

Comportamento de cultivares de arroz de terras altas sob níveis de fósforo e potássio

Behavior of cultivars of upland rice under levels of phosphorus and potassium

Leila Paula Tonello, Sérgio Alves de Sousa, Gustavo de Melo Oliveira Gonçalves, Chrystian Iezid Maia e Almeida Feres

Resumo - O estudo do comportamento dos genótipos de arroz visando seleção dos mais adaptados às condições de estresse garante melhor utilização dos fertilizantes. Assim objetivou-se com este trabalho avaliar os genótipos de arroz cultivados em terras altas sob níveis de P e K. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições. Os cultivares avaliados foram BRS – Primavera, BRSMG – Conai, BRS – Sertaneja, BRS – Bonança, BRS – Aroma, Pepita, Serra Dourada, Bolinha, Japonês e Monarca. As características avaliadas foram altura das plantas, número de dias para florescimento, número de panículas por m², massa de cem grãos, produtividade de grãos e índices de clorofilas. Os dados experimentais foram submetidos à análise individual e conjunta aplicando teste de F. Para comparação das médias dos ambientes foi aplicado o teste de Tukey e para comparação das médias dos cultivares foi aplicado o teste de Scott-Knott, ambos a 5% de probabilidade. Desta forma, conclui-se que: (i) No ambiente com altos níveis de adubação fosfatada e potássica houve prolongamento do ciclo dos cultivares; (ii) Houve incremento de produtividade e maior altura de plantas para os cultivares quando submetidos à altos níveis de adubação com fósforo e potássio.

Palavras-chave: *Oryza sativa*, adubação, estresse mineral.

Abstract: The behavior studies of rice genotypes aimed at selection of the most adapted to the stress conditions ensures better utilization of fertilizers. So aim with this study was to evaluate the genotypes of rice grown in the highlands under levels of P and K. The experimental design was a randomized complete block design with four replications. The cultivars were evaluated BRS - Primavera, BRSMG - Conai, BRS - Sertaneja, BRS - Bonança, BRS - Aroma, Pepita, Serra Dourada, Bolinha, Japonês e Monarca. The characteristics evaluated were plant height, days to flowering, number of panicles per m², weight of hundred grains, grain yield and chlorophyll index. Experimental data were analyzed individually and jointly applying test F. For comparison of the environments we applied the Tukey test for comparison of the cultivars we applied the test of Scott-Knott, both 5% probability. Thus, we conclude that: (i) The environment with high levels of phosphorus and potassium were prolonged cycle of cultivars; (ii) There was an increase in productivity and greater plant height for cultivars when subjected to high levels of fertilization with phosphorus and potassium.

Key words: *Oryza sativa*, fertilizer, mineral stress.

INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) é uma cultura de grande importância socioeconômica, principalmente por ser constituinte básico da dieta da maior parte da população mundial, sendo fonte de energia, proteínas, vitaminas e minerais (WALTER et al., 2008).

O Brasil figura em 9º no ranking mundial de produção de arroz com cerca de 11,6 milhões de toneladas em casca. No Tocantins a produção para safra de 2011/2012 é de 442,3 mil toneladas com produtividade média de 3.689 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012; FAO, 2012). O cultivo do arroz é realizado em todo o país sob dois sistemas de cultivo

(várzea e terras altas), sendo este último responsável pela maior área plantada, porém representa somente 39% da produção nacional devido à baixa produtividade e sua produção se concentra principalmente na região do cerrado (EMBRAPA, 2012).

Os solos do cerrado caracterizam-se por serem limitados quanto à disponibilidade de nutrientes, sendo ácidos, com baixa retenção de água, e se encontram em regiões com períodos irregulares de chuva (CRUSCIOL et al., 2006). Estes solos por serem na sua maioria bastante intemperizados (Latosolos e Argissolos), são deficientes em P e K, o que torna a prática da adubação fosfatada e

Recebido em 20 03 2013 e aceito em 30 06 2013

1) Mestranda em Produção Vegetal Universidade Federal do Tocantins Campus Universitário de Gurupi

2) <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4404724Y5>,

3) <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4465307A6>

4) <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4305614H1>

5) <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4702694H6>

6) <http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do?id=K4320156A4>

potássica imprescindível à obtenção de ótimos níveis de produção.

Faz-se de extrema importância a nutrição mineral das plantas, pois os elementos minerais, macro e micronutrientes são fundamentais componentes de moléculas, estruturas de membranas e estão envolvidas em diversas rotas metabólicas das plantas, tornando-se a matéria-prima das plantas para crescer e se desenvolver.

