas e, conseqüentemente, maior degrane (FONSECA et al., 2002). As diferenças significativas encontradas em relação ao degrane da panícula foram entre os genótipos de

arroz branco SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 sendo que todas apresentaram degrane intermediário (Tabela 3). Schwanke et al. (2008) observaram que 69% dos genótipos de arroz vermelho estudados eram de fácil degrane concluindo que a maioria dos genótipos de arroz daninho ainda possui o degrane como forma de dispersão das sementes e perpetuação da espécie. Populações de arroz vermelho com maior resistência ao degrane terão menor adaptabilidade ecológica, e a tendência é de não se estabelecerem como planta invasora, pois elas serão colhidas junto com o arroz comercial e um baixo percentual de sementes é incorporado ao banco de sementes no solo (NOLDIN et al., 2004). Neves e Guimarães (2000) observaram tendência de redução do degrane, característica indesejável ao arroz cultivado, após retrocruzamentos.

O genótipo Vermelho Virgínia apresentou valores significativamente superiores quanto ao comprimento colmo em relação aos dos genótipos Vermelho Pequeno, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 (Tabela 3). O genótipo Vermelho Virgínia apresentou valor de 28,52 cm para comprimento de panícula sendo significativamente semelhante ao SCSBRS Tio Taka, enquanto que o genótipo Vermelho Pequeno apresentou valor de 26,94 cm não se diferenciando dos dois genótipos de arroz branco (Tabela 3). O maior porte da planta foi observado no genótipo Vermelho Virgínia (Tabela 3 e Figura 2). O genótipo Vermelho Pequeno apresentou porte intermediário entre o genótipo de arroz vermelho, Vermelho Virgínia, e os de arroz branco, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 (Tabela 3). Em ensaio conduzido na Região Nordeste no ano de 2005 por Rangel et al. (2006) observou-se altura de 85 cm para a cultivar SCSBRS Tio Taka, valor 16 cm inferior ao encontrado neste experimento. A maior estatura confere a planta grande capacidade de competição pelo recurso de radiação solar, mas maior susceptibilidade ao acamamento (STRECK et al., 2008). Reduções no porte da planta em genótipos de arroz vermelho podem ser obtidas em programas de melhoramento vegetal. Em Serafim (2003) a altura da planta apresentou distribuição contínua e segregação transgressiva no sentido do genitor mais baixo quando se avaliou a geração F₂ do cruzamento das cultivares de arroz branco IRGA e Quilla66304. As características de comprimento da panícula e colmo e porte da planta são altamente influenciadas pelo ambiente principalmente pela dosagem de nitrogênio e déficit hídrico (FONSECA et al., 2002).



Figura 2. Diferença no porte da planta dos genótipos Vermelho Virgínia (esquerda) e EPAGRI109 (direita) (Seropédica, RJ, 2009).

Tabela 3. Degrane da panícula, comprimento da panícula, comprimento do colmo e porte da planta dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 (Seropédica, RJ, 2009).

Genótipo	Degrane da panícula (%)	Comprimento da panícula (cm)	Comprimento do colmo (cm)	Porte da planta (cm)
Médias				
Vermelho Pequeno	30,57 ab*	26,94 b	103,62 b	130,56 b
Vermelho Virgínia	32,07 ab	28,52 a	151,22 a	176,30 a
SCSBRS Tio Taka	25,07 b	27,60 a b	74,00 c	101,60 c
EPAGRI109	34,14 a	26,12 b	71,12 c	97,24 c
Média geral	30,46	27,30	99,99	126,43
C.V. (%)	14,08	3,38	3,72	3,68
QM _{tratamento}	75,43	5,17	6911,08	6621,43
QM _{erro}	18,41	0,85	13,81	21,69
F _{tratamento}	4,10	6,07	500,62	305,29
Probabilidade (%)	3,23	0,93	0,00	0,00

* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Não foram detectadas diferenças significativas em relação ao número de panículas viáveis por m², espiguetas por panícula e porcentagem de espiguetas férteis por panícula entre os tratamentos (Tabela 4). Porém, houve diferenças significativas de produtividade entre os genótipos de arroz vermelho e os de arroz branco (Tabela 5). Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que mesmo não havendo diferenças significativas entre tratamentos, os genótipos de arroz vermelho produziram menor número de panículas viáveis em relação ao SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109. De acordo com Freitas et al. (2007), em estudo com cultivares de arroz irrigado sob diferentes doses de nitrogênio, observaram que o número de panículas por m² foi o que mais se correlacionou com a produtividade de grãos. Além disso, o genótipo Vermelho Virgínia, apesar de ter apresentado significativamente maior peso de espiguetas, apresentou menor porcentagem de espiguetas férteis por panícula (Tabela 4). A menor produtividade do genótipo Vermelho Pequeno também pode ser explicada devido ao menor peso de suas espiguetas (Tabela 4). Guimarães et al. (2008) observaram ao comparar cultivares de arroz que o índice de colheita, a massa de 100 grãos e a esterilidade de espiguetas apresentaram maior correlação com a produtividade de grãos significando que o aumento da produtividade se dá pelo aumento do índice de colheita e da massa de 100 grãos e, ainda, devido à redução da esterilidade de espiguetas.

Tabela 4. Número de panículas viáveis por m², número espiguetas por panícula, porcentagem de espiguetas férteis por panícula e peso de mil espiguetas dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 (Seropédica, RJ, 2009).

Genótipo	Panículas viáveis por m ²	Espiguetas por panícula	Espiguetas férteis por panícula (%)	Peso de mil espiguetas (g)
Médias				
Vermelho Pequeno	239,20 a*	123,60 a	92,17 a	23,69 d
Vermelho Virgínia	231,60 a	133,30 a	85,69 a	36,59 a
SCSBRS Tio Taka	277,40 a	123,72 a	89,71 a	30,17 b
EPAGRI109	251,00 a	143,54 a	88,50 a	29,36 c
Média geral	249,80	131,04	89,02	29,95
C.V. (%)	11,70	15,58	3,98	1,13
QM _{tratamento}	2011,33	450,49	36,25	139,38
QM _{erro}	854,04	416,85	12,57	0,12
F _{tratamento}	2,36	1,08	2,89	1208,25
Probabilidade (%)	12,33	39,42	7,97	0,00

* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Os genótipos de arroz vermelho apresentaram alto índice de colheita, mas significativamente inferiores aos de arroz branco que obtiveram as maiores produtividades (Tabela 5). O aumento da produtividade em genótipos de arroz vermelho pode ser conseguido, assim como para o arroz branco, com a redução do porte da planta e aumento no índice de colheita. Em Pereira (2004) a variedade de arroz vermelho com estatura semelhante à de 15 variedades modernas apresentou praticamente o mesmo potencial de produção das variedades de arroz branco recomendadas para o sistema de cultivo irrigado por inundação. O genótipo Vermelho Pequeno, apesar de menor índice de colheita, não apresentou diferenças quanto à massa seca da planta em relação aos genótipos SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 (Tabela 5). Isto pode ser explicado pelo menor tamanho (neste caso o comprimento) dos grãos. Provavelmente aumentos no índice de colheita desse genótipo podem ser conseguidos com aumento do tamanho e, conseqüentemente, do peso do grão.

Tabela 5. Massa seca da planta, índice de colheita e produtividade dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 (Seropédica, RJ, 2009).

Genótipo	Massa seca da planta (g perfilho ⁻¹)	Índice de colheita (IC)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Médias			
Vermelho Pequeno	5,35 b*	0,44 b	4307,00 b
Vermelho Virgínia	7,11a	0,47 b	5150,00 b
SCSBRS Tio Taka	5,49 b	0,54 a	7316,50 a
EPAGRI109	5,63 b	0,57 a	7258,00 a
Média geral	5,90	0,51	6007,88
C.V. (%)	12,54	8,59	12,46
QM _{tratamento}	3,36	0,02	11507061,98
QM _{erro}	0,55	0,00	560069,01
F _{tratamento}	6,14	9,03	20,55
Probabilidade (%)	0,90	0,21	0,00

* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

3.4. Conclusão

Os genótipos Vermelho Virgínia e o Vermelho Pequeno apresentam produtividade inferior aos genótipos SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 recomendados para o cultivo no sistema irrigado por inundação. Aumento da produtividade dos genótipos pode ser conseguido principalmente com o aumento do índice de colheita. No genótipo Vermelho Virgínia esse aumento pode ser conseguido reduzindo o porte da planta e no genótipo Vermelho Pequeno também aumentando o tamanho (comprimento) e peso das espiguetas.

A relação C/L do grão apresentada pelo genótipo Vermelho Virgínia pode ser aumentada com a redução de sua espessura e/ou aumento do comprimento.

4. CAPÍTULO II

COMPARAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS MORFOAGRONÔMICAS DE ARROZ VERMELHO COM ARROZ BRANCO EM CULTIVO DE SEQUEIRO

RESUMO

Menezes, Bruna Rafaela da Silva. **Comparação de características morfoagronômicas de arroz vermelho com arroz branco em cultivo de sequeiro**. 2011. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia, Produção Vegetal). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

O arroz vermelho no Brasil é cultivado principalmente na Região Nordeste por pequenos agricultores. O emprego de tecnologias simples poderá levar a um aumento de produtividade, no entanto, existe a dificuldade de carência de informações sobre essa cultura. Com isso, os objetivos do presente estudo foram comparar características morfoagronômicas dos genótipos de arroz vermelho Vermelho Virgínia, obtido de pequenos agricultores de Minas Gerais, e do genótipo Vermelho Pequeno, selecionado no campo experimental da UFRRJ, com genótipos de arroz branco BRS Primavera e Caiapó. Para isso foi instalado um experimento no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ, Seropédica-RJ, no período de Novembro de 2009 e Março de 2010. O plantio foi feito por semeadura direta, em linha corrida, utilizando 70 sementes por metro. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro tratamentos e cinco repetições. Cada parcela foi constituída de uma área de 4 x 4 m, com oito fileiras de plantas espaçadas de 0,50 m, e utilizou-se como área útil a parte central da parcela, com 2 x 2 m. Conduziram-se análises de variâncias e as médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5%. O genótipo Vermelho Virgínia apresentou porte maior e menor relação C/L (comprimento/largura) e o Vermelho Pequeno menor peso de mil espiguetas em relação aos demais tratamentos. Os genótipos de arroz vermelho tiveram maior capacidade de produção de panículas viáveis por m², mas não houve diferenças significativas na porcentagem de espiguetas férteis por panícula e na produtividade entre tratamentos. Nas condições de sequeiro os genótipos de arroz vermelho avaliados apresentaram desempenho agrônomo semelhante aos de arroz branco.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., produtividade, características morfológicas.

ABSTRACT

Menezes, Bruna Rafaela da Silva. **Comparison morphological and agronomics traits of red rice with white rice in crop dry.** 2011. Dissertation (Master Science in Plant Science, Vegetable Production). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

Red rice is mainly grown in Brazil in the Northeast by small farmers. The use of simple technologies could lead to an increase in productivity. However, there is the difficulty of lack of information about that culture. Thus, the objectives of this study was to compare morphological and agronomics traits of red rice genotypes “Vermelho Virgínia”, obtained from small farmers in Minas Gerais (Brazil), and “Vermelho Pequeno”, field experimental UFRRJ with white rice genotypes “BRS Primavera” and “Caiapó”. For this was an experiment in the experimental field of Departamento de Fitotecnia UFRRJ, Seropédica-RJ, between November 2009 and March 2010. Direct seeding method was used, sowing seeds in line, with about 70 seeds per meter. The experimental design was complete randomized blocks with four treatments and five replications. Each plot was an area of 4 x 4 m with eight rows of plants spaced 0.50 m, and the useful area was the central plot, with 2 x 2 m. Analysis of variance was performed and means were compared by Student-Newman-Keuls test at 5%. The genotype “Vermelho Virgínia” showed larger size and lower C/L (length/width) and the genotype “Vermelho Pequeno” thousand spikelets less weight compared to others treatments. The red rice genotypes had greater capacity to produce viable panicles per m², but there were no significant differences in percentage of fertile spikelets per panicle and yield between treatments. In upland conditions red rice genotypes evaluated showed similar agronomic performance for white rice.

Key word: *Oryza sativa* L., yield, morphological traits.

4.1. Introdução

O arroz vermelho é praticamente desconhecido como planta cultivada nas principais regiões produtoras de arroz, com exceção do Oeste da África e de pequenas áreas de países como Brasil, Índia, China e Argentina. O arroz de pericarpo vermelho mais conhecido é pertencente a mesma espécie do arroz branco, *Oryza sativa* L., que caracteriza-se por apresentar ramificações secundárias nas panículas, espiguetas persistente no pedicelo e lígulas com até 10 mm de comprimento (PEREIRA, 2004).

O pigmento vermelho só está presente no pericarpo e é formado na dessecação das sementes durante o processo de maturação (HAN et al., 2006). Dois locos responsáveis pela coloração avermelhada foram identificados, *Rc* (sementes de pericarpo marrom) e *Rd* (semente de pericarpo vermelho). Quando presentes juntos, esses genes produzem sementes de cor vermelha (genótipo *Rc__ Rd__*). *Rc* na ausência de *Rd* produz sementes marrons (genótipo *Rc__ rd rd*), enquanto que o *Rd* sozinho não produz fenótipo gerando o pericarpo branco (genótipo *rc rc Rd__*). Três alelos *Rc* são conhecidos: *Rc*, que produz manchas marrons sobre uma base marrom avermelhada; *Rc-s*, que produz cor vermelha clara; e *rc* (historicamente, *Rc+*), que é um alelo nulo. Embora *Rc* seja citado como um alelo mutante devido ao seu fenótipo diferente das cultivares de arroz, a ação do *Rc* é de dominância sobre o pericarpo branco (*rc*). Isto sugere que o alelo (branco) de cultivares modernas poderia ser o mutante (não funcional) da versão do alelo (vermelho) do ancestral *O. rufipogon*. Ambos os locos foram identificados no mapa morfológico do arroz usando análises de dois pontos: *Rc* no cromossomo 7 e *Rd* no cromossomo 1 (SWEENEY et al., 2006).

