

## Estimativa do consumo relativo de água para a cultura do feijoeiro na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul

### Estimative of the relative water consumption of common bean in Planalto Medio of Rio Grande do Sul State, Brazil

Ronaldo Matzenauer<sup>1,2</sup> Jaime Ricardo Tavares Maluf<sup>3</sup> Nídio Antonio Barni<sup>1</sup>  
Bernadete Radin<sup>1</sup> Cristiano Schacker dos Anjos<sup>4</sup>

#### RESUMO

Estimou-se o consumo relativo de água (razão  $E_{Tr}/E_{Tm}$ ) durante o período crítico da cultura do feijoeiro em três épocas de semeadura, para Cruz Alta, Júlio de Castilhos e Passo Fundo, no Rio Grande do Sul, considerando-se duas capacidades de armazenamento de água disponível (CAD) no solo: 50 e 70mm. A evapotranspiração máxima ( $E_{Tm}$ ) foi estimada utilizando-se o coeficiente de cultura ( $K_c$ ), sendo a evapotranspiração real ( $E_{Tr}$ ), calculada através do balanço hídrico decendial, para o período de 1975/76 a 2000/2001. Considerando-se os valores médios dos períodos, o consumo relativo de água variou de 0,68 na época de semeadura de novembro, para Júlio de Castilhos, com CAD de 50mm, a 0,88 na semeadura de setembro em Passo Fundo, para a CAD de 70mm. Os valores médios obtidos, por local e época de semeadura, encontram-se dentro do valor considerado favorável para a cultura (índice  $E_{Tr}/E_{Tm} > 0,60$ ). Os maiores valores do consumo relativo de água foram obtidos na semeadura de setembro, com índices intermediários para a época de outubro. Na semeadura de novembro, foram observados os menores valores, sendo esta, portanto, a época de maior risco. Em eventos de forte estiagem, o consumo relativo de água foi menor do que 0,20, evidenciando situações de alto risco à produção de grãos. Em 20,6% dos casos analisados para a CAD de 50mm, e 18,8% para a CAD de 70mm, o consumo relativo de água classifica-se como de médio ou alto risco para a cultura do feijoeiro (índice  $E_{Tr}/E_{Tm} \leq 0,60$  durante o período crítico). Das localidades estudadas, Cruz Alta foi a que apresentou o maior percentual de risco, enquanto Passo Fundo, apresentou o menor percentual. Para o conjunto dos locais analisados, pode-se esperar redução de rendimento de grãos de feijão por deficiência hídrica, em cerca de duas safras a cada dez, com intensidade variável, dependendo do local, do ano e da época de semeadura.

**Palavras-chave:** feijoeiro, evapotranspiração máxima, evapotranspiração real, consumo relativo de água, época de semeadura.

#### ABSTRACT

The objective of this work was to estimate the relative water consumption ( $E_{Tr}/E_{Tm}$ ) for the critical period of common bean in several sowing dates, and different water availability in soil for tree places of Rio Grande do Sul state, Brazil. The maximum evapotranspiration ( $E_{Tm}$ ) was estimated using the crop coefficient ( $K_c$ ) while the real evapotranspiration ( $E_{Tr}$ ) was estimated through the water balance, calculated for the period from 1975/76 to 2000/2001. Considering the average values of the periods, the relative water consumption varied from 0.68 in the sowing date of November, in Julio de Castilhos, for water availability in soil of 50mm, to 0.88 in the sowing of September in Passo Fundo, for water availability in soil of 70mm. The medium values, obtained for each local and sowing date, are inside of favorable index for the common bean ( $E_{Tr}/E_{Tm} > 0.60$ ). The largest values of the relative water consumption where obtained in sowing date of September, with intermediary values for October and smallest values in sowing of November. The relative water consumption was smaller than 0.20, in years of strong drought, evidencing situations of high risk to grain production. In 20.6% of the cases, the relative water consumption was classified as of high or medium risk (index  $E_{Tr}/E_{Tm} \leq 0.60$  during the critical period), for water availability in soil of 50mm. Cruz Alta presented the highest risk to grain production, while Passo Fundo presented the smallest risk. The sowing date with the highest risk was November while September had the lowest risk. For the analyzed places, it can be expected that, of every ten years, in about two should happen reduction of common bean yield due to water deficiency, with variable intensity, depending on the place, year and sowing date.

**Key words:** maximum evapotranspiration, real evapotranspiration, relative water consumption, sowing date, common bean.