O fósforo é o nutriente que apresenta menor disponibilidade no solo devido principalmente os processos de fixação e adsorção que o indisponibiliza para as plantas. Dentre os macronutrientes primários exigidos pela cultura do arroz é o elemento requerido em menor quantidade, porém sua deficiência acarreta grandes decréscimos no desenvolvimento e na produtividade, pois tem papel fundamental no metabolismo da planta (MIRANDA & MIRANDA, 2003). É um componente integral de compostos importantes das células vegetais, como os nucleotídeos, fostato-açúcares, fosfolípídeos, possui diversas funções, como elemento estrutural de DNA e RNA, como elemento transferidor de energia, intermediário da respiração e fotossíntese e atua como regulador de diversas vias sintéticas e é absorvido pelas plantas principalmente na forma monovalente $H_2PO_4^-$ (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O potássio é outro macronutriente de extrema importância para a cultura do arroz de terras altas, porém, diferentemente do P a quantidade exigida pela planta é maior, ficando atrás somente do N. Fisiologicamente o K tem ação somente funcional, sendo de extrema importância na regulação osmótica da planta, na ativação enzimática e na absorção iônica, desta forma, com adubações adequadas possibilita maior resistência às doenças, ao acamamento, favorece a formação de grãos e conseqüentemente proporciona maiores rendimentos (FAGERIA, 2000; SILVA et al., 2002). Encontra-se na planta na forma iônica, monovalente K^+ , e é altamente móvel no interior das plantas, sua deficiência resulta em redução na atividade de enzimas regulatórias, das ATPases, diminuição na concentração de amido, acúmulo de carboidratos solúveis, entre outras, sua deficiência se apresenta com plantas com crescimento reduzido, clorose e necrose das folhas e colmos mais velhos (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Vários trabalhos tem demonstrado efeito benéfico do K para o cultivo do arroz, tornando as plantas mais resistentes à doença, aumentando sua produtividade, conferindo resistência ao acamamento e minimizando o efeito negativo da deficiência hídrica (Malavolta et al., 1974; Santos et al., 1982; Barbosa filho, 1987; Neiva, 1997). Quanto ao P, Barbosa Filho (1989), Sant'Ana et al. (2003) e Fageria (2007) verificaram que a utilização de adubação fosfatada na cultura do arroz promove incremento de produtividade, maior perfilhamento e número de panículas por m^2 , aumenta a altura de plantas e número de folhas, além de auxiliar o melhor desenvolvimento radicular.

De acordo com Sant'Ana (2000), Luca et al. (2002) e Zaratini et al. (2004), há diferenças na absorção e utilização de P e K pelos cultivares de arroz, sendo desta forma importante o estudo do comportamento dos genótipos utilizados nos sistemas produtivos do arroz visando seleção dos mais adaptados às condições de estresse garantindo otimização da utilização de fertilizantes.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os genótipos de arroz cultivados em terras altas sob níveis de fósforo e potássio.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos (com níveis de adubação fosfatada e potássica) foram realizados em terras altas, na Universidade Federal do Tocantins, município de Gurupi-TO, situada a altitude de 280m, latitude $11^\circ 44'48''$ S e longitude $49^\circ 03'12''$ O, no ano agrícola de 2011/12.

Para o estudo, foram utilizados os cultivares BRS-Primavera, BRSMG-Conai, BRS-Sertaneja, BRS-Bonança, BRS-Aroma, Pepita, Serra Dourada, Bolinha, Japonês e BRS-Monarca.

O preparo do solo foi realizado com uma gradagem pesada + grade niveladora. A correção da acidez do solo, bem como a adubação de sementeira foi realizada de acordo com análise química e física do solo. Para cada experimento, foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20cm de profundidade. Os seguintes resultados foram obtidos para as amostras da área que simulou condições ideais de adubação: pH em $H_2O = 6,29$; M.O ($g\ dm^{-3}$) = 14,47; P ($Melich^{-1}$) = 4,35 $mg\ dm^{-3}$; Ca = 1,08 $cmol_c\ dm^{-3}$; Mg = 0,60 $cmol_c\ dm^{-3}$; H+Al = 0,95 $cmol_c\ dm^{-3}$; K = 0,06 $cmol_c\ dm^{-3}$; SB = 1,73 $cmol_c\ dm^{-3}$; V = 64,53%; 720,81 $g\ kg^{-1}$ de areia; 90,53 $g\ kg^{-1}$ de síltes e 188,66 $g\ kg^{-1}$ de argila. Para a área do experimento que simulou deficiência de P e K, foram obtidos os seguintes resultados: pH em $H_2O = 6,35$; M.O ($g\ dm^{-3}$) = 13,45; P ($Melich^{-1}$) = 3,98 $mg\ dm^{-3}$; Ca = 1,15 $cmol_c\ dm^{-3}$; Mg = 0,69 $cmol_c\ dm^{-3}$; H+Al = 0,73 $cmol_c\ dm^{-3}$; K = 0,07 $cmol_c\ dm^{-3}$; SB = 1,89 $cmol_c\ dm^{-3}$; V = 72,22%; 720,81 $g\ kg^{-1}$ de areia; 73,86 $g\ kg^{-1}$ de síltes e 205,33 $g\ kg^{-1}$ de argila, o plantio foi realizado manualmente, no dia 10 de dezembro de 2011.

No experimento que simulou condições adequadas de adubação, aplicou-se 480 $kg\ ha^{-1}$ de NPK na formulação (5-25-15), sendo aplicados 24 $kg\ ha^{-1}$ de N, 120 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 , e 72 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O . Já no ambiente que simulou deficiência de P e K foi utilizado 80 $kg\ ha^{-1}$ do mesmo adubo, sendo aplicados 4 $kg\ ha^{-1}$ de N, 20 $kg\ ha^{-1}$ de P_2O_5 e 12 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O , também foi adicionado 20 kg de N na forma de uréia, ambas as adubações foram realizadas manualmente no sulco do plantio. A adubação de cobertura foi realizada em duas etapas, cada uma com 60 $kg\ ha^{-1}$ de N na forma de uréia com boro, sendo a primeira feita por ocasião do perfilhamento efetivo (cerca de 30 dias após plantio) e a segunda aplicada na diferenciação do primórdio floral (cerca de 60 dias após plantio) descontando-se os 24 $kg\ ha^{-1}$ de N que foram

aplicados no sulco de plantio. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela experimental foi constituída por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,45 m e 60 sementes por metro linear. Como área útil foram utilizadas as duas linhas centrais com 4,0 metros de comprimento, desprezando as duas linhas laterais.

