

# Determinação das melhores épocas de semeadura do arroz de sequeiro, *Oryza sativa*, no Estado do Paraná

Marcos Silveira Wrege\*, Paulo Henrique Caramori, Sergio Luiz Gonçalves, Luis Osvaldo Colasante, Mário Tukasha Fukoshima e Nelson Salim Abud

Instituto Agrônômico do Paraná, Rod. Celso Garcia Cid, Km 375, C.P. 481, 86047-902, Londrina, Paraná, Brasil. \*Author for correspondence.

**RESUMO.** O objetivo do presente trabalho foi identificar regiões no Estado do Paraná com características homogêneas quanto aos riscos de déficit hídrico na cultura do arroz de sequeiro, *Oryza sativa* (Poaceae), e, com base nesse critério, determinar os períodos mais indicados para semeadura. O estudo baseou-se em dados históricos de experimentos, nos quais se avaliaram épocas de semeadura de arroz em diferentes locais e em séries de dados meteorológicos, para se calcular os riscos de déficit hídrico durante as fases de estabelecimento da lavoura e floração. Para o Norte, Noroeste e Oeste do Estado, verificou-se elevado risco de déficit hídrico, com frequência acima de 50% na floração. No Sul do Estado, os riscos na floração caem para 25 a 50%, destacando-se períodos em que são menores, nos meses de outubro e novembro, os quais são os mais indicados para semeadura.

**Palavras-chave:** arroz, déficit hídrico, épocas de semeadura.

**ABSTRACT.** Best sowing dates for rice, *Oryza sativa*, in the state of Paraná, Brazil.

The identification of regions within the state of Paraná, southern Brazil, with homogeneous characteristics of water deficit for the rain-fed rice crop, *Oryza sativa* (Poaceae) and the use of criteria to determine the best sowing periods for these regions are provided. Research was based not only on the historical data from field experiments in which sowing dates were evaluated for several localities, but also on meteorological information from IAPAR-managed network. Records were used to calculate the risks of water deficit during plant establishment and flowering. In the case of the region North of Paraná there is a very high risk of water deficit. The average frequency risk at flowering is over 50%. In the southern areas of the same state, the risk at flowering lies between 20 and 50%, with periods of lower risk for sowings in October and November. These are the most indicated months for sowing.

**Key words:** rice, water deficit, planting dates.

As regiões tropicais apresentam grande sazonalidade das chuvas, muitas vezes com períodos de excesso de água e outros com deficiência (Radulovich, 1990). O Estado do Paraná localiza-se em uma região de transição climática, em que ocorre acentuada irregularidade na distribuição de chuvas, principal fator de quebra de safra (Caramori e Faria, 1987; Caramori *et al.*, 1991). A região Sul do Estado está mais sujeita às geadas frequentes, devido à latitude e irregularidade do relevo (Grodzki *et al.*, 1996, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, 1987). Torna-se fundamental, assim, estudar espacial e temporalmente os riscos de déficit hídrico e temperaturas críticas, a fim de definir períodos de semeadura mais adequados para o cultivo do arroz de sequeiro.

O arroz, *Oryza sativa* (Poaceae) apresenta melhor desenvolvimento entre 20°C e 35°C durante sua fase vegetativa. Seu ciclo responde à temperatura, alongando-se à medida que esta se reduz, conforme o acúmulo de calor durante o período cultural (Pedroso, 1980). Diversos autores utilizaram o conceito de graus-dia para estimar o ciclo do arroz, definindo uma temperatura base entre 8°C e 10°C (Dingkuhn e Asch, 1999; Sie *et al.*, 1998; Miller, 1990). Chaudhary *et al.* (1996), para as condições da Índia, determinaram um ciclo de 1127 GD, utilizando temperatura base de 10°C.