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Doutor, Pesquisador em Agrometeorologia, Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO), SCT, Rua Gonçalves Dias, 570, 90130-060, Porto Alegre, RS.

<sup>2</sup>Pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). E-mail: ronaldo-matzenauer@fepagro.rs.gov.br. Autor para correspondência.

<sup>3</sup>Engenheiro Agrônomo, MSc, Pesquisador da Embrapa Trigo, CP 569, 99001-970, Passo Fundo, RS.

<sup>4</sup>Estudante da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, bolsista de Iniciação Científica do CNPq.

## INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores limitantes à produção de grãos no Estado do Rio Grande do Sul é a baixa disponibilidade de água no solo, tendo como causa a insuficiente quantidade e/ou a irregular distribuição das precipitações pluviais. A análise do rendimento médio do feijoeiro no período 1990/91 a 2001/02 caracteriza a grande variabilidade no rendimento de grãos dessa cultura, com valores oscilando entre 456kg ha<sup>-1</sup> na safra 1990/91 a 949kg ha<sup>-1</sup> na safra 2000/01 (COMISSÃO, 2003). A caracterização das disponibilidades hídricas para as principais culturas de primavera-verão cultivadas no Rio Grande do Sul é um tema amplamente pesquisado pela comunidade científica. Segundo BERLATO (1992), a variabilidade interanual das condições hídricas do solo, determinada pela variabilidade das chuvas, é o fator que exerce maior peso na oscilação dos rendimentos das culturas de primavera-verão no Rio Grande do Sul. Para a cultura do feijoeiro, de acordo com dados da EMATER/RS, no período de 1995/96 a 2000/01, compreendendo seis safras, verificaram-se reduções acentuadas causadas por deficiências hídricas em três safras (1995/96, 1998/99 e 1999/00), com perdas respectivamente de 111, 41 e 49 mil toneladas de grãos. O feijoeiro é cultivado praticamente em todas as regiões do Rio Grande do Sul, principalmente em pequenas e médias propriedades. Na safra 2001/2002, a cultura ocupou uma área de cerca de 165 mil hectares com uma produção de 146 mil toneladas de grãos (COMISSÃO, 2003).

Analisando a disponibilidade hídrica para o feijoeiro na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, MATZENAUER et al. (2002) verificaram que as deficiências hídricas no ciclo completo da cultura variaram de 38mm a 97mm, na média do período estudado, dependendo do local e da época de semeadura. Os autores verificaram que, em períodos quentes e secos, como no ano agrícola 1985/86, em condições de elevada demanda evaporativa da atmosfera, as deficiências hídricas no ciclo completo do feijoeiro ultrapassaram 300mm, na localidade de Júlio de Castilhos.

Em uma análise agroclimatológica da necessidade de irrigação da soja no Rio Grande do Sul, MOTA et al. (1996) concluíram que há necessidade de irrigação em todas as regiões do Estado, considerando o período de semeadura recomendado e as cultivares de todos os grupos de maturação. Trabalhos de pesquisa que objetivam a determinação de índices agrometeorológicos, visando minimizar os

efeitos do déficit hídrico sobre as culturas, têm aumentado nos últimos anos, propiciando o aperfeiçoamento dos trabalhos de zoneamento agroclimático, com ênfase à redução de riscos na produção de grãos.

A quantidade de água consumida pela planta em condições naturais de disponibilidade hídrica (evapotranspiração real - ETr) relacionada ao consumo de água sem restrição hídrica no solo (evapotranspiração máxima - ETm), fornece o consumo relativo de água, representado pelo índice ETr/ETm, ou seja, indica a quantidade de água que a planta consome, em relação à quantidade máxima de água que a planta consumiria, na ausência de restrição hídrica. É um índice, também denominado índice de satisfação das necessidades de água (ISNA), de grande utilidade em estudos agrometeorológicos, sendo utilizado mais recentemente em trabalhos de zoneamento agroclimático, para a definição de áreas de menor risco à produção de grãos.

O consumo relativo de água para a cultura do milho foi determinado por MATZENAUER et al. (1995), para vários locais e anos. Os autores encontraram alta associação entre a variável e o rendimento de grãos, e concluíram que o consumo relativo de água é a variável mais eficiente para indicar as variações de rendimento de grãos de milho entre épocas de semeadura, anos e locais no Estado do Rio Grande do Sul.