O arroz vermelho possui necessidades fisiológicas por água, luz e nutrientes em demandas muito próximas das cultivares de arroz branco. No campo, sofre um processo de debulha natural. As sementes que caem no solo germinam pouco na entressafra, ocorrendo à máxima germinação por ocasião da semeadura do arroz branco. Apresentam também maior rusticidade que as cultivares de arroz branco, resistindo melhor às condições adversas do meio ambiente. Isso pode gerar lotes de arroz branco contaminados com arroz vermelho que são altamente depreciados, pois a lema e a pálea no arroz vermelho estão mais aderidas ao grão, o que ocasiona porcentagens elevadas de quebra dos grãos de arroz branco durante o seu beneficiamento. Por esses e outros aspectos, o arroz vermelho é dito como a principal planta invasora das lavouras de arroz branco (LEITÃO FILHO et al., 1972).

Apesar de ser considerada uma invasora, o arroz vermelho é um dos principais componentes na dieta alimentar das populações que habitam grande parte do Semi-Árido nordestino brasileiro sendo cultivado principalmente como lavoura de subsistência. Além disso, ultimamente vem se verificando uma demanda crescente por parte de restaurantes localizados em grandes centros consumidores do país, como São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília (BOÊNO et al., 2009).

O preço do arroz vermelho chega a atingir quatro vezes o valor do arroz branco o que provavelmente tem motivado produtores que utilizam de tecnologias mais avançadas de cultivo. Por isso, a procura por sementes melhoradas para plantio de tipos especiais de arroz, como o arroz vermelho, tem aumentado em algumas regiões de cultivos no país (FONSECA et al., 2007a). No entanto, o número de trabalhos científicos sobre esse arroz é muito pequeno.

Os genótipos de arroz vermelho possuem grande variabilidade genética apresentando quase sempre arquitetura tradicional com baixo potencial genético de produção. Porém, já foram encontradas variedades de arquitetura moderna com alto potencial genético de produção, sendo, provavelmente, resultado do cruzamento com cultivares de arroz branco (PEREIRA, 2004). Segundo Malone et al. (2007) existe a hipótese de que haja fluxo gênico de cultivares para o arroz vermelho e forte seleção para que fixe caracteres que dificultem sua identificação no campo, tornando-se morfológicamente mais semelhante às cultivares de arroz branco.

A produtividade de uma cultivar não depende somente do seu potencial, mas também das condições oferecidas durante o desenvolvimento (CASTRO et al., 2003). A maior área cultivada com arroz no Brasil corresponde ao sistema em sequeiro esse, porém tem baixa produtividade quando comparada ao sistema de cultivo irrigado. Essa baixa produtividade pode ser atribuída à deficiência hídrica durante o ciclo de desenvolvimento da cultura estando provavelmente relacionado ao número de panículas por m² e à fertilidade das espiguetas (CRUSCIOL et al., 2001). Os genótipos de arroz vermelho têm alta capacidade de emitir perfilhos, principalmente em ambientes sujeitos a déficit hídrico (PEREIRA, 2004), mas o excessivo perfilhamento pode aumentar o número de perfilhos inviáveis, admitindo-se como ideal de 2 a 6 perfilhos para a planta de arroz (FRANÇA et al., 2008).

Neste sentido, os objetivos do presente estudo foram a comparação de características morfoagronômicas de genótipos de arroz vermelho com genótipos de arroz branco recomendados para o cultivo em sequeiro.

4.2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de Novembro de 2009 a Março de 2010, no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ, município de Seropédica - RJ, situado a 22° 45' S de latitude, 43° 41' W de longitude e entre 35-40 m de altitude. O solo foi classificado como Planossolo Áplico-Série Ecologia (RAMOS et al., 1973), distrófico e de textura arenosa. Antes da instalação do experimento foi realizada aração, gradagem e coletadas amostras de solo da área experimental e realizadas as análises químicas cujos resultados foram os seguintes: pH (água) = 6,2; P = 121 e K = 38 mg dm⁻³; Ca, Mg, Al = 1,5; 1,3; 0,0 mmolc dm⁻³, respectivamente. Os altos níveis de concentração de certos elementos, principalmente de fósforo, se devem ao fato desta área ter sido usada continuamente para experimentação por muitos anos. Durante o período cultural a temperatura média foi de 27,75 °C, com temperatura máxima de 32,67 °C e mínima de 22,82 °C, precipitação de 1.251 mm, 74,83% de umidade relativa média e 2.419 MJ m⁻² de radiação solar.

Os tratamentos constaram dos genótipos de arroz branco BRS Primavera e Caiapó, do genótipo denominado de Vermelho Virgínia e do genótipo Vermelho Pequeno, ambos de arroz vermelho. O genótipo Vermelho Virgínia foi obtido de pequenos agricultores do Estado de Minas Gerais e o genótipo Vermelho Pequeno selecionado no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ.

A semeadura em linha corrida foi realizada após a abertura dos sulcos e marcação dos blocos e parcelas. A densidade de semeadura foi de 70 sementes por metro linear ajustada de acordo com o resultado obtido no teste de germinação. As adubações foram feitas na forma parcelada com uma adubação na semeadura, aos 30 dias após a semeadura (Figura 1) e no início do emborrachamento. A dose aplicada foi de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio, e 30 kg ha⁻¹ potássio, na forma de cloreto de potássio, em cada adubação totalizando 90 kg ha⁻¹ de cada elemento.

Foram analisadas as seguintes características morfoagronômicas:

a) Cor da folha – observação que foi feita na folha bandeira no início do surgimento das panículas, tomando-se dez plantas ao acaso de cada parcela, de acordo com a escala: verde-claro; verde; verde-escuro; púrpura na ponta; púrpura na margem; púrpura; e púrpura na bainha (BRASIL, 1997).

b) Ângulo da folha bandeira – foi medido o ângulo formado pela folha bandeira e o colmo na época da floração, tomando-se dez plantas ao acaso de cada parcela, empregando-se a seguinte escala: ereto, menor que 30°; intermediário, entre 31 e 60°; horizontal, entre 61 e 90°; e descendente, maior que 90° (BRASIL, 1997).

c) Cor da aurícula - observação feita na penúltima folha da planta (primeira folha abaixo da folha bandeira), entre o emborrachamento e a antese tomando-se dez plantas ao acaso, e

classificada em: verde-claro e púrpura (BRASIL, 1997).

d) Cor da lígula - determinada da mesma forma que a da aurícula e classificada em: incolor a verde e púrpura (BRASIL, 1997).



Figura 1. Área experimental aos 30 dias após a semeadura (Seropédica, RJ, 2009).

e) Pubescência do limbo - determinação que foi realizada através de leve contato digital, no sentido da extremidade até a base da folha, tomando-se dez plantas ao acaso, e efetuada entre o emborrachamento e a emissão da panícula. Foi classificada de acordo com a escala: ausente (glabra); escassa; média; e forte (BRASIL, 1997).

f) Cor do apículo na maturação – por apículo entende-se a extensão da ponta da lema ou da pálea. Para essa avaliação foram tomadas ao acaso cinco panículas de cinco plantas das quais foram analisadas cinco espiguetas da porção central da panícula. A cor foi determinada de acordo com a seguinte escala: branca; verde; amarela; marrom; vermelha; púrpura; e preta (BRASIL, 1997).

g) Porte da planta - avaliado tomando-se dez plantas ao acaso de cada parcela e medindo a altura da superfície do solo até a extremidade da panícula mais alta (BRASIL, 1997).

h) Comprimento do colmo – distância média, em centímetros, do solo até a base da panícula (nó ciliar), medida nos mesmos perfilhos utilizados para medir a altura da planta. A classificação foi feita de acordo com a seguinte escala: curto, menor que 65 cm; médio, de 66 a 85 cm; e longo, maior que 86 cm (BRASIL, 1997).

i) Comprimento da panícula – distância, em centímetros, da base da panícula à ponta da última espiguetas, determinada na época da colheita, nas mesmas panículas usadas para medir porte das plantas e comprimento do colmo. Foi utilizada a seguinte escala: curta, menor que 22 cm; média, de 22,1 a 25 cm; e longa, maior que 25,1 cm (BRASIL, 1997).

j) Degrane da panícula - avaliação feita por ocasião da colheita, considerando-se a quantidade de espiguetas debrulhadas após pressionar levemente com as mãos cinco panículas de cinco plantas de cada parcelas tomadas ao acaso. A classificação foi feita de acordo com a seguinte escala: fácil, mais de 50% das espiguetas degranadas; intermediário, de 25 a 50% das espiguetas degranadas; e difícil, menos de 25% das espiguetas degranadas (BRASIL, 1997).

k) Número de panículas viáveis por m² - foi realizada a contagem do número de panículas viáveis (com pelo menos uma espiguetas cheia) das plantas de 1 m².

l) Número de espiguetas por panícula - das plantas usadas no item anterior foram tomadas dez, ao acaso, e de cada uma delas uma panícula representativa, na qual foi efetuada a contagem das espiguetas (férteis e estéreis) cujos valores foram posteriormente usados para a obtenção da média de espiguetas por panícula de cada tratamento.

- m) Porcentagem de espiguetas férteis por panícula** - foi realizada em conjunto com o número médio de espiguetas por panícula, considerando-se aquelas espiguetas com grãos.
- n) Cor das glumelas** – determinada em uma amostra de cinco espiguetas provenientes da porção central de cinco panículas de cinco plantas tomadas ao acaso, de acordo com a escala: amarelo-palha e dourada (BRASIL, 1997).
- o) Presença de aristas** – definida como um segmento filamentosos que ocorre no ápice da espiguetas. Para essa avaliação foram tomadas ao acaso cinco panículas de cinco plantas tomadas ao acaso das quais foram analisadas cinco espiguetas da porção central da panícula. Essa determinação foi classificada em: presença e ausência (BRASIL, 1997).
- p) Comprimento do grão** – determinada em uma amostra de cinco grãos provenientes da porção central de cinco panículas de cinco plantas tomadas ao acaso, de acordo com a escala: curto, menor que 5; médio, entre 5 e 6; e longo, maior que 6 mm (BRASIL, 1997).
- q) Espessura do grão** – realizada em conjunto com o comprimento do grão com auxílio de um paquímetro.
- r) Forma do grão** - determinada em uma amostra cinco grãos provenientes da porção central de cinco panículas de cinco plantas tomadas ao acaso, classificado com base na relação comprimento/largura dos grãos, sem polimento, considerando-se a escala: arredondada, C/L menor que 1,50; semi-arredondada, C/L entre 1,50 e 2,00; meio-alongada, C/L entre 2,01 e 2,75; alongada, C/L entre 2,76 e 3,50; e muito alongada, C/L acima de 3,5 (BRASIL, 1997).
- s) Peso de mil espiguetas** - realizado utilizando oito amostras de cem espiguetas tomadas ao acaso de cada parcela dos tratamentos. O teor de água das espiguetas foi ajustado para 13%.
- t) Índice de colheita** – obtido da relação peso de matéria seca de grãos e matéria seca total medida em dez perfilhos viáveis, obtidos de dez plantas tomadas ao acaso de cada parcela. Para obtenção da matéria seca o material foi submetido a secagem em estufa a 72 °C até massa constante.
- u) Massa seca da planta** - obtido pela matéria seca total medida em dez perfilhos viáveis de dez plantas tomadas ao acaso de cada parcela.
- v) Data da floração** - número de dias ocorridos da emergência média das plântulas até o florescimento de 50% das panículas de cada parcela.
- x) Ciclo cultural** - número de dias transcorridos da emergência média ao ponto de colheita, ou seja, quando 80% das panículas de cada parcela apresentavam 2/3 das espiguetas maduras.
- w) Produtividade** – obtida pela produção de grãos em casca em 4 m², a 13% de teor de água e expressa em kg ha⁻¹.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições, em parcelas de 16 m² constituídas de 8 fileiras de 4 m de comprimento e espaçamento de 0,5 m entre as mesmas. A área útil da parcela constou das 4 fileiras centrais, excluindo-se 1 m das extremidades dessas fileiras, correspondendo a 4 m² de área. Foram realizadas análises de variâncias e as médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% (ZIMMERMANN, 2004).

4.3. Resultados e Discussão

O ângulo da folha bandeira foi classificado como ereto em todos os tratamentos apesar de ter sido significativamente inferior no genótipo Vermelho Pequeno e superior no Caiapó (Tabelas 1 e 2). Os genótipos de arroz vermelho também não diferiram dos genótipos de arroz branco recomendados para condições de cultivo em sequeiro quanto à cor da lígula, aurícula, glumelas, degrane, comprimento da panícula e colmo apresentando, respectivamente, coloração de incolor a verde, verde-clara, verde-clara, amarelo-palha, degrane intermediário e comprimento de panícula e colmo longo (Tabela 1). Segundo Fonseca et al. (2002) as características ângulo da folha bandeira, cor da lígula, aurícula e glumelas são características qualitativas enquanto que o degrane, comprimento da panícula e colmo são características

quantitativas.

A cor da folha, característica quantitativa, é fortemente alterada pelo ambiente como pelo teor nitrogênio no solo, cuja tonalidade é modificada principalmente nas plantas mais jovens (FONSECA et al., 2002). Na época em que ocorreu a avaliação, os genótipos de arroz vermelho e os de arroz branco apresentaram tonalidade foliar verde-clara e verde, respectivamente. Ramos et al. (2006), avaliando acessos de arroz vermelho, verificaram resultado semelhante quando todos apresentavam cor da folha verde-clara.

Ocorreram diferenças quanto à pubescência do limbo entre tratamentos. Os genótipos de arroz branco avaliadas não apresentaram pelos na superfície foliar. Nascimento (1976), avaliando as frequências fenotípicas na geração F₂ do cruzamento de linhagens de arroz, observou que a característica pubescência do limbo é monofatorial e que o caráter glabo pode estar relacionado a um gene recessivo. Os genótipos Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia apresentaram pubescência média e forte, respectivamente. Ramos et al. (2006), estudando acessos de arroz vermelho, verificaram que a maioria deles apresentaram pubescência classificada como forte, como observado no genótipo Vermelho Virgínia, e outros em que ocorreram plantas com pubescência forte e média.

Houve diferenças entre tratamentos em relação cor do apículo na maturação, tendo os genótipos BRS Primavera e Caiapó apresentado coloração marrom e os genótipos de arroz vermelho coloração amarela (Tabela 1). Segundo Bonow et al. (2007) a cor do apículo é uma característica muito útil na diferenciação de cultivares pois se trata de uma característica qualitativa pouco influenciada pelo ambiente. Esses autores, estudando as cultivares BRS Primavera e Caiapó, também encontraram o mesmo resultado para tal característica.

