

EFEITO DA DEFICIÊNCIA HÍDRICA NO DESENVOLVIMENTO E RENDIMENTO DE QUATRO CULTIVARES DE ARROZ DE TERRAS ALTAS¹

Alexandre Bryan Heinemann², Luis Fernando Stone²

ABSTRACT

EFFECT OF WATER DEFICIT
ON THE DEVELOPMENT AND GRAIN YIELD OF FOUR
UPLAND RICE CULTIVARS

Rainfed upland rice is subject to multiple abiotic stresses. Among them, water deficit is the most common one, due to periods without precipitation or with less precipitation than the water plant requirements. This stress is responsible for grain yield variation among years. This study intends to analyze the effects of water deficit on the development and yield components of four cultivars, two early cycle (Guarani and Soberana), and two medium cycle (Curinga and Primavera). Two independent experiments, one with and another without water stress, were carried out at the Agenciarrural Experiment Station, in Porangatu, Goiás State, Brazil. It was concluded that the water deficit reduced grain yield, by reducing the number of panicles and grains per panicle, and increasing spikelet sterility. The difference in grain yield, among rice cultivars under water stress, was conditioned to the proximity of the period of maximum stress intensity, in relation to the flowering date. The lowest grain yield of early cultivars under water deficiency was due to the coincidence of their flowering date with the period of maximum stress intensity. Rice cultivars did not differ in grain yield, in irrigated conditions. However, under water deficit, the medium cycle cultivar Curinga presented the highest productivity.

KEY-WORDS: *Oryza sativa* L.; flowering date; cycle duration.

RESUMO

A cultura de arroz de terras altas está sujeita a múltiplos estresses abióticos. Dentre eles, destaca-se a deficiência hídrica, ocasionada por períodos sem precipitação, ou com precipitações abaixo da demanda da cultura. Este estresse é um dos principais responsáveis pela variação, ano a ano, no rendimento da cultura do arroz de terras altas. Assim, este estudo teve como objetivo analisar os efeitos da deficiência hídrica no desenvolvimento e componentes do rendimento, de quatro cultivares de arroz de terras altas, sendo duas de ciclo curto, Guarani e Soberana, e duas de ciclo médio, Curinga e Primavera. Dois ensaios, um em condição de deficiência hídrica e outro sem deficiência hídrica, foram conduzidos, simultaneamente, na estação experimental da Agenciarrural, no município de Porangatu, GO. Concluiu-se que a deficiência hídrica reduziu a produtividade de grãos, pela redução no número de panículas e de grãos por panícula e pelo aumento da esterilidade de espiguetas. A diferença em produtividade das cultivares de arroz, em condições de deficiência hídrica, foi condicionada à proximidade do período de ocorrência da máxima intensidade do estresse, em relação à data de sua floração. A menor produtividade das cultivares precoces, sob deficiência hídrica, ocorreu devido à coincidência da sua floração com o período de máxima intensidade do estresse. As cultivares de arroz não diferiram na produtividade de grãos, em condições irrigadas. Entretanto, sob deficiência hídrica, a cultivar Curinga, de ciclo médio, apresentou a maior produtividade.

PALAVRAS-CHAVE: *Oryza sativa* L.; data de floração; duração do ciclo.

INTRODUÇÃO

O arroz inundado, cultivado na região subtropical do Brasil, responde por 70% da produção brasileira de arroz (IBGE 2006). Entretanto, a área disponível para aumento da produção, nessa região, é limitada, principalmente em função do alto impacto no meio ambiente e problemas sociais, como a competição pela demanda de água pelas indústrias e uso doméstico. Assim, há um aumento de interesse nos

sistemas de produção de arroz de terras altas, predominantes no Centro-Oeste do Brasil.