Os tratos culturais ocorreram mediante uso de capina manual e fungicidas, com produtos devidamente recomendados para a cultura do arroz.

As características avaliadas foram número de dias para florescimento - dias para emissão de 50% das panículas, a partir da data de semeadura; altura da planta - medida da superfície do solo até o ápice da panícula do colmo central, excluída a arista, quando presente; número de panículas por m² - contando-se as panículas em 1 m² da área útil da parcela; produtividade de grãos - produção de grãos limpos com 13% de umidade, em kg ha⁻¹; massa de cem grãos - massa de uma amostra de cem grãos sadios por parcela; índice de clorofila a, índice de clorofila b, relação índice de clorofila a e b e índice de clorofila total - as leituras foram realizadas na folha bandeira, na parte central do limbo foliar em 10 plantas por parcela, em leitura única realizada no início do florescimento. Para as leituras utilizou-se clorofilômetro da marca comercial ClorofiLOG® modelo CFL 1030, produzido pela Falker Automação Agrícola. Os valores dos índices de clorofila foram expressos em Índice de Clorofila Falker - ICF (FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA, 2008).

Os dados experimentais foram submetidos a análises individual e conjunta de variância, com aplicação do teste F. A análise conjunta foi realizada sob condições de

homogeneidade das variâncias residuais. Para comparações entre médias dos ambientes, foi utilizado o teste Tukey e para comparações entre genótipos, foi utilizado o teste Scott-knott ambos a 5% de probabilidade, utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observando os dados das tabelas 1 e 2, verifica-se que houve significância da interação cultivar versus ambiente para as características número de dias para florescimento, produtividade de grãos, índice de clorofila b, relação índice de clorofila a e b e índice de clorofila total, demonstrando que o ambiente influenciou de forma diferenciada os genótipos estudados. Desta forma, realizou o desdobramento de um fator dentro do outro. Já para as características altura de plantas, número de panículas por m², massa de cem grãos e índice de clorofila a, a interação foi não significativa, caracterizando assim, independência dos fatores estudados, ou seja, o ambiente não influencia os genótipos de forma diferenciada, sendo desta forma, os fatores estudados isoladamente. Observa-se ainda, efeito significativo nos fatores cultivares e ambientes para todas as características avaliadas, excetuando número de panículas por m², massa de cem grãos, índice de Clorofila b e relação entre índice de clorofila a e b para o fator ambiente, evidenciando variabilidade genética entre os cultivares avaliados, bem como a diferença causada pelo ambiente estressante com déficit de P e K.

Tabela 1. Resumo da análise de variância das características número de dias para florescimento (DF), altura de plantas (AP), número de panículas por m² (NP), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (Prod), de cultivares de arroz de terras altas cultivados sob níveis de P e K, na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi - TO, Safra 2011/2012

| F.V. | GL | DF | AP | NP | MCG | Prod |
|-------------|----|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| Bloco (amb) | 6 | 3,59 ^{ns} | 16,77 ^{ns} | 433,63 * | 0,02 ^{ns} | 14554,24 ^{ns} |
| Cultivar | 9 | 731,63 ** | 758,66 ** | 1650,43 ** | 0,47 ** | 179209,68 ** |
| Ambiente | 1 | 520,2 ** | 308,23 ** | 91,57 ^{ns} | 0 ^{ns} | 773815,83 ** |
| Cult x Amb | 9 | 22,25** | 27,73 ^{ns} | 187,1 ^{ns} | 0,02 ^{ns} | 33953,18 ** |
| Resíduo | 54 | 4,73 | 15,06 | 159,82 | 0,03 | 12365,91 |
| CV (%) | | 2,54 | 4,63 | 21,47 | 8,16 | 29,52 |
| Média Geral | | 85,87 | 83,80 | 58,87 | 2,31 | 376,65 |

*significativo a 5%, ** significativo a 1%,^{ns} não significativo pelo teste F.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das características índice de clorofila a (CA), índice de clorofila b (CB), relação índice de clorofila a e b (CA/ CB) e índice de clorofila total (CT), de cultivares de arroz de terras altas cultivados sob níveis de P e K, na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi - TO, Safra 2011/2012

| F.V. | GL | CA | CB | CA / CB | CT |
|-------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Bloco (amb) | 6 | 2,22 ^{ns} | 0,91 ^{ns} | 0,01 ^{ns} | 5,24 ^{ns} |
| Cultivar | 9 | 14,31 ^{**} | 22,47 ^{**} | 0,53 ^{**} | 71,23 ^{**} |
| Ambiente | 1 | 24,26 ^{**} | 2,16 ^{ns} | 0,003 ^{ns} | 40,92 ^{**} |
| Cult x Amb | 9 | 2,88 ^{ns} | 4,65 ^{**} | 0,16 ^{**} | 12,5 ^{**} |
| Resíduo | 54 | 1,83 | 0,75 | 0,01 | 4,19 |
| CV (%) | | 3,7 | 6,61 | 4,4 | 4,12 |
| Média Geral | | 36,64 | 13,12 | 2,83 | 49,76 |

*significativo a 5%, ** significativo a 1%, ^{ns} não significativo pelo teste F.