O genótipo Vermelho Pequeno e os BRS Primavera e Caiapó não apresentaram arista enquanto que o genótipo Vermelho Virgínia apresentou cerca de 10% de suas espiguetas com arista (Tabela 1). De acordo com Nascimento (1976) a característica presença ou ausência de arista pode ser determinada por dois locos gênicos com ação complementar. A ausência do alelo em qualquer dos locos, confere o caráter ausência de arista.

O menor e maior ciclo cultural foram observados nos genótipos BRS Primavera (93 dias) e Vermelho Virgínia (108 dias), respectivamente. Essa característica é inerente à cultivar, mas pode ser influenciada pelo ambiente. Crusciol et al. (2003b) observaram que o ciclo da cultura no cultivo em sequeiro pode ser influenciado pela disponibilidade hídrica, ou seja, o déficit hídrico aumenta o número de dias para as plantas atingirem 50% de florescimento e completar o ciclo. Contudo, nas condições edafoclimáticas em que o experimento foi conduzido, os genótipos de arroz vermelho e de arroz branco apresentaram ciclo precoce (menor que 110 dias).

Tabela 1. Caracterização morfológica, floração e ciclo cultural dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, BRS Primavera e Caiapó (Seropédica, RJ, 2009).

Característica	Genótipo			
	Vermelho Pequeno	Vermelho Virgínia	BRS Primavera	Caiapó
Cor da folha	verde-clara	verde-clara	verde	verde
Pubescência do limbo	média	forte	ausente	ausente
Cor da lígula	incolor a verde	incolor a verde	incolor a verde	incolor a verde
Cor da aurícula	verde-clara	verde-clara	verde-clara	verde-clara
Ângulo da folha bandeira	ereto	ereto	ereto	ereto
Comprimento da panícula	longo	longo	longo	longo
Comprimento do colmo	longo	longo	longo	longo
Degrane	intermediário	intermediário	intermediário	intermediário
Cor das glumelas	amarelo-palha	amarelo-palha	amarelo-palha	amarelo-palha
Cor do ápulo na maturação	amarelo	amarelo	marrom	marrom
Comprimento do grão	médio	médio	longo	longo
Forma do grão	alongada	meio-alongada	alongada	alongada
Presença de arista	ausente	10% ¹	ausente	ausente
Floração (dias)	66	77	62	72
Ciclo cultural (dias)	98	108	93	101

¹ Porcentagem de espiguetas com a presença de aristas.

Observou-se que os genótipos de arroz branco apresentaram comprimento do grão significativamente superiores aos de arroz vermelho (Tabela 2). Houve também diferenças significativas entre os genótipos Vermelho Pequeno e o Vermelho Virgínia que apresentaram comprimento do grão de 5,80 e 6,14 mm, respectivamente. Os genótipos de arroz vermelho estudados por Fonseca et al. (2007a) apresentaram grande variabilidade no comprimento do grão, que variou entre 4,22 a 6,87 mm, ou seja, desde o curto ao longo. No entanto, os genótipos Vermelho Pequeno e o Vermelho Virgínia podem ser classificados, segundo critérios do Ministério da Agricultura, como possuindo comprimento do grão médio enquanto os de arroz branco comprimento longo (Tabela 1). Melhorias podem ser obtidas em relação ao comprimento do grão nesses genótipos de arroz vermelho. Aluko et al. (2004), estudando linhagens obtidas do cruzamento da cultivar Caiapó (*Oryza sativa* L.) e IRGC 103544 (*Oryza glaberrima*), observaram indícios de que a característica comprimento do grão seja de herança quantitativa de segregação transgressiva no sentido do genitor de maior comprimento, a cultivar Caiapó.

Não houve diferença significativa na relação C/L (comprimento/ largura) entre os genótipos de arroz branco. O genótipo Vermelho Pequeno apresentou relação C/L significativamente inferior ao BRS Primavera e Caiapó, porém superior a 2,76, o que classifica a forma do grão como alongada (Tabela 2, Figura 2). De acordo com os mesmos critérios de classificação, os genótipos BRS Primavera e Caiapó apresentaram forma do grão

alongada (Tabela 1, Figura 2). Bonow et al. (2007), estudando os mesmos genótipos de arroz branco, observaram forma do grão muito-alongada no BRS Primavera e meio-alongada no Caiapó diferindo do resultado encontrado neste experimento mesmo a característica forma da cariopse sendo pouco influenciada pelo ambiente. O genótipo Vermelho Virgínia apresentou comprimento do grão significativamente superior ao do genótipo Vermelho Pequeno, porém espessura significativamente superior sendo, nesse caso, a forma do grão classificada como meio-alongada (Tabela 1, Figura 2). A característica espessura do grão do genótipo Vermelho Virgínia é indesejável comercialmente para variedades de arroz tradicionais, podendo ser uma característica para ser melhorada. No entanto, consumidores de arroz integral podem preferir grãos mais curtos. Aluko et al. (2004) observaram que apenas 2% da linhagens obtidas do cruzamento da cultivar Caiapó (*Oryza sativa* L.) e IRGC 103544 (*Oryza glaberrima*) mostraram segregação transgressiva para grãos com maior espessura.

Tabela 2. Ângulo da folha bandeira, comprimento do grão, espessura do grão e relação C/L dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, BRS Primavera e Caiapó (Seropédica, RJ, 2009).

Genótipo	Ângulo da folha bandeira (°)		Comprimento do grão (mm)		Espessura do grão (mm)		Relação C/L	
Médias								
Vermelho Pequeno	10,18	c*	5,80	c	2,00	b	2,90	b
Vermelho Virgínia	10,92	b	6,14	b	2,66	a	2,33	c
BRS Primavera	11,18	b	6,87	a	2,00	b	3,44	a
Caiapó	13,10	a	6,91	a	2,00	b	3,46	a
Média geral	11,35		6,43		2,16		3,03	
C.V. (%)	4,57		1,56		2,47		2,03	
QM _{tratamento}	7,74		1,50		0,54		1,43	
QM _{erro}	0,27		0,01		0,00		0,00	
F _{tratamento}	28,74		149,47		191,05		377,36	
Probabilidade (%)	0,00		0,00		0,00		0,00	

*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

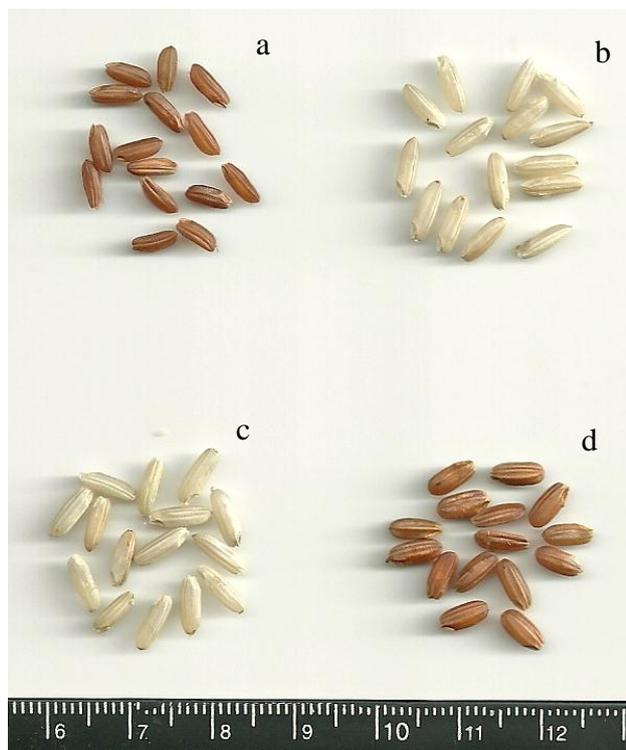


Figura 2. Forma do grão dos genótipos Vermelho Pequeno (a), BRS Primavera (b), Caiapó (c) e Vermelho Virgínia (d) (Seropédica, RJ, 2009).

O genótipo Vermelho Virgínia apresentou porcentagem de degrane durante a colheita significativamente maior em relação aos genótipos Vermelho Pequeno e o Caiapó, sendo esses genótipos classificados segundo critérios do Ministério da Agricultura como de degrane intermediário (Tabela 3). Essa característica pode ser influenciada pela época de colheita, plantas que permanecem no campo mais tempo tendem a apresentar maiores perdas e, pela intensidade de brusone no pedúnculo e nas ramificações (FONSECA et al., 2002).

Não houve diferenças significativas entre os genótipos de arroz vermelho e o Caiapó, que apresentaram comprimento de panícula superior ao BRS Primavera (Tabela 3). Streck et al. (2008) encontraram resultado semelhante quando dois genótipos de arroz vermelho e a cultivar EEA 406 apresentaram estatisticamente maior comprimento em relação às demais cultivares de arroz branco utilizadas no experimento. Pereira et al. (2006b), analisando acessos de arroz vermelho, não constatou grande variabilidade quanto ao comprimento de panícula, observando que a panícula mais curta apresentou 22,68 e a mais longa 28,95 cm. Tanto o genótipo Vermelho Virgínia como o Vermelho Pequeno apresentaram comprimento de panícula em torno de 27 cm. As características quantitativas comprimento do colmo e panícula podem sofrer influência da fertilidade do solo e densidade de plantio (FONSECA et al., 2002).

O genótipo BRS Primavera apresentou menor comprimento de panícula e colmo, e consequentemente, porte da planta estatisticamente inferior aos demais tratamentos. Pereira et al. (2009), contrastando cultivares de arroz branco com variedades de arroz vermelho, observaram que a menor altura encontrada para variedades de arroz vermelho foi de 124 cm. Esse valor é muito próximo a altura média encontrada para o genótipo Vermelho Pequeno (125,95 cm) que não diferiu da altura encontrada na cultivar de arroz branco Caiapó. Observou-se valor significativamente superior em relação ao porte da planta para o genótipo

Vermelho Virgínia em comparação com os genótipos Vermelho Pequeno, BRS Primavera e Caiapó (Tabela 3). O genótipo Vermelho Virgínia (160,74 cm) apresentou porte semelhante às variedades tradicionais de arroz vermelho, sendo essa uma característica para ser trabalhada em programas de melhoramento visando reduzir o porte das plantas dessa variedade. Serafim (2003), avaliando a geração F₂ do cruzamento das cultivares de arroz branco IRGA e Quilla66304, observou que a estatura da planta apresentou distribuição contínua, segregação transgressiva no sentido do genitor mais baixo e alta herdabilidade no sentido amplo. Contudo, porte da planta é uma característica altamente influenciada pelo ambiente como pela dose de nitrogênio aplicada (FONSECA et al., 2002). Sundin et al. (2002), em cruzamento dos cultivares IR-8 e Sagrimão, estimaram a herdabilidade no sentido restrito para altura da planta em 0,28, assim pode-se inferir que a seleção para diminuir o porte é possível. Além disso, os autores calcularam em -0,63 a correlação genética dessa característica com o número de perfilhos, o que é favorável, pois o ideal é uma planta com estatura baixa e grande número de perfilhos.

Tabela 3. Degrane da panícula, comprimento da panícula, comprimento do colmo, porte da planta dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, BRS Primavera e Caiapó (Seropédica, RJ, 2009).

Genótipo	Degrane da panícula (%)	Comprimento da panícula (cm)	Comprimento do colmo (cm)	Porte da planta (cm)
Médias				
Vermelho Pequeno	25,07 b*	27,32 a	98,63 b	125,95 b
Vermelho Virgínia	32,59 a	27,18 a	133,56 a	160,74 a
BRS Primavera	29,44 ab	25,72 b	91,82 c	117,54 c
Caiapó	25,04 b	27,44 a	101,34 b	128,78 b
Média geral	28,03	26,92	106,34	133,25
C.V. (%)	13,62	2,61	2,89	2,60
QM _{tratamento}	67,59	3,23	1727,00	1792,96
QM _{erro}	14,58	0,49	9,47	11,98
F _{tratamento}	4,64	6,54	182,40	149,60
Probabilidade (%)	2,24	0,72	0,00	0,00

* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

O genótipo BRS Primavera apresentou menor número de panículas viáveis por m² em relação aos genótipos de arroz vermelho (Tabela 4). Essa característica é bastante influenciada pelas condições de ambiente. Essa cultivar, por ser pouco perfilhadora, em ambiente climático que limite a expressão do seu potencial de produtividade requer maiores densidades de semeadura, de 80 a 100 sementes por metro linear, e menor espaçamento, de 30 a 40 cm nas entrelinhas (GUIMARÃES et al. 2003a).

Os genótipos de arroz vermelho apresentaram maior capacidade de produção de panículas viáveis por m², porém menor produção de espiguetas por panícula em comparação com os de arroz branco. Essa última característica tem grande influência do genotípica do material. No entanto, não houve diferenças na porcentagem de espiguetas férteis por panícula entre os tratamentos (Tabela 4).

Não foram verificadas diferenças na produtividade entre as quatro tratamentos (Tabela 5), concordando com Segatto et al. (2007), que também observaram que genótipos de arroz vermelho não apresentaram diferenças significativas quanto à produtividade de grãos em relação às cultivares de arroz branco, nas condições de cultivo em sequeiro. No entanto, foram observadas diferenças de mais de 1.000 kg ha^{-1} , o que nos leva a pensar a respeito da precisão do experimento para essa característica. A ausência de significância entre as médias da variável produtividade poderia ser atribuída ao rigor do teste utilizado na comparação. Se o teste utilizado fosse o t (Mínima Diferença Significativa) haveria diferença significativa entre a produtividade do genótipo Vermelho Virgínia e a produtividade dos genótipos Vermelho Pequeno e BRS Primavera, pois o DMS seria de 1.190,09. O DHS (Diferença Honestamente Significante) para quatro e três comparações a 5% de probabilidade foi de 1.621,28 e 1.457,15, respectivamente. Como se pode observar a diferença entre médias quase atingiu significância. Provavelmente se o número de repetições fosse maior que cinco a significância entre a produtividade do genótipo Vermelho Virgínia e a produtividade dos genótipos Vermelho Pequeno e BRS Primavera seria detectada, embora obviamente não se possa garantir isso, pois a estimativa das médias e do erro seriam outras (mais precisas).