A cultura do arroz de terras altas está sujeita a múltiplos estresses abióticos e a sua performance é caracterizada, principalmente, em função da ocorrência, duração e intensidade da precipitação pluvial (Tuong et al. 2000). Sua área de produção apresenta um alto grau de heterogeneidade, sendo cultivada em clima variando de subúmido a úmido, em solos variando de relativamente férteis a não-férteis (Piggin

1. Trabalho recebido em abr./2008 e aceito para publicação em jun./2009 (nº registro: PAT 3819).
2. Embrapa Arroz e Feijão, Rodovia GO 462, km 12, Zona Rural, CEP 75.375-000, Santo Antônio de Goiás, GO.
E-mails: alexbh@cnpaf.embrapa.br, stone@cnpaf.embrapa.br.

et al. 1998). Entretanto, um dos maiores fatores de risco, que contribui para essa heterogeneidade, é a variação na disponibilidade de água no solo. Mesmo durante o período chuvoso, existe a probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica, devido a períodos sem precipitação, ou com precipitações abaixo da demanda da cultura. As estratégias de melhoramento, para áreas sujeitas à ocorrência de deficiência hídrica, são, basicamente, divididas em três categorias, de acordo com os padrões de estresse da região de produção: escape, prevenção e tolerância ao estresse (Fukai & Cooper 2001). Dessas três categorias, no Brasil, provavelmente a mais utilizada é o escape, que consiste na utilização de genótipos de ciclo curto, evitando-se a deficiência hídrica na fase crítica da cultura (florescimento). Isso ocorre em razão de o programa de melhoramento para arroz de terras altas ser baseado na seleção direta (rendimento potencial) de linhagens, considerando-se os aspectos agrônômicos (duração do ciclo da cultura, vigor da planta, panícula e tipo de grão), em condições de produção potencial, na estação experimental da Embrapa Arroz e Feijão (Pinheiro et al. 2006).

Assim, torna-se importante, no processo de seleção de genótipos, para regiões que apresentam probabilidade de ocorrência de deficiência hídrica, estudar características agrônômicas secundárias que não apresentem redução na herdabilidade, em condições de deficiência hídrica; sejam de fácil manipulação; e apresentem facilidade e baixo custo para se medir. Dentre essas características secundárias, destaca-se a relação florescimento/maturidade fisiológica, com alta herdabilidade, atraso na data de florescimento e esterilidade de espiguetas, ambos com herdabilidade moderada (Lafitte et al. 2003).

Este estudo teve como objetivo analisar os efeitos da deficiência hídrica, no desenvolvimento e componentes do rendimento de quatro cultivares de arroz de terras altas, sendo duas de ciclo curto (maturação fisiológica \cong 90 dias após emergência), Guarani e Soberana, e duas de ciclo médio (maturação fisiológica \cong 110 a 120 dias após emergência), Curinga e Primavera.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois ensaios, um em condição de deficiência hídrica (estresse) e outro sem deficiência hídrica (irrigado), foram conduzidos, simultaneamente,

na estação experimental da Agenciarrural, no município de Porangatu, GO. As cultivares semeadas foram Guarani, Soberana, Curinga e Primavera. Nos dois ensaios, utilizou-se irrigação por aspersão e a data de semeadura foi 18/05/2007. O solo predominante na região é o Latossolo Vermelho distrófico. O delineamento do experimento foi em blocos casualizados, com quatro repetições, tendo como fatores as cultivares e condição hídrica. Somente a partir de 18/06/2007, foi que se iniciou a diferenciação na lâmina de água, aplicada nos experimentos estressado e irrigado. A irrigação, no tratamento irrigado, foi realizada quando a média dos tensiômetros, nesse tratamento, foi maior que 25 kPa. No tratamento estressado, aplicou-se metade da lâmina aplicada no tratamento irrigado.

A Figura 1 ilustra os dados de temperatura máxima, mínima e lâmina de água aplicados nos experimentos com estresse e irrigado. No período dos experimentos, não houve precipitação pluvial.

Caracterização da deficiência hídrica

A deficiência hídrica foi caracterizada por meio da fração transpirável da água do solo (FTAS), metodologia sugerida por Sinclair & Ludlow (1986). Neste estudo, considerou-se uma profundidade efetiva do sistema radicular de 80 cm e a seguinte equação foi utilizada:

$$FTAS_i = \frac{ADPS_i}{TAAS}$$

sendo, $FTAS_i$: fração transpirável da água do solo, em determinado dia (i); $ADPS_i$: água armazenada no solo, em um determinado dia (i), em mm; e TAAS: total de água armazenada no solo, “capacidade de campo” - “ponto de murcha”, em mm.

A ADPS é a diferença entre a quantidade de água disponível em um determinado dia (QAD) e a quantidade de água retida no perfil do solo, quando o mesmo está no “ponto de murcha”.

