

## RESPOSTAS ADAPTATIVAS DE TRÊS PARENTAIS DE ARROZ DE TERRAS ALTAS À DEFICIÊNCIA HÍDRICA

**CASTRO**, Lucas Mendonça<sup>1</sup>, **HEINEMANN**, Alexandre Bryan<sup>2</sup>, **STONE**, Luís Fernando<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Aluno de Graduação de Agronomia pela Universidade Federal de Goiás e estagiário bolsista pela Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás – GO.

E-mail: [lucasmcagro@gmail.com](mailto:lucasmcagro@gmail.com)

<sup>2</sup>Doutor Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás – GO.

E-mail: [alexbh@cnpaf.embrapa.br](mailto:alexbh@cnpaf.embrapa.br)

<sup>3</sup>Doutor Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás – GO.

E-mail: [stone@cnpaf.embrapa.br](mailto:stone@cnpaf.embrapa.br)

### INTRODUÇÃO

A demanda por arroz no Brasil e no mundo tem aumentado consideravelmente. Todavia, a área disponível para a produção do arroz irrigado no Sul é limitada, principalmente devido às restrições ambientais e sociais, como a demanda por água pelas indústrias e uso doméstico. Também, devido à segurança alimentar, não é uma estratégia recomendada concentrar a produção de arroz somente em dois Estados da região sul. Isso pode aumentar o risco de desabastecimento, caso haja fatores climáticos adversos nessa região. Assim, existe um grande interesse na melhoria do sistema de produção agrícola de arroz de terras altas na região central do Brasil. A produtividade nessa região apresenta uma alta variabilidade espacial e temporal ocasionada principalmente pela variação na precipitação. É comum a ocorrência de veranicos durante as fases de desenvolvimento do arroz de terras altas. Conforme a fase fenológica da cultura, somados a outros fatores ambientais, como alta temperatura e radiação, esses veranicos podem ocasionar a deficiência hídrica da planta, reduzindo a produtividade. Como artifício para evitar maiores prejuízos à cultura do arroz, pode-se selecionar cultivares classificadas como tolerantes ou moderadamente tolerantes à seca. Atualmente, essa classificação é obtida em função do índice de redução de produtividade, sendo a razão entre o rendimento de grãos em condições de déficit hídrico e o rendimento potencial (sem deficiência hídrica), em experimentações a campo. Porém, o enfoque em apenas um índice, o de redução de produtividade, tem falhado em identificar a existência de mecanismos fisiológicos tolerantes à seca e processos morfológicos que poderiam ser utilizados no melhoramento. Diante dessa situação, estratégias de manejo agrônomo e genético devem enfatizar ao máximo a extração da água disponível no solo e sua eficiência de uso para o estabelecimento, crescimento, desenvolvimento e rendimento da cultura. Nesse contexto, o estudo sobre a fração de água transpirável do solo (FTSW), mostra-se um importante instrumento para programas de melhoramento de arroz de terras altas, principalmente no que tange a tolerância à seca. Dependendo das condições de deficiência hídrica, a taxa de transpiração é reduzida devido à inibição do desenvolvimento da área foliar da planta e em função da diminuição fotossintética, pois as trocas de gases, vapor de água e CO<sub>2</sub>, ocorrem simultaneamente através dos estômatos (Fischer & Fukai, 2003). Plantas respondem ao declínio do potencial de água das folhas por meio do ajuste osmótico

(AO), como um resultado do acúmulo de solutos dentro da célula para ajudar a manter a turgescência da parte aérea e raiz (Turner et al., 2000). Isso permite processos dependentes da turgescência, como abertura dos estômatos e crescimento, a continuarem a taxas reduzidas em condições de declínio do potencial de água da folha (Jones, 1992). A quantificação da razão entre o déficit hídrico do solo e o potencial de água da folha possibilita selecionar linhagens que possuam maior eficiência do uso da água, ou seja, valores altos para a razão fotossíntese/transpiração (Dingkuhn et al., 1989). De acordo com Ritchie (1981), os processos fisiológicos como fotossíntese, transpiração e crescimento de folhas teriam respostas similares em diferentes condições ambientais quando comparados em função da fração total de água do solo transpirada. Nesse caso, o déficit hídrico no solo é caracterizado pelo FTSW remanescente no solo. Isso permite observar o desempenho de plantas, sob a mesma condição de reservatório de água, permitindo comparações entre espécies (Sinclair & Ludlow, 1986) e cultivares (Ray & Sinclair, 1997).