O genótipo Vermelho Virgínia apresentou peso de mil espiguetas significativamente maior, em comparação com os demais tratamentos (Tabela 4). Apesar de não ter ocorrido diferenças significativas entre a produtividade, pelo teste de Student-Newman-Keuls, o genótipo Vermelho Virgínia apresentou a maior valor produtividade média seguido do Caiapó (Tabela 5). Não houve diferenças entre o peso de mil espiguetas entre os dois genótipos de arroz branco e o genótipo Vermelho Pequeno apresentou significativamente menor peso de mil espiguetas em relação aos demais tratamentos (Tabela 4). Apesar disso, o genótipo BRS Primavera, que produziu menor valor médio de panículas viáveis por m^2 , apresentou produtividade média inferior a do genótipo Vermelho Pequeno e o Caiapó (Tabela 4 e 5). Crusciol et al. (2001), estudando cultivares de arroz, observaram que não houve correlação entre peso das espiguetas com a produtividade e, provavelmente, estaria mais relacionada aos componentes número de panículas por m^2 e a fertilidade das espiguetas. A importância do componente peso de mil espiguetas não deve ser descartada neste experimento, pois o genótipo Vermelho Pequeno apesar de ter produzido significativamente maior número de panículas viáveis por m^2 em comparação com o genótipo BRS Primavera a diferença na produtividade média entre os dois tratamentos foi à menor e, isto pode ser explicado pelo menor peso das espiguetas do genótipo.

Tabela 4. Número de panículas viáveis por m², número de espiguetas por panícula, porcentagem de espiguetas férteis por panícula e peso de mil espiguetas dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, BRS Primavera e Caiapó (Seropédica, RJ, 2009).

Genótipo	Panículas viáveis por m ²	Espiguetas por panícula	Espiguetas férteis por panícula (%)	Peso de mil espiguetas (g)
Médias				
Vermelho Pequeno	241,00 a *	98,06 c	82,60 a	22,79 c
Vermelho Virgínia	240,20 a	126,14 b	75,94 a	34,05 a
BRS Primavera	175,00 b	167,18 a	79,87 a	29,87 b
Caiapó	188,20 ab	166,22 a	82,24 a	31,10 b
Média geral	211,10	139,40	80,16	29,45
C.V. (%)	15,78	12,03	5,69	4,81
QM _{tratamento}	5947,40	5626,44	46,96	114,10
QM _{erro}	1110,07	281,15	20,82	2,01
F _{tratamento}	5,36	20,01	2,26	56,90
Probabilidade (%)	1,42	0,00	13,43	0,00

*Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Os genótipos de arroz branco apresentaram maior eficiência no transporte dos carboidratos e na capacidade de acúmulo de reservas nas espiguetas, pois os índices de colheita foram significativamente superiores aos dos genótipos de arroz vermelho (Tabela 5). Pode-se observar que o genótipo Vermelho Pequeno apresentou massa seca da planta significativamente inferior aos demais tratamentos (Tabela 5). Isso pode ser explicado pelo fato desse genótipo apresentar menor número de espiguetas por panícula e peso de espiguetas o que levou a menor índice de colheita em relação aos genótipos de arroz branco. A translocação de carboidratos para um dreno depende do seu tamanho e sua atividade (TAIZ & ZEIGER, 2004). Nesse genótipo o tamanho da espiguetas seria uma característica para ser melhorada.

Tabela 5. Massa seca da planta, índice de colheita e produtividade dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, BRS Primavera e Caiapó (Seropédica, RJ, 2009).

Genótipo	Massa seca da planta (g perfilho ⁻¹)	Índice de colheita (IC)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
Médias			
Vermelho Pequeno	4,50 b*	0,37 b	3658,00 a
Vermelho Virgínia	7,77 a	0,38 b	5072,00 a
BRS Primavera	7,35 a	0,47 a	3452,50 a
Caiapó	7,53 a	0,48 a	4611,00 a
Média geral	6,79	0,42	4198,38
C.V. (%)	13,46	8,42	20,56
QM _{tratamento}	11,77	0,02	2969691,15
QM _{erro}	0,84	0,00	745053,39
F _{tratamento}	14,10	12,39	3,99
Probabilidade (%)	0,03	0,05	3,49

* Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

4.4. Conclusão

O genótipo Vermelho Pequeno apresenta porte semelhante ao genótipo Caiapó, produção de panículas viáveis por m² superior ao BRS Primavera e produtividade semelhante aos dois genótipos de arroz branco utilizados no experimento apresentando, portanto, potencial para ser recomendado como cultivar para condições de cultivo em sequeiro. Porém, o peso de espiguetas seria uma característica a ser melhorada nesse genótipo que provavelmente conduza a valores de produtividade superiores aos encontrados neste experimento.

O genótipo Vermelho Virgínia apresenta produção de panículas viáveis por m² superior ao BRS Primavera, peso de espiguetas superior e produtividade semelhante aos demais tratamentos apresentando, assim como o genótipo Vermelho Pequeno, potencial para ser recomendado como cultivar para condições de cultivo em sequeiro. No entanto, apresenta porte superior aos genótipos de arroz branco e forma do grão meio-alongada sendo o porte uma características para ser melhorada nesse genótipo de arroz vermelho.

5. CAPÍTULO III

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE FISIOLÓGICA E DORMÊNCIA EM SEMENTES DE ARROZ VERMELHO E BRANCO

RESUMO

Menezes, Bruna Rafaela da Silva. **Avaliação da qualidade fisiológica e dormência em sementes de arroz vermelho e branco.** 2011. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia, Produção Vegetal). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

As sementes de arroz branco possuem dormência, porém de intensidade menor que as de arroz vermelho. Essa característica favorece a dispersão da germinação no tempo. Entretanto já foram observados alguns genótipos de arroz vermelho com dormência de intensidade semelhante à de sementes de arroz branco. O ponto de maturidade fisiológica de sementes ocorre quando ela atinge o máximo acúmulo de massa seca, ocorrendo a interrupção da translocação de nutrientes da planta para a semente. Após o ponto de maturidade fisiológica, a semente pode ficar exposta a condições menos favoráveis, o que pode resultar em prejuízos a sua qualidade fisiológica. Com isso, os objetivos deste trabalho foram determinar o ponto de maturidade fisiológica e comparar a dormência aos 30 e 60 dias após a colheita de sementes de genótipos de arroz vermelho com de arroz branco, comparando também a qualidade fisiológica. O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Fitotecnia e avaliações no Laboratório Didático de Análise de Sementes da UFRRJ. O delineamento experimental para a determinação do ponto de maturidade fisiológica foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas com cinco repetições. A análise de regressão foi utilizada para avaliar o comportamento das características. Para avaliação da dormência e qualidade fisiológica (germinação e vigor) em cada época de armazenamento foi feita a análise da variância conjunta, segundo o delineamento experimental em blocos ao acaso em fatorial 4 (genótipos) x 3 (1 controle e 2 tratamentos de quebra de dormência), com cinco repetições. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade. O ponto de maturidade fisiológica das sementes dos genótipos foi atingido vinte e cinco dias após a floração média. As sementes do genótipo Vermelho Virgínia e de arroz branco utilizadas neste experimento necessitaram de mesmo período de armazenamento para a superação da dormência. As sementes do genótipo Vermelho Pequeno necessitaram de período de 30 dias de armazenamento para que fosse superada a dormência. As sementes do genótipo Vermelho Pequeno apresentaram vigor semelhante ao do arroz branco EPAGRI109. Já as do Vermelho Virgínia apresentaram vigor superior a ambos os genótipos de arroz branco.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., germinação, vigor.

ABSTRACT

Menezes, Bruna Rafaela da Silva. **Physiological quality and dormancy seed of red rice and white.** 2011. Dissertation (Master Science in Plant Science, Vegetable Production). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011.

White rice seeds have dormancy, but of lower intensity than the seeds of red rice. This characteristic favors the dispersal of seeds germination in time. However some red rice genotypes have been observed with similar intensity to the dormancy of seeds of white rice. The physiological maturity of seed occurs when one reaches the maximum accumulation of dry mass, when there is disruption of the translocation of nutrients from the mother plant to seed. After physiological maturity, seed can be exposed to less favorable conditions, which can result in damage to their physiological quality. Thus, the objectives were to determine the physiological maturity and to compare dormancy at 30 and 60 days after seed harvest of rice genotypes red with white rice and also compared the physiological quality. The experiment was conducted at the experimental field of Departamento de Fitotecnia and Didactic Laboratory of Seeds Analysis UFRRJ. The experiment to determine the physiological maturity point was a randomized block split plot with five replications. Regression analysis was used to evaluate the behavior of features. For evaluation of dormancy and physiological quality (germination and vigor) at each time of storage was the analysis of variance, according to the experimental design of randomized blocks in factorial 4 (genotypes) x 3 (1 and 2 control treatments break dormancy), with five replicates. The comparison of means test was the Student-Newman-Keuls at 5% probability. The physiological maturity of the seeds of the genotypes was reached twenty-five days after the flowering period. The seeds of genotypes "Vermelho Virgínia" and of white rice used in this experiment required similar storage period to overcome dormancy. The seeds of the genotype "Vermelho Pequeno" required 30 days of storage to be overcome dormancy. The seeds of the genotype "Vermelho Pequeno" showed vigor similar to of white rice "EPAGRI109". The seeds of the genotype "Vermelho Virgínia" showed vigor over both genotypes of white rice.

Key word: *Oryza sativa* L., germination, vigor.

5.1. Introdução

O arroz vermelho (*Oryza sativa* L.) é conhecido uma das principais invasoras de lavouras do arroz branco (PEREIRA, 2004). Por pertencerem à mesma espécie botânica, as condições edafoclimáticas que favorecem o arroz cultivado geralmente favorecem o arroz vermelho competindo principalmente por luz, água e nutrientes (AGOSTINETTO et al., 2001b).

As sementes de arroz vermelho apresentam dormência, característica evolutiva que favorece em especial as plantas invasoras, de intensidade variável com o genótipo (AGOSTINETTO et al., 2001b). As sementes de arroz branco também possuem dormência pós-colheita, porém de menor intensidade em relação à dormência de sementes de arroz vermelho (FONSECA et al., 2007b). Alguns genótipos de arroz vermelho avaliados por Schwanke et al. (2008) aos 150 dias após a colheita apresentaram dormência variando de 19 a 49% enquanto que em cultivares de arroz branco a porcentagem de dormência foi praticamente zero aos 60 dias após a colheita.

A intensidade da dormência em sementes de arroz além do genótipo pode variar de acordo com as condições ambientais durante a maturação e armazenamento. Segundo Jennings e Jesus Júnior (1964) sementes colhidas no período mais quente necessitam de um período adicional no armazenamento para a quebra da dormência em relação às colhidas em temperaturas mais baixas. Vieira et al. (2008) observaram que em temperaturas mais elevadas durante o armazenamento a superação da dormência é atingida mais rapidamente.

Compostos fenólicos presentes nas glumelas impedem que o oxigênio absorvido chegue ao eixo embrionário. A dormência é superada só após a saturação desses compostos (BEWLEY & BLACK, 1985). Porém, Agostinetti et al. (2001a) observaram que a maior germinação obtida aos oito dias em sementes de arroz descascadas foi de 22% indicando que esses podem não ser os únicos fatores envolvidos na superação da dormência e indução da germinação. Segundo Gianinetti e Vernieri (2007) o ácido abscísico (ABA) é importante para a manutenção da dormência em arroz vermelho, mas não é o fator chave do processo.

Existe a possibilidade de cruzamentos entre plantas de arroz branco e vermelho como observado em Brunes et al. (2007). Esses cruzamentos fazem com que os genótipos de arroz vermelhos adquiram características, dentre elas a dormência, cada vez mais assemelhadas a cultivares de arroz branco (MENEZES et al., 2002). A redução da intensidade de dormência já observada em alguns genótipos de arroz vermelho pode ser uma característica evolutiva (ÁVILA et al., 2000).

O ponto de maturidade fisiológica é caracterizado pelo máximo acúmulo de massa de matéria seca (ELLIS & PIETRA FILHO, 1992). Nesse ponto há interrupção da translocação de nutrientes da planta mãe para as sementes. A partir desse ponto as sementes não aumentam mais a sua matéria seca, mas permanecendo no campo ficam expostas a condições adversas do ambiente como altas temperaturas, altas umidade relativa, contaminação por microorganismos entre outros, podendo ocorrer perdas tanto em qualidade quanto em quantidade de sementes (MARCOS FILHO, 2005).

Com isso, os objetivos deste trabalho foram determinar o ponto de maturidade fisiológica e comparar a qualidade fisiológica e dormência, aos 30 e 60 dias após a colheita, de sementes de genótipos de arroz vermelho com de arroz branco.

5.2. Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de Outubro de 2009 a Março de 2010, no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ, município de Seropédica - RJ, situado a 22° 45' S de latitude, 43° 41' W de longitude e entre 35-40 m de altitude. O solo foi classificado como Planossolo Áplico-Série Ecologia (RAMOS et al., 1973), distrófico e de textura arenosa. Antes da instalação do experimento foi feito o nivelamento da área e

coletadas amostras de solo da área e realizadas as análises químicas cujos resultados foram os seguintes: pH (água) = 6,1; P = 278,6 e K = 37 mg dm⁻³; Ca, Mg, Al = 4,3; 0,7; 0,0 mmolc dm⁻³, respectivamente. Durante o período cultural a temperatura média foi de 27,88 °C, com temperatura máxima de 32,80 °C e mínima de 22,97 °C, precipitação de 1.241 mm, 74% de umidade relativa média e 2.827 MJ m⁻² de radiação solar.

Foram utilizados na comparação os genótipos de arroz branco SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 e os denominados de Vermelho Virgínia e Vermelho Pequeno, ambos de arroz vermelho. O genótipo Vermelho Virgínia foi obtido de pequenos agricultores do Estado de Minas Gerais e o Vermelho Pequeno selecionado no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ.