As cultivares dos grupos índico e japonico têm uma pequena diferença no limite de temperatura para germinar. As do grupo índico não germinam com temperaturas inferiores a 13°C, enquanto que

as do grupo japonico só germinam com temperaturas superiores a 11°C. Abaixo de 20°C, a germinação é retardada para ambos os grupos. Temperaturas muito elevadas também prejudicam a cultura, principalmente acima de 40°C, tanto no período de germinação como no estágio de plântula. Para a germinação, a temperatura ótima situa-se entre 20°C e 35°C (Ferraz, 1987). Nessas condições, a semente pode germinar em 48 horas e emergir em 5 a 10 dias (Pedroso, 1980). De acordo com Sic *et al.* (1998), a temperatura ótima, desde a formação da primeira folha até a quarta, é de 22°C a 25°C.

O perfilhamento é otimizado com temperaturas de 25°C a 31°C (Ferraz, 1987); é prejudicado em temperaturas inferiores a 19°C e, praticamente, não ocorre em temperaturas inferiores a 15°C. Temperaturas muito baixas nessa fase podem comprometer a formação de grãos na fase subsequente (Pedroso, 1980).

Temperaturas baixas favorecem a formação de grãos, mas não devem ser inferiores a 20°C. Temperaturas muito elevadas nessa fase aumentam a respiração da planta e podem causar a esterilidade das espiguetas, reduzindo o peso e a quantidade de grãos. Temperaturas noturnas inferiores às diurnas colaboram para reduzir a respiração.

Temperaturas baixas alongam o período de maturação dos grãos, elevando o tempo de permanência da planta no campo e sua produtividade. A temperatura ótima nessa fase se situa entre 20°C e 25°C (Pedroso, 1980; Ferraz, 1987).

O arroz apresenta alta exigência de água e sistema radicular superficial, sendo, portanto, pouco tolerante a períodos longos de déficit hídrico. As fases críticas são o estabelecimento da cultura e a floração, nas quais pode haver uma má formação do stand ou má fertilização e formação dos grãos. A fase de floração é a de maior demanda hídrica, quando o arroz atinge sua máxima área foliar. A deficiência hídrica causa a esterilidade ou má formação das espiguetas (Ferraz, 1987).

A disponibilidade de água para a cultura depende das propriedades do solo e da profundidade de seu sistema radicular. A raiz do arroz atinge de 30 a 45 cm de profundidade (FAO, 1982). Sua interface com a atmosfera, variável conforme a fase da cultura, também afeta o consumo de água (Ferraz, 1987). Em geral, quanto maior a área foliar, maior o volume de água transpirado.

## Material e métodos

Neste trabalho, foram utilizadas séries históricas de 32 estações meteorológicas do Instituto

Agrônomo do Paraná (Iapar) no Paraná (Tabela 1), para se calcular os riscos de ocorrerem temperaturas inferiores a 10°C nos dez primeiros dias, após a semeadura e o balanço hídrico diário. Foi adotada como apta a região e a época que apresentou risco de temperaturas inferiores a 10°C menor que 25%.

**Tabela 1.** Localização geográfica e séries de observações utilizadas das estações meteorológicas do Instituto Agrônomo do Paraná

