

Cientific Paper

## Resumo

O nitrogênio é considerado elemento essencial no desenvolvimento da cultura do arroz, e tendo esse cereal como a base para a segurança alimentar, geradora de empregos e renda para maioria dos países, objetivou-se com este trabalho avaliar o comportamento de cultivares de arroz de terras altas

submetidos ao estresse de nitrogênio, no Cerrado do sul do Estado do Tocantins. Os experimentos foram conduzidos em campo na Fazenda Chaparral e na Estação Experimental da Universidade Federal do Tocantins nos anos agrícolas 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013. O delineamento experimental foi de blocos casualizados com quatro repetições, num esquema fatorial 3 x 5, constituído por três genótipos e cinco anos. Conclui-se que a safra 2012/13 resultou nas maiores médias de produtividade de grãos; o estresse hídrico, assim como o estresse de nitrogênio, reduzem significativamente os ganhos produtivos e; o cultivar BRS-Bonança apresenta a maior média de produtividade de grãos.

**Palavras chave:** *Oryza sativa*, segurança alimentar, estresse mineral, produtividade.

## Comportamento de cultivares de arroz em condições de baixo nível tecnológico

Rodrigo Ribeiro Fidelis<sup>1</sup>

Leila de Paula Tonello<sup>2</sup>

Danilo Alves Veloso<sup>3</sup>

Vanessa Batista dos Santos<sup>3</sup>

Hélio Bandeira Barros<sup>1</sup>

## Rice cultivars development in low input agriculture conditions

### Abstract

Nitrogen is an essential element for rice crop development. Once this cereal is taken as the base for food security, employment generation and source of income for most countries, we aimed to evaluate upland rice genotypes development submitted to nitrogen stress in southern Cerrado of Tocantins State. Field experiments were carried out at Chaparral Farm and at the Experimental unit of Federal University of Tocantins in the growing seasons of 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012 and 2012/2013. Experimental design consisted of randomized blocks in factorial scheme 3 x 5, consisting of three genotypes in five years with four replications. It was concluded that growing season 2012/13 provided the highest grain yield; the hydric stress, as well as nitrogen stress, reduced significantly yield enhancement and; cultivar BRS-Bonança presented the highest grain yield average.

**Key words:** *Oryza sativa*, food security, mineral stress, yield.

## Comportamiento de cultivares de arroz en condiciones de bajo nivel tecnológico

### Resumen

El nitrógeno es considerado un elemento esencial en el desarrollo del cultivo del arroz, y teniendo ese cereal como la base para la seguridad alimentaria, generadora de empleos y renta para la mayoría de los países, el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento de cultivares de arroz de tierras altas sometidas al estrés del nitrógeno, en el Cerrado del Sur del Estado de Tocantins. Los experimentos fueron realizados en campo en la Fazenda Chaparral y en la Estación Experimental de la Universidad Federal de Tocantins en los años agrícolas 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012 y 2012/2013. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones, en un esquema factorial 3 x 5, constituido por tres genotipos y cinco

Received at: 29/03/16

Accepted for publication at: 27/07/16

1 Prof. Dr. Curso de Agronomia. - Universidade Federal do Tocantins UFT - Gurupi, Tocantins - Brasil. : Rua Badejos, lote 07, chácaras 69 2 71, Zona Rural. CEP: 77402-970. Email: fidelisrr@uft.edu.br, barrosbh@uft.edu.br.

2 Mestranda em produção vegetal - Universidade Federal do Tocantins UFT - Email: lptonello@gmail.com.

3 Acadêmico de Agronomia - Universidade Federal do Tocantins UFT - Email: danilo.veloso@hotmail.com, vanessa.san1@hotmail.com.

años. Se concluye que el periodo 2012/2013 tuvo las mayores medias de producción de granos; el estrés hídrico, así como el estrés de nitrógeno, reducen significativamente las ganancias productivas y; el cultivar BRS-Bonança presenta la mayor media de producción de granos.

**Palabrasclave:** *Oryza sativa*, seguridad alimentaria, estrés mineral, productividad.

## Introdução

O grande desafio do melhoramento genético é atingir a auto suficiência na produção de arroz, uma vez que tal cultura é altamente vulnerável aos fatores abióticos, justificada pela sua pequena base genética, o que dificulta ganhos adicionais em programas de melhoramento (CORDEIRO; MEDEIROS, 2010). Além do mais, o arroz representa importante fonte nutritiva para grande parte da população mundial, fornece a base para a segurança alimentar, gera empregos e renda para os países produtores (SOARES et al., 2010).

A sazonalidade ambiental, a qual a cultura do arroz é produzida, faz com que esta eventualmente sofra diversas mudanças morfofisiológicas e bioquímicas que afetam diretamente nos resultados finais de produtividade (TERRA et al., 2013). A deficiência hídrica altera significativamente diversas funções essenciais ao desenvolvimento da cultura tais como, limitação da expansão foliar, consequentemente, redução na taxa fotossintética, diminuição da abertura estomática e absorção de CO<sub>2</sub>, além da redução do vigor, altura de plantas, fertilidade do grão de pólen que por fim, resultam em reflexos negativos na produtividade (TAIZ; ZEIGER, 2009).