Esse estudo teve como objetivo avaliar as respostas adaptativas de três diferentes parentais de arroz de terras altas (Douradão, BRS Primavera e BRS Soberana) à deficiência hídrica.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Três diferentes cultivares de arroz de terras altas, BRS Soberana, Douradão e BRS Primavera, foram cultivadas em casa de vegetação, localizada na Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, GO. Dois ensaios foram estabelecidos e os mesmos foram denominados crescimento potencial (CP) e deficiência hídrica (DH). O delineamento experimental, para ambos os ensaios, foi inteiramente aleatorizado, utilizando quatro repetições por cultivar. As cultivares foram semeadas em 07/01/2008, em vasos plásticos com 26 cm de diâmetro e 22 cm de altura, preenchidos com 7 kg de solo classificado como Latossolo Vermelho distrófico. De acordo com a análise de solo, aplicou-se em cada vaso; 12 g de calcário (PRNT = 70%), 2,10 g KCl, 7 g de super simples, 50 ml de nitrato de amônio, 5 mg de sulfato de zinco, sulfato de cobre, ácido bórico e molibdênio. Duas aplicações de nitrogênio (50 mg/kg /vaso) foram realizadas, a primeira em 15/02 e a segunda em 27/02. O primeiro desbaste foi realizado no estádio V2, deixando duas plantas por vaso e o segundo desbaste, no estádio V6, deixando apenas uma planta por vaso.

Nos dois ensaios, CP e DH, as plantas foram cultivadas em condições ideais, sem deficiência hídrica e mineral, até a diferenciação da panícula (DP). Isso porque de acordo com Heinemann et al. (2008), na região Centro-Oeste, a maior probabilidade de ocorrência da deficiência hídrica é no início da fase reprodutiva, ou seja, na DP. A partir da DP, todos os vasos, para ambos os ensaios CP e DH, foram vedados com saco plástico preto, margeando o colmo das plantas, para reduzir a evaporação superficial. Nessa fase, todos os vasos foram irrigados com uma lâmina de 1500 ml para atingir a capacidade total de armazenamento de água do solo (CTAV). No ensaio CP, as cultivares foram mantidas na CTAV. Esse ensaio foi considerado controle. No ensaio DH, as cultivares foram submetidas ao déficit hídrico até a morte das mesmas. Os vasos foram pesados todos os dias, pela manhã, entre as 8:00 e 9:00 horas, até a morte completa das plantas. No tratamento CP, as plantas foram irrigadas quando houve uma variação de 10% no peso dos vasos em relação ao peso dos mesmos na

CTAV. A fração transpirada de água do solo (FTSW), definida por Sinclair & Ludlow (1986), foi calculada diariamente para os vasos do tratamento DH. Primeiramente, foi determinada a quantidade total de água nos vasos disponível para a transpiração (TTSW). A TTSW foi calculada pela diferença entre os valores de peso dos vasos para o ensaio DH.

Os valores diários do FTSW foram estimados em função da razão entre a quantidade de água remanescente nos vasos, disponível a transpiração, e o TTSW.

$$FTSW = \frac{PT_n - PT_f}{TTSW} \quad \text{eq. 1}$$

sendo

FTSW - fração transpirada de água do solo;

PT<sub>n</sub> – peso atual do vaso em uma determinada data, em g;

PT<sub>f</sub> – peso do vaso quando a taxa de transpiração das plantas do ensaio DH for menor que 10% do ensaio controle (CP), em g;

TTSW - quantidade total de água do solo disponível para transpiração, em g.

A taxa relativa de transpiração (TRT) dos genótipos do ensaio DH foi calculada diariamente pela divisão da taxa de transpiração de cada planta desses tratamentos pela taxa média de transpiração das plantas do ensaio CP, para cada grupo de cultivar. A transpiração acumulada de cada planta foi calculada em função da soma da água total transpirada durante o período do ensaio.

Os dados obtidos da TRT e FTSW foram ajustados pelo seguinte modelo não linear:

$$TRT = \frac{1}{(1 + a * \exp(-b * FTSW))} \quad \text{eq. 2}$$

sendo,

a e b – parâmetros empíricos.