Local	Latitude (S)	Longitude (W)	Altitude (m)	Séries utilizadas
Antonina	25°13'	48°48'	60m	1977-1999
Apucarana	23°30'	51°32'	746m	1961-1999
Bandeirantes	23°06'	50°21'	440m	1974-1999
Bela Vista do Paraíso	22°57'	51°12'	600m	1971-1999
Cambará	23°00'	50°02'	450m	1971-1999
Cândido de Abreu	24°38'	51°15'	645m	1988-1999
Cascavel	24°53'	53°33'	760m	1972-1999
Cerro Azul	24°49'	49°15'	443m	1972-1999
Cianorte	23°40'	52°35'	530m	1971-1999
Clelândia	26°25'	52°21'	930m	1972-1999
Fernandes Pinheiro	25°27'	50°35'	893m	1963-1999
Francisco Beltrão	26°05'	53°04'	650m	1973-1999
Guarapuava	25°21'	51°30'	1020m	1972-1999
Guaraqueçaba	25°16'	48°32'	40m	1977-1999
Ibiporã	23°16'	51°01'	484m	1971-1999
Joaquim Távora	23°30'	49°57'	512m	1971-1999
Lapa	25°47'	49°46'	910m	1988-1999
Laranjeiras do Sul	25°25'	52°25'	880m	1972-1999
Londrina	23°22'	51°10'	585m	1976-1999
Morretes	25°30'	48°49'	59m	1966-1999
Nova Cantu	24°40'	52°34'	540m	1972-1999
Palmas	26°29'	51°59'	1100m	1978-1999
Palotina	24°18'	53°55'	310m	1972-1999
Paranaíba	23°05'	52°26'	480m	1971-1999
Pato Branco	26°07'	52°41'	700m	1978-1999
Pinhais	25°25'	49°08'	930m	1970-1999
Planalto	25°42'	53°47'	400m	1973-1999
Ponta Grossa	25°13'	50°01'	880m	1954-1999
Quedas do Iguaçu	25°31'	53°01'	513m	1972-1999
São Miguel do Iguaçu	25°26'	54°22'	260m	1982-1999
Telêmaco Borba	24°20'	50°37'	768m	1971-1999
Umuarama	23°44'	53°17'	480m	1971-1999

O ciclo do arroz para cada estação foi calculado da seguinte maneira:

- período semeadura-emergência – foi fixado em 7 dias;
- período emergência-floração – foi calculado de acordo com os graus-dia acumulados (GD), segundo a expressão:

$$GD = \frac{(T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}})}{2} - T_{\text{base}}$$

em que  $T_{\text{máx}}$  é a temperatura máxima,  $T_{\text{mín}}$  é a temperatura mínima e  $T_{\text{base}}$  é a temperatura base inferior, assumida como sendo 10°C.

Com base em ensaios com dados de ciclo da cultura para várias regiões e cultivares, obteve-se um valor médio de 1100 graus-dia da emergência à floração para cultivares de ciclo médio e 1000 graus-dia para cultivares de ciclo precoce.

c) período floração-colheita - Considerou-se um período fixo de 30 dias.

No modelo de balanço hídrico utilizado, assumiu-se que a raiz do arroz explora uma profundidade do solo de 20 cm na fase inicial. Na fase de floração, as raízes atingem 40 cm, havendo uma evolução exponencial do sistema radicular entre essas duas fases. Após a floração, admitiu-se que o sistema radicular permanece com profundidade inalterada. Admitiu-se também que ocorre déficit hídrico sempre que as reservas de água do solo são inferiores a 60% de sua capacidade de armazenamento (CAD). Calculou-se diariamente a evapotranspiração de referência pelo método de Penman (1948), utilizando a evaporação de Piche para substituir o termo aerodinâmico (Stanhill, 1962), devido à falta de dados de vento nas séries históricas. Para a estimativa do termo energético da equação de Penman, a radiação solar global diária foi obtida por meio da insolação (Prescott, 1940) e a radiação líquida disponível foi obtida a partir da fórmula de Brunt (1932). Os coeficientes **a** e **b** do termo aerodinâmico da equação e os coeficientes da equação de Prescott são apresentados no trabalho de Wrege *et al.* (1997). Assim, calculou-se diariamente a evapotranspiração máxima (Etm) para a cultura do arroz pela expressão:

$$Etm = Eto \times Kc \quad (1)$$

Em que Kc é o coeficiente de cultura.

Foram utilizados valores de Kc diferentes para cada fase de desenvolvimento da cultura (Tabela 2), adotando-se o critério de Doorenbos e Kassam (1979).

**Tabela 2.** Coeficientes de Cultura (Kc) para as fases de desenvolvimento da cultura do arroz de sequeiro (Doorenbos e Kassam, 1979)

Fase:	Kc:
I	1,00
II	0,95 + 0,375 x D
III	1,20
IV	2,25 - 1,304 x D
V	0,95

Em que:

D: fase do ciclo em relação ao ciclo total (%).