A semeadura em viveiro foi realizada no dia 20 de Outubro de 2009 e as mudas transplantadas quando apresentavam quatro folhas completamente desenvolvidas, ou seja, 18 dias após a emergência média das plântulas. Foram transplantadas de 6 a 10 mudas por cova, com espaçamento de 20 cm entre as mesmas. A densidade de semeadura no viveiro foi de 200 g m⁻² para os genótipos Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109. Para o genótipo Vermelho Pequeno foi utilizada a densidade de 160 g m⁻² devido ao tamanho reduzido das sementes. A densidade foi ajustada de acordo com o resultado obtido no teste de germinação. Foram aplicados 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio, na forma de sulfato de amônio, e 45 kg ha⁻¹ potássio, na forma de cloreto de potássio, em cobertura logo após o transplante e no emborrachamento totalizando 90 kg ha⁻¹ de nitrogênio e potássio. O manejo da água de irrigação foi o contínuo (abastecimento por gravidade) de forma que se mantivesse uma lâmina d'água de 10 cm em toda a extensão dos tabuleiros. Após 7 dias do transplante das mudas iniciou-se a irrigação dos tabuleiros.

As parcelas foram constituídas de 16 m², ou seja, 8 fileiras de 4 m de comprimento e espaçamento de 0,5 m entre as mesmas. A área útil da parcela constou de 2 fileiras laterais, excluindo-se 1 m das extremidades destas fileiras, correspondendo a 2 m² de área.

Para determinação do ponto de maturidade fisiológica o campo, por ocasião do cacheamento, foi vistoriado diariamente até a data da floração média, ou seja, quando houve 50% das espiguetas abertas. As colheitas foram realizadas nos estádios leitoso, cera-mole (pastoso inicial), cera-dura (pastoso tardio), duro e colheita em cada parcela de cada genótipo sendo as panículas colhidas manualmente no campo. Após a colheita, as sementes foram embaladas em sacos plásticos para minimizar perdas de umidade e levadas ao Laboratório Didático de Análise de Sementes da UFRRJ onde foram imediatamente avaliadas quanto ao teor de água, massa de matéria seca e germinação. Para a determinação do teor de água e massa de matéria seca foi utilizado o método da estufa (BRASIL, 2009) com 200 sementes (2 repetições de 100 sementes) de cada parcela. Os resultados de massa de matéria seca foram expressos em gramas (g) de 100 sementes. O teste de germinação de cada parcela foi conduzido com 200 sementes (4 repetições de 50 sementes), distribuídas em rolo de papel, umedecido com água na proporção de 2,5: 1 (mL de água destilada: peso do papel (g)) sob temperatura constante de 25 °C. As avaliações foram realizadas aos cinco (primeira contagem) e quatorze dias após a implantação do teste segundo a Regra de Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em parcelas subdivididas com cinco repetições, tendo como tratamento principal os materiais de arroz e os tratamentos das subparcelas os dias após a floração média (estádios de desenvolvimento das sementes). A análise de regressão foi utilizada para avaliar o decréscimo do teor de água e o aumento na massa de matéria seca das sementes (ZIMMERMANN, 2004).

Para a avaliação da qualidade fisiológica e superação da dormência das sementes ao longo do armazenamento após a colheita as amostras de sementes de cada parcela dos genótipos de arroz vermelho e branco tiveram os teores de água determinados, foram

submetidas à secagem até teores de água de aproximadamente 12% e acondicionadas em embalagem de papel multifoliado no ambiente de 25 °C e UR 40%. Aos 30 dias após a colheita, amostras de sementes tiveram os teores de água novamente determinados e foram submetidas aos seguintes tratamentos: controle (sementes não tratadas); imersão em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% por 24 h (BRASIL, 2009); e imersão em água a 40 °C por 24 h (BRASIL, 2009). Em seguida foram submetidas ao teste de germinação seguindo a mesma metodologia descrita para a determinação do ponto de maturidade fisiológica. Aos 60 dias amostras das mesmas sementes foram submetidas aos mesmos tratamentos e avaliações.

Para as variáveis porcentagem de primeira contagem do teste de germinação e germinação foi feita a análise da variância das duas épocas de armazenamento (30 e 60 dias), segundo o delineamento experimental em blocos ao acaso em fatorial 4 (genótipos) x 3 (1 controle e 2 tratamentos de quebra de dormência), com cinco repetições. Para a variável teor de água foi feita a análise da variância da época da colheita (zero) e das duas épocas de armazenamento onde se utilizou o delineamento experimental em blocos ao acaso com cinco repetições. Em seguida os dados das duas (primeira contagem do teste de germinação e germinação) e três (teor de água) épocas, depois de verificada a homogeneidade das variâncias residuais, foram analisados em conjunto para avaliar o efeito do tempo (dias). Após a análise de variância, em caso de interação, foram realizados os desdobramentos necessários. A comparação de médias foi realizada pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade (ZIMMERMANN, 2004).

5.3. Resultados e Discussão

Pelos resultados verificou-se que o estágio leitoso dos quatro genótipos foi obtido entre o sétimo e o oitavo dia após a floração média. As sementes apresentaram um alto teor de água inicial variando de 55 a 59% (Figura 1). Embora decresça durante a maturação, o teor de água se mantém relativamente alto devido ao processo de transferência de matéria seca da planta para as sementes que deve ocorrer em meio líquido (MARCOS FILHO, 2005). Os valores de massa de matéria seca de 100 sementes encontrados nesse estágio variaram de 0,72 e 0,92 g nos genótipos Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia, respectivamente (Figuras 2a e 2b).

O estágio cera-mole foi obtido no décimo primeiro dia após a floração média para os quatro genótipos sendo observado o menor valor de massa de matéria seca de 100 sementes de 1,19 g no genótipo Vermelho Pequeno e o maior de 1,71 g no genótipo Vermelho Virgínia (Figuras 2a e 2b). Nesse estágio os teores de água atingiram valores substancialmente altos, entre 44 e 59% (Figura 1).

O estágio cera-dura foi alcançado aos 14 dias após o florescimento médio nos genótipos SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109. No genótipo Vermelho Pequeno e no Vermelho Virgínia esse estágio foi alcançado aos 17 e 19 dias, respectivamente. O teor de água atingiu valores de aproximadamente 29% (Figura 1).

De acordo com Ellis e Pietra Filho (1992) o máximo potencial fisiológico só ocorre após a maturidade fisiológica da semente que ocorre quando as sementes atingem o máximo acúmulo de massa de matéria seca. Quiroga (1978), analisando o processo de maturação das sementes de arroz da cultivar IAC-435, verificou que há aumento na germinação e vigor das sementes após atingir o máximo acúmulo de massa de matéria seca, ou seja, ocorrem acréscimos na germinação e no vigor quando as sementes apresentam estabilidade do valor de massa de matéria seca. Neste trabalho não foi possível determinar a germinação e vigor das sementes nos cinco estádios avaliados e, com isso, obter o ponto de máximo potencial fisiológico das sementes. Isto porque as sementes não germinaram devido à possível presença de dormência o que não pode ser confirmado, pois não foi empregado tratamento de quebra de dormência nas sementes avaliadas nos cinco estádios. Contudo, pode-se dizer que as

sementes dos genótipos de arroz vermelho e branco atingiram a maturidade fisiológica no estágio duro, pois foram observados os maiores valores de massa de matéria seca de 100 sementes. Nesse ponto, as sementes dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 apresentaram teores de água de 22,2, 22,5, 21,8, 22,3%, respectivamente (Figura 1).

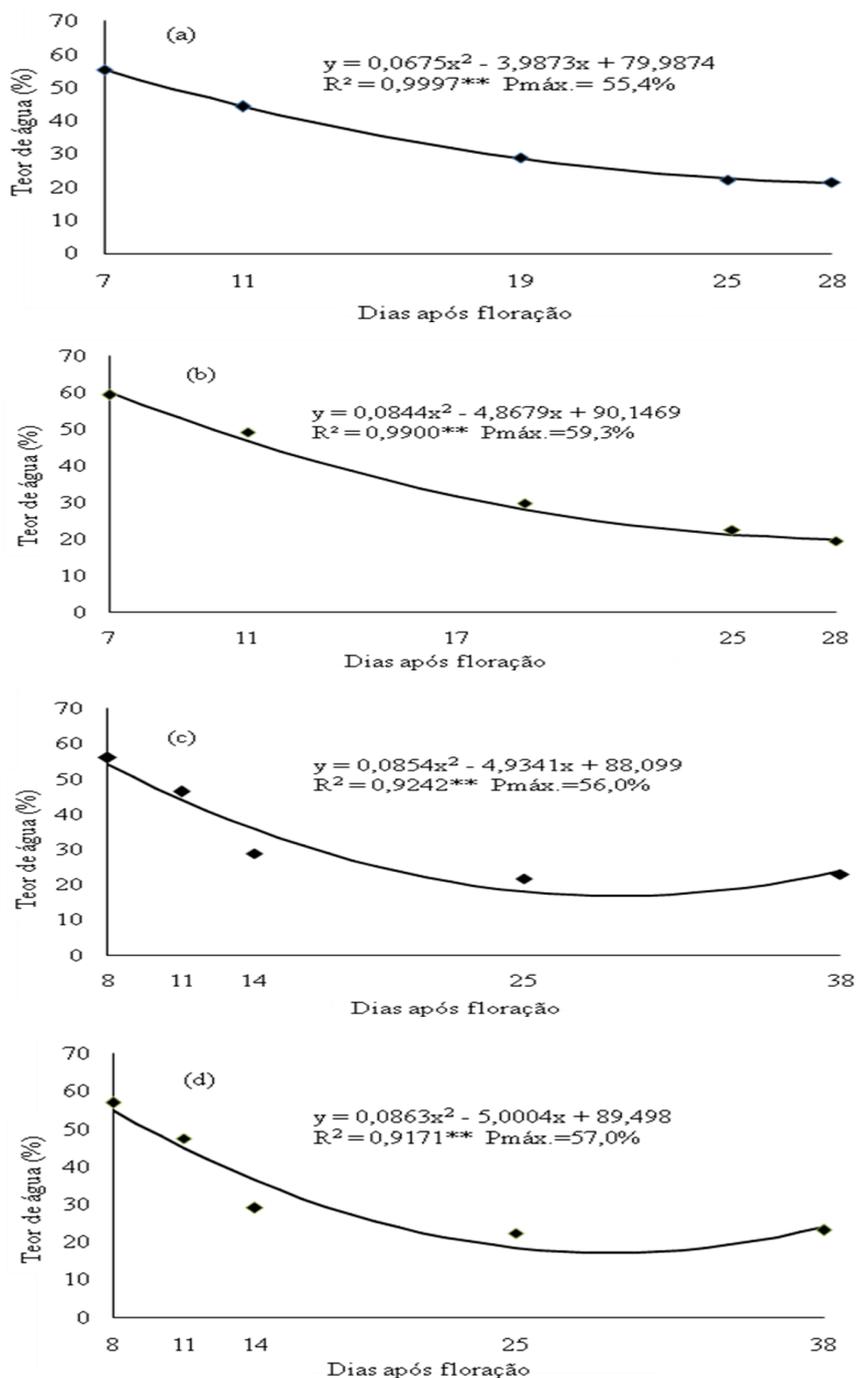


Figura 1. Decréscimo no teor de água (%) durante a fase de maturação das sementes dos genótipos Vermelho Pequeno (a), Vermelho Virgínia (b), SCSBRS Tio Taka (c) e EPAGRI109 (d). ** Significativo a 1% de probabilidade. CV = 4,00%.

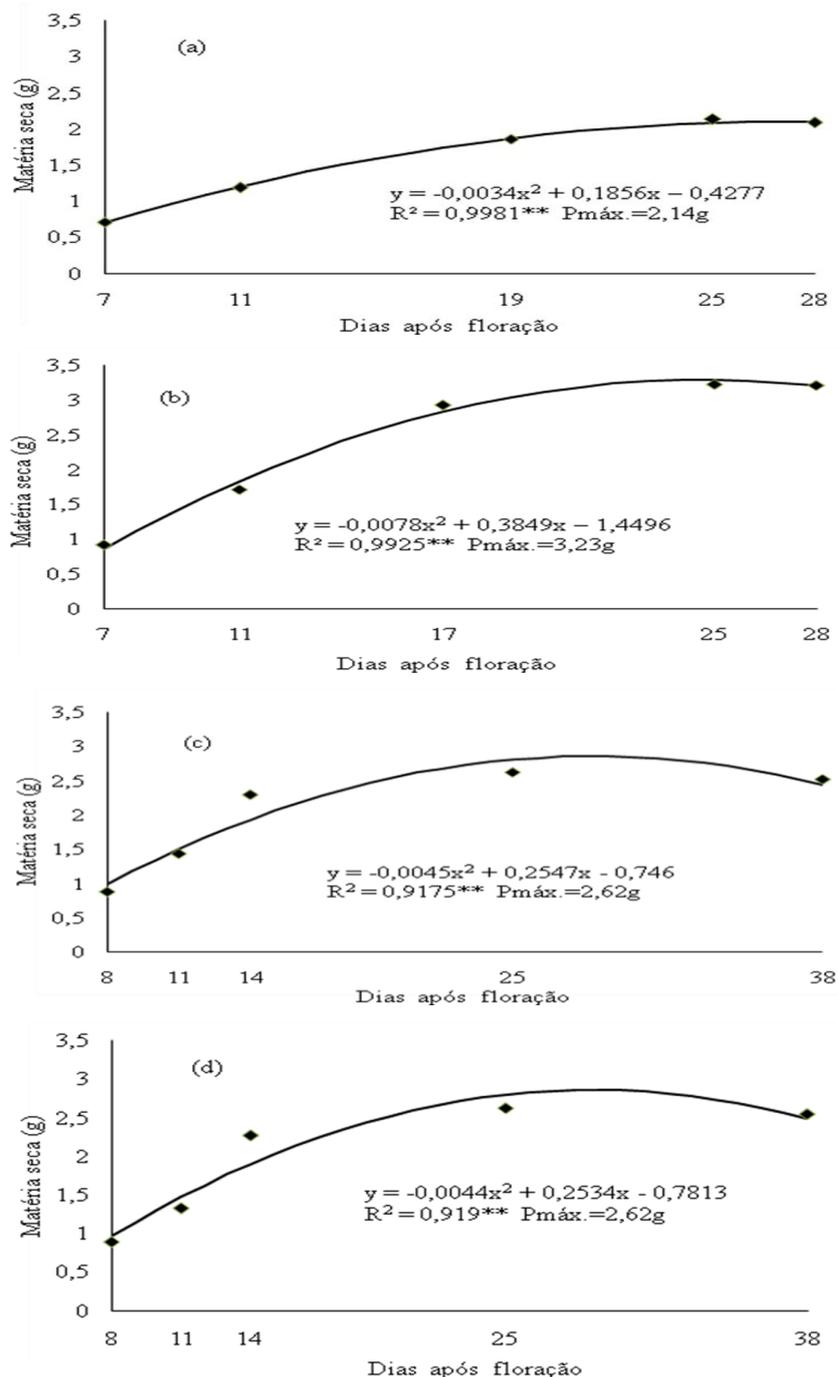


Figura 2. Massa de matéria seca de 100 sementes (g) durante a fase de maturação das sementes dos genótipos Vermelho Pequeno (a), Vermelho Virgínia (b), SCSBRS Tio Taka (c) e EPAGRI109 (d). ** Significativo a 1% de probabilidade. CV = 4,78%.