O ajuste do modelo foi realizado utilizando-se o programa estatístico R v.2.6.2 (R Development Core Team, 2005), pacote LME, função nls.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Fig. 1 mostra a eq. 1 ajustada para as cultivares Douradão, Primavera e Soberana. Observa-se que o melhor ajuste ocorreu para a cultivar Douradão (Fig. 1a), que apresentou os menores intervalos de confiança, seguida da Soberana (Fig. 1c) e Primavera (Fig. 1b).

A hipótese utilizada nesse estudo baseia-se no fato de que os processos morfofisiológicos de uma cultura são afetados a partir do momento que a umidade do solo decresce de um determinado valor e que há variação entre genótipos no processo de adaptação da cultura do arroz para uma condição de solo não saturado. Esses processos, que são importantes na formação da produtividade, incluem o desenvolvimento da área foliar, produção e partição da matéria seca, ajustes osmóticos e transpiração. A Fig. 2 mostra a tendência do efeito da redução na umidade do solo na TRT para as três cultivares estudadas. Por meio dessa figura, é possível observar que o cultivar Douradão se destaca por poder suportar uma maior redução nos valores de FTSW sem afetar a TRT.

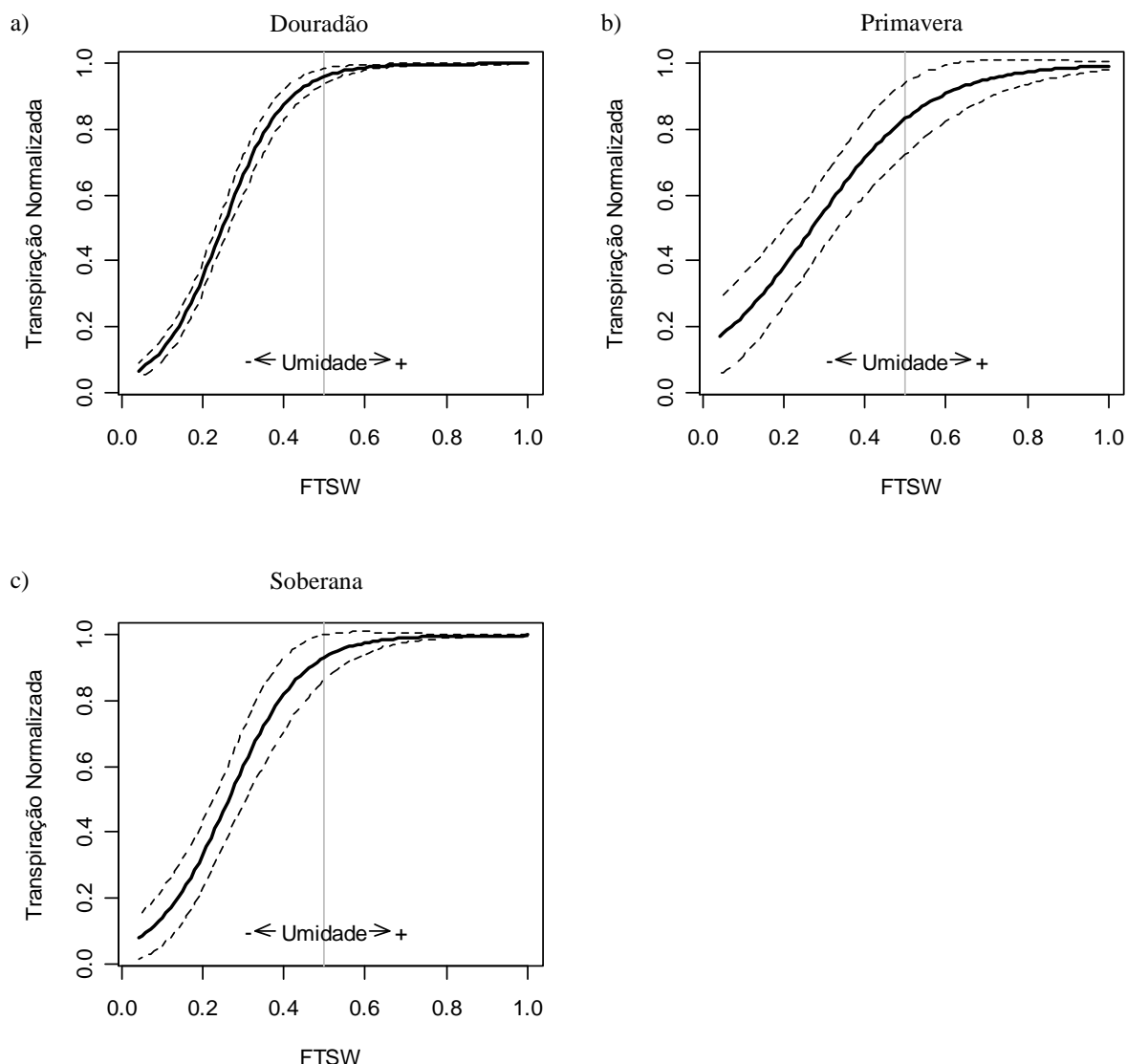


Fig. 1. Representa o impacto da redução na umidade no solo na taxa relativa da transpiração (TRT) (linha cheia) para os cultivares a) Douradão, b) Primavera e c) Soberana, em função da fração transpirada de água no solo (FTSW). A linha pontilhada representa o intervalo de confiança a 5% de probabilidade. Linha cheia vertical representa o valor em que 50% da fração de água transpirável do solo foi utilizada.

Também, a cultivar Douradão, apresentou o menor valor de FTSW para uma redução de 10% na TRT (Tabela 1). Isso significa que essa cultivar suporta uma redução nos valores de FTSW maior que as cultivares Soberana e Primavera. Vários estudos reportam que a cultivar Douradão tem apresentado um melhor desempenho em condições de deficiência hídrica (Soares et al., 1989; 1991), sendo consistente com os resultados obtidos nesse estudo. A diferença nos valores de FTSW, entre as cultivares Douradão e Soberana, foi de somente 0.05 para uma redução de 10% na RTR (Tabela 1). Entretanto, para a cultivar Primavera, essa diferença foi de 0.18. Provavelmente, essa diferença está superestimada devido ao fato que a cultivar Primavera apresentou o pior ajuste, ou seja, uma maior variação no intervalo de confiança (Fig. 1b). Dificilmente genótipos próximos apresentam uma diferença dessa