Para se determinar a QAD, os valores observados da umidade de solo, obtidos pelo método gravimétrico, foram coletados, semanalmente, nos dois ensaios, para os perfis de 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm e 60-80 cm de profundidade. O valor de TAAS foi de 74 mm, para um perfil de 80 cm, para o solo no qual os experimentos foram realizados.

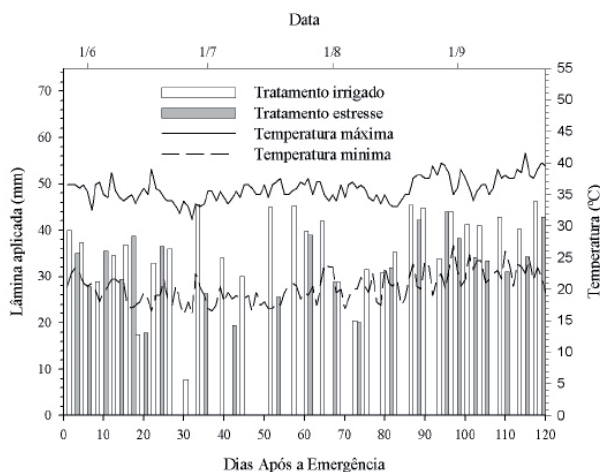


Figura 1. Dados de temperatura máxima, mínima e lâmina de irrigação aplicada, nos experimentos irrigado e estresse.

Desenvolvimento e produtividade

Para a análise do desenvolvimento, foram observadas a data de floração, data da maturação fisiológica e a relação florescimento/maturação fisiológica. Para a análise de produtividade, obteve-se o rendimento e seus respectivos componentes (número de panículas por planta, número de grãos por panícula e massa de grãos (g)), para os dois ensaios. A percentagem de esterilidade das espiguetas também foi analisada.

Análise estatística

Foi realizada uma análise em conjunto, dos experimentos irrigado e estresse, utilizando-se o seguinte modelo:

$$y_{ijk} = \mu + CH_k + Blo_j/CH_k + Cultivar_i + (CH:Cultivar)_{ki} + \varepsilon_{ijk}$$

sendo, μ : média; CH_k : efeito da condição hídrica k , $k = 1$ (sem estresse), 2 (estresse); Blo_j : efeito do bloco j , $j = 1..4$; $Cultivar_i$: efeito da cultivar i , $i = 1..4$; $(CH:Cultivar)_{ki}$: efeito da interação entre os experimentos, para a condição hídrica e cultivares; ε_{ijk} : efeito do erro.

Para a comparação das médias, utilizou-se o teste Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, é caracterizado o nível de estresse aplicado durante o período do experimento,

em função do FTAS. Observa-se que o início da diferenciação no FTAS ocorreu a partir de 25 dias após a emergência (DAE). Para as cultivares de ciclo médio, Curinga e Primavera, e ciclo curto, Guarani e Soberana, o início do estresse correspondeu a, aproximadamente, 50% e 75% do período vegetativo, respectivamente. As datas de floração, para ambos os experimentos, para as quatro cultivares, também estão ilustradas na Figura 2. O estresse aplicado pode ser considerado intenso, principalmente para as cultivares de ciclo curto Guarani e Soberana. A análise de variância, para a variável data de florescimento, apresentou interação entre cultivares e a condição hídrica (Tabela 1). Entretanto, o mesmo não ocorreu para as variáveis maturação fisiológica e relação florescimento/maturação. A variável florescimento/maturação foi significativa somente para o fator cultivar (Tabela 1).

As datas de floração, no experimento estresse, para as cultivares Guarani e Soberana, ocorreram durante o período (63,2 DAE e 63,5 DAE, respectivamente) em que o nível de estresse apresentou seu máximo valor (FTAS entre 0,4 e 0,5). Provavelmente, devido a este fato, essas cultivares apresentaram as menores diferenças entre as datas de florescimento, para os experimentos irrigado e estresse, ou seja, os menores atrasos no florescimento, para as condições de estresse (Tabela 2). As diferenças no florescimento, para as cultivares Guarani e Soberana, foram de