O nitrogênio é o macronutriente de maior exigência para as culturas, constituinte de diversos componentes das células vegetais, faz parte das moléculas de clorofila, do citocromo e de todas as enzimas e coenzimas, além de ser elemento constituinte de proteínas e ácidos nucleicos (TAIZ; ZEIGER, 2009). No arroz, tem papel fundamental no crescimento da planta, observado geralmente pelo aumento do número de perfilho, panículas por área e número de grãos por panícula, importantes constituintes que determinam a produção final, além de estimular crescimento do sistema radicular (FAGERIA et al., 2003; HENANDES et al., 2010). O elevado custo dos adubos nitrogenados, em muitas situações, tem inviabilizado o aumento da produção de pequenos agricultores, principalmente em regiões marginais de cultivo.

A produção brasileira de arroz, não tem atendido a demanda interna, entretanto, segundo CONAB (2014), o país deve plantar na safra 2013/14

área de 2,43 milhões hectares, atingindo produção de 12.350,8 mil toneladas, basicamente a mesma quantidade consumida internamente. O estado do Tocantins, que se destaca com a produção de arroz irrigado por inundação, tem previsto decréscimo de produ o do arroz no sistema de terras altas, possivelmente em virtude da substitui o por outras culturas que possuem expectativa futura de melhores preços, como a soja. Desta forma, o arroz de terras altas que já foi cultivado em todo o estado por agricultores de diferentes níveis tecnológicos, passa a ser cultivado em sua maioria se não na totalidade por pequenos produtores, com o objetivo de garantir a segurança alimentar de seus familiares.

A carga genética da planta, tanto fenótipo quanto genótipo, divergem entre si, mesmo dentro da própria espécie, quando estes recebem estímulos ambientais distintos. Assim, a expressão genética da planta irá depender da intera o planta-ambiente, e o resultado desta intera o   dado pela sua produtividade final (NUNES et al., 2012). Portanto, avaliar o comportamento da espécie durante vários anos, sob baixas aduba es e identificar os mais adaptados às varia es edafoclimáticas com menor exigência nutricional, resultará em maior retorno econ mico e redu o de custos aos produtores, incentivando a produ o oriz cula regional e o desenvolvimento socioecon mico local.

Assim, objetivou-se com este estudo avaliar o comportamento de cultivares de arroz de terras altas submetidos ao estresse de nitrogênio, no Cerrado do sul do Estado do Tocantins.

## Material e métodos

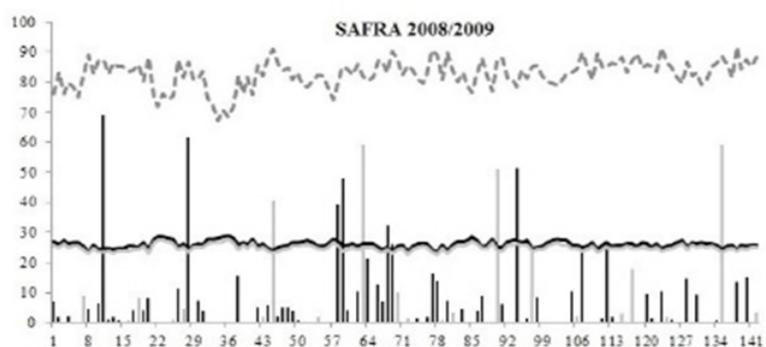
Foi realizada a instala o de cinco experimentos nas safras 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012 e 2012/2013, para a avalia o do comportamento dos cultivares de arroz, no sistema de cultivo de terras altas, sendo um na Fazenda Chaparral (safra 2008/2009), localizada no município de Gurupi, em solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico de classe textural arenosa. Os outros quatro experimentos foram instalados na esta o experimental da Universidade Federal do Tocantins, no Campus Universitário de Gurupi, sendo que o da safra 2009/2010 foi

instalado na Fazenda Experimental, todos em solo classificado como Latossolo Vermelho - Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006). Segundo o sistema de classificação de KÖPPEN (1948), o clima da região é do tipo mesotérmico com chuvas de verão e inverno seco. Os dados climáticos referentes ao período de condução dos experimentos encontram-se na Fig. 1.