A capacidade de água disponível do solo (CAD) foi determinada pela expressão:

$$CAD = \frac{CC - PMP}{100} \times h \quad (2)$$

Em que:

CAD: capacidade de água disponível no solo;

CC: umidade do solo na capacidade de campo;  
PMP: umidade do solo no ponto de murcha permanente;  
h: profundidade efetiva do sistema radicular.

Tendo em vista as determinações de curvas características de umidade de solo, consideraram-se solos com faixas de água disponível de 7%, 10% e 12%, de acordo com a predominância na região de cada estação (Caramori e Faria, 1987; Caramori *et al.*, 1991).

A água possível de ser extraída pelas plantas antes que ocorra déficit hídrico (AE), uma fração (p) da água armazenada (CAD), foi calculada, segundo a função:

$$AE = p \times CAD \quad (3)$$

No modelo, a fração p varia exponencialmente de acordo com a evapotranspiração máxima (Etm):

$$p = e^{(A1 + A2 \times Etm)} \quad (4)$$

Aplicando-se logaritmo, a equação (4) pode ser escrita como:

$$\ln p = A1 + A2 \times Etm \quad (5)$$

Os valores dos coeficientes A1 e A2, obtidos por meio de regressão linear, foram os seguintes:

$$A1 = -0,175$$

$$A2 = -0,1366$$

$$r^2 = 0,987$$

Dois condições foram estipuladas para determinar a ocorrência de déficit hídrico:

$$Prec < Etm \text{ e}$$

$$\frac{Arm_1}{CAD} < 1 - p$$

Onde:

Prec: precipitação do dia anterior (mm);

Arm<sub>1</sub>: armazenamento de água no solo referente ao dia anterior (mm).

Como o armazenamento de água decresce após um período sem chuva, conforme a evapotranspiração real (Etr), tem-se que:

$$Etr = \frac{Arm}{CAD(1 - p)} \times Etm \text{ e} \quad (6)$$

$$Arm_2 = Arm_1 - Etr + Prec$$

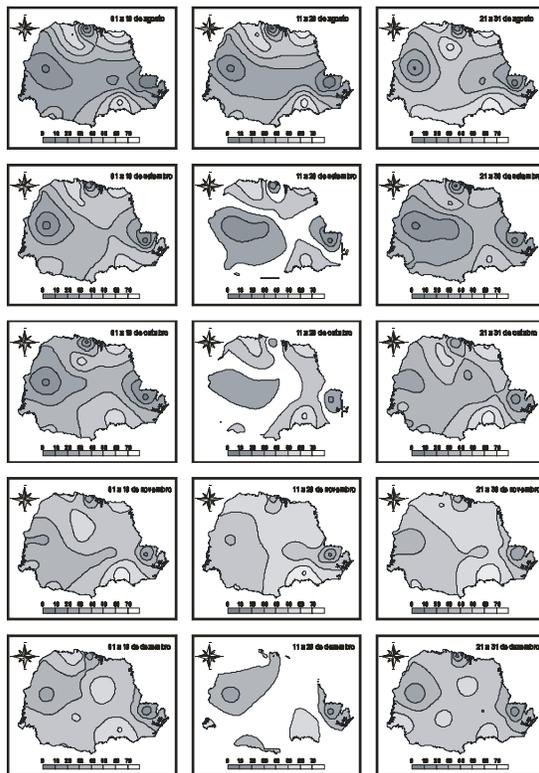
Sendo:

Arm<sub>2</sub>: armazenamento de água do solo no dia do cálculo (mm).