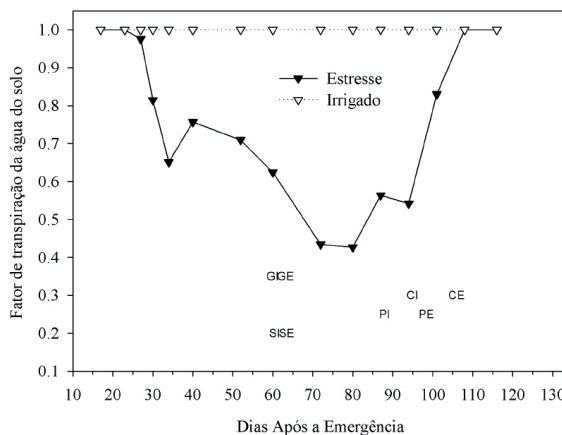


Figura 2. Caracterização do estresse hídrico, aplicado aos experimentos irrigado e estresse, e respectivas datas de florescimento para as quatro cultivares (GI - Guarani; CI - Curinga; PI - Primavera; e SI - Soberana), no experimento irrigado e no experimento estresse (GE - Guarani; CE - Curinga; PE - Primavera; e SE - Soberana).

Tabela 1. Resultado da análise de variância, para as variáveis rendimento, componentes do rendimento, data de florescimento, maturação fisiológica e relação florescimento/maturação.

Fatores	GL	Rendimento	Número de panículas	Número de grãos por panícula	Massa 100 grãos	Esterilidade espiguetas	Florescimento (DAE)	Maturação fisiológica (DAE)	Relação florescimento/maturação
Condição hídrica (CH)	1	<0,01	0,01	<0,01	ns*	<0,01	<0,01	<0,01	ns
Cultivares	3	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
CH*Repetição	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CH*Cultivares	3	ns	ns	0,01	ns	<0,01	0,03	ns	ns
Erro	22								

*ns: não significativo a 5%; DAE: dias após a emergência.

3,2 e 3,5 dias e a relação florescimento/maturação fisiológica foi maior para a condição irrigada do que para a condição estressada (Tabela 2).

Embora a diferença entre as cultivares de ciclo curto, no atraso do florescimento, tenha sido mínima (0,3 dias, Tabela 2) nesse estudo, resultados de experimentos com a cultivar Guarani, em condições de água limitante no solo, relatam que essa cultivar apresenta maior tolerância à seca que a cultivar Soberana (Pinheiro et al. 2000). Entretanto, para o nível de deficiência hídrica aplicado neste estudo, não houve diferença significativa para os rendimentos (Guarani - 314 kg ha⁻¹ e Soberana - 53 kg ha⁻¹), em condições de estresse (Tabela 3). A razão para ambas as cultivares não terem apresentado diferenças está relacionada ao nível de deficiência hídrica. Sob deficiência hídrica severa (redução do rendimento de grãos maior ou igual a 50%), a correlação entre rendimento de grãos em condição favorável e deficiência hídrica não é mais significativa (Ceccarelli & Grando 1991). Portanto, nestas condições, os genótipos são incapazes de expressar seu desenvolvimento potencial (Pantuwan et al. 2002), igualando as suas características produtivas.

Para as cultivares de ciclo médio, Primavera e Curinga, a deficiência hídrica teve início no fim do período vegetativo, terminando no florescimento. As

datas de floração, no experimento estresse, para essas cultivares, ocorreram durante o período (98,5 DAE e 106 DAE, respectivamente) em que o nível de estresse estava decrescendo (Figura 2). Basicamente, não houve estresse durante a fase de enchimento de grãos. Essas cultivares apresentaram maiores atrasos no florescimento, para o experimento estressado, do que as cultivares de ciclo curto (Figura 2 e Tabela 2). Entre as cultivares de ciclo médio, Curinga e Primavera, o maior atraso no florescimento foi observado para a cultivar Curinga (11 dias, Tabela 2). Já a relação florescimento/maturação fisiológica foi menor para a cultivar Primavera, para os tratamentos irrigado e estressado, que para a cultivar Curinga. Observou-se que a cultivar Curinga apresentou uma relação florescimento/maturação fisiológica maior para a condição estressada que irrigada. Esta tendência foi contrária à apresentada pela cultivar Primavera (Tabela 2).

