

# Tolerância de Linhagens Elite de Arroz de Terras Altas ao Estresse Hídrico

Adriano Pereira de Castro<sup>1</sup>; José M. Colombari Filho<sup>2</sup>; Orlando Peixoto de Moraes<sup>3</sup> e Cleber M. Guimarães<sup>4</sup>

## Resumo

Aproximadamente 160 milhões de hectares são cultivados com arroz anualmente no mundo, produzindo cerca de 688 milhões de toneladas. O Brasil é o maior produtor de arroz fora da Ásia, com uma safra anual de aproximadamente 12 milhões de toneladas. O estresse hídrico é um fator limitante no cultivo do arroz de terras altas. Este fator abiótico se torna ainda mais severo quando consideradas as condições dos solos do cerrado brasileiro. O objetivo deste trabalho foi avaliar linhagens-elite do programa de melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa quanto a sua tolerância ao estresse hídrico. Para todas as características avaliadas foi significativo o efeito do estresse hídrico na redução da produtividade final, seja pelo subdesenvolvimento das plantas e/ou problemas de esterilidade. Desta forma, destaca-se sob condições de estresse a queda de produtividade de aproximadamente 1930 Kg/ha, o aumento do período vegetativo em 4,6 dias, redução da média de altura de plantas em 14,8 cm, redução do peso de grãos da ordem de 4%, aumento da esterilidade de espiguetas em 93,4 %, redução da nota visual de suscetibilidade à seca em 1,45 pontos. Nessas circunstâncias foram identificados como melhores genótipos as linhagens AB 062138 e BRA 052033, por terem apresentado ao mesmo tempo melhor produtividade quando irrigado adequadamente e melhor tolerância à seca.

## Introdução

Aproximadamente 160 milhões de hectares são cultivados com arroz anualmente no mundo, produzindo cerca de 688 milhões de toneladas (Agrianual 2011). O Brasil é o maior produtor de arroz fora da Ásia, com uma safra anual de aproximadamente 12 milhões de toneladas, quase toda obtida de dois sistemas de cultivo: várzeas com irrigação e terras altas em condições de sequeiro. Considera-se que a maioria das variedades de arroz de terras altas é da subespécie *japonica* tropical e aquelas cultivadas com irrigação, do grupo *indica*.

O estresse hídrico é um fator limitante no cultivo do arroz de terras altas. Este fator abiótico se torna ainda mais severo quando consideradas as condições dos solos do cerrado brasileiro. A ocorrência do estresse, normalmente conhecidos como veranicos, causa uma série de problemas que afetam de maneira significativa o desenvolvimento da planta e a produtividade. As principais consequências diretas são o atraso no florescimento, o aumento do ciclo da cultura, a esterilidade de espiguetas, a má emissão de panículas, a má formação dos grãos, a menor porcentagem de grãos cheios, grãos com peso médio inferior, a morte de tecidos foliares e a redução de produtividade.

Embora a espécie seja altamente exigente no suprimento de água, há variabilidade genética quanto a este caráter, sendo possível a obtenção de variedades mais tolerantes ao estresse hídrico. O desenvolvimento de variedades tolerantes com ampla adaptação a diversidade local e temporal, através do melhoramento genético de plantas, é uma das estratégias mais promissoras para a minimização do problema (O'Toole 2004). Segundo Lafitte & Courtois (2002), cultivares de arroz, mais tolerantes à deficiência hídrica e que mantenham crescimento e produtividade quando há redução da água no solo, são necessárias para estabilizar a produção.

O programa de melhoramento do arroz de terras altas da Embrapa tem trabalhado com o incremento da tolerância ao estresse hídrico em arroz desde 2004. Entretanto, apesar dos progressos já alcançados, há necessidade de um trabalho contínuo no desenvolvimento de novas linhagens promissoras. O objetivo deste trabalho foi avaliar linhagens-elite do programa de melhoramento de arroz de terras altas da Embrapa quanto a sua tolerância ao estresse hídrico.

## Material e Métodos

O ensaio de valor de cultivo e uso (VCU) é um ensaio multilocal onde cada linhagem é avaliada quanto ao rendimento de grãos e outras características qualitativas de interesse. As melhores linhagens, avaliadas por pelo menos dois anos em diversos locais, podem ser lançadas como novas cultivares.

<sup>1</sup> Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Arroz e Feijão, 75375-000, Caixa Postal 179, Santo Antônio de Goiás, Goiás, apcastro@cnpaf.embrapa.br (autor correspondente).