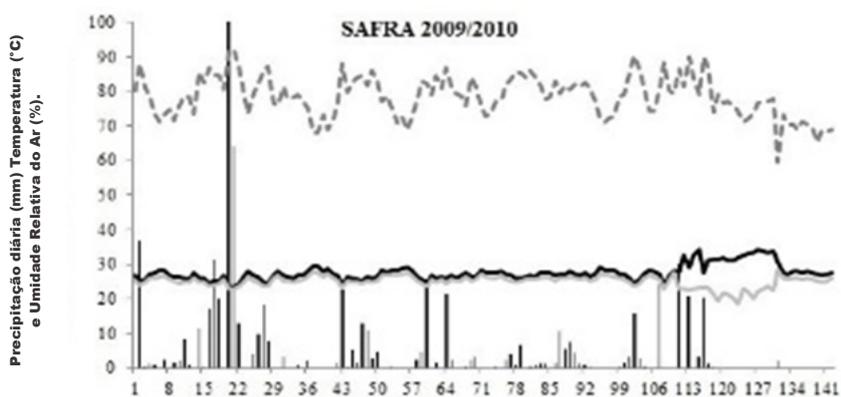
As áreas onde se instalaram os experimentos

da Fazenda Chaparral (safra 2008/09) e primeira safra na Fazenda experimental (2009/10), vinham sendo utilizadas por muitos anos com pastagens e encontravam-se em estado degradado. Como histórico de utilização da área onde se implantou os ensaios nas safras (2010/11, 2011/12 e 2012/13), consta a rotação de cultura de arroz (safra) e feijão (entressafra).

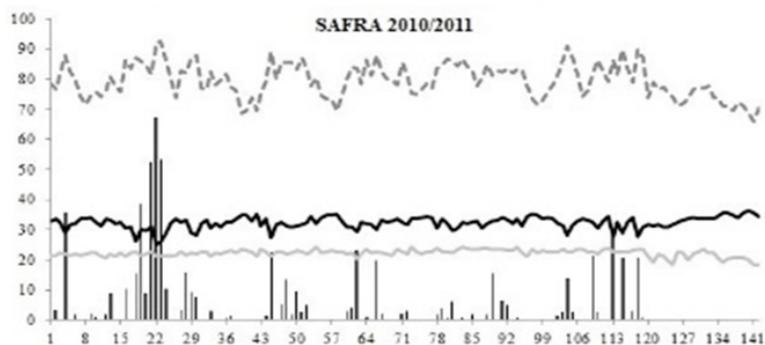
A)



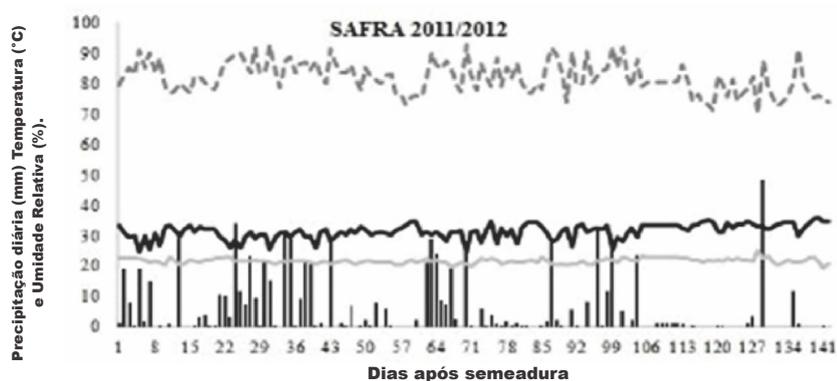
B)



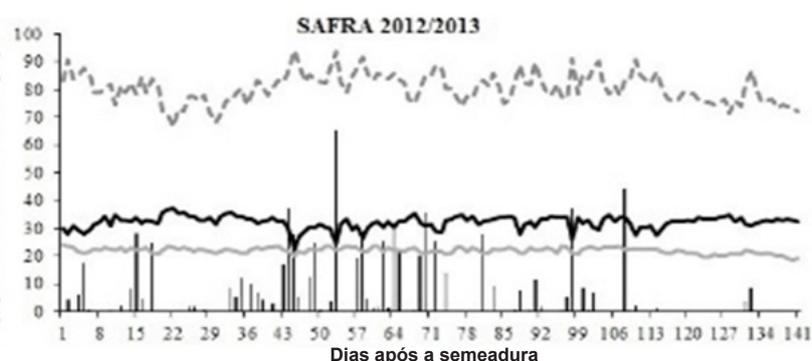
C)



D)



E)



**Figura 1.** Precipitação pluvial (mm) e Temperaturas máxima e mínima (°C) ocorridas durante cultivos de cultivares de arroz de terras altas, nas safras A) 2008/2009, B) 2009/2010, C) 2010/2011, D) 2011/2012 e E) 2012/2013 (BDMEP, 2013).

Em todos os locais de plantio foi realizado calagem para a correção da acidez do solo, porém, no ano de 2009, por ter sido feito em cima da hora do plantio o calcário não teve tempo de reagir como pode ser observado nas características químicas do solo nesta época (Tabela 1). Anterior a instalação dos experimentos, em cada ano foram coletadas amostras de solo da camada de 0-20 cm para a caracterização dos atributos químicos e físicos, que são apresentados na Tabela 1.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições, num esquema fatorial 3 x 5, constituído por três genótipos e cinco anos de cultivo. No cultivo da safra 2008/2009, cada parcela experimental foi constituída por cinco linhas de 5,0 m de comprimento espaçadas de 0,45 m e 60 sementes por metro linear, utilizando-se como área útil as três linhas centrais, desprezando 0,5 metros de cada extremidade e as duas linhas laterais obtendo assim, 5,4 m<sup>2</sup> de área útil. Nas demais safras 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 e 0,5 m de cada extremidade.