É importante lembrar que o rendimento do arroz e seus componentes são sensíveis ao estresse hídrico, em função dos diferentes estádios de crescimento da cultura. Para uma dada ocorrência de deficiência hídrica, haverá um maior ou menor impacto sobre o rendimento, dependendo do tempo e intensidade do estresse relativo aos eventos do ciclo de vida da planta (Liu et al. 2006). Neste estudo, a variável rendimento foi significativa, para a condi-

Tabela 2. Datas de ocorrência do florescimento, maturação fisiológica e relação florescimento/maturação fisiológica, para as quatro cultivares.

Cultivar	Florescimento			Maturação fisiológica			Relação Florescimento/Maturação		
	Irrigado	Estresse	Diferença	Irrigado	Estresse	Diferença	Irrigado	Estresse	Diferença
	DAE*								
Curinga	95,0	106,0	11,0	121,0	133,5	12,5	0,785	0,794	-0,009
Guarani	60,0	63,2	3,2	86,0	94,0	6,0	0,698	0,672	0,025
Primavera	88,0	98,5	10,5	115,0	133,5	18,8	0,765	0,738	0,027
Soberana	60,5	63,5	3,5	86,0	96,0	10,0	0,703	0,661	0,042

*DAE: dias após a emergência.

Tabela 3. Rendimento das cultivares, para os experimentos estresse e irrigado, média geométrica do rendimento e perda relativa do rendimento.

Cultivar	Rendimento		Média geométrica	Perda relativa no rendimento
	Irigado	Estresse		
	kg ha ⁻¹			%
Curinga	3463 aA*	2358 aA	2858	32
Guarani	3142 aA	314 bB	994	90
Primavera	3284 aA	504 bB	1287	85
Soberana	2260 aA	53 bB	346	98

* Letras maiúsculas diferentes representam diferença significativa entre tratamentos (irrigado e estresse) e letras minúsculas representam diferença significativa, na mesma coluna, pelo teste de média Tukey, a 5% de probabilidade.

ção hídrica e cultivares (Tabela 1), mas não para a interação entre os respectivos fatores. Observou-se que o estresse hídrico aplicado neste estudo prejudicou menos as cultivares de ciclo médio. A cultivar Curinga apresentou o maior rendimento para o tratamento estresse, sendo, estatisticamente, diferente das outras cultivares (Tabela 3). Consequentemente, esta cultivar apresentou a maior média geométrica e o menor valor de perda relativa no rendimento, devido ao estresse hídrico. O fato de essa cultivar ter apresentado um maior rendimento pode não estar correlacionado com a presença de mecanismos de tolerância ao estresse hídrico, ou maior resistência à seca, conforme descrito em Moraes et al. (2005), mas sim, provavelmente, ao fato de essa cultivar apresentar um ciclo um pouco maior que o da Primavera, tendo o florescimento, no tratamento estresse, ocorrido no fim do período de estresse. Para essa cultivar, não houve diferença significativa entre o rendimento em condições de estresse e irrigada. A cultivar Primavera apresentou o segundo maior valor de rendimento. Entretanto, o mesmo não foi, estatisticamente, diferente das cultivares de ciclo curto, para a condição de estresse. Para a condição irrigada, não houve diferença entre os rendimentos das quatro cultivares (Tabela 3). Neste estudo, o

rendimento não apresentou correlação significativa com a data de florescimento.

Todos os componentes do rendimento, exceto massa de 100 grãos, apresentaram diferença entre as condições irrigada e estresse. Entretanto, interação entre a condição hídrica e cultivares foi observada somente para os componentes número de grãos por panícula e esterilidade das espiguetas (Tabela 1). Observa-se que estes componentes são um forte indício do impacto do estresse hídrico no rendimento. Os resultados obtidos neste estudo seguem a mesma tendência observada em Stone & Silva (1998), na qual todos os componentes do rendimento foram afetados pela condição hídrica. Entretanto, neste estudo, assim como no de Arf et al. (2001), a massa de 100 grãos não foi afetada pela condição hídrica, indicando que essa variável é uma característica genotípica. Para a condição estresse, as cultivares Soberana e Primavera apresentaram os maiores valores de esterilidade, 85% e 74%, respectivamente. Já para a irrigada, a cultivar Guarani apresentou o menor valor de esterilidade (Tabela 4).