Na tabela 1, observa-se ainda, altos coeficientes de variação (CV) para as características número de panículas por m² (21,47%) e produtividade de grãos (29,52%). Segundo Blum, (1988) tais coeficientes de variação não são inadequados para ensaios em campo sob condições de estresse mineral. Estudos realizados sob condições de

estresse mineral também encontraram CV elevados, como Tonello et al. (2012) analisando as mesmas características no cultivo do arroz de terras altas, Salgado (2011) com a cultura do feijão e Cancellier et al. (2011) para a característica produtividade de grãos de arroz.

Tabela 3. Médias das características número de dias para florescimento (DF), número de panículas por m² (NP) e altura de planta (AP), de genótipos de arroz de terras altas cultivados sob níveis de P e K, na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi, TO, safra 2011/2012

| Cultivar | DF (dias) | | | NP (und) | | | AP (cm) | | |
|---------------|-----------|----------|-------|--------------------|----------|--------|---------|----------|--------|
| | Alto PK | Baixo PK | Média | Alto PK | Baixo PK | Média | Alto PK | Baixo PK | Média |
| Serra Dourada | 79,50dB | 83,25cA | 81,37 | 52,78 | 57,36 | 55,07c | 82,10 | 81,40 | 81,75d |
| Bolinha | 98,75aA | 101,00aA | 99,87 | 70,69 | 66,94 | 68,82b | 102,32 | 97,55 | 99,93a |
| Japonês | 98,50aA | 101,00aA | 99,75 | 54,17 | 59,58 | 56,87c | 98,52 | 86,80 | 92,66b |
| Monarca | 84,00cB | 91,00bA | 87,50 | 49,72 | 42,77 | 46,25c | 85,80 | 79,32 | 82,56d |
| BRS-Sertaneja | 91,00bA | 92,50bA | 91,75 | 104,58 | 80,14 | 92,36a | 69,72 | 64,26 | 66,99g |
| BRS-Bonança | 83,50cA | 86,25cA | 84,87 | 68,19 | 66,80 | 67,50b | 76,80 | 71,77 | 74,28f |
| BRS-Primavera | 73,00eB | 79,50dA | 76,25 | 46,25 | 43,47 | 44,86c | 91,35 | 93,15 | 92,25b |
| BRSMG-Conai | 65,00fB | 76,50eA | 70,75 | 46,38 | 45,83 | 46,11c | 77,75 | 75,82 | 76,78e |
| BRS-Aroma | 83,25cB | 92,50bA | 87,87 | 50,14 | 62,49 | 56,31c | 84,85 | 81,40 | 83,12d |
| Pepita | 76,75dB | 80,75dA | 78,75 | 56,52 | 52,64 | 54,58c | 88,42 | 86,90 | 87,66c |
| Média | 83,32 | 88,42 | | 59,94 ^a | 57,8A | | 85,76A | 81,83B | |

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott - knott, e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

Quanto à característica número de dias para florescimento (Tabela 3), observa-se que para o ambiente com alta dose de P e K os cultivares Bolinha e Japonês foram os mais tardios, com 98,75 e 98,50 DAE (dias após

emergência), respectivamente. Já o cultivar BRSMG-Conai foi o mais precoce com 65 DAE, corroborando com Tonello et al. (2012), que encontrou resultados semelhantes para os mesmos cultivares. O mesmo foi

observado para o ambiente estressante com déficit de P e K, onde os cultivares Bolinha e Japonês foram os mais tardios ambos com 101 DAE, e o cultivar BRSMG-Conai o mais precoce com 76,5 DAE. Verifica-se ainda que os cultivares Serra Dourada, Monarca, BRS-Primavera, BRSMG-Conai, BRS-Aroma e Pepita prolongaram do seu ciclo sob condições de estresse, o que pode ser explicado por uma possível adaptação desses cultivares ao estresse mineral. Terra (2008) relatou que sob condições de estresse, a planta não obtém reservas suficientes de fotoassimilados para o início do florescimento, permanecendo mais tempo na fase vegetativa, e posteriormente redirecionando os fotoassimilados para o florescimento e enchimento de grãos, sendo esta uma resposta às condições estressantes do ambiente. O estresse promove mudanças desde níveis estruturais, anatômicas, morfológicas, bioquímicas, molecular e até celular nas plantas de forma que estas consigam se adaptar e aclimatar as mudanças no meio e assim não sofram com decréscimos nas características agronômicas (TAIZ & ZEIGER, 2006).

Para a característica número de panículas por m² (Tabela 3) verifica-se que o cultivar BRS-Sertaneja obteve a maior média, e os cultivares Serra Dourada, Japonês, Monarca, BRS-Primavera, BRSMG-Conai, BRS-Aroma e Pepita, as menores médias. Não houve diferença significativa entre os ambientes para esta característica.

Quanto à altura de plantas (Tabela 3), constatou-se que o cultivar Bolinha obteve a maior média (99,93cm), e o cultivar BRS-Sertaneja a menor média (66,99). Observa-

se ainda que os altos níveis de adubação promoveu aumento nas médias das alturas de plantas. Estudo realizado por Castro Neto (2009) verificou que alturas acima de 1,00 m podem provocar o acamamento dos cultivares dificultando o cultivo mecanizado, e provocando prejuízos aos produtores, sendo que alturas em torno de 0,90 m são consideradas satisfatórias para a região, pensando no cultivo mecanizado.