<sup>2</sup> Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Arroz e Feijão, colombari@cnpaf.embrapa.br.

<sup>3</sup> Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Arroz e Feijão, peixoto@cnpaf.embrapa.br.

<sup>4</sup> Doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Arroz e Feijão, cleber@cnpaf.embrapa.br.

Os ensaios VCU da safra 2009/10 foram avaliados a campo, na estação seca, em experimentos conduzidos na Estação Experimental da SEAGRO, em Porangatu/GO, sob duas condições hídricas diferentes, ou seja, um sob a presença de estresse hídrico e outro, sob condições adequadas de suprimento de água. O controle do turno de irrigação foi ajustado conforme a evapotranspiração da cultura, através do auxílio de tensiômetros alocados sistematicamente dentro da área experimental e com a cápsula porosa instalada a 15 cm de profundidade no solo. Assim, a ausência de estresse hídrico foi caracterizada pelas condições adequadas de água no solo, durante todo o ciclo da cultura, através de irrigações de aproximadamente 25 mm sempre que a tensão de água no solo atingiu - 0,025 MPa. Porém, no ambiente sob déficit hídrico, não sofreu discriminação na lâmina de água fornecida até o 30º dia após a emergência das plântulas, quando a partir de então foi provocado o estresse abiótico com a redução da lâmina de água em 50% daquela aplicada no ambiente sem déficit hídrico. Constatações anteriores têm demonstrado que esse nível de estresse pode promover uma redução na produtividade na ordem de 50% a 70%, dependendo das demais condições atmosféricas.

Cada ensaio VCU continha 12 linhagens e quatro cultivares testemunhas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições. Cada parcela era composta por 4 linhas de 5 metros. Foram avaliadas a resistência às doenças (brusone foliar, brusone de pescoço, escaldadura, mancha-parda e mancha-de-grãos), altura de plantas, acamamento, número de grãos vazios, cheios e peso de grãos cheios em dez panículas, peso de 100 grãos e produtividade de grãos. Além disso, foi atribuída uma nota visual de suscetibilidade à seca (nota varia de 1 a 5, sendo a nota 1 o indesejável, plantas mortas pelo estresse hídrico).

Os resultados dos VCUs foram analisados individualmente, em conjunto por safra e em conjunto através do programa SAS (Statistical Analysis System), por meio de seu procedimento GLM (SAS Institute 2002).

## Resultados e Discussão

O ensaio de campo foi instalado no dia 10 de maio de 2010 e no geral, apresentou boas condições de cultivo. O controle de ervas daninhas foi efetivo e não houve a incidência significativa de doenças. As condições climáticas durante a realização do experimento favoreceram a aplicação do estresse hídrico nas parcelas onde este fator era um dos tratamentos. Não foram anotadas precipitações durante os meses de maio, junho, julho e agosto, o que correspondeu ao ciclo completo da maioria dos materiais instalados nos ensaios. Este fato foi de fundamental importância para uma maior confiabilidade nos resultados, já que os volumes de irrigação eram controlados nos tratamentos com e sem estresse hídrico.

Os resultados da análise de variância estão representados na tabela 1. Com relação ao tratamento hídrico, representado na tabela 1 por ensaios, foi verificada a existência de diferença significativa entre os dois regimes hídricos aplicados. O mesmo pode ser observado para os tratamentos, que representa os 16 materiais genéticos de arroz de terras altas testados.

As médias de produtividade em condições plenas de irrigação e sob estresse hídrico foram de 3366 e 1434 Kg/ha respectivamente. Os coeficientes de variação nas análises individuais foram de 16,9 e 37% para irrigado plenamente e sob estresse, e de 27,1% na análise conjunta. Estes valores para o CV são considerados aceitáveis em experimentos envolvendo estresse hídrico, pois as quedas de produtividade quando o estresse hídrico é aplicado geram grandes contrastes com as médias sob condições de irrigação plena para um mesmo tratamento, o que normalmente tende a elevar o valor do CV.

**Tabela 1.** Resultados da análise de variância conjunta dos ensaios VCU safra 2010 para a característica produtividade. FV: fonte de variação; GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; F: valor do teste F.

