

# Eficiência no uso de fósforo de variedades de arroz cultivadas em solos de várzea irrigada<sup>1</sup>

Eliane Aparecida Rotili<sup>2</sup>, Rodrigo Ribeiro Fidelis<sup>3</sup>, Manoel Mota dos Santos<sup>3</sup>, Manoel Delintro de Castro Neto<sup>2</sup>, Elisângela Kichel<sup>4</sup>, Eduardo Lopes Cancellier<sup>4</sup>

## RESUMO

A cultura do arroz destaca-se como uma das mais importantes do mundo, por apresentar facilidade de adaptação a condições edafoclimáticas distintas. Cultivado e consumido em todos continentes, o arroz destaca-se pela produção e área de cultivo, desempenhando papel estratégico tanto em nível econômico quanto social. No Brasil, a maior parcela da produção de arroz é proveniente do ecossistema de várzea. Este trabalho objetivou estudar a eficiência e resposta ao uso de fósforo de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), em várzea irrigada, no Sudoeste do Estado de Tocantins. Os tratamentos envolveram oito variedades comerciais de arroz (BRS-Jaçanã, Best-2000, BRS-Guará, BRS-Alvorada, BRA-01381, AN-Cambará, BRS 7-Taim e EPAGRI-109), que foram cultivadas em dois ambientes distintos. Para simular ambientes com baixo e alto níveis de fósforo, foram utilizadas as doses de 20 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Por meio da produtividade de grãos, as variedades foram classificadas quanto à eficiência no uso e resposta à aplicação de fósforo. Demonstrou-se que apenas a variedade BRS-Alvorada é eficiente quanto ao uso de fósforo e responsiva a sua aplicação.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L., genótipos, estresse abiótico, estresse mineral.

## ABSTRACT

### Efficiency in the use of phosphorus by rice varieties grown in lowland soils

Rice stands out as one of the most important crops in the world, because of its easy adaptability to distinct edaphoclimatic conditions. Rice is cultivated and consumed worldwide and stands out by the large production and cultivation area, playing strategic economic and social roles. In Brasil, the largest rice productions are obtained in lowland ecosystems. This work aimed to study the efficiency in phosphorus use by rice varieties in lowland areas in the southwest of Tocantins State. The treatments involved eight rice commercial varieties (BRS-Jaçanã, Best-2000, BRS-Guará, BRS-Alvorada, BRA-01381, AN-Cambará, BRS 7-TAIM and EPAGRI-109), which were farmed in two distinct environments. In order to simulate environments with low and high phosphorus levels, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> was used at the levels of 20 and 120 kg ha<sup>-1</sup> respectively. The experiments were carried out in a randomized complete blocks design, with four replications. Grain yield was used to classify the varieties regarding the efficiency in use and response to phosphorus application. Was shown that only the variety BRS-Alvorada was efficient in using phosphorus and responsive to its application.

**Key words:** abiotic stress, genotypes, mineral stress, *Oryza sativa* L.

Recebido para publicação em novembro de 2009 e aprovado em abril de 2010

<sup>1</sup> Extraído de Dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada à Universidade Federal do Tocantins .

<sup>2</sup> Engenheiros-Agrônomos, Mestres. Universidade Federal de Tocantins, Campus de Gurupi, C. Postal 66, 77402-970 Gurupi, TO, Brasil. mdc.neto@hotmail.com.

<sup>3</sup> Engenheiros-Agrônomos, Doutores. Universidade Federal de Tocantins, Campus de Gurupi, C. Postal 66, 77402-970 Gurupi, TO, Brasil. fidelisrr@uft.edu.br; santosmm@mail.uft.edu.br.

<sup>4</sup>Graduandos do curso de Agronomia, Universidade Federal de Tocantins, Campus de Gurupi, C. Postal 66, 77402-970 Gurupi, TO, Brasil. kische1\_e@mail.uft.edu.br; educancellier@mail.uft.edu.br.

## INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) constitui-se em alimento básico para a maior parte da população brasileira, havendo, atualmente, necessidade de se aumentar a produção de grãos para atender à crescente demanda decorrente do aumento populacional (EMBRAPA, 2009). A cultura do arroz destaca-se como uma das mais importantes do mundo. Por apresentar facilidade de adaptação a condições edafoclimáticas distintas, o arroz é cultivado nos mais diversos ambientes em todos os continentes (Fornasieri Filho & Fornasieri, 2006).

No Brasil, a maior parcela da produção de arroz é proveniente do ecossistema de várzea, sendo a orizicultura irrigada responsável por 69% da produção nacional, considerada, assim, um estabilizador da safra nacional, uma vez que não é tão dependente das condições climáticas, como são os cultivos em condições de sequeiro (EMBRAPA, 2009).

No Tocantins a cultura do arroz faz-se presente em todas as regiões. O cultivo em terras altas é distribuído em todo Estado, enquanto o irrigado está concentrado nas regiões Centro-Oeste e, principalmente, Sudoeste, abrangendo os municípios de Cristalândia, Dueré, Formoso do Araguaia, Lagoa da Confusão e Pium (EMBRAPA, 2009). Na safra 2007/2008, a produção de arroz irrigado foi de 235,576 toneladas em 53,9 mil hectares, ficando com produtividade média de 4.371 kg ha<sup>-1</sup> (SEAGRO, 2009).

O fósforo (P) é um dos principais nutrientes do arroz, e sua deficiência pode afetar a planta, provocando redução no crescimento, no perfilhamento, no sistema radicular e, conseqüentemente, na produtividade (Fageria, 1999). O P tem sido apontado como um dos nutrientes mais limitantes ao rendimento das culturas, apesar de sua relativa abundância na crosta terrestre. Solos bem drenados frequentemente apresentam baixa disponibilidade de P, devido à tendência desse elemento de formar compostos estáveis de alta energia de ligação e baixa solubilidade com a fase sólida mineral do solo, principalmente com óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio. Já em ambientes sazonalmente alagados, como os solos de várzea onde se cultiva o arroz irrigado, existe alternância nas condições de oxidação e redução, a qual determina modificações intensas na fase sólida mineral do solo e na dinâmica de elementos altamente reativos, como o P (Guilherme *et al.*, 2000).

Segundo Lauchli (1987), a eficiência de uso de um nutriente é definida como a relação entre produção de grãos e concentração do nutriente no tecido, enquanto para Graham (1984) eficiência é a habilidade de uma espécie ou genótipo em fornecer altas produções num solo deficiente do nutriente em estudo. No que diz respeito à influência da planta na eficiência da adubação fosfatada,

a seleção de materiais genéticos que tenham boa adaptação a condições de baixa fertilidade do solo pode aumentar sensivelmente o aproveitamento dos fertilizantes aplicados. Do ponto de vista fisiológico, a eficiência nutricional refere-se à habilidade do genótipo em absorver o nutriente do solo, distribuí-lo e utilizá-lo internamente (Goddard & Hollis, 1984).

A otimização da eficiência nutricional é de grande importância na produção das culturas anuais, devido ao custo dos fertilizantes, imprescindíveis para o aumento da produtividade (Fageria, 1984, 1989, 1992; Lopes & Guilherme, 1989). Há diferenças significativas entre genótipos de arroz na capacidade de absorver e utilizar o P disponível no solo (Clark & Duncan, 1991; Furlani & Furlani, 1991; Fageria, 1999; Sant'Ana, 2000). O perfilhamento, a altura da planta e o desenvolvimento radicular são influenciados pelo nível de P disponível para a planta de arroz (Fageria, 1999). Entretanto, as possíveis associações entre essas características da planta de arroz com sua capacidade de absorver e utilizar o P são, ainda, indefinidas (Sant'Ana *et al.*, 2003).