Analisou-se na tabela 4, que os cultivares BRS-Primavera e BRS-Bonança compuseram o grupo estatístico que apresentaram as maiores médias para a característica índice de clorofila a, corroborando com os resultados obtidos por Tonello et al. (2012), e os cultivares Japonês e BRS-Sertaneja compuseram o grupo estatístico com as menores médias. Porém, verifica-se que o ambiente que obteve maior adubação não proporcionou maior média para os cultivares. Segundo Marchsener, (1995) dentre os vários sintomas de deficiência de P e K nas plantas, destaca-se frequentemente e de forma semelhante para os dois nutrientes, o tamanho reduzido e presença de coloração verde mais escura em comparação com plantas normais, desta forma, os altos índices de clorofila a, encontrados no ambiente em que foi promovido estresse de P e K, justificam-se pelo elevado conteúdo de clorofila por unidade de área, uma vez que o crescimento das plantas ocorre de forma mais lenta que a formação de clorofila, porém ocorre uma baixa eficiência fotossintética nas plantas por unidade de clorofila quando submetidas ao estresse.

Tabela 4. Médias das características clorofila a (CA) e clorofila b (CB) de genótipos de arroz de terras altas cultivados sob níveis de P e K na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi, TO, safra 2011/2012

| Cultivar | CA (ICF) | | | CB (ICF) | | |
|---------------|----------|----------|---------|----------|----------|-------|
| | Alto PK | Baixo PK | Média | Alto PK | Baixo PK | Média |
| Serra Dourada | 35,23 | 36,75 | 35,99 c | 12,50bA | 12,63cA | 12,57 |
| Bolinha | 36,70 | 36,42 | 36,56 b | 11,22cB | 12,62cA | 11,92 |
| Japonês | 33,40 | 35,14 | 34,27 d | 9,69cB | 11,68cA | 10,68 |
| Monarca | 37,21 | 36,38 | 36,80 b | 13,99bA | 11,98cB | 12,99 |
| BRS-Sertaneja | 33,49 | 36,33 | 34,91 d | 10,44cB | 12,01cA | 11,23 |
| BRS-Bonança | 37,87 | 38,34 | 38,10 a | 15,94aA | 14,12bB | 15,03 |
| BRS-Primavera | 37,51 | 39,85 | 38,68 a | 14,89aB | 17,25aA | 16,07 |
| BRSMG-Conai | 36,34 | 37,76 | 37,05 b | 13,53bA | 13,58bA | 13,55 |
| BRS Aroma | 36,63 | 36,63 | 36,63 b | 13,23bA | 12,47cA | 12,85 |
| Pepita | 36,51 | 38,29 | 37,40 b | 14,11bA | 14,50bA | 14,30 |
| Média | 36,09B | 37,19A | | 12,95 | 13,28 | |

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott – Knott, e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Para a característica índice de clorofila b (Tabela 4), observa-se que os cultivares BRS-Primavera e BRS-Bonança apresentaram as maiores médias para o ambiente com altos níveis de adubação fostatada e potássica, e para o ambiente com estresse de fósforo e potássio, apenas o cultivar BRS-Primavera apresentou média superior aos demais cultivares. Observa-se que o cultivar BRS-Bonança e Monarca responderam com aumento no índice de clorofila b quando cultivado em ambiente com maior adubação, já os cultivares Bolinha, Japonês, BRS-Primavera e BRS-Sertaneja, compuseram o grupo estatístico que obteve redução no índice de clorofila b com a melhoria da adubação. Desta forma verifica-se que há elevado conteúdo de clorofila b por unidade de área, devido ao crescimento reduzido das plantas com déficit de P e K, resultando assim em coloração verde mais intensa nestas mesmas plantas (Marcshener, 1995).

Para a característica relação índice de clorofila a e b (Tabela 5), observa-se que o cultivar Japonês obteve maior média para o ambiente com alto nível de fósforo e potássio e o cultivar BRS - Bonança a menor média. Os cultivares Serra Dourada, Bolinha, Japonês, Monarca, BRS-Sertaneja, BRSMG-Conai e BRS-Aroma obtiveram as maiores médias para o ambiente estressante, sendo o cultivar BRS-Primavera o que apresentou menor média

seguido do BRS – Bonança e Pepita. Observa-se ainda que os cultivares Bolinha, Japonês, BRS-Sertaneja e BRS-Primavera apresentaram resposta positiva à adubação e os cultivares Monarca e BRS-Bonança diminuíram sua média. A baixa relação índice de clorofila a e b para os cultivares BRS-Bonança e BRS-Primavera está relacionada ao alto índice de clorofila b, que provoca a redução. Analisando os valores da clorofila total (Tabela 5), verifica-se que o grupo estatístico composto pelos cultivares Monarca, BRS-Bonança e BRS-Primavera são os que apresentaram maiores índices de clorofila para o ambiente com altos níveis de P e K. E apenas o cultivar BRS-Primavera apresentou maior índice de clorofila total no ambiente com estresse de P e K, isso ocorre, pois esses mesmos cultivares foram os que apresentaram maiores índices de clorofila a e b. O ambiente com altos níveis de P e K não proporcionou maiores índices de clorofila total para os cultivares Japonês, BRS-Sertaneja, e BRS-Primavera, provavelmente pelos mesmos cultivares apresentaram índices de clorofila b inferior no mesmo ambiente. Sendo a clorofila total a soma das clorofilas a e b, e estas serem maiores no ambiente com estresse de P e K, devido ao maior conteúdo de clorofila por unidade de área, verificou-se valores superiores também para esta característica no ambiente estressante.