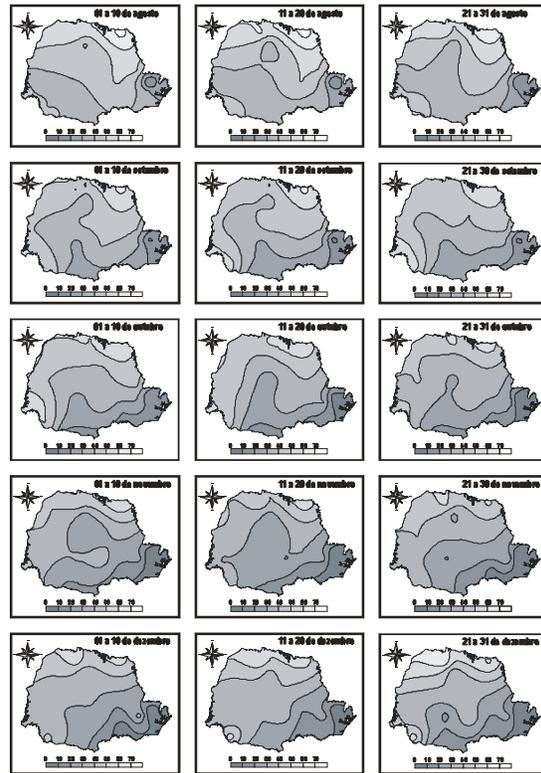
O balanço hídrico foi calculado a partir das épocas de semeadura simuladas, de agosto a dezembro, a cada dez dias. O déficit hídrico foi calculado temporal e espacialmente nesse período, utilizando as séries de dados históricos. As frequências de ocorrência de deficiência hídrica foram determinadas nos períodos de estabelecimento da cultura (primeiros dez dias de semeadura) e em torno da floração (10 dias antes até 10 dias após). Por meio de gráficos, foi possível visualizar claramente em quais períodos ocorreram os menores défices, conforme o local.

### Resultados e discussão

As Figuras 1 e 2 apresentam, respectivamente, os riscos de deficiência hídrica nos períodos de estabelecimento e floração, para diferentes datas de semeadura.



**Figura 1.** Risco de deficiência hídrica (%) no estabelecimento da cultura do arroz no Estado do Paraná, conforme a época de semeadura



**Figura 2.** Risco de deficiência hídrica (%) na floração da cultura do arroz no Estado do Paraná, conforme a época de semeadura

No Estado do Paraná existem diferenças significativas de comportamento hídrico entre várias regiões, dada a sazonalidade das chuvas e a grande variação de temperatura. A pluviosidade no Norte é menor que no Oeste e no Sul do Estado (Instituto Agrônomo do Paraná, 1994). Além disso, as temperaturas no Norte e Oeste são mais elevadas, favorecendo a evapotranspiração.

As regiões Norte, Noroeste e Oeste possuem riscos de déficit hídrico na floração em torno de 50%. O Noroeste, predominantemente com solos de textura arenosa, apresenta os riscos mais elevados, ultrapassando 60%. Dado o elevado risco, deve-se manejar os solos de modo a que percam o mínimo de água. Nestas regiões, o arroz pode ser utilizado como alternativa de renovação de pastagens ou como cultivo intercalar ao cafeeiro, com benefícios da reciclagem da matéria orgânica e da adubação residual. Em cultivos de sequeiro tradicional, é recomendado o uso de irrigação.

Para a região Sul do Estado os riscos são bem inferiores, em torno de 25 a 50% na floração. Quando as semeaduras foram simuladas nos meses de outubro e novembro, verificou-se um risco máximo de 30% na floração, sendo estes, portanto,

os melhores meses para semeadura. Todavia, há riscos mais elevados de veranicos em novembro, que podem afetar o estabelecimento da cultura. É conveniente, nesse período, que se semeie apenas após uma chuva suficiente para repor as reservas de água do solo ou com irrigação. Os riscos durante o estabelecimento da cultura, para semeadura em outubro e novembro, situam-se entre 25 a 55%. O período mais crítico compreende os primeiros 20 dias do mês, quando ocorrem veranicos com maior frequência (Figura 3).