Como já esperado, houve redução do teor de água das sementes após secagem não havendo diferenças significativas dos 30 para os 60 dias de armazenamento nos genótipos de arroz vermelho e branco. Essa falta de significância pode ser devido ao curto período de armazenamento (Tabela 2). Vieira et al. (2008) observaram que houve aumento no teor de água em sementes de arroz armazenadas em câmara (10 °C e 50%UR) até o sexto mês e

houve tendência de estabilização dos percentuais de teor de água até o décimo segundo mês quando se encerraram as avaliações.

Os genótipos de arroz branco foram os que apresentaram os mais altos valores de teor de água na colheita e os menores aos 60 dias de armazenamento enquanto que no genótipo Vermelho Virgínia ocorreu o inverso (Figura 1 e Tabela 2). Em média, os menores teores foram apresentados pelo genótipo EPAGRI109 (Tabela 2). As diferenças quanto ao teor de água durante o armazenamento nas sementes dos genótipos podem ser devido a diferenças na composição química. Segundo Marcos Filho (2005) as proteínas têm maior afinidade pela água em relação ao amido e lipídios. Soares e Camargos (2009) observaram que o genótipo Vermelho Pequeno apresentou significativamente maior teor de proteína bruta em comparação a outros genótipos de arroz vermelho e a cultivar de arroz branco Caiapó. Desta forma, semente com diferentes percentuais de cada substância tendem a entrar em equilíbrio higroscópico com as condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar em diferentes teores de água. As diferenças quanto aos teores de água no momento da colheita, além da composição química das sementes, podem ter sofrido influencia das condições climáticas predominantes já que os genótipos foram colhidos em dias diferentes.

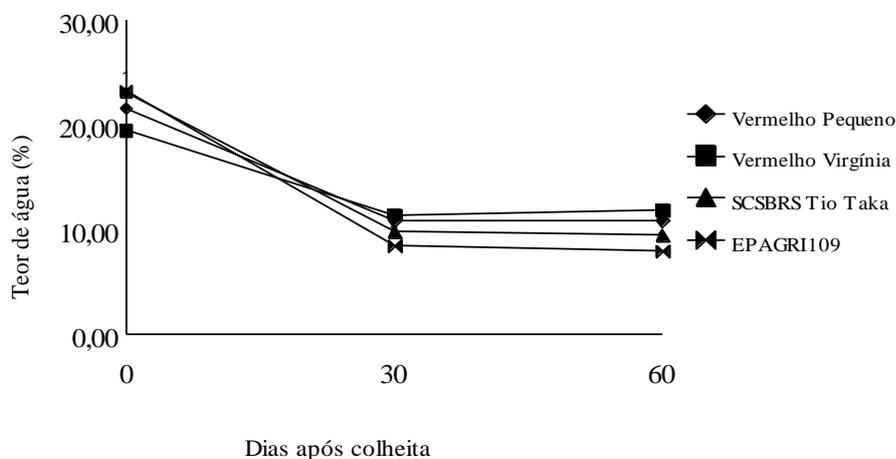


Figura 3. Teor médio de água dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 na colheita (zero), 30 e 60 dias de armazenamento (Seropédica, RJ, 2009).

Tabela 1. Resumo da análise de variância conjunta dos valores de teor de água obtidos na colheita (zero), aos 30 e 60 dias de armazenamento das sementes dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109.

Fonte de variação	QM	F	Probabilidade (%)
Época	922,24	661,72	0,00
Genótipo	4,38	3,14	3,70
Época x genótipo	16,79	12,05	0,00
Erro	1,39		

Tabela 2. Teor de água das sementes dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 na colheita (zero), aos 30 e 60 dias de armazenamento (Seropédica, RJ, 2009).

Genótipo	zero ²	30 dias	60 dias	Média geral ¹ (%)
	Médias (%)			
Vermelho Pequeno	21,5 Aa*	10,8 Ab	10,8 ABb	14,4 A
Vermelho Virgínia	19,4 Ba	11,4 Ab	11,8 Ab	14,2 A
SCSBRS Tio Taka	23,0 Aa	9,7 ABb	9,4 Bb	14,1 A
EPAGRI109	23,2 Aa	8,4 Bb	7,9 Cb	13,2 B
Médias	21,8a	10,1b	9,9b	
Média geral	13,40		CV (%) ¹	8,47

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade. ¹ Valores obtidos na análise conjunta da variância. ² Valores antes da secagem para aproximadamente 12%.

Em relação ao efeito dos tratamentos de quebra de dormência de imersão em hipoclorito de sódio a 0,5% e em água a 40 °C por 24 h sobre a primeira contagem de germinação houve, em média, acréscimos na porcentagem em comparação com o controle (sementes não tratadas) aos 30 e 60 dias de armazenamento (Tabela 4). Esse aumento na porcentagem de primeira contagem do teste de germinação pode ser devido ao efeito de pré-embebição visto que essas sementes ficaram 24 h imersas em solução. Essas sementes podem ter atingido a fase I e II da embebição sem ocorrer a protrusão da raiz primária (fase III). A absorção de água pelas sementes pode ter sido suficiente para ativar processos metabólicos como a atividade respiratória e reorganização do sistema de membranas (BEWLEY, 1997).

Houve diferenças entre os dois tratamentos de quebra de dormência sendo, na média geral, o tratamento de imersão em água a 40 °C por 24 h o que apresentou significativamente os melhores resultados de porcentagem de primeira contagem do teste de germinação. Isso sugere que a alta temperatura de 40 °C não afetou a qualidade fisiológica e ainda contribuiu para que as sementes menos vigorosas tivessem tempo suficiente para atingir estágio de atividade metabólica semelhante ao das mais vigorosas (MARCOS FILHO, 2005). O tratamento de imersão em hipoclorito de sódio a 0,5% por 24 h na média geral também foi significativamente superior ao controle, mas ao analisar os tratamentos de quebra de dormência dentro dos genótipos verifica-se que nos Vermelho Virgínia e EPAGRI109 a porcentagem de primeira contagem de germinação do tratamento com hipoclorito não diferiu do controle (Tabela 4).

O genótipo SCSBRS Tio Taka apresentou significativamente menor média geral de porcentagem de primeira contagem do teste de germinação. As sementes não tratadas, tratadas com hipoclorito e imersas em água a 40 °C desse genótipo apresentaram os menores valores para essa variável não deferindo significativamente do controle do genótipo Vermelho Pequeno aos 30 dias, do tratamento com hipoclorito dos genótipos Vermelho Virgínia e EPAGRI109 aos 30 e 60 dias de armazenamento. O genótipo Vermelho Virgínia também não diferiu significativamente do EPAGRI109 aos 30 e 60 dias após a colheita no controle e tratamento com hipoclorito a 0,5%. No tratamento de imersão em água a 40 °C esse genótipo foi significativamente superior ao EPAGRI109 aos 30 dias e aos 60 dias de armazenamento. Pode-se observar que o genótipo Vermelho Virgínia apresentou, na média geral, porcentagens de primeira contagem de germinação significativamente superior aos de arroz branco. O genótipo Vermelho Pequeno não diferiu do EPAGRI109 aos 30 dias no tratamento de imersão

em água a 40 °C e aos 60 dias no tratamento com hipoclorito e no de imersão em água a 40 °C (Tabela 4). O genótipo Vermelho Pequeno também não diferiu do EPAGRI109 na média geral. Contudo, deve-se ressaltar que o teste de primeira contagem da germinação foi conduzido em condições totalmente favoráveis e, nestas condições mostra-se pouco sensível para diferenciar lotes em diferentes níveis de vigor (WRASSE et al., 2009).

Tabela 3. Resumo da análise de variância conjunta dos valores de porcentagem de primeira contagem de germinação e porcentagem de germinação das sementes sem tratamento (controle) e submetidas aos tratamentos de imersão em hipoclorito de sódio a 0,5% e água a 40 °C por 24 h obtidos aos 30 e aos 60 dias de armazenamento dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109.

Fontes de variação	Primeira contagem do teste de germinação			Germinação		
	QM	F	Prob. (%)	QM	F	Prob. (%)
Genótipo	1907,43	21,11	0,00	108,14	8,75	0,00
Tratamento	6621,98	73,28	0,00	339,60	27,47	0,00
Época x genótipo	337,54	3,74	1,40	75,90	6,14	0,00
Erro	90,37			12,36		

Tabela 4. Porcentagem de primeira contagem do teste de germinação das sementes dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 sem tratamento (controle) e submetidas aos tratamentos de imersão em hipoclorito de sódio a 0,5% e água a 40 °C por 24 h aos 30 e 60 dias de armazenamento (Seropédica, RJ, 2009).

Genótipo	Controle	Hipoclorito de sódio a 0,5%	Água a 40 °C	Média geral ¹ (%)
Trinta dias				
Vermelho Pequeno	34 Bb*	75 Aa	78 Aa	64 B
Vermelho Virgínia	65 Ab	60 Bb	82 Aa	89 A
SCSBRS Tio Taka	38 Bb	52 Ba	57 Ba	47 C
EPAGRI109	58 Ab	60 Bb	75 Aa	60 B
Médias	49c	62b	72a	
Sessenta dias				
Vermelho Pequeno	49 Ab	73 Aa	76 Ba	
Vermelho Virgínia	49 Ab	51 Bb	79 Aa	
SCSBRS Tio Taka	31 Bb	50 Ba	55 Ca	
EPAGRI109	45 Ab	46 Bb	73 Ba	
Médias	43c	55b	71a	
Média geral	59	CV (%) ¹	16,22	

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade. ¹ Valores obtidos na análise conjunta da variância.

Em relação ao efeito dos tratamentos de quebra de dormência sobre a germinação das sementes dos genótipos aos 30 dias de armazenamento verificou-se que não houve diferenças

entre as sementes não tratadas e tratadas com imersão em hipoclorito de sódio e água a 40 °C no genótipo Vermelho Pequeno. O mesmo resultado foi obtido aos 60 dias mostrando que para esse genótipo o período de armazenamento de 30 dias foi suficiente para a superação da dormência. No genótipo Vermelho Virgínia aos 30 dias houve diferenças significativas entre o controle e as sementes tratadas com imersão em água a 40 °C o que mostra a presença de dormência nesse período de armazenamento. Nesse genótipo também aos 30 dias não foi observada diferença significativa entre o controle e o tratamento com imersão em solução de hipoclorito de sódio a 0,5%. Resultado semelhante foi observado por Vieira et al. (1994) onde os tratamentos com hipoclorito de sódio em diversos períodos de imersão proporcionou resultados semelhante ao da testemunha. Dias e Shioga (1997) verificaram que o tratamento de imersão em água a 40 °C por 24 h demonstrou melhoria da germinação em lotes com menor intensidade de dormência. Porém, esses mesmos autores observaram que o tratamento com hipoclorito de sódio foi eficiente em melhorar a germinação de lotes de arroz com tanto com baixa quanto com alta intensidade de dormência. Tratamentos de quebra de dormência aplicados em lotes de sementes de arroz com baixa intensidade de dormência pode provocar redução na porcentagem de germinação (GUIMARÃES et al., 2000). Aos 60 dias o controle não apresentou porcentagem de germinação significativamente diferente aos tratamentos de quebra de dormência. Os dois genótipos de arroz branco utilizados neste experimento apresentaram comportamento semelhante quanto a resposta aos tratamentos de quebra de dormência. Aos 30 dias houve diferenças significativas entre o controle e os tratamentos de quebra de dormência. Aos 60 dias essas diferenças já não foram detectadas o que permite concluir que nesse período de armazenamento não havia dormência nas sementes dos genótipos de arroz branco (Tabela 5). Esses resultados confirmam a hipótese da existência de fatores intrínsecos à semente eliminados durante o armazenamento, tais como compostos fenólicos, que inibem a germinação das sementes (VIEIRA et al., 2008).

Como se pode observar aos 60 dias já não foi constatado a presença de dormência nas sementes tanto nos genótipos de arroz vermelho quanto nos de arroz branco (Tabela 5). Esse resultado está de acordo com os encontrados por Fonseca et al. (2001) onde sementes de cultivares de arroz irrigado não apresentaram dormência 80 dias após a colheita. O tempo necessário pode ter sofrido influência das condições de armazenamento tanto da temperatura quanto da embalagem empregada. Vieira et al. (2008) observaram que a redução da dormência apresentou-se de forma mais rápida em lotes de sementes armazenados em armazém (temperatura mínima 15 a 20 e máxima 22 a 28 °C UR 60 a 72% na cidade de Lavras-MG) em comparação aos armazenados em câmara fria e seca (10 °C e 50%UR). Porém, segundo esses mesmos autores, a redução da porcentagem de germinação também foi observada mais rapidamente nos lotes de sementes armazenados nas condições de armazém. Segundo Vieira et al. (2002) lotes armazenados em sacos de rafia apresentam redução da dormência de forma mais rápida em comparação com os armazenados em papel multifoliado, como os deste experimento. A intensidade da dormência também pode ser influenciada pelas condições climáticas durante a maturação das sementes. Dias mais quentes podem resultar em lotes de sementes com maior intensidade de dormência (JENNINGS & JESUS JÚNIOR, 1964).

O genótipo SCSBRS Tio Taka apresentou menor porcentagem de germinação não diferindo significativamente do genótipo Vermelho Virgínia e ambos os genótipos de arroz vermelho não diferiram quanto a porcentagem de germinação do genótipo EPAGRI109 na média geral. Aos 30 dias de armazenamento as sementes dos genótipos de arroz branco do controle apresentaram significativamente os menores valores de porcentagem de germinação em comparação com os genótipos Vermelho Pequeno e o Vermelho Virgínia. Contudo, essas diferenças não foram observadas aos 60 dias de armazenamento o que pode ser resultado da superação da dormência dos genótipos (Tabela 5).