FV	GL	SQ	QM	F Value	Pr > F
ENSAIOS	1	113.031.318,10	113.031.318,10	306,9	<,0001
REP/ENSAIOS	6	6.628.616,90	1.104.769,50	3,0	0,0098
TRATAMENTOS	15	13.450.373,80	896.691,60	2,43	0,0046
RESÍDUO	99	36.461.382,80	368.296,80		
TOTAL	121	169.736.626,80			

As diferenças entre o bloco submetido ao estresse e o bloco em condições normais de irrigação eram nítidas. Em geral, os materiais sob estresse, apresentavam menor estatura, enrolamento de folhas constante, atraso no florescimento, grande número de espiguetas estéreis e menor produtividade. Dentro do bloco submetido ao estresse, pôde ser observado que os materiais mais precoces apresentavam menores danos e maior

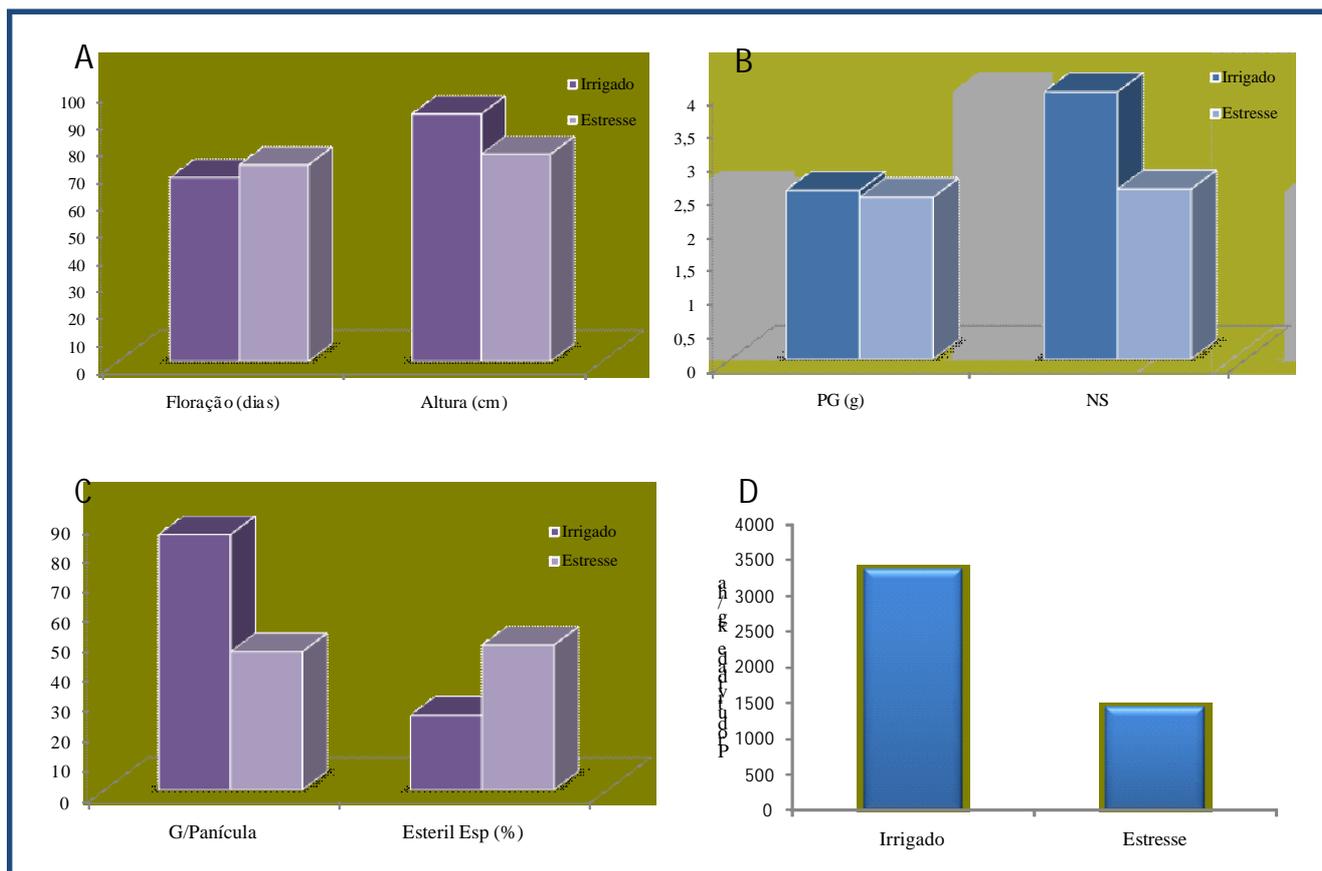
produtividade. Já nos blocos onde não fora aplicado o estresse hídrico, apesar da ocorrência de espiguetas estéreis, a média de produtividade foi 58% maior em relação a média sob condições de estresse.