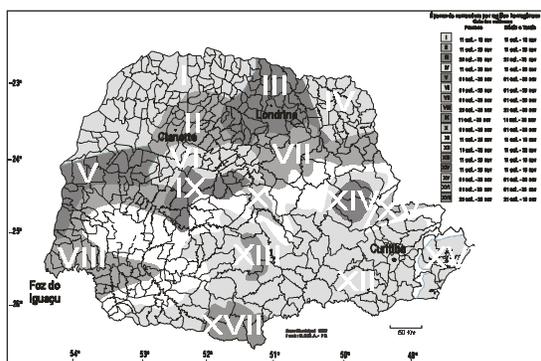


Figura 3. Períodos para semeadura do arroz de sequeiro no Estado do Paraná com menores riscos

Os resultados indicam a necessidade de se adotar um manejo que otimize o uso da água no solo, como o plantio direto, cultivo intercalar ou a irrigação. Fica também evidente a necessidade de pesquisas para desenvolver cultivares mais tolerantes à deficiência hídrica.

Os melhores meses para semeadura do arroz de sequeiro no Estado do Paraná são outubro e novembro. A semeadura, no entanto, deve ser feita com o solo úmido, para reduzir riscos de perdas no estabelecimento da cultura. É recomendável o uso de irrigação no Norte e Oeste do Estado.

### Referências

- BRUNT, D. Notes on radiation in the atmosphere. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, London, v.58; p.389-420, 1932.
- CARAMORI, P.H.; FARIA, R.T. Estimativa da evapotranspiração potencial para Londrina e Ponta Grossa, PR. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 22, n.1; p. 9-13, 1987.
- CARAMORI, P.H. *et al.* Frequência de ocorrência de períodos com deficiência hídrica (veranicos) no Estado do Paraná. Londrina: Iapar, 1991. (Boletim técnico, n.36).
- CHAUDHARY, J.L. *et al.* Analysis of growth duration and heat units of different rice genotypes. *International Rice Research Notes*, v.21, n.2-3, p.65, 1996.
- DINGKUNH, M.; ASCH, F. Phenological responses of *Oryza sativa*, *O. glaberrima* and inter-specific rice cultivars on a toposequence in West Africa. *Euphytica*, Dordrecht, v.110, n. 2, p.109-126, 1999.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Yield response to water. Roma: FAO, 1979. (Irrigation and Drainage Paper, n.33).
- FERRAZ, E.C. Ecofisiologia do arroz. In: CASTRO, P.R.C. (Ed.). *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1987. p. 185-202.
- FAO-FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. *Rice development and rainfed rice production*. Rome: FAO Plant Production and Protection Paper 41, 1982.
- GRODZKI, L. *et al.* Risco de ocorrência de geada no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.4, n.1, p.93-99, 1996.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ-IAPAR. *Cartas climáticas do Estado do Paraná*, Londrina, 1994.
- INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. *Atlas do Estado do Paraná*. 1987.
- MILLER, B.C. A study of rice growth and development designed to develop CARICE: A rice growth model for scheduling management actions and evaluating management strategies under California's direct seeded, continuously flooded culture. *Sciences and Engineering*. v.50, n.11, p.4827B-4828B, 1990.
- PEDROSO, B.A. Condições climáticas para cultivar arroz: temperatura. *Lavoura Arrozeira*, v.33, n.320, p.6-8, 1980.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. Lond., Series A*, London, v.193, p.120-45, 1948.
- PRESCOTT, J.A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. *Trans. R. Soc. Sci. S. Austr.*, Adelaide, v.64, p.114-25, 1940.
- RADULOVICH, R.A. Aqua, a model to evaluate water deficits and excesses in tropical cropping. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.52, n.3-4, p.253-261, 1990.
- SIE, M. *et al.* Rice crop duration and leaf appearance rate in a variable thermal environment. II. Comparison of genotypes. *Field Crops Res.*, Amsterdam, v.58, n.2, p.129-140, 1998.
- STANHILL, G. The use of Piche evaporimeter in the calculation of evaporation. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, London, v.88; p.80-82, 1962.
- WREGE, M.S. *et al.* Risco de deficiência hídrica na cultura do feijoeiro durante a safra das águas no Estado do Paraná. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.5, n.1, p.51-59, 1997.

Received on December 14, 2000.

Accepted on April 09, 2001.