magnitude nos valores de FTSW. Entretanto, para uma redução de 50% na TRT, os valores de FTSW obtidos foram próximos (Tabela 1). Novamente, a cultivar Douradão apresentou o menor valor de FTSW, seguida das cultivares Soberana e Primavera (Tabela 1). Isso ilustra que, em condições de deficiência hídrica severa, como no caso de uma redução de 50% no valor da TRT, os processos de adaptação desses cultivares se aproximaram, ou seja, deficiência hídrica severa pode inibir que um determinado genótipo expresse seus processos de adaptação (desenvolvimento da área foliar, produção e partição da matéria seca, ajustes osmóticos e transpiração). Esse resultado, aliado ao fato que a probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica severa, respeitando-se o período de semeadura entre novembro e dezembro, na região Centro-Oeste é baixa (Heinemann et al., 2008), coloca em dúvida a eficácia de se buscar um genótipo que se destaque em condições severas de deficiência hídrica. Assim, talvez seja mais eficaz a busca por genótipos de arroz de terras altas que se destaquem em condições de deficiência hídrica não severa, que são predominantes na região.

Tabela 1. Identifica os valores de FTSW para uma redução de 10% e 50% da taxa relativa de transpiração (TRT) para os cultivares Douradão, Primavera e Soberana.

Cultivares	FTSW	TRT 10%	FTSW	TRT 50%
Douradão	0,42	0,90	0,25	0,50
Primavera	0,60	0,90	0,27	0,50
Soberana	0,47	0,90	0,26	0,50

Deve-se ressaltar que esse projeto está em andamento, e um maior número de dados observados será obtido nos futuros ensaios para um melhor ajuste do modelo utilizado.

## CONCLUSÕES

Por meio desse estudo pode-se concluir que:

- há a necessidade de se obter um maior número de dados observados para um melhor ajuste do modelo;
- a cultivar Douradão apresentou resposta adaptativa à condição de deficiência hídrica.

## AGRADECIMENTOS

Esse projeto está sendo financiado pela EMBRAPA, Macroprograma 3, n. 030710500.