Dessa forma, com este trabalho objetivou-se estudar a eficiência e resposta quanto ao uso de fósforo em cultivares de arroz em várzea irrigada no Sudoeste do Estado de Tocantins.

## MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação das variedades foi conduzida em dois experimentos, um deles representou o ambiente com baixo nível de P e outro o ambiente com alto nível de P. Tais ambientes foram estabelecidos empregando-se doses contrastantes de fósforo (baixa e alta), em várzea irrigada, na fazenda Pouso Alto, no município de Lagoa da Confusão-TO, situada a 10° 51' de latitude sul e 49° 35' de longitude oeste, em solo do tipo Gleissolos, na safra 2008/09.

Nos dois experimentos o preparo do solo foi realizado na forma semidireto, ou seja, aplicação de dessecante (15 dias antes do plantio) e uso de grade niveladora antes do plantio. Para ambos a semeadura foi realizada no dia 17 de novembro de 2008, de forma manual, após a abertura de sulcos. A adubação de semeadura foi feita no sulco de plantio, com base nos resultados das análises química e físico-química do solo, na camada de 0-20 cm de profundidade, que foram os seguintes: pH em CaCl<sub>2</sub> = 4,6; M.O(%) = 3,0; P(Melich) = 10,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 0,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 0,4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 5,0 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; e K = 0,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup>.

Ambos os experimentos foram instalados em delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída por quatro linhas de 5,0 m de comprimento, espaçadas de 0,34 m entre linhas que receberam 60 sementes por metro linear. Como área útil foram utilizadas as duas li-

nhas centrais (3,4 m<sup>2</sup> de área útil). Em cada experimento as variedades constituíram a fonte de variação, sendo empregadas BRS-Jaçanã, Best-2000, BRS-Guará, BRS-Alvorada, BRA-01381, AN-Cambará, BRS 7-Taim e EPAGRI-109.

Para simular ambientes com baixo e alto níveis de fósforo, foram utilizadas as doses de 20 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo na forma de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no plantio, descontado o P do solo detectado na análise química em ambientes distintos. Como a análise detectou 20 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo no solo, realizou adubação apenas no ambiente de alto nível, com 100 kg ha<sup>-1</sup>. Conforme Fageria (1991), essas duas doses contrastantes de fósforo foram identificadas em experimentos anteriores para discriminar cultivares de arroz quanto ao uso de P. O potássio foi aplicado no momento do plantio, na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, na forma de cloreto de potássio. As adubações de cobertura foram realizadas em duas etapas, ambas com 45 kg ha<sup>-1</sup> de N, aplicados por ocasião do perfilhamento efetivo e da diferenciação do primórdio floral.

Os tratos culturais foram efetuados mediante aplicação de herbicidas e inseticidas, com produtos devidamente recomendados para a cultura do arroz, quando se fez necessário.

Os dados experimentais foram submetidos a análises individual e conjunta de variância, com aplicação do teste F. A análise conjunta foi realizada em condições de homogeneidade das variâncias residuais. Para as comparações entre as médias de tratamentos, foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade, o que foi feito utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR (Ferreira, 2000).

Aos dados de cada variedade também foi aplicado o método proposto por Fageria & Kluthcouski (1980) e Fageria & Baligar (1993), que sugerem a classificação dos cultivares quanto à eficiência no uso e na resposta à aplicação do fósforo (eficiência e resposta - ER). Nesse método a eficiência de utilização do nutriente é definida pela média de produtividade de grãos em baixo nível do nutriente em estudo. A resposta à utilização do nutriente é obtida pela diferença entre a produtividade de grãos em níveis alto e baixo do nutriente, dividida pela diferença entre as doses, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\alpha = (\text{PNN} - \text{PBN})/\text{DEN},$$

em que:

$\alpha$  = resposta à utilização do nutriente;

PNN = produção com nível ideal de nutriente;

PBN = produção com baixo nível do nutriente, e;

DEN = diferença entre as doses (kg ha<sup>-1</sup>).