Para o estudo foram utilizados os cultivares BRS-Bonança, BRS-Primavera e BRSMG-Conai. Em todos os anos o preparo do solo se deu de forma convencional com uma gradagem pesada + grade niveladora. A sementeira foi realizada manualmente nos dias 10 de dezembro de 2008, 10 de dezembro de 2009, 11 de dezembro de 2010, 10 de dezembro de 2011 e 29 de novembro de 2012. A adubação de sementeira foi realizada no sulco de plantio segundo a análise de solo de cada ano e recomendação para o cultivo de arroz de terras altas. Na safra 2008/09 foram aplicados 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato triplo, 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio, descontando o adubo presente

no solo. Em 2009/10 foram aplicados 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato triplo e 90 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio, também descontando o adubo presente no solo. Para a safra 2010/11 foram aplicados 120 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples (17% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), descontando o P já presente no solo. O potássio foi aplicado em plantio na dosagem de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio. Já em 2011/12 e 2012/13 foi utilizado o adubo químico formulado NPK 5-25-15, aplicando-se 360 kg ha<sup>-1</sup> e 400 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, na linha de plantio.

As adubações de cobertura nas safras 2008/09 e 2009/10 ocorreram com 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia. Na safra 2010/11 foram aplicados 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia com boro e nas safras 2011/12 e 2012/13 foram aplicados 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de uréia, descontando a adubação nitrogenada realizada no sulco de plantio. Em todos os cultivos as adubações de cobertura foram realizadas em duas etapas, 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.

Os tratos culturais na safra 2008/09 e 2009/10 foram efetuados quando necessários e o controle de plantas daninhas, realizado mediante capina manual, sempre antes das adubações. Não houve necessidade de ser utilizados inseticidas e nem fungicidas durante a condução dos experimentos. Na safra 2010/11 foram utilizados para o controle das plantas daninhas quatro aplicações de herbicida, com Fenoxaprop (folha estreita) e 2,4 - D Amina (folha larga) de acordo com a recomendação indicada para a cultura do arroz. Em 2011/12 os tratos culturais foram efetuados mediante aplicação de herbicida pré-emergente para o controle de plantas daninhas com oxifluorfem (240 g i.a./ha). Antes da adubação de cobertura foi feito uma aplicação de pós-emergente utilizando o Bentazon (600 g i.a./ha). Para complementar os tratos culturais foi realizado uma capina manual logo após o florescimento. Não houve a necessidade da aplicação de inseticidas e fungicidas durante a condução do experimento. E na safra 2012/13 foi utilizado para o controle das plantas daninhas o herbicida pré-emergente oxifluorfem (240 g i.a./ha) aplicado no mesmo dia de plantio. Quanto ao herbicida pós-emergente utilizou-se fenoxaprop-P-Ethyl 6,9 EC aplicado antes do florescimento. Para complementar os tratos culturais foi realizado capina manual logo após o florescimento. Não houve

necessidade de aplicação de inseticidas e fungicidas durante a condução do experimento.

As características avaliadas foram número de dias para florescimento - dias para emissão de 50% das panículas, a partir da data de semeio; altura da planta - medida da superfície do solo até o ápice da panícula do colmo central, excluída a arista, quando presente; massa de cem grãos - massa de uma amostra de cem grãos sadios por parcela e; produtividade de grãos - produção de grãos limpos com 13% de umidade, em kg ha<sup>-1</sup>.

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 as comparações entre as médias de tratamentos, foi utilizado o teste Tukey a 5% de probabilidade, o que foi feito utilizando-se o aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2008).

## Resultados e discussão

Diante dos resultados da análise de variância (Tabela 2), foi realizado o desdobramento de um fator dentro do outro, dada a significância da interação cultivar versus ambientes para as características número de dias para florescimento, altura de plantas e massa de cem grãos, já que foi caracterizado a interdependência dos fatores, ou seja, os anos influenciaram de forma diferenciada a expressão dos cultivares. Para a característica produtividade de grãos 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 também que houve significância de todas as características para o fator ano (Tabela 2), caracterizando a variação ocorrida entre os anos de cultivo. Também verificou-se significância do fator cultivar para todas as características exceto produtividade de grãos, evidenciando a variabilidade genética existente entre os cultivares estudados. Estes resultados corroboram CARGNIN et al. (2008), que ratificam a importância de estudos com a interação genótipo x ambiente, já que é notória as mudanças edafoclimáticas de ano para ano de cultivo, encontrando assim matérias genéticos mais adaptados e com alto potencial produtivo, repercutindo em maior retorno econômico aos agricultores.

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do solo a profundidade de 0 – 20 cm nas áreas dos experimentos.