O índice de satisfação das necessidades de água (ISNA) do subperíodo III de desenvolvimento do feijoeiro – do início da floração até o início do enchimento de grãos – foi utilizado por MALUF et al. (2001) como principal índice de zoneamento de riscos climáticos para a cultura. Foram definidas três categorias para o índice: favorável ao cultivo (ISNA > 0,60); intermediária (ISNA entre 0,50 e 0,60) e desfavorável (ISNA < 0,50).

Este trabalho teve o objetivo de estimar o consumo relativo de água para a cultura do feijoeiro durante o período crítico, em diferentes épocas de semeadura, para três localidades do Rio Grande do Sul, visando fornecer informações úteis aos estudos de zoneamentos agroclimáticos e para a definição da época de semeadura de menor risco para a produção dessa cultura, na região do Planalto Médio do Estado.

## MATERIAL E MÉTODOS

O consumo relativo de água para a cultura do feijoeiro foi calculado para as localidades de Cruz Alta (28°38' S, 53°36' W e 473m de altitude), Júlio de Castilhos (29°13' S, 53°40' W e 514m de altitude) e

Passo Fundo (28°15' S, 52°24' W e 709m de altitude), situadas na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. O período estudado foi dos anos agrícolas de 1975/76 a 2001/02 para Cruz Alta e Passo Fundo, e 1975/76 a 1995/96 para Júlio de Castilhos. O período avaliado variou em função da disponibilidade de dados meteorológicos, sendo os mesmos, obtidos junto ao Banco de Dados do Laboratório de Agrometeorologia da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO/SCT, RS, e junto à EMBRAPA Trigo.

A evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) da cultura foi estimada a partir da relação:

$$ET_m = K_c \cdot E_{To}$$

onde K<sub>c</sub> é o coeficiente de cultura (MATZENAUER et al., 1999) e E<sub>To</sub> é a evapotranspiração de referência estimada pelo método de PENMAN (1956). No cálculo de E<sub>To</sub>, o saldo de radiação (R<sub>n</sub>) foi estimado pelo modelo ajustado para a cultura do feijoeiro segundo BERGAMASCHI et al. (1988). A evapotranspiração real foi calculada pelo uso do balanço hídrico decendial (THORNTHWAITE & MATHER, 1955), utilizando-se duas capacidades de armazenamento de água disponível no solo (CAD): 50mm e 70mm. O índice E<sub>Tr</sub>/ET<sub>m</sub> foi calculado para as épocas de semeadura de setembro, outubro e novembro, centralizadas no dia 10 do mês, em função do zoneamento agroclimático para a cultura.

A estimativa do consumo relativo de água foi obtida somente para o período crítico da cultura, ou seja, do início da floração até o início do enchimento de grãos (IF-IEG), conforme BERGAMASCHI (1987), que obteve para este subperíodo os maiores valores médios diários de consumo de água, em comparação aos demais subperíodos do ciclo de desenvolvimento da cultura. Nos cálculos, utilizou-se a fenologia média referente a cultivares de grupo de maturação de ciclo médio, conforme MATZENAUER et al. (2002).

Para a classificação dos níveis do índice hídrico E<sub>Tr</sub>/ET<sub>m</sub>, adotou-se os critérios utilizados por MALUF et al. (2001) para o índice de satisfação das necessidades de água: índice favorável – E<sub>Tr</sub>/ET<sub>m</sub> > 0,60; índice intermediário – 0,50 ≤ E<sub>Tr</sub>/ET<sub>m</sub> ≤ 0,60; e índice desfavorável – E<sub>Tr</sub>/ET<sub>m</sub> < 0,50.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As estimativas do consumo relativo de água no período crítico do feijoeiro, para as três localidades avaliadas, bem como os valores médios e o desvio padrão de cada período em cada época de semeadura, são apresentados nas tabelas 1 a 3. Considerando-se

os valores médios dos períodos, nos diferentes locais e épocas de semeadura, o consumo relativo de água variou de 0,68 para a época de semeadura de novembro na localidade de Júlio de Castilhos, a 0,88 na semeadura de setembro em Passo Fundo. Júlio de Castilhos apresentou os menores valores de consumo relativo de água, enquanto Passo Fundo, apresentou os maiores valores, indicando esta localidade como a de menor risco à produção de grãos de feijoeiro.