Tabela 5. Porcentagem de germinação das sementes dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 sem tratamento (controle) e submetidas aos tratamentos de imersão em hipoclorito de sódio a 0,5% e água a 40 °C por 24 h aos 30 e 60 dias de armazenamento (Seropédica, RJ, 2009).

Genótipo	Controle	Hipoclorito de sódio a 0,5%	Água a 40 °C	Média geral ¹ (%)
Trinta dias				
Vermelho Pequeno	91Aa*	90Aa	88Aa	92 A
Vermelho Virgínia	82Bb	82Bb	93Aa	89 BC
SCSBRS Tio Taka	69Db	87Aa	87Aa	88 C
EPAGRI109	77Cb	90Aa	89Aa	90 AB
Médias	80 b	87 a	89 a	
Sessenta dias				
Vermelho Pequeno	94 Aa	95 Aa	96 Aa	
Vermelho Virgínia	95 Aa	91Aa	96 Aa	
SCSBRS Tio Taka	92 Aa	96 Aa	95 Aa	
EPAGRI109	94 Aa	94 Aa	97 Aa	
Médias	94 a	94 a	96 a	
Média geral	90,03	CV (%) ¹	3,91	

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem pelo teste de Student-Newman-Keuls a 5% de probabilidade. ¹ Valores obtidos na análise conjunta da variância.

5.5. Conclusão

A maturidade fisiológica das sementes dos genótipos Vermelho Pequeno, Vermelho Virgínia, SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 é atingida no estágio duro.

As sementes do genótipo Vermelho Pequeno apresentam vigor semelhante as de arroz branco EPAGRI109 e germinação superior ao SCSBRS Tio Taka. As sementes do genótipo Vermelho Virgínia apresentam vigor superior e germinação semelhante a ambos os genótipos de arroz branco. Com isso, os genótipos de arroz vermelho avaliados neste experimento apresentam qualidade fisiológica (vigor e germinação) semelhante ou, até mesmo, superior aos de arroz branco.

O período de 30 dias de armazenamento é suficiente para a superação da dormência das sementes do genótipo Vermelho Pequeno e para os genótipos Vermelho Virgínia, EPAGRI109 e SCSBRS Tio Taka o período de 60 dias de armazenamento. As sementes do genótipo Vermelho Virgínia e os de arroz branco utilizados neste experimento necessitaram de mesmo e as do genótipo Vermelho Pequeno de período menor de armazenamento para que a dormência fosse superada diferentemente de genótipos tradicionais de arroz vermelho.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pela comparação dos genótipos de arroz recomendadas para o cultivo irrigado, EPAGRI109 e SCSBRS Tio Taka, e em sequeiro, BRS Primavera e Caiapó, com o genótipo Vermelho Pequeno, selecionado no campo experimental do Departamento de Fitotecnia da UFRRJ, e o Vermelho Virgínia, obtido de pequenos agricultores do Estado de Minas Gerais, foi possível concluir que ambos podem ser utilizados em programas de melhoramento que visem a obtenção de novas cultivares de arroz. Essa conclusão é apoiada pelo fato de não haver diferenças significativas entre as médias nas condições de sequeiro, principalmente dos valores de produtividade, que no caso do genótipo Vermelho Virgínia foi de 5.072 kg ha⁻¹ em comparação com a produtividade dos genótipos BRS Primavera e Caiapó que foi de 3.452 e 4.611 kg ha⁻¹, respectivamente. Deve-se ressaltar também que o arroz vermelho chega a custar quatro vezes o valor do arroz branco integral podendo, desta forma, ser uma forma de agregação de valor ao produto com rendimentos superiores ao cultivo do arroz branco. Porém, neste trabalho foi possível observar que o genótipo Vermelho Virgínia apresentou nas condições de sequeiro, valores de porte da planta superiores aos dos genótipos BRS Primavera e Caiapó. A redução do porte da planta poderia levar a valor de produtividade superior ao encontrado neste experimento para esse genótipo, considerando-se a possibilidade de otimização do valor de índice de colheita (IC). Nas condições de irrigação por inundação os genótipos de arroz vermelho apresentaram médias de produtividade inferiores e de porte da planta significativamente superiores aos dos genótipos EPAGRI109 e SCSBRS Tio Taka. Valores de produtividade superiores também poderiam ser conseguidos com a redução do porte da planta dos genótipos, considerando a possibilidade de acréscimos dos valores de IC desses genótipos.

Apesar dos genótipos de arroz vermelho serem conhecidos por apresentarem fácil degrane, característica indesejável em cultivares comerciais de arroz, os genótipos Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia apresentaram degrane semelhante ao EPAGRI109 e o genótipo Vermelho Pequeno semelhante ao BRS Primavera e Caiapó. Além disso, de acordo com critérios do Ministério da Agricultura, todos os genótipos de arroz vermelho e de arroz branco utilizados neste experimento possuem degrane intermediário.

Os genótipos de arroz Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia apresentaram qualidade fisiológica (vigor e germinação) semelhante ou superior aos dos SCSBRS Tio Taka e EPAGRI109 e, apesar dos genótipos de arroz vermelho serem conhecidos por apresentarem dormência das sementes por longo período após colheita, os genótipos Vermelho Pequeno e Vermelho Virgínia já não possuíam dormência após 30 e 60 dias de armazenamento, respectivamente.

7. REFERÊNCIAS

- ADAMS, C. A.; RINNE, R. W. Moisture content as a controlling factor in seed development and germination. **International Review of Cytology**, v. 1, n. 1, p. 1-8, 1980.
- AGOSTINETTO, D.; FLECK, N. G.; COSTA, E. L. N.; VIDAL, R. A.; MEROTTO JÚNIOR, A. Liberação da dormência em arroz vermelho: ações do período e da temperatura de armazenamento e da integridade física das sementes. **Revista Scientia Agrária**, Curitiba, v. 2, n. 1-2, p. 17-23, 2001a.
- AGOSTINETTO, D.; FLECK, N. G.; RIZZARDI, M. A.; MEROTTO JUNIOR, A.; VIDAL, R. A. Arroz vermelho: ecofisiologia e estratégias de controle. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 341-349, 2001b.
- AKITA, S. **Aspectos ecofisiológicos relacionados ao aumento do potencial de rendimento biológico e comercial da cultura do arroz (*Oryza sativa* L.)**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 1995. 19 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 60).
- ALVAREZ, R. C. F.; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; ALVAREZ, A. C. C. Marcha de absorção de nitrogênio de cultivares de arroz de terras altas com diferentes tipos de plantas. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 162-169, 2005.
- ALUKO, G.; MARTINEZ, C.; TOHME, J.; CASTANO, C.; BERGMAN, C.; OARD, J. H. QTL mapping of grain quality traits from the interspecific cross *Oryza sativa* × *O. glaberrima*. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 109, p. 1084-1090, 2004.
- ARAÚJO, E. S.; SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Características morfológicas e moleculares e acúmulo de proteína em grãos de variedades de arroz do Maranhão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 11, p. 1281-1288, 2003.
- ÁVILA, L. A.; MARCHEZAN, E.; MACHADO, SÉRGIO L. O.; SILVA, R. P. Evolução do banco de sementes de arroz vermelho em diferentes sistemas de utilização do solo de várzeas. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 18, n. 2, 2000.
- BARROS, L. C. G.; SANTOS, A. L. C. **Comportamento do cultivar SCSBRS 113 - Tio Taka de arroz irrigado na região do baixo São Francisco**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 112-1).
- BASSINELLO, P. Z.; RANGEL, P. H. N.; MOURA NETO, F. P.; KOAKUZU, S. N. **Avaliação de linhagens de arroz irrigado com tipo de grãos para a culinária japonesa**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 16 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 17).
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds – physiology of development and germination**. New York, Plenum Press. 367 p., 1985.
- BEWLEY, J. D. Seed germination and dormancy. **The Plant Cell**, v. 9, p. 1055-1066, 1997.
- BOÊNO, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; ASCHERI, D. P. R.; RIBEIRO, E. A. Composição nutricional de grão de arroz-vermelho. 2009. In: ENCONTRO CENTRO-OESTE DE

DEBATES SOBRE ENSINO DE QUÍMICA, 16., 2009, Itumbiara. **Anais eletrônicos...** Itumbiara: ILES/ULBRA, 2009. Disponível em: <<http://web.ulbra.itumbiara.com.br/icodeq>>. Acesso em: 21 jun. 2010.

BONOW, S.; PINHO, E. V. R. V.; SOARES, A. A.; SIÉCOLA JÚNIOR, S. Caracterização morfológica de cultivares de arroz visando a certificação da pureza varietal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 619-627, 2007.

BRASIL. Decreto nº 2.366, de 5 de novembro de 1997. Regulamenta a lei nº 9.456, de 25 de abril de 1997, que institui a Proteção de Cultivares, dispõe sobre o Serviço Nacional de Proteção de Cultivares – SNPC, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, n. 216, p. 25333–25354, 7 nov. 1997.

BRASIL. 2009. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 395 p.

BRESEGHELLO, F.; CASTRO, E. M.; MORAIS, O. P. **Progresso genético pelo melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa para os Estados de Goiás, Minas Gerais, Maranhão, Piauí e Mato Grosso**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 24 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

BRUNES, T. O.; RANGEL, P. H. N.; BRONDANI, R. P. V.; MOURA NETO, F.; NEVES, P. C. F.; BRONDANI, C. Fluxo gênico entre arroz vermelho e arroz cultivado estimado por meio de marcadores microssatélites. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 86-92, 2007.

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

CHANG, T. T. The origin, evolution, cultivation, dissemination, and diversification of asian and african rices. **Euphytica**, Wageningen, v. 25, n. 2, p. 425-441, 1976.

CHANG, T. T.; BARDENAS, E. A. **The morphology and varietal characteristics of the rice plant**. Los Baños, IRRI, 1965. 40 p. (IRRI. Technical Bulletin, 4).

COCK, J. H.; YOSHIDA, S. Accumulation of ¹⁴C labeled carbohydrate before flowering and its subsequent redistribution and respiration in the plant. **Proceedings of the Crop Science Society of Japan**, Tokyo, v. 41, n. 2, p. 226-234, 1972.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, primeiro levantamento**, Outubro 2010. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 13 out. 2010.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; ZUCARELI, C.; SÁ, M. E.; NAKAGAWA, J. Produção e qualidade fisiológica de sementes de arroz de terras altas em função da disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n. 2, p. 287-293, 2001.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; ANDREOTTI, M.; RODRIGUES, R. A. F. Produtividade e qualidade industrial de grãos de arroz de terras altas em função de lâminas de água no sistema irrigado por aspersão. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p.

125-130, 2003a.

CRUSCIOL, C. A. C.; ARF, O.; SORATTO, R. P.; ANDREOTTI, M. Produtividade do arroz de terras altas sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão em função do espaçamento entre fileiras. **Agronomia**, Seropédica, v. 37, n. 1, p. 10-15, 2003b.

CUNHA FILHO, L. A.; NASCIMENTO, L. S.; MOURA, M. F. C. Herança de pubescência nas folhas e glumas e de pigmentação por antocianina em arroz (*Oryza sativa* L.). **Arquivos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, Itaguaí, v. 5, n. 1, p. 21-24, 1982.

CUTRIM, V. A.; CAMPOS, G. W.; FONSECA, J. R.; BASSINELLO, P. Z. **Cultivares e linhagens de arroz irrigado promissoras para o Estado de São Paulo**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 91-1).

DIAS, M. C. L. L.; SHIOGA, P. S. Tratamentos para superar a dormência em sementes de arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 19, n. 1, p. 52-57, 1997.

DIAS, A. F. S.; SILVA, F. N.; MAIA, S. S. S. Resposta do arroz de sequeiro à adubação com NPK em solos do município de JI-Paraná/Rondônia. **Revista Verde**, Mossoró-RN, v. 5, n. 3, p. 120-124, 2010.

ELLIS, R. H.; PIETRA FILHO, C. The development of seed water status during seed maturation and germination. **Seed Science Research**, v. 2, n.1, p. 9-15, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Informações Técnicas para a Cultura do Arroz Irrigado no Estado do Tocantins: Safra 2008/2009**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2008. 136 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 227).

FAGERIA, N. K. **Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 341 p.

FAO. **Base de dados FAOSTAT**, 2009. Disponível em <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 18 out. 2010.

FARIA, J. M.; GUSMÃO, A. R. E; FONSECA, J. R. Caracterização morfoagronômica de genótipos de arroz-vermelho. In: CONGRESSO DE GENÉTICA DO CENTRO-OESTE, 1., 2008, Brasília. **Anais ...** Brasília: UFG, 2008. p. 2.

FARIA, J. C. **A primeira safra paulista de arroz vermelho**. O Estado de São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/suplementos,a-primeira-safra-paulista-de-arroz-vermelho>>. Acesso em: 22 fev. 2010.

FERNANDES, S. M.; WANDER, A. E.; FERREIRA, C. M. Análise da competitividade do arroz brasileiro: vantagem comparativa revelada. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais eletrônicos...** Rio Branco: SOBER, 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra>>. Acesso em: 5 out. 2010.

FERREIRA, C. M.; GAMEIRO, A. H.; VILLAR, P. M. D.; ALMEIDA, P. N. A. **Padrões**

Tecnológicos e Econômicos do Arroz de Terras Altas. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 52).

FERREIRA, C. M.; RUCATTI, E. G.; VILLAR, P. M. D. Produção e aspectos econômicos. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil.** Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 2006. p. 97-116.

FLECK, N. G.; AGOSTINETTO, D.; GALON, L.; SCHAEGLER, C. E. Competitividade relativa entre cultivares de arroz irrigado e biótipo de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p. 101-111, 2008.

FONSECA, J. R.; VIEIRA, N. R. A.; FREIRE, M. S. **Purificação de sementes de arroz.** Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 1980. 12 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 7).

FONSECA J. R.; CASTRO E. M.; CUTRIM V. A. **Ocorrência e duração de dormência em arroz de terras altas e de várzeas.** Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2001. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 54).

FONSECA, J. R.; CUTRIM, V. A.; RANGEL, P. H. N. **Descritores morfoagronômicos e fenológicos de cultivares comerciais de arroz de várzeas.** Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 18 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 141).