Foi utilizada uma representação gráfica no plano cartesiano para classificar as variedades. No eixo das abscissas (y) encontra-se a eficiência na utilização do fós-

foro e no das ordenadas (x), a resposta a sua utilização. O ponto de origem dos eixos é a eficiência média e a resposta média dos cultivares. Girando no sentido anti-horário, a partir da abscissa do lado direito do plano cartesiano, no primeiro quadrante são representadas as variedades eficientes e responsivas (ER); no segundo, as não-eficientes e responsivas (NER); no terceiro, as não eficientes e não responsivas (NENR); e no quarto, as eficientes e não responsivas (ENR).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1 a significância da interação para a característica produtividade de grãos, mostrando a interdependência dos fatores, ou seja, os ambientes influenciaram de forma diferenciada na expressão dos genótipos. Assim sendo, realizou-se o desdobramento. Ainda na Tabela 1 pode-se verificar a significância na produtividade de grãos dos fatores ambiente e variedades.

Mesmo o experimento sendo realizado sob estresse (baixo nível de P) e em condições ideais (alto nível de P), constatam-se baixos valores de coeficientes de variação, o que reflete um elevado grau de confiabilidade dos resultados.

Analisando os dados de produtividade de grãos apresentados na Tabela 2, pode-se observar no ambiente de baixo fósforo superioridade estatística da variedade BRS-Alvorada (4.448 kg ha<sup>-1</sup>), apesar de não diferir significativamente das variedades que produziram acima de 3.430 kg ha<sup>-1</sup>. A variedade BRS-Jaçanã apresentou menor valor de produtividade de grãos (3.251 kg ha<sup>-1</sup>). Quanto ao ambiente de alto fósforo (Tabela 2), observa-se superioridade estatística da variedade BRS-Alvorada (6.288 kg ha<sup>-1</sup>), apesar de não diferir significativamente da variedade EPAGRI-109 (5.607 kg ha<sup>-1</sup>).

As variedades BRS-Jaçanã, Best-2000, BRS-Alvorada e EPAGRI-09 foram as únicas que obtiveram incremento significativo da produtividade quando houve melhoria do ambiente, enquanto que para as variedades BRS-Guará, BRA-01381 e BRS7-Taim não houve diferença entre os ambientes. Já para a variedade AN-Cambará ocorreu decréscimo da produtividade no ambiente de alto fósforo.

A produtividade média de grãos das variedades nos dois ambientes BRS 7-Taim, BRS-Guará, BRA-01381 e AN-Cambará, obtidas neste estudo, foram de 4.181, 4.193, 4.185 e 3.302 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 2). Conforme SEAGRO (2009), estes valores de produção são inferiores à média estadual de produtividade de arroz irrigado obtida na safra de 2007/2008, que foi equivalente a 4.371 kg ha<sup>-1</sup>.

Com base no método proposto por Fageria & Kluthcouski (1980), específica para estresse mineral, as

variedades de arroz irrigado BRS-Alvorada, BRS 7-Taim, BRS-Guará, BRA-01381 e AN-Cambará foram classificadas como eficientes no uso de fósforo, pois apresentaram médias de produtividades de grãos maiores que a média geral obtida no ambiente de baixo P; portanto, estão representadas no primeiro e quarto quadrantes da Figura 1. Vários trabalhos (Andrade *et al.*, 1992; Thakur, 1993; Brown & Jones, 1997; Freitas *et al.*, 2001; Reis *et al.*, 2005; Fageria *et al.*, 2007) indicam a existência de variabilidade genética entre cultivares quanto à capacidade de absorção e utilização de nutrientes. Segundo Clark & Brown (1974), citado por Matias (2006), plantas eficientes na absorção de P são aquelas que acumulam maiores quantidades do elemento quando cultivadas em baixo nível de P. Furlani & Furlani (1991) avaliaram 100 linhagens de arroz irrigado e de sequeiro, tendo, duas linhagens de arroz irrigado se destacado como eficientes no uso de fósforo.