Atributos do solo	Safras				
	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13
Ca+Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,00	0,80	2,19	1,90	1,57
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,02	0,06	0,60	0,10	0,08
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,02	0,86	2,79	1,90	1,63
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,30	4,10	3,78	1,70	1,02
pH (CaCl <sub>2</sub> )	4,60	5,00	4,89	4,50	6,30
P-melich (mg dm <sup>-3</sup> )	80,00	1,20	6,90	17,90	11,12
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	7,32	4,49	6,57	3,60	2,65
V (%)	54,91	19,15	42,50	53,50	61,40
M.O (%)	1,10	18,10	2,06	5,10	13,32
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	785,20	690,10	709,08	651,90	542,40
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	38,30	40,50	47,73	123,90	54,90
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	176,50	269,30	243,19	224,30	402,70

Excetuando a característica de produtividade de grãos, foram observados baixos coeficientes de variação (CV), entre 4,08 e 14,32 (Tabela 2), mostrando, no geral, boa precisão experimental. COSTA et al. (2002) propuseram uma classificação para os valores de CV obtidos em trabalhos com arroz de terras altas, classificando o CV da produtividade de grãos (34,64%) como alto, porém, justificado devido à natureza do estudo, que está sujeito à variações pelos fatores não controláveis resultando no aumento do coeficiente de variação. Segundo BLUM (1988), este coeficiente de variação não é considerado inadequado para ensaios em campo sob condições de estresse mineral. Outros trabalhos também encontraram CV's elevados, como por exemplo, TONELLO et al. (2012 e 2013) e CANCELLIER et al. (2011) com a cultura do arroz, FIDELIS et al. (2010) na cultura do milho, e SOUSA et al. (2012) com a cultura do feijão.

Para a variável número de dias para florescimento (Tabela 3), observa-se que o cultivar BRS-Bonança compôs sempre o grupo estatístico de maiores médias, sendo portanto, considerado mais tardio (exceto para a safra 2010/11). Já o cultivar BRSMG-Conai compôs sempre o grupo de menor

média, sendo então, considerado mais precoce. Segundo FORNASIERE FILHO E FORNASIERE (2006), o cultivar BRS-Conai é classificado como material genético de ciclo precoce, já os demais, BRS-Primavera e BRS-Bonança, são classificados como semi precoce e tardio, respectivamente. A utilização de cultivares de ciclo precoce tem-se intensificado, uma vez que, o manejo dos agricultores tem priorizado a utilização da sucessão de culturas, como a safrinha, além da cultura do arroz favorecer o cultivo da soca, visando o aumento da rentabilidade da atividade agrícola (CRUSCIOL et al., 2003).

Como pode ser observado na figura 1, veranicos nas regiões de Cerrado são frequentes e contribuem significativamente para redução da produtividade, principalmente quando ocorrem em períodos críticos como o florescimento. Desta forma, cultivares de ciclo precoce tornam-se opções interessantes, pois atingem o florescimento mais rapidamente, podendo no momento do veranico, se encontrar num estágio fisiológico menos vulnerável ao déficit hídrico, não sofrendo com os decréscimos na produtividade.

Tabela 2. Resumo da análise de variância das médias de número de dias para florescimento (DF), altura de plantas (AP), massa de cem grãos (MCG) e produtividade de grãos (PROD), de três cultivares de arroz cultivados sob estresse de nitrogênio

Quadrado Médio					
FV	GL	DF	AP	MCG	PROD
CULT	2	688,75**	608,30**	2,92**	89669,51 <sup>ns</sup>
ANO	4	211,72**	205,17**	1,23**	419305,14**
CULT*ANO	8	63,80**	130,24**	0,62**	65329,14 <sup>ns</sup>
REP (ANO)	15	10,55 <sup>ns</sup>	49,98 <sup>ns</sup>	0,42*	67320,22 <sup>ns</sup>
Resíduo	30	9,34	25,01	0,13	40056,68
CV (%)		4,08	7,00	14,32	34,64
Média Geral		74,96	71,44	2,53	577,84

<sup>ns</sup> não significativo; \*\* significativo para  $p \leq 0,01$ ; \*Significativo para  $p \leq 0,05$  pelo teste F

Com relação aos anos agrícolas de cultivo, nota-se um aumento no número de dias para florescimento na safra 2009/10, quando as precipitações foram menores e mal distribuídas (Figura 1). Segundo TAIZ e ZEIGER (2009), a expansão celular da planta fica limitada quando esta passa por estresse hídrico, sendo assim, a fotossíntese fica diminuída, já que está é diretamente proporcional à unidade de área foliar, fazendo com que a cultura permaneça mais tempo em estágio vegetativo de desenvolvimento, prolongando seu ciclo. Nota-se também que, as variações de dias para florescimento dos cultivares avaliados ocorrem justamente em virtude da irregularidade das chuvas (Figura 1). Em todos os casos, a antecipação ou prolongamento do ciclo foram influenciados pelos períodos em que ocorreram as precipitações, ou seja, este estágio da cultura foi atingido quando a quantidade de água proveniente

das chuvas foi suficiente para sair da fase vegetativa e entrar em florescimento, uma possível adaptação da cultura para completar seu ciclo. Diversos autores tem verificado a tendência de aumento de ciclo dos cultivares de arroz quando submetidos à estresse hídrico (ARF et al., 2001; CRUSCIOL et al., 2003; HEINEMANN; STONE, 2009; TERRA et al., 2013).