FONSECA, J. R.; VIEIRA, E. H. N.; PEREIRA, J. A.; CUTRIM, V. A. Descritores morfológicos e fenológicos de cultivares tradicionais de arroz coletados no Maranhão. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 51, n. 293, p. 45-56, 2004.

FONSECA, J. R.; CASTRO, E. M.; MORAIS, O. P.; SOARES, A. A.; PEREIRA, J. A.; LOBO, V. L. S.; RESENDE, J. M. **Descrição morfológica, agronômica, fenológica e culinária de alguns tipos especiais de arroz (*Oryza sativa* L.).** Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2007a. 28 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 210).

FONSECA, J. R.; FARIA, F. M.; CUTRIM, V. A. **Dormência de sementes de arroz-vermelho e branco.** Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2007b. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 138).

FRANÇA, M. G. C.; ARAÚJO, A. P.; ROSSIELLO, R. O. P.; RAMOS, F. T. Relações entre crescimento vegetativo e acúmulo de nitrogênio em duas cultivares de arroz com arquiteturas contrastantes. **Acta Botânica Brasílica**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 43-49. 2008.

FREITAS, J. G.; CANTARELLA, H.; SALOMON, M. V.; MALAVOLTA, V. M. A.; CASTRO, L. H. S. M.; GALLO, P. B.; AZZINI, L. E. Produtividade de cultivares de arroz irrigado resultante da aplicação de doses de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 317-325, 2007.

GIANINETTI, A.; VERNIERI, P. On role of abscisic acid in seed dormancy of red rice. **Journal of Experimental Botany**, v. 58, n. 12, p. 3449-3462, 2007.

GUIMARÃES, I. F.; TILLMANN, M. A. A.; VILLELA, F. A.; GONZALES, A. M. A. Comparação de métodos de superação de dormência em sementes de arroz. **Revista**

Científica Rural, Bagé, v. 5, n. 1, 2000.

GUIMARÃES, C. M.; FAGERIA, N. K.; BARBOSA FILHO, M. P. **Como a planta de arroz se desenvolve**. Piracicaba: POTAFOS, 2002. 12 p. (POTAFOS. Boletim Técnico, 13).

GUIMARÃES, C. M.; PRABHU, A. S. **Adubação orgânica no arroz de terras altas: relacionamentos entre brusone, esterilidade de espiguetas e produtividade**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2002. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 42).

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; BRESEGHELLO, F.; PEREIRA, J. A.; CASTRO, E. M. **Arroz de terras altas: espaçamento e densidade de semeadura**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2003a. 2 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 61).

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; SILVA, F. X. **Cultivares de arroz de terras altas com arquitetura moderna: crescimento e eficiência produtiva**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2003b. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 61).

GUIMARÃES, C. M.; SANTOS, A. B.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M.; STONE, L. F. Sistemas de cultivo. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 2006. p. 53-96.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; NEVES, P. C. F. Eficiência produtiva de cultivares de arroz com divergência fenotípica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 12, n. 5, p. 465-470, 2008.

HAN, L.; ZHANG-YU, H. K.; XU, P.; LI, Y.; WANG, X.; WU, J. Genetic analysis and histological study of red seed in rice. **Acta Genetica Sinica**, v. 33, n. 6, p. 559-564, 2006.

JENNINGS, P. R.; JESUS JÚNIOR, J. Effect of heat on breaking seed dormancy in rice. **Crop Science**, Madison, v. 4, p. 530-533, 1964.

KHUSH, G. S. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 35, n. ½, p. 25-34, 1997.

KWON, S. L.; SMITH JUNIOR, R. J.; TALBERT, R. E. Comparative growth and development of red rice (*Oryza sativa*) and rice (*O. sativa*). **Weed Technology**, v. 40, n. 1, p. 57-62, 1992.

LEITÃO FILHO, H. F.; BANZATO, N. V.; AZZINI, L. E.; GUIMARÃES, G. Estudos de competição entre o arroz vermelho e o arroz cultivado. **Bragantia**, Campinas, p. 249-258, v. 31, n. 21, 1972.

LIN, S. S.; PETERSON, M. L. Low-temperature induced florest sterility in rice. **Crop Science**, Madison, v. 15, n. 5, p. 657-660, 1975.

LONDO, J. P.; SCHAAL, B. A. Origins and population genetics of weedy red rice in the USA. **Molecular Ecology**, v. 16, p. 4523-4535, 2007.

MALONE, G.; ZIMMER, P. D.; CASTRO, M. A. S.; ARIAS, L. N.; MENEGHELLO, G. E.;

PESKE, S. T. Caracterização bioquímica e molecular de acessos de arroz vermelho coletados no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 2, p. 77-85, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MARCHEZAN, E.; VILLA, S. C. S.; MARZARI, V.; KORNDÖRFER, G. H.; SANTOS, F. M. Aplicação de silício em arroz irrigado: efeitos nos componentes da produção. **Bioscience Journal**, v. 20, n. 3, p. 125-131, 2004.

MARTINS, A. F.; VIEIRA, E. A.; KOPP, M. M.; LUZ, V. K.; CARVALHO, M. F.; BRANCO J. S. C.; CRUZ, R. P. F. I. F. C.; OLIVEIRA, A. C. Caracterização de famílias mutantes de arroz para tolerância ao frio nos períodos vegetativo e reprodutivo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 227-233, 2007.

MATSUSHIMA, S. Water and physiology of indica rice. **Proceedings of the Crop Science Society of Japan**, Tokyo, p. 102-109, 1968.

MENEZES, V. G.; SILVA, P. R. F.; CARMONA, R.; REZERA, F.; MARIOT, C. H. Interferência do arroz vermelho no rendimento de engenho de cultivares de arroz irrigado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 1, p. 27-30, 1997.

MENEZES, V. G.; SILVA, P. R. F. Manejo de arroz vermelho através do tipo e arranjo de plantas em arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 16, n. 1, p. 45-57, 1998.

MENEZES, V. G.; AGOSTINETTO, D.; FLECK, N. G.; SILVEIRA, C. A. Caracterização de biótipos de arroz-vermelho em lavouras de arroz no Estado do Rio Grande do Sul. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 20, n. 2, p. 221-227, 2002.

MORISHIMA, H.; SANO, Y.; OKA, H. I. Evolutionary studies in cultivated rice and its wild relatives. **Oxford Surveys in Evolution Biology**, v. 8, p. 135-184, 1992.

NASCIMENTO, L. S. **Contribuição ao estudo do mecanismo genético de caracteres qualitativo em arroz (*Oryza sativa* L.)**. 1976. 107f. Dissertação (livre-docência) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, 1976.

NASCIMENTO, L. S.; CUNHA FILHO, L. A. Mecanismo genético de caracteres qualitativos em arroz (*Oryza sativa* L.). **Arquivos Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro**, Itaguaí, v. 6, n. 1, p. 95-103, 1983.

NAVES, M. M. V.; BASSINELLO, P. Z. Importância na nutrição humana. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. EMBRAPA-Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 2006. p. 17-30.

NEVES, P. C. F.; GUIMARÃES, E. P. Alogamia em arroz (*Oryza sativa* L.) e relação com características agrônomicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 30, n. 1, p. 49-55, 2000.

NOLDIN, J. A.; YOKOYAMA, S.; STUKER, H.; RAMPELOTTI, F. T.; GONÇALVES, M. I.

F.; EBERHARDT, D. S.; ABREU, A.; ANTUNES, P.; IEIRA, J. Desempenho de populações híbridas F₂ de arroz-vermelho (*Oryza sativa*) com arroz transgênico (*O. sativa*) resistente ao herbicida amonio-glufosinate. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 22, n. 3, p. 381-395, 2004.

PEREIRA, J. A. **O arroz-vermelho cultivado no Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2004. 90 p.

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; FONSECA, J. R.; RIBEIRO, V. Q. **Potencial produtivo e propriedades culinárias do arroz-vermelho cultivado**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2006a. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 85-1).

PEREIRA, J. A.; RAMOS, S. R. R.; SOBRAL, P. V. C. **Caracterização morfoagronômica de variedades tradicionais de arroz vermelho cultivado**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2006b. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 77-2).

PEREIRA, J. A.; BASSINELLO, P. Z.; CUTRIM, V. A.; RIBEIRO, V. Q. Comparação entre características agrônômicas, culinárias e nutricionais em variedades de arroz branco e vermelho. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v. 22, n. 1, p. 243-248, 2009.

PINHEIRO, B. S.; GUIMARÃES, E. P. Índice de área foliar e produtividade do arroz de sequeiro. 1. Níveis limitantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 6, p. 863-872, 1990.

PINHEIRO, B. S. Características morfológicas da planta relacionadas à produtividade. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. (Ed.). **A cultura do arroz no Brasil**. EMBRAPA-Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 2006. p. 209-256.

QUIROGA, E. G. **Maturação de sementes de arroz cultivar IAC-435 e sua deterioração durante o armazenamento**. 1978. 92 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1978.

RAMOS, D. P.; CASTRO, A. F.; CAMARGO, M. N. Levantamento detalhado de solos da área da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Série Agronomia, Brasília, v. 8, n. 6, p. 1-27, 1973.

RAMOS, S. R. R.; PEREIRA, J. A.; SOBRAL, P. V. C. **Análise descritiva de variedades tradicionais de arroz-vermelho coletadas no Estado da Paraíba**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 77-3).

RANGEL, P. H. N.; PEREIRA, J. A.; BARROS, L. C. G.; MELO, P. C. S.; SOARES, D. M.; CUTRIM, V. A.; FONSECA, J. R.; MENDONÇA, J. A.; SANTIAGO, C. M. **BRS Alvorada e SCSBRS Tio Taka: novas cultivares de arroz de várzea para a região Nordeste do Brasil**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 4 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Comunicado Técnico, 119).

SCHWANKE, A. M. L.; NOLDIN, J. A.; ANDRES, A.; PROCÓPIO, S. O.; CONCENÇO, G. Caracterização morfológica de ecótipos de arroz daninho (*Oryza sativa*) provenientes de áreas de arroz irrigado. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 2, p. 249-260, 2008.

SEGATTO, E.; PORTO, B. H. C.; REZENDE, N. C.; MAGALHÃES, R. S.; MARTINS, C.

C.; MOREIRA, L. B. Caracterização morfoagronômica de variedades crioulas de arroz vermelho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 1038-1041, 2007.

SERAFIM, D. C. S. **Mapeamento de QTLs pra tolerância ao frio e características de importância agrônômica em arroz**. 2003. 68 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

SINIMBU, F. **Arroz vermelho para o mercado europeu**. Embrapa Meio-Norte, 2010. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/imprensa/notícia/2010>>. Acesso em 09 fev. 2010.

SOARES, A. P.; CAMARGOS, S. L. Morfologia de grão e qualidade protéica em variedades de arroz vermelho. **Agrarian**, Dourados, v. 2, n. 4, p. 31-40, 2009.

STRECK, N. A.; MICHELON, S.; KRUSE, N. D.; BOSCO, L. C.; LAGO, I.; MARCOLIN, E.; PAULA, G. M.; SAMBORANHA, F. K. Comparação de parâmetros de crescimento e de desenvolvimento de dois biótipos de arroz vermelho com genótipos de arroz irrigado. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 2, p. 349-360, 2008.

SUNDIN, M. F. C. A.; PEREIRA, M. P.; PEREIRA, E. B. B.; CARDOSO, P. F. Herdabilidade e correlação genética para altura das planta e número de perfilhos em dois níveis de nitrogênio em arroz (*Oriza sativa* L.). **Revista Universidade Rural**, Série Ciência da Vida, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 25-32, 2002.

SWEENEY, M. T.; THOMSON, M. J.; PFEIL, B. E.; McCOUCH, S. Caught red handed: Rc encodes a basic helix-loop-helix protein conditioning red pericarp in rice. **The Plant Cell**, v. 18, p. 283-294, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Tradução Eliane Romanato Santarém ... [et al.], 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 135 p. Tradução de: Plant Physiology.

TANAKA, I. Climatic influence on photosynthesis and respiration of rice. In: IRRI. **Climate and rice**. Los Baños, 1976. p. 223-247.

TEKRONY, D.; EGLI, D. B. Accumulation of seed vigour during development and maturation. In: ELLIS, R. H.; BLACK, M.; MURDOCH, A. J. (Ed.). **Proceedings of the fifth international workshop on seeds**. Reading, 1995. p. 369-384, 1997.

UNIVERSITY OF THE PHILIPPINES; INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Rice production manual**. 1967. 365 p.

VAUGHAN, D. A. **The wild relatives of rice: a genetic resources handbook**. International Rice Research Institute: Manilla, 1994. 137 p.

VIEIRA, A. R.; VIEIRA, M. G. G. C. V.; CARVALHO, V. D.; FRAGA, A. C. Efeitos de tratamentos pré-germinativos na superação da dormência de sementes de arroz e na atividade enzimática da peroxidase. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 535-542, 1994.

VIEIRA, A. R.; FRAGA, A. C.; VIEIRA, M. G. G. C.; SOARES, A. A.; OLIVEIRA, J. A. Dormência e qualidade fisiológica de sementes de arroz armazenadas em diferentes regiões

do Estado de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 26, n. 1, p. 33-44, 2002.

VIEIRA, J. **Caracterização morfológica e molecular do banco de germoplasma de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) da EPAGRI**. Florianópolis. 2007. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

VIEIRA, A. R.; OLIVEIRA, J. A.; GUIMARÃES, R. M.; PINHO, E. V. R. V.; PEREIRA, C. E.; CLEMENTE, A. C. S. Marcador isoenzimático de dormência em sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 81-89, 2008.

WALTER, M. **Composição química e propriedades antioxidantes de grãos de arroz com pericarpo marrom-claro, vermelho e preto**. Santa Maria. 2009. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

WANDER, A. E. **A competitividade do agronegócio brasileiro de arroz**, 2006. Disponível em: <<http://www.custoseagronegocioonline.com.br>>. Acesso em: 14 out. 2010.

WRASSE, C. F.; MENEZES, N. L.; MARCHESAN, E.; VILLELA, F. A.; BORTOLOTTI, R. P. Testes de vigor para sementes de arroz e sua relação com o comportamento de hidratação de sementes e a emergência de plântulas. **Científica**, Jaboticabal, v. 37, n. 2, p. 107-114, 2009.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of rice crop science**. International Rice Research Institute (IRRI): Manila, 1981. 269 p.

ZIMMERMANN, F. J. P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa arroz e Feijão, 2004. 402 p.