Quanto à resposta à aplicação de P, o método classificou as variedades EPAGRI-109, BRS-Alvorada, BRS-

Jaçanã e Best-2000 como responsivas, estando, portanto, representadas no primeiro e segundo quadrantes da Figura 1. Variedades que apresentam alto índice de resposta são interessantes para cultivo, por responderem ao incremento do fósforo aplicado na adubação, quando se promove a melhoria da fertilidade do solo. Essas variedades apresentaram valor de índice de resposta acima de 8 (Tabela 2).

Encontram-se no primeiro quadrante da Figura 1 as variedades consideradas eficientes quanto ao uso e responsivas à aplicação de fósforo. Neste estudo a única variedade a compor esse quadrante foi a BRS-Alvorada, sendo, portanto, recomendada para cultivo em propriedades que adotam baixo, médio ou alto níveis tecnológicos (insumos), pois além de produzir com baixo P, respondem à melhoria do ambiente, com o incremento do nutriente (alto P) resultando num aumento na produção equivalente a 1.840 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 2). Essa variedade apresentou produtividade média tanto em ambiente com baixo quanto com alto P acima da média de produtividade do Estado do Tocantins na safra de 2007/2008, que foi de 4.371 kg ha<sup>-1</sup> (SEAGRO, 2009). Fageria *et al.* (2007), também avaliando a variedade BRS-Alvorada, encontraram média de produtividades de dois anos inferior à encontrada neste trabalho, que foi de 4.723 kg ha<sup>-1</sup>. Fageria *et al.* (2007) relataram que os genótipos de arroz irrigado BRS-Guará e BRS-Alvorada mostraram-se eficientes e responsivos, porém quanto ao uso de nitrogênio.

As variedades EPAGRI-109, BRS-Jaçanã e Best-2000 foram classificadas como não-eficientes e responsivas (segundo quadrante da Figura 1), pois produziram abaixo da média dos genótipos em ambiente com baixo nível de fósforo, com produção de 3.547, 3.251 e 3.430 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 2). No entanto, quando cultivadas em ambiente com alto nível de P, tiveram valores de índices de resposta maiores que a média geral (7,71), resultando em aumentos de produtividade equivalentes a 2.061,

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância das médias da característica produtividade de grãos de oito variedades de arroz irrigado, cultivadas em dois ambientes (baixo e alto nível de P) no sistema de várzea irrigada, na região Sudoeste do Estado de Tocantins, na safra 2008/2009

FV	GL	Quadrado Médio
		Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )
Blocos/ambiente	6	216793,422249 <sup>ns</sup>
Ambiente (A)	1	9505359,163314 <sup>**</sup>
Variedades (V)	7	2799359,102816 <sup>**</sup>
V x A	7	3070972,985243 <sup>**</sup>
Resíduo	42	220082,853138
Média geral		4.222,0
CV (%)		11,17

<sup>ns</sup> não significativo; <sup>\*\*</sup> significativo para P < 0,01; e \* significativo para P < 0,05 pelo teste F.

**Tabela 2.** Média da característica produtividade de grãos (PG) com baixa e alta doses de P (20 e 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, respectivamente) para variedades de arroz cultivado em solos de várzea irrigada na região Sudoeste do Estado de Tocantins, na safra 2008/2009

Variedades	PG (kg ha <sup>-1</sup> )				
	Baixo P	Alto P	Média	Diferença de produção	Índice de Resposta
BRS-Jaçanã	3.251 Bb	5.021 Abc	4.136	1.770	17,70
Best-2000	3.430 Bab	4.234 Ac	3.832	803	8,03
BRS-Guará	3.955 Aab	4.431 Ac	4.193	476	4,76
BRS-Alvorada	4.448 Ba	6.288 Aa	5.368	1.840	18,40
BRA-01381	3.954 Aab	4.416 Ac	4.185	462	4,62
AN-Cambará	4.212 Aab	2.391 Bd	3.302	-1.821	-18,21
BRS 7-Taim	3.893 Aab	4.468 Ac	4.181	575	5,75
EPAGRI-109	3.547 Bab	5.607 Aab	4.577	2.061	20,61
Média	3.836	4.607	4.222	771	7,71