Tabela 5. Médias das características relação índice de clorofila a e b (CA/CB) e clorofila total (CT) de genótipos de arroz de terras altas cultivados sob níveis de P e K na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi, TO, safra 2011/2012

| Cultivar | CA/CB (ICF) | | | CT (ICF) | | |
|---------------|-------------|----------|-------|----------|----------|-------|
| | Alto PK | Baixo PK | Média | Alto PK | Baixo PK | Média |
| Serra Dourada | 2,83 cA | 2,91 aA | 2,87 | 47,74 bA | 49,38 Ca | 48,56 |
| Bolinha | 3,27 bA | 2,88 aB | 3,07 | 47,92 bA | 49,05 cA | 48,48 |
| Japonês | 3,45 aA | 3,01 aB | 3,23 | 43,09 cB | 46,82 cA | 44,96 |
| Monarca | 2,66 cB | 3,04 aA | 2,85 | 51,21 aA | 48,37 cA | 49,79 |
| BRS-Sertaneja | 3,21 bA | 3,02 aB | 3,11 | 43,93 cB | 48,35 cA | 46,14 |
| BRS-Bonança | 2,38 eB | 2,71 bA | 2,54 | 53,81 aA | 52,46 bA | 53,14 |
| BRS-Primavera | 2,53 dA | 2,32 cB | 2,42 | 52,4 aB | 57,1 aA | 54,75 |
| BRSMG-Conai | 2,69 cA | 2,78 aA | 2,73 | 49,88 bA | 51,34 bA | 50,61 |
| BRS-Aroma | 2,76 cA | 2,93 aA | 2,85 | 49,87 bA | 49,11 cA | 49,49 |
| Pepita | 2,59 dA | 2,64 bA | 2,62 | 50,62 bA | 52,79 bA | 51,71 |
| Média | 2,83 | 2,82 | | 49,05 | 50,48 | |

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott - knott, e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

Analisando os dados da tabela 6, observa-se para a característica massa de cem grãos, superioridade estatística para os cultivares Bolinha, Japonês, Monarca e BRSMG-Conai, que foram os que apresentaram maiores médias, variando de 2,48 a 2,68 g. Os demais cultivares apresentaram médias que variaram de 2 a 2,19 g. Segundo Melo et al. (2009) e Fonseca et al. (2006) em trabalhos avaliando características agrônômicas de cultivares de

arroz, encontraram valores semelhantes para esta característica, que variaram de 2,3 a 2,7g. Os cultivares não responderam com acréscimo de massa nos grãos às condições ideais de adubação, quando comparado ao ambiente estressante com déficit de P e K. Verificou-se que os cultivares que obtiveram as maiores massas de cem grãos foram os mesmos que obtiveram as maiores produtividades, mostrando a correlação existentes entre as

duas características. Tais resultados divergem os resultados obtidos por Silva et al. (2002), que relataram que o incremento de adubação principalmente potássica reflete em aumentos positivos na massa de grãos.

Tabela 6. Médias das características massa de cem grãos(MCG) e produtividade de grãos (Prod), de genótipos de arroz de terras altas cultivados sob níveis de P e K na região sul do Estado do Tocantins, Gurupi, TO, safra 2011/2012

| Cultivar | MCG (g) | | | Prod (kg ha ⁻¹) | | |
|---------------|---------|-------------------|--------|-----------------------------|-----------|--------|
| | Alto PK | Baixo PK | Média | Alto PK | Baixo PK | Média |
| Serra Dourada | 2,01 | 2,00 | 2,00 b | 380,72 cA | 190,72 bB | 285,72 |
| Bolinha | 2,54 | 2,42 | 2,48 a | 817,68 aA | 395,18 aB | 606,43 |
| Japonês | 2,72 | 2,64 | 2,68 a | 702,79 aA | 410,23 aB | 556,51 |
| Monarca | 2,6 | 2,61 | 2,60 a | 540,36 bA | 177,06 bB | 358,71 |
| BRS-Sertaneja | 2,19 | 2,18 | 2,19 b | 607,18 bA | 484,21 aA | 545,69 |
| BRS-Bonança | 2,29 | 2,32 | 2,30 b | 499,96 bA | 343,73 aA | 421,85 |
| BRS-Primavera | 2,19 | 2,02 | 2,11 b | 406,83 cA | 194,84 bB | 300,84 |
| BRSMG-Conai | 2,44 | 2,65 | 2,54 a | 179,93 dA | 163,47 bA | 171,7 |
| BRS-Aroma | 2,01 | 2,11 | 2,06 b | 251,24 dA | 203,37 bA | 227,3 |
| Pepita | 2,15 | 2,20 | 2,18 b | 363,36 cA | 220,26 bA | 291,81 |
| Média | 2,31A | 2,31 ^a | | 475 | 278,3 | |

Médias seguidas de mesma letra minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste Scott - knott, e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5 % de probabilidade.