Quanto à altura de plantas (Tabela 4), observa-se que os cultivares não apresentaram estabilidade para característica analisada, tendo médias variando de 61,15 cm para o cultivar BRSMG-Conai (safra 2012/13) à 87,2 cm para o cultivar BRS-Primavera (safra 2009/10). O cultivar BRS-Primavera com exceção da safra 2010/11, compôs sempre o grupo estatístico de maiores médias de alturas de plantas, enquanto que o cultivar BRSMG-Conai deteve as médias que compuseram os grupos de menores estaturas.

Tabela 3. Médias de número de dias para florescimento de três cultivares de arroz de terras altas cultivados sob estresse de nitrogênio no sul do estado de Tocantins

Cultivar	Dias para florescimento (dias)					Média
	Safra 08/09	Safra 09/10	Safra 10/11	Safra 11/12	Safra 12/13	
BRS-Bonança	82,50aB	89,25aA	71,15bC	77,00aBC	76,75aBC	79,33
BRS-Primavera	73,25bB	82,25bA	80,55aA	73,25aB	77,00aAB	77,26
BRSMG-Conai	72,00bA	73,75cA	63,20cB	64,50bB	68,00bAB	68,29
<b>Média</b>	<b>75,91</b>	<b>81,75</b>	<b>71,63</b>	<b>71,58</b>	<b>73,91</b>	

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

Observa-se que não houve uniformidade entre as alturas de plantas nos diferentes anos de cultivo (Tabela 4), o que também pode ser justificado pela irregularidade das precipitações pluviais, aliado à baixa disponibilidade de nitrogênio (N), pois, ambos refletem na absorção de demais nutrientes, e por ser uma característica dependente do conjunto de fatores como, luminosidade, temperatura e umidade, sua expressão se dá de forma variada (HERNANDES et al., 2010). Mesmo com as baixas precipitações ocorridas na safra 2010/11, as plantas apresentaram médias de alturas satisfatórias, devido possivelmente ao fato de terem recebido água insuficiente para florescer, permanecendo em estágio vegetativo, redistribuindo os produtos da fotossíntese para a planta e desencadeando maiores alturas. Nas demais safras, ao receberem umidade suficiente para completar seu ciclo, assim o fizeram, reservando os fotoassimilados para o enchimento de grãos.

Analisando a característica massa de cem grãos (Tabela 5), verifica-se que o cultivar BRSMG-Conai compôs sempre o grupo de maiores médias. Elevadas massa de cem grãos são desejadas, já que é um atributo diretamente relacionado à produtividade.

Nota-se que houve pequena variação para a característica massa de cem grãos ao longo dos anos de cultivo (Tabela 5), justificado, possivelmente, pela variável ser uma característica intrínseca à cada

cultivar, e ser basicamente dependente do tamanho da casca (FORNASIERI FILHO; FORNASIERI, 2006). BOLDIERI et al. (2010) verificaram que a característica é dependente da densidade do grão, sendo assim, a influência de fatores como estande, e/ou índice de fertilidade de espiguetas podem trazer respostas diferenciadas em cada cultivar e em cada ciclo de cultivo, influenciando na massa unitária dos grãos. Dentre os anos de cultivo a safra 2010/11, foi a que apresentou as maiores médias de massa de cem grãos, mesmo sob fortes restrições hídricas. Possivelmente, os cultivares não foram influenciados pelo estresse hídrico no período de enchimento de grãos, e provavelmente o menor perfilhamento dos cultivares (observações de campo), decorrentes das menores precipitações, bem como, o estresse nutricional, favoreceu ao redirecionamento dos produtos da fotossíntese para um menor número de grãos, tornando-os mais pesados.

O fator água, assim como a adubação nitrogenada podem ter influenciado em reduções na massa de cem grãos nos cultivares, já que são componentes essenciais para o enchimento de grãos, e quando o déficit ocorre no período crítico da cultura, como o florescimento e a fase de enchimento de grãos, ocorre diminuição da formação e redistribuição de fotoassimilados para a planta, resultando no abortamento de flores e menor peso de grãos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

**Tabela 4.** Médias de altura de plantas de três cultivares de arroz de terras altas cultivados sob estresse de nitrogênio no sul do estado de Tocantins

Cultivar	Altura de Plantas (cm)					Média
	Safra 08/09	Safra 09/10	Safra 10/11	Safra 11/12	Safra 12/13	
BRS-Bonança	67,05aBC	71,00bABC	79,00aA	75,60aAB	64,50bC	71,43
BRS-Primavera	70,05aBC	87,20aA	68,00bC	80,25aAB	79,35aAB	76,97
BRSMG-Conai	63,55aAB	72,65bA	65,75bAB	66,60bAB	61,15bB	65,94
<b>Média</b>	<b>66,88</b>	<b>76,95</b>	<b>70,91</b>	<b>74,15</b>	<b>68,33</b>	

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

Com relação à produtividade de grãos (Tabela 6), não houve diferenças significativas entre as médias dos cultivares analisados, e os baixos valores de produtividade de grãos obtidos, foi resultado direto do estresse hídrico e nutricional ao qual foram submetidos os cultivares, condições muito comum no estado, considerando que os agricultores que

produzem sob sistema de terras altas não dispõem de alta tecnologia e insumos.