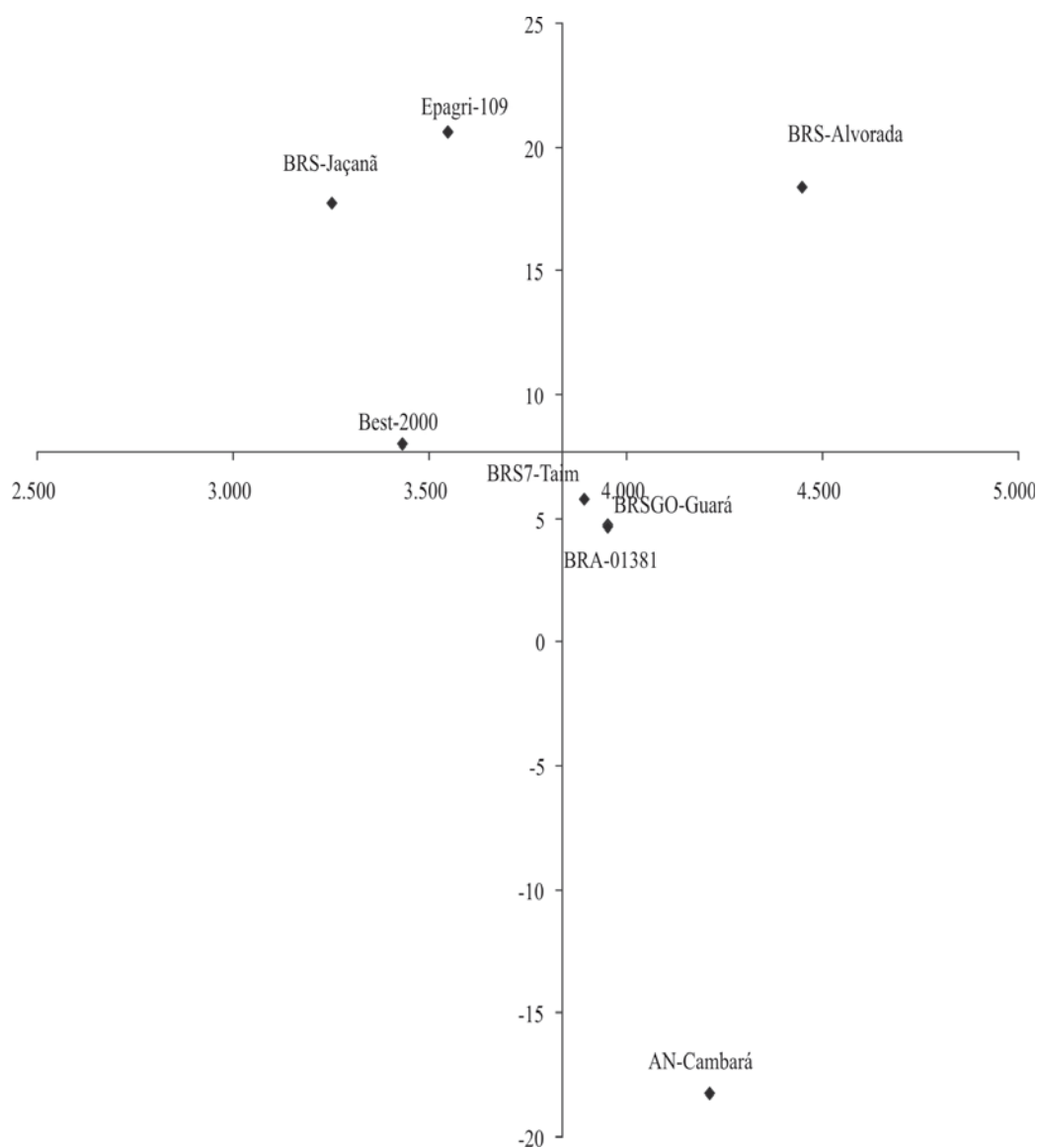
Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas pertencem ao mesmo grupo estatístico pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