Para a característica produtividade de grãos (Tabela 6), observa-se que no ambiente com alto nível de adubação fosfatada e potássica, os cultivares Bolinha e Japonês apresentaram as maiores produtividades de grãos, com 817,68 e 702,79 kg.ha⁻¹ respectivamente. E as menores produtividades foram obtidas pelos cultivares BRS-Aroma e BRSMG-Conai com 251,24 e 179,93 kg.ha⁻¹, respectivamente. Provavelmente as baixas precipitações pluviárias ocorridas no período de diferenciação dos primórdios florais provocaram esterilidade nas espiguetas, reduzindo assim a produtividade de grãos. Segundo Heinemann (2010), as fases do florescimento do arroz e de enchimento de grãos são críticas quanto ao déficit hídrico que podem ocasionar perdas de até 60% de produtividade. Já para o ambiente estressante com déficit de fósforo e potássio, os cultivares BRS-Sertaneja,

Japonês, Bolinha e BRS-Bonança apresentaram as maiores produtividades de grãos variando de 484,21 a 343,73 kg.ha⁻¹, e os demais cultivares apresentaram produtividades que variaram de 163,43 a 220,26 kg.ha⁻¹. Observa-se ainda que o ambiente com alto nível de P e K promoveu resposta positiva ao aumento de produtividade para os cultivares Serra Dourada, Bolinha, Japonês, Monarca e BRS-Primavera. Farinelli et al. (2004) e Silva et al. (2002) em seus estudos com adubação também obtiveram incremento de produtividade com doses adequadas de potássio e Tonello et al. (2012) obtiveram incremento de produtividade com adubação fosfatada. A produtividade dos cultivares ficou abaixo da média para o Estado do Tocantins que foi cerca de 990 kg.ha⁻¹ na safra 2010/2011 segundo SEAGRO (2011).

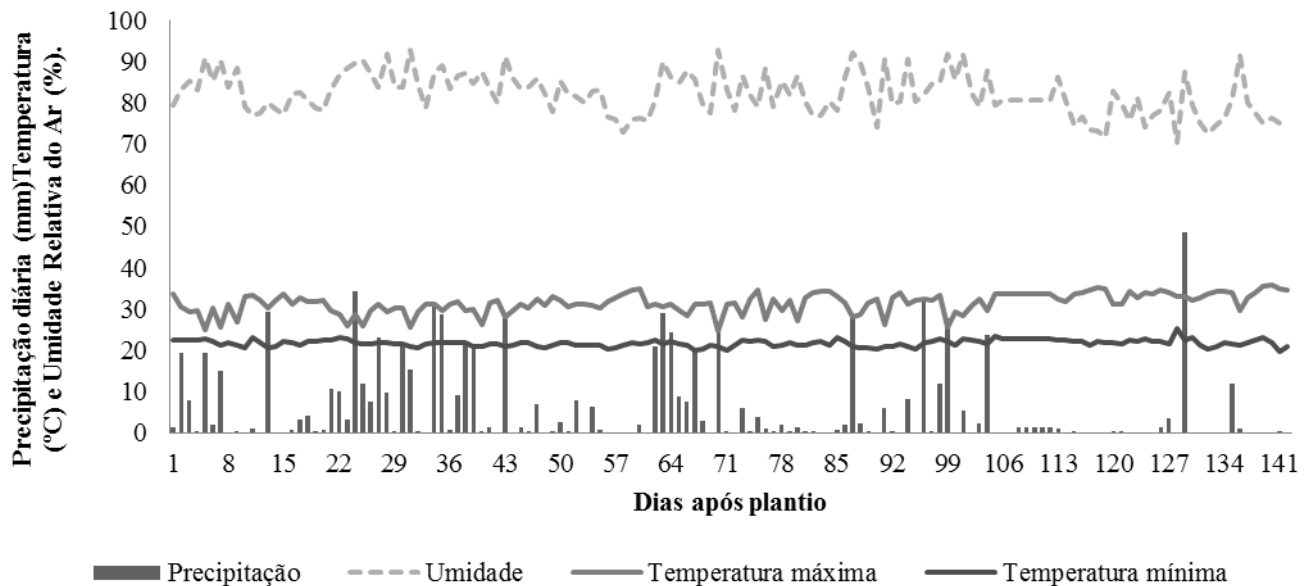


Figura 1. Precipitação diária, temperatura máxima, temperatura mínima, e umidade relativa do ar a partir da data de plantio até a data de colheita, Gurupi - TO, safra 2011/2012

CONCLUSÕES

1. No ambiente com altos níveis de adubação fosfatada e potássica houve prolongamento do ciclo dos cultivares.
2. Houve incremento de produtividade e maior altura de plantas para os cultivares quando submetidos à altos níveis de adubação com fósforo e potássio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA FILHO, M. P. Adubação do arroz de sequeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 161, p. 32-38, 1989.

BARBOSA FILHO, M.P. Adubação potássica. In: BARBOSA FILHO, M.P. Nutrição e adubação do arroz: sequeiro e irrigado. Piracicaba: **Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, p.64-66, 1987.

BLUM, A. **Plant breeding for stress environments**. Boca Raton: CRC Press, 1988.

CANCELLIER, E. L.; BARROS, H. B.; KISCHEL, E.; GONZAGA, L. A. M.; BRANDÃO, D. R.; FIDELIS, R. R.. Eficiência agrônômica no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.6, p. 650-656, 2011.

CASTRO NETO, M. D. Resistência genética de uma coleção nuclear e adubação com silício associado com nitrogênio no manejo de arroz no Sul do Estado do Tocantins. 2009. **Dissertação** (Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Federal do Tocantins - UFT, Campus de Gurupi, 2009.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. (2012) Acompanhamento da safra brasileira: grãos. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_09_06_09_18_33_boletim_graos_-_setembro_2012.pdf>. Acesso em: 19 de Novembro de 2012.

CRUSCIOL, C.A.C.; SORATTO, R.P.; ARF, O.; MATEUS, G.P. Yield of upland rice cultivars in rainfed and sprinklerirrigated systems in the Cerrado region of Brazil. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Collingwood, v.46, n.9, p.1515-1520, 2006.

EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Sistemas de Produção**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/#arroz>>. Acesso em: 19 de nov. 2012.