O ano agrícola 2012/13, resultou nas maiores médias de rendimento de grãos apesar de não ter diferido do ano agrícola 2008/09 (Tabela 6), devido a ocorrência de melhores e mais bem distribuídas precipitações. O período e a intensidade de ocorrência

**Tabela 5.** Médias de massa de cem grãos de três cultivares de arroz de terras altas cultivados sob estresse no sul do estado de Tocantins

Cultivar	Massa de cem grãos (g)					Média
	Safra 08/09	Safra 09/10	Safra 10/11	Safra 11/12	Safra 12/13	
BRS-Bonança	2,46bAB	2,47aAB	2,52bA	2,55aA	1,74bB	2,35
BRS-Primavera	2,41bA	2,40aA	2,75bA	1,30bB	2,54aA	2,28
BRSMG-Conai	3,30aAB	2,77aBC	3,53aA	2,47aC	2,80aABC	2,97
<b>Média</b>	<b>2,73</b>	<b>2,55</b>	<b>2,93</b>	<b>2,1</b>	<b>2,36</b>	

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

do déficit hídrico nas demais safras podem justificar a redução de produtividade destes anos. Segundo HEINEMANN e STONE (2009), a fase crítica da cultura do arroz compreende os estágios de florescimento e enchimento de grãos, e ainda segundo HEINEMANN (2010), as perdas na produtividade de grãos dos cultivares de arroz podem ultrapassar a marca de 50%, devido ao estresse hídrico, causando grandes prejuízos aos orizicultores. O fator água exerce uma diversidade de funções fisiológicas e metabólicas nas plantas, assim sua restrição limita e até inibe certas funções principalmente a translocação dos produtos da fotossíntese, resultando nas menores produtividades de grãos TAIZ; ZEIGER (2009). CRUSCIOL et al. (2001), SILVA et al. (2009) e NUNES et al. (2012) verificaram que existe correlação entre estresse hídrico e os componentes de produtividade, o que resulta em decréscimos de produtividade.

Além do mais, aliado ao déficit hídrico, o estresse nutricional provocado na cultura do arroz, com o elemento nitrogênio, que é constituinte indispensável para o funcionamento e metabolismo da planta, pode ter intensificado as reduções de

produtividades de grãos, já que a deficiência nutricional deste componente compromete todo o desenvolvimento da cultura do arroz, desde reduções no perfilhamento, número de panículas e grãos por panícula, peso de grãos, afetando a produtividade de grãos (HENANDES et al., 2010).

Estudos do comportamento de mais cultivares de arroz em sistema de terras altas na região do Estado do Tocantins, são carentes e necessários, pois, grande parte do público local possuem poucos recursos tecnológicos e financeiros para se atingir níveis de produtividade satisfatórios e não podem continuar desassistidos de informações científicas e/ou recomendações de cultivares que produzam satisfatoriamente mesmo sob condições de restrições hídricas e nutricionais. Desta forma, estes resultados contribuem para viabilizar o cultivo de arroz na região, com cultivares que respondam satisfatoriamente o nível tecnológico empregado pelos agricultores locais, diminuindo custos de produção e maximizando os ganhos produtivos.

**Tabela 6.** Médias de produtividade grãos de três cultivares de arroz de terras altas cultivados sob estresse de nitrogênio no sul do estado de Tocantins

Cultivar	Produtividade de grãos (kg ha <sup>-1</sup> )					Média
	Safra 08/09	Safra 09/10	Safra 10/11	Safra 11/12	Safra 12/13	
BRS-Bonança	802,4	538,75	489,48	508,33	818,85	631,56a
BRS-Primavera	765,35	528,57	391,94	338,88	970,94	599,13a
BRSMG-Conai	385,67	676,55	399,09	297,91	754,9	502,82a
<b>Média</b>	<b>651,14AB</b>	<b>581,29BC</b>	<b>426,83BC</b>	<b>381,70C</b>	<b>848,23A</b>	

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

## Conclusões

O ano agrícola 2012/13 resultou nas maiores médias de produtividade de grãos;  
O estresse hídrico, assim como o estresse

de nitrogênio, reduzem significativamente as produtividades de grãos;

O cultivar BRS-Bonança atingiu a maior média de produtividade de grãos para a maioria dos anos agrícolas.

## Referências

ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; CRUSCIOL, C.A.C. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 36, n. 6, p. 871 - 879, 2001.

BDMEP. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Banco de dados. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 28 de novembro 2013.