1.770 e 803 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Variedades do grupo não-eficiente e responsivas são indicadas para serem utilizadas pelos produtores que dispõem de um nível tecnológico elevado, pois respondem à melhoria do ambiente com o incremento do nutriente. De acordo com SEAGRO (2009), as produtividades apresentadas pelas variedades em ambiente com alto P estão próximas da média de produção do Estado do Tocantins na safra 2007/2008, ou seja, equivalente a 4.371 kg ha<sup>-1</sup>. Matias (2006) avaliou em casa de vegetação a eficiência de absorção e utilização de P por cultivares de arroz de terras altas e também encontrou cultivares não-eficientes quanto ao uso e responsivos à aplicação de fósforo.

O método utilizado neste trabalho não classificou nenhuma das variedades analisadas como não-eficiente quanto ao uso e não-responsiva à aplicação de fósforo (terceiro quadrante da Figura 1). Variedades do grupo classificadas

como não-eficientes e não-responsivas não são recomendadas para serem semeadas em propriedades agrícolas, nem mesmo para aquelas que utilizam baixo nível tecnológico.

No quadrante das eficientes e não responsivas estão as variedades BRS 7-Taim, BRS-Guará, BRA-01381 e AN-Cambará (Figura 1), as quais produziram acima da média em ambiente com baixo P. No entanto, quando cultivadas em ambiente de alto nível de P, tiveram valores de índices de resposta menores que a média geral de índices de resposta (7,71), conforme pode ser visto na Tabela 2, o que evidencia a falta de resposta à melhoria do ambiente com o incremento do nutriente. Variedades do grupo eficiente e não-responsivas são recomendadas para o cultivo em propriedades que adotam baixo nível tecnológico. Fageria *et al.* (2007), utilizando o mesmo método, porém estudando outro nutriente (N), classificaram o genótipo BRS-Guará como eficiente e responsivo.



**Figura 1.** Eficiência no uso e resposta a aplicação de fósforo em variedades de arroz, pelo método de Fageria e Kluthcouski (1980).

## CONCLUSÃO

Apenas a variedade BRS-Alvorada é eficiente no uso de fósforo e responsiva a sua aplicação.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Tocantins – UFT e ao CNPq, pela concessão de bolsa de iniciação científica; à Capes, pela concessão de bolsa do PNPd e mestrado; à Secretaria de Ciência e Tecnologia – CECT, pelo apoio financeiro para execução do projeto; e à Fazenda Pousou Alto, pela doação da área para a realização dos experimentos.