Algumas características avaliadas nos ensaios VCU estão representadas nas tabelas 1. Para todas as características avaliadas foi significativo o efeito do estresse hídrico na redução da produtividade final, seja pelo subdesenvolvimento das plantas e/ou problemas de esterilidade. Desta forma, destaca-se sob condições de estresse a queda de produtividade de aproximadamente 1930 Kg/ha, o aumento do período vegetativo em 4,6 dias, redução da média de altura de plantas em 14,8 cm, redução do peso de grãos da ordem de 4%, aumento da esterilidade de espiguetas em 93,4 %, redução da nota visual de suscetibilidade à seca em 1,45 pontos. Esses resultados estão representados graficamente na figura 1.

**Tabela 2.** Efeitos do estresse hídrico nas características avaliadas nos ensaios VCU. O CV representa o coeficiente de variação encontrado após a análise estatística dos dados.

Característica	Irrigado		Estresse		Efeitos do Estresse
	Média	CV%	Média	CV%	
Floração (dias)	67,4	4,2	72	4,6	Aumento do ciclo em 4,6 dias
Altura (cm)	90,7	18,4	75,9	7,35	Redução na altura de 14,8 cm
Peso de 100 grãos (g)	2,51	8,1	2,41	9,8	Redução de 0,1 g
Grãos/Panícula	84,9	10,5	45,9	Redução de 39 grãos/panícula	
Esterilidade de Espiguetas (%)	24,8	11	48,1	12,2	Aumento da esterilidade em 23,3%
NS (nota)	3,98	7,43	2,53	26,8	Redução de 1,45 na nota
Produtividade (Kg/ha)	3366	16,9	1434	37	Redução de 1932 Kg/ha

**Figura 1.** Efeitos do estresse hídrico nas características avaliadas nos ensaios VCU. Nos gráficos estão representadas as situações de irrigação plena e estresse hídrico. A: floração e altura de plantas; B: peso de 100 grãos e nota de suscetibilidade à seca; C: grãos por panícula e esterilidade de espiguetas; D: produtividade de grãos.



**Tabela 3.** Resultados de produtividade média, produtividade no ambiente irrigado adequadamente e sob estresse hídrico em Kg/ha. Genótipos ranqueados em ordem decrescente.

Ranqueamento	Genótipo	Produção Média	Produção Irrigado	Produção Estresse
1	AB062138	2943	4121	1765
2	BRS_Sertaneja	2769	3733	1805
3	BRA052033	2765	4004	1370
4	BRS_Primavera	2701	3241	2161
5	AB062037	2699	4239	1160
6	BRA052045	2559	3883	1235
7	AB062008	2498	3745	1094
8	BRA052034	2474	3329	1619
9	BRSGO_Serra Dourada	2471	3137	1806
10	AB062041	2256	3208	1304
11	AB062104	2201	3336	1066
12	CMG 1152	2153	2915	1419
13	BRA052023	2053	2650	1585
14	AB062048	1996	2993	1000
15	AB062045	1861	2735	1074
16	BRSMG_Curinga	1828	2477	1246

Considerando se que a tolerância à seca seja uma característica agregada de uma cultivar, pois a ocorrência de deficiência hídrica é, na maioria das vezes, esporádica, a cultivar deve acumular dupla aptidão, alta produtividade sob condições adequadas de água no solo e tolerância à seca. Nessas circunstâncias foram identificados como melhores genótipos as linhagens AB 062138 e BRA 052033, por ter apresentado ao mesmo tempo melhor produtividade quando irrigado adequadamente e melhor tolerância à seca. Destacaram-se também as cultivares BRS Sertaneja e BRS Primavera com boas produtividades nos dois ambientes. Esses ensaios serão repetidos novamente na estação seca em 2011.

#### Referências

- Agrianual (2011) **Anuário estatístico da Agricultura Brasileira. Arroz.** FNP, São Paulo p.161-167.
- Lafitte HR and Courtois B (2002) Interpreting cultivar x environment interactions for yield in upland rice: assigning value to drought-adaptive traits. **Crop Science.** 42: 1409-1420.
- O'Toole JC (2004) Rice and water: the final frontier. **The first international conference on rice for the future**, Ed. The Rockefeller Foundation, Bangkok, Thailand, p 26.
- SAS INSTITUTE (2004). SAS/STAT 9.1 user's guide. SAS Inst., Cary, NC.