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

BOLDIERI, F.M.;CAZETTA, D.A.;FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada em cultivares de arroz de terras altas. Revista Ceres, Viçosa, v.57, n.3, p.421-428, 2010.

CANCELLIER, E.L.;BARROS, H.B.;KISCHEL, E.;GONZAGA, L.A.M.; BRANDÃO, D.R.;FIDELIS, R.R. Eficiência agrônoma no uso de nitrogênio mineral por cultivares de arroz de terras altas. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 6, n. 4, p. 650 - 656, 2011.

CARGNIN, A.; SOUZA, M.A.; PIMENTEL, A.J.B.; FOGAÇA, C.M. Interação genótipos e ambientes e implicações na adaptabilidade e estabilidade de arroz sequeiro. Revista Brasileira Agrociência, Pelotas, v. 14, n. 3 - 4, p. 49 - 57, 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira de grãos 13/14 quarto levantamento, Janeiro 2014 Conab, 2014. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br/>> Acesso em: 24 de janeiro de 2014.

CORDEIRO, A.C.C.; MEDEIROS, R.D. Desempenho produtivo de genótipos de arroz oriundos de hibridação interespecífica entre *Oryza sativa* e *Oryza glumaepatula*, em várzea de Roraima. Amazônia: Ciência & Desenvolvimento, Belém, v.5, n.10, p.7-15, 2010.

COSTA, N.H.A.D.; SERAPHIN, J.C.; ZIMMERMANN, F.J.P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 37, n. 3, p. 243 - 249, 2002.

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, Rio de Janeiro, v. 37, n. 1, p. 10 - 15, 2003.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Brasília: EMBRAPA, 2006. 306 p.

FAGERIA, N.K.; SLATON, N.A.; BALIGAR, V.C. Nutrient management for improving lowland rice productivity and sustainability. Advance Agricola, Newark, v.80, p.63-152, 2003.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium, Lavras v. 6, n. 2, p. 36 - 41, 2008.

FIDELIS, R.R.; MIRANDA, G.V.; FALUBA, J.S. Capacidade de combinação de populações de milho tropicais sob estresse de baixo nitrogênio. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 358 - 366, 2010.

- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. Manual da cultura do arroz. Funep, Jaboticabal, p. 589. 2006.
- HEINEMANN, A.B.; STONE, L.F. Efeito da deficiência hídrica no desenvolvimento e rendimento de quatro cultivares de arroz de terras altas. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 134 - 139, 2009.
- 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.
- HERNANDES, A.; SALATIER, B.; ANDREOLLI, M.; ART, O.; SÁ, M.E. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em cultivares de arroz. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 34, n. 2, p. 307 - 312, 2010.
- KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.
- NUNES, T.V.; ADORIAN, G.C.; TERRA, T.G.R.; LEAL, T.C.A.; SANTOS, A.C.; RAMOS, PS. Aspectos produtivos de linhagens de arroz de terras altas sob déficit hídrico. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 7, n. 1, p. 51 - 57, 2012.
- SILVA, E.A.; SORATTO, R.P.; ADRIANO, E.; BISCARO, G.A. Avaliação de cultivares de arroz de Terras Altas sob condições de sequeiro em Cassilândia, MS. Ciência e agrotecnologia, Lavras, v. 33, n. 1, p. 298 - 304, 2009.
- SOARES, E.R.; BASEGGIO, E.A.; LONDRERO, L.S.; CORREA, S.C.S.; ROSSINI, V.P.; ZOLINGER, T.I.; KLAHOLD, C.A.; GALON, L. Componentes de produção e produtividade de arroz híbrido de sequeiro comparado a três cultivares convencionais. Acta agrônômica, Vilhena, v. 59, n. 4, p. 435 - 441, 2010.
- SOUSA, A.S.; SILVA, J.; VENÂNCIO, J.L.; OLIVEIRA, C.O.; BARROS, H.B.; FIDELIS, R.R. Efeito do nitrogênio em genótipos de feijão cultivados em várzea úmida irrigada do Estado do Tocantins. Journal of Biotechnology and Biodiversity, Gurupi, v. 3, n. 2, p. 80 - 88, 2012.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, p.722, 2009.
- TERRA, T.G.R.; LEAL, T.C.A.B.; BORÉM, A.; RANGEL, H.N.R. Tolerância de linhagens de arroz de terras altas à seca. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 201 - 208, 2013.
- TONELLO, L.P.; SILVA, J.; RAMOS, D.P.; SOUSA, S.A.; FIDELIS, R.R. Eficiência do uso de fósforo em genótipos de arroz cultivados em solos de terras altas. Revista Verde, Mossoró, v. 7, n. 2, p. 25 - 32, 2012.
- TONELLO, L.P.; SOUSA, S.A.; GONÇALVES, G.M.O.; FERES, C.I.M.A.; RAMOS, D.P. Comportamento de cultivares de arroz de terras altas sob níveis de fósforo e potássio. Revista Verde, Mossoró, v. 8, n. 2, p. 247 - 256, 2013.