## REFERÊNCIAS

- Andrade WEB, Amorim Neto S, Fernandes GMB & Oliveira HF (1992) Épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz irrigado na Região Norte Fluminense. *Lavoura Arrozeira*, 45:14-17.
- Brown JC & Jones WE (1997) Fitting plant nutritionally to soil: I. Soybeans. *Agronomy Journal*, 69:399-404.
- Clark RB & Duncan (1991) RR Improvement of plant mineral nutrition through breeding. *Field Crops Research*, 27:219-240.
- EMBRAPA (2009) Centro Nacional de Pesquisa Arroz e Feijão. Sistemas de Produção. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozIrigadoTocantins/index.htm>>. Acessado em: 23 de março 2009.
- Fageria NK (1984) Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz. Rio de Janeiro, EMBRAPA/Campus. 341p.
- Fageria NK & Baligar VC (1993) Screening crop genotypes for mineral stresses. In: Workshop on adaptation of plants to soil stress, Lincoln. Proceedings. University of Nebraska. p.248-268.
- Fageria NK, Santos AB & Cutrim VA (2007) Produtividade de arroz irrigado e eficiência de uso do nitrogênio influenciada pela fertilização nitrogenada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42:1029-1034.
- Fageria NK (1992) Maximizing crop yields. New York, Marcel Dekker. 274p.
- Fageria NK (1999) Nutrição mineral. In: Vieira NRA, Santos AB & Sant'Ana EP (Eds.) A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, p.173-196.
- Fageria NK (1991) Response of rice to fractional applied potassium in Brazil. *Better Crops International*, 7:19.
- Fageria NK (1989) Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas. Brasília, EMBRAPA-CNPAF. 425p.
- Fageria ND & Kluthcouski J (1980) Metodologia para avaliação de cultivares de arroz e feijão para condições adversas de solo. Brasília, EMBRAPA/CNPAF. 22p.
- Ferreira DF (2000) Sistema de análises de variância para dados balanceados. Lavras, UFLA. SISVAR 4.1 pacote computacional.
- Fornasieri Filho D & Fornasieri, JL (2006) Manual da cultura do arroz. Jaboticabal, FUNEP. 589p.
- Freitas JG, Azzini LE, Cantarella H, Bastos CR, Castro LHSM, Gallo PB & Felício JC (2001) Resposta de cultivares de arroz irrigado ao nitrogênio. *Scientia Agrícola*, 58: 573-579.
- Furlani PR & Furlani ACM (1991) Tolerância a alumínio e eficiência a fósforo em milho e arroz: características independentes. *Bragantia*, 50:331-340.
- Guilherme LRG, Curi N, Silva MLN, Renó NB & Machado RAF (2000) Adsorção de fósforo em solos de várzea do Estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, 24:27-34.
- Goddard RE & Hollis CA (1984) The genetic basics of forest tree nutrition. In: Bowen GD & Nambier EKS (Ed.) Nutrition of plantation forest. London, Academic Press. p.237-258.
- Graham RD (1984) Breeding for nutritional characteristics in cereals. In: Tinker PB & Lauchi A (Eds) Advances in plant nutrition. New York, Praeger. p.57-102.
- Lauchi A (1987) Soil science in the next twenty five years: does a biotechnology play a role. *Soil Science Society of America Journal*, 51:1405-1409.
- Lopes AS & Guilherme LRG (1989) Uso eficiente de fertilizantes. In: Simpósio Avançado de Solos e Nutrição de Plantas, Piracicaba. Anais, Fundação Cargill. p.1-58.
- Matias GCS (2006) Eficiência nutricional de fontes de fósforo com solubilidade variável em água em cultivares de arroz (*Oryza sativa L.*). Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo. 93p.
- Reis MS, Soares AA, Soares PC & Cornélio VM (2005) Absorção de N, P, K, Ca, Mg e S pelo arroz irrigado influenciada pela adubação nitrogenada. *Ciência e Agrotecnologia*, 29:707-713.
- Sant'Ana EP, Sant'Ana EVP, Fageria NK & Freire AB (2003) Utilização de fósforo e características do sistema radicular e da parte aérea da planta de arroz. *Ciência e Agrotecnologia*, 27:370-381.
- Sant'Ana EVP (2000) Comportamento de genótipos de arroz (*Oryza sativa L.*) de terras altas em dois níveis de fósforo em solo e *in vitro*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiânia. Goiânia. 143p.
- SEAGRO (2009) Evolução da Produção do Arroz. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Abastecimento do Estado do Tocantins. Disponível em: <<http://central2.to.gov.br/arquivo/14/100>>. Acessado em 30 abril 2009.
- Thakur RB (1993) Performance of summer rice to varying levels of nitrogen. *Indian Journal Agronomy*, 38:187-190.