CONCLUSÕES

1. A deficiência hídrica reduziu a produtividade de grãos, pela redução no número de panículas e de grãos por panícula e pelo aumento da esterilidade de espiguetas.
2. A diferença de produtividade, das cultivares de arroz em condições de deficiência hídrica, foi condicionada à proximidade do período de ocorrência da máxima intensidade do estresse, em relação à data de sua floração.
3. A menor produtividade de grãos das cultivares precoces, sob deficiência hídrica, ocorreu devido à coincidência da sua floração com o período de máxima intensidade do estresse.

Tabela 4. Componentes do rendimento das cultivares, para os experimentos estresse e irrigado.

Cultivar	Panículas		Nº de grãos por panícula		Massa de 100 grãos		Esterilidade	
	Irigado	Estresse	Irigado	Estresse	Irigado	Estresse	Irigado	Estresse
	nº m ⁻²				g		%	
Curinga	260 aA*	223 aB	73 abA	62 aB	2,51 abA	2,58 abA	33 aA	39 aA
Guarani	225 aA	104 aB	61 abA	29 aB	3,53 aA	3,04 aA	11 bA	59 abB
Primavera	183 aA	176 aB	92 aA	38 aB	2,27 bA	2,16 bA	37 aA	74 bB
Soberana	218 aA	158 aB	54 abA	11 bB	2,50 abA	2,87 abA	37 aA	85 bB

* Letras maiúsculas diferentes representam diferença significativa entre tratamentos (irrigado e estresse) e letras minúsculas representam diferença significativa, na mesma coluna, pelo teste de média Tukey, a 5% de probabilidade.

4. As cultivares de arroz não diferiram na produtividade de grãos, em condições irrigadas. Entretanto, sob deficiência hídrica, a cultivar Curinga, de ciclo médio, apresentou a maior produtividade.

REFERÊNCIAS

- ARF, O. et al. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 36, n. 6, p. 871-879, jun. 2001.
- CECCARELLI, S.; GRANDO, S. Environment of selection and type of germoplasm in barley breeding for low-yielding conditions. *Euphytica*, Wageningen, v. 57, n. 3, p. 207-219, set. 1991.
- FUKAI, S.; COOPER, M. Development of drought resistant cultivars for rainfed lowland rice experience from Northeast Thailand and surrounding areas. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE IMPACT OF AGRICULTURAL RESEARCH FOR DEVELOPMENT IN SOUTHEAST ASIA, 1., 2000, Phnom Penh. *Proceedings...* Phnom Penh: [s.n.], 2001. p. 185-194.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produção agrícola municipal*. 2006. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 17 dez. 2007.
- LAFITTE, R.; BLUM, A.; ATLIN, G. Using secondary traits to help identify drought-tolerant genotypes. In: FISCHER, K. S. et al. (Ed.). *Breeding rice for drought-prone environments*. Los Baños: International Rice Research Institute, 2003. p. 37-48.
- LIU, J. X. et al. Genetic variation in the sensitivity of anther dehiscence to drought stress in rice. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 87-100, maio 2006.
- MORAIS, O. P. de et al. *BRSMG Curinga*: cultivar de arroz de terras altas de ampla adaptação para o Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2005. (Comunicado técnico, 114).
- PANTUWAN, G. et al. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. 2. Selection of drought resistant genotypes. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 73, n. 2/3, p. 169-180, jan. 2002.
- PIGGIN, C. et al. *The IRRI Upland Rice Research Program*. Los Baños: International Rice Research Institute, 1998.
- PINHEIRO, B. da S.; CASTRO, E. da M. de; GUIMARÃES, C. M. Sustainability and profitability of aerobic rice production in Brazil. *Field Crops Research*, Amsterdam, v. 97, n. 1, p. 34-42, maio 2006.
- PINHEIRO, B. da S.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. da. *Minimização do risco por deficiência hídrica em arroz de sequeiro na região dos cerrados*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000. (Circular técnica, 36).
- SINCLAIR, T. R.; LUDLOW, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. *Australian Journal Plant Physiology*, Victoria, v. 13, n. 3, p. 329-341, 1986.
- STONE, L. F.; SILVA, J. G. da. Resposta do arroz de sequeiro à profundidade de aração, adubação nitrogenada e condições hídricas do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 33, n. 6, p. 891-897, jun. 1998.
- TUONG, T. P. et al. *Characterizing and understanding rainfed environments*. Los Baños: International Rice Research Institute, 2000.