FAGERIA, N. K. Yield physiology of rice. **Journal of Plant Nutrition**, London, v. 30, n.6, p.843-879, 2007.

FAGERIA, N.K. Eficiência do uso de potássio pelos genótipos de arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.10, p.2115-2120, 2000.

FALKER AUTOMAÇÃO AGRÍCOLA LTDA. **Medidor eletrônico do teor de clorofila ClorofiLOG 1030**. 2008. 33 p.

FAO. Produção de alimentos e de commodities agrícolas. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em: 21 de Junho de 2012.

- FARINELLI R.; PENARIOL F. G.; FORNASIERI FILHO D.; BORDIN L. Características agronômicas de arroz de terras altas sob plantio direto e adubação nitrogenada e potássica. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 28, p. 447-454, 2004.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 36-41, 2008.
- FONSECA, J. R.; CASTRO, E. M.; MORAIS, O. P. Características Botânicas, Agronômicas e Fenológicas de Cultivares de Arroz de Terras Altas. Santo Antônio de Goiás, GO, Outubro, 2006. (**Comunicado Técnico, 120**).
- HEINEMANN, A. B. Caracterização dos padrões de estresse hídrico para a cultura do arroz (ciclo curto e médio) no estado de Goiás e suas consequências para o melhoramento genético. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 34, n. 1, p. 29-36, 2010.
- LUCA, E.F.; BOARETTO, A.E.; MURAOKA, T.; CHITOLINA, J.C. Eficiência de absorção de fósforo (P) por mudas de eucalipto e arroz. **Scientia Agricola**, v.59, p.543-547, 2002.
- MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELO, F. A. F.; BRASIL, M. O. C. S. Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas. São Paulo: **Pioneira**, 1974. p. 536-597.
- MARSCHENER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. Ed. London: **Academic Press**, 1995. 275p.
- MELO, P. G. S.; MORAIS, O. P.; DINIZ, J. A.; LOBO, V. L. S.; BRESEGHELLO, F.; FONSECA, J. R.; CASTRO, A. P.; BASSINELLO, P. Z.; CASTRO, E. M. BRSGO Serra Dourada: Cultivar de Arroz para a Agricultura Familiar de Goiás. Santo Antônio de Goiás, GO, Dezembro, 2009. (**Comunicado Técnico, 177**).
- MIRANDA, L. N.; MIRANDA, J. C. C. Efeito residual da adubação fosfatada para a cultura do arroz em solo do cerrado. Planaltina, DF, Fevereiro, 2003. (**Comunicado Técnico, 87**).
- NEIVA, L. C. S. **Influência do potássio sobre a economia de água de quatro cultivares de arroz submetidos a déficit hídrico**. 1977. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1977.
- SALGADO, F. H. M. **Efeito do nitrogênio na produtividade de grãos e qualidade fisiológica de sementes de genótipos de feijão comum**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, 2011.
- SANT'ANA, E. P.; SANT'ANA, E. V. P.; FAGERIA, N. K.; FREIRE, A. B. Utilização de fósforo e características do sistema radicular e da parte aérea da planta de arroz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. V.27, n.2, p.370-381, mar./abr., 2003.
- SANT'ANA, E. V. P. **Comportamento de genótipos de arroz (Oryza sativa L.) de terras altas em dois níveis de fósforo em solo e in vitro**. 2000. 143 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal de Goiânia, Goiânia.
- SANTOS, A.B.; STONE, L. F.; FAGERIA, N. K.; PRABHU, A. S.; MAH, M. G. C.; AQUINO, A. R. L.; AJIMURA, G. M.; BARBOSA FILHO, M. P.; ZIMMERMANN, F. J. P.; CARVALHO, J. R. P.; OLIVEIRA, A. B.; SILVEIRA FILHO, A.. Efeito do conjunto de técnicas aplicadas ao sistema de produção do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, p.835-845, 1982.
- SEAGRO – SECRETARIA DA AGRICULTURA, DA PECUÁRIA E DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. 2011. **Dia de Campo busca estimular a produção de arroz no Tocantins disponível em:** <<http://www.seagro.to.gov.br/noticia.php?id=2576>> acesso em: 18 junho 2012.
- SILVA, T. R. B.; SORATTO, R. P.; OZEKI, M.; ARF, O. Manejo da época de aplicação da adubação potássica em arroz de terras altas irrigado por aspersão em solo de cerrado. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 5, p. 1455-1460, 2002.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª Edição, 2004.
- TERRA, T. G. R. **Avaliação de características morfofisiológicas de tolerância a seca em uma coleção nuclear de acessos de arroz de terras altas (Oryza sativa L.)**. 2008. 70f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2008.
- TONELLO, L. P.; SILVA, J. ; RAMOS, D. P.; SOUZA, S. A.; FIDELIS, R. R. Eficiência do uso de fósforo em genótipos de arroz cultivados em solos de terras altas. **Revista Verde (Mossoró RN)**, v. 7, n. 2, p. 25-32, 2012.
- WALTER, M.; MARCHEZAN, M.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.4, p.1184-1192, 2008.
- ZARATIN, C.; SOUZA, S. A.; PANTANO, A. C.; DE SÁ, M. E. ; ARF, O.; BUZETTI, S. Efeitos de quatro doses de potássio em seis cultivares de arroz de sequeiro irrigados por aspersão. I. Componentes de produção e

produtividade. **Científica**, Jaboticabal, v.32, n.2, p.115-120, 2004.