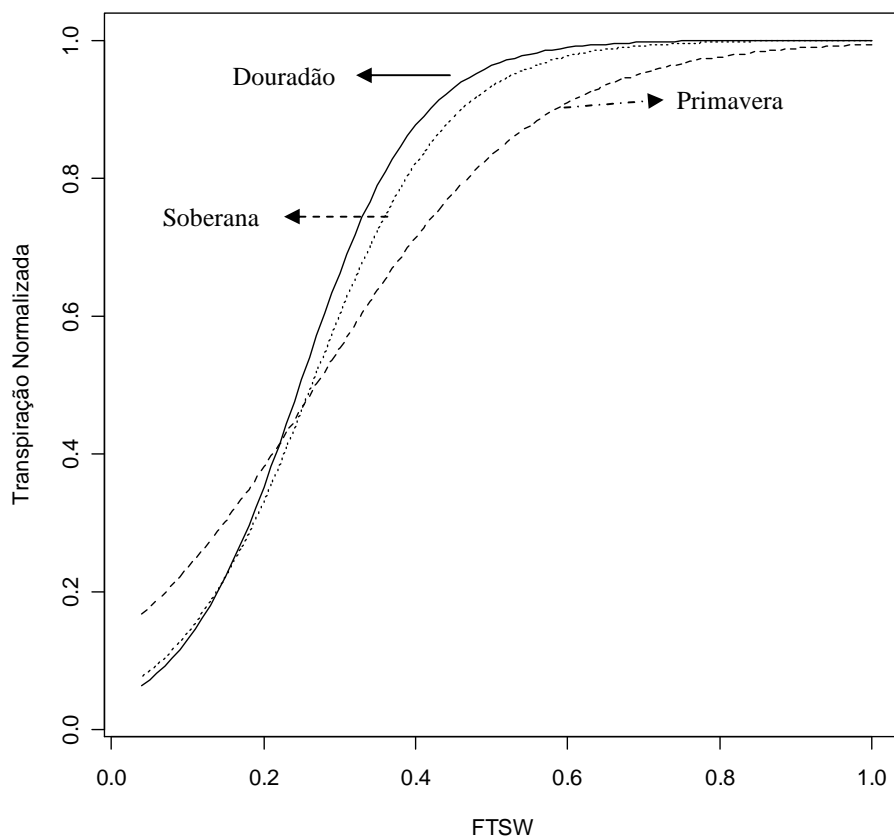


Fig. 2. Ilustra as curvas ajustadas para as cultivares Douradão (linha cheia), Primavera (linha pontilhada) e Soberana (linha tracejada) que representa o efeito da redução na umidade no solo na taxa relativa da transpiração (TRT). FTSW representa a fração da água do solo transpirada.

## REFERÊNCIAS

- DINGKUN, M., CRUZ, R.T., O'TOOLE, J.C., DORFFLING, K. Net photosynthesis, water use efficiency, leaf water potential and leaf rolling as affected by water deficit in tropical upland rice. **Aust. J. Agric. Res.** v.40, p.1171-1181. 1989.
- FISCHER, K.S.; FUKAI, S. How rice responds to drought. In: **Breeding rice for drought-prone environments**. In.: K.S. FISCHER, R. LAFITTE, S. FUKAI, G. ATLIN, B. HARDY (Eds.). Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. p.32-36. 2003.

HEINEMANN, A. B.; LUQUET, D.; DINGKUHN, M.; COMBRES, J. C. ; CHAPMAN, S. Characterization of drought stress environments for upland rice and maize in central Brazil. **Euphytica**, v. 162. p.395-410. 2008.

JONES, H.G. In: **Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology**. 2nd ed. Cambridge University press, New York. 1992. 428p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2005. URL <http://www.R-project.org>.

RAY, J.D.; SINCLAIR, T.R. Stomatal closure of maize hybrids in response to drying soil. **Crop Science** v.37, p.803-807. 1997.

RITCHIE J.T. Water dynamics in the soil-plant-atmosphere system. **Plant and Soil**. v.58, p.81-96. 1981.

SINCLAIR, T. R.; LUDLOW, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Aust. J. Plant Physiol.**, v.13. p.329-341. 1986.

SOARES, A. A.; GUIMARAES, E. P.; MORAIS, O. P. de; SOARES, P. C. Cultivares de arroz de sequeiro recomendadas para Minas Gerais e regio Centro-Oeste do Brasil. **Informe Agropecuario**, Belo Horizonte, v. 14, n. 161, p. 12-16, 1989.

SOARES, A.A.; SOARES, P.C.; PEREIRA, E.B.; REIS, M. de S. Douradão, novo cultivar de arroz de sequeiro para Minas Gerais. **Revista Ceres**, v.38, n.215, p.75-80, 1991.

TURNER, N.C.; WRIGHT, G.C.; SIDDIQUE, K.H.M. Adaptation of grain legumes (Pulses) to water-limited environments. **Adv. Agronomy**. v.71, p.193–231. 2000.