Os valores de consumo relativo de água para a cultura do feijoeiro encontrados neste trabalho são maiores do que para a cultura da soja, obtidos por MATZENAUER et al. (2003). Os autores encontraram valores de consumo relativo de água para a soja que variaram de 0,49 a 0,73 para os mesmos locais avaliados neste estudo, em várias épocas de semeadura. Os menores valores do índice E<sub>Tr</sub>/ET<sub>m</sub> encontrados para a cultura da soja, são atribuídos à maior evapotranspiração máxima da cultura (BERLATO et al., 1986), devido, provavelmente, ao maior índice de área foliar da soja.

Em períodos de forte estiagem, como ocorrido durante o ano agrícola 1985/86, o consumo relativo de água, em algumas situações, foi menor do que 0,20. Estes índices estão associados a baixos rendimentos de grãos. Para a cultura da soja, de acordo com modelos agrometeorológicos de previsão de rendimento ajustados por BERLATO (1987), ocorrem reduções de mais de 70% no rendimento de grãos da cultura com valores baixos de consumo relativo de água. Para a cultura do feijoeiro, apesar de apresentar menor consumo de água em relação à soja, pode-se inferir que ocorra, também, redução no rendimento de grãos com a diminuição do consumo relativo de água.

A época de semeadura de maior risco por deficiência hídrica para o feijoeiro é a de início de novembro, a qual apresentou os menores valores de consumo relativo de água em todos os locais, seguindo-se a semeadura de outubro. A época de setembro foi a que apresentou menor risco para a cultura, o que pode ser atribuído ao fato do período crítico da cultura coincidir com uma menor demanda evaporativa da atmosfera, durante o mês de outubro. Isto não acontece com a semeadura de novembro, na qual o período crítico coincide com uma época de maior demanda evaporativa durante o mês de dezembro. Segundo resultados obtidos por MOTA et al. (1993), para cultivos sem irrigação, a melhor época de semeadura para o feijoeiro, nas regiões

Tabela 1 - Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no subperíodo crítico do feijoeiro (IF - IEG), em diferentes anos e épocas de semeadura, para duas capacidades de armazenamento de água disponível no solo (CAD). Cruz Alta, RS. Período 1975/76-2001/02.

Ano	CAD 50mm			Ano	CAD 70mm		
	Época de semeadura				Época de semeadura		
	set	out	nov		set	out	nov
75/76	0,95	0,95	1,00	75/76	0,97	0,97	1,00
76/77	0,86	0,94	1,00	76/77	0,90	0,95	1,00
77/78	0,88	0,78	0,29	77/78	0,91	0,83	0,37
78/79	0,90	0,79	0,24	78/79	0,93	0,84	0,33
79/80	0,87	1,00	0,50	79/80	0,90	1,00	0,58
80/81	1,00	0,93	0,97	80/81	1,00	0,95	0,98
81/82	0,99	0,98	0,37	81/82	0,99	0,99	0,47
82/83	0,95	0,74	0,76	82/83	0,96	0,79	0,81
83/84	0,80	0,48	1,00	83/84	0,84	0,55	1,00
84/85	0,74	0,45	0,27	84/85	0,80	0,53	0,35
85/86	0,15	0,06	0,49	85/86	0,23	0,10	0,51
86/87	0,85	0,77	1,00	86/87	0,89	0,82	1,00
87/88	0,86	0,40	0,54	87/88	0,89	0,49	0,59
88/89	0,86	0,46	0,83	88/89	0,90	0,55	0,86
89/90	0,85	0,51	0,83	89/90	0,88	0,60	0,87
90/91	0,92	0,90	0,13	90/91	0,94	0,93	0,22
91/92	0,87	0,80	0,78	91/92	0,90	0,85	0,83
92/93	0,97	0,87	1,00	92/93	0,98	0,90	1,00
93/94	0,95	1,00	0,37	93/94	0,97	1,00	0,46
94/95	0,78	0,40	1,00	94/95	0,83	0,49	1,00
95/96	0,38	0,13	0,68	95/96	0,46	0,21	0,71
96/97	0,68	1,00	0,80	96/97	0,74	1,00	0,85
97/98	1,00	0,70	0,90	97/98	1,00	0,77	0,93
98/99	0,34	0,87	0,92	98/99	0,44	0,88	0,94
99/00	0,71	0,76	0,88	99/00	0,78	0,80	0,91
00/01	0,94	0,70	1,00	00/01	0,96	0,77	1,00
01/02	0,85	0,80	0,49	01/02	0,88	0,85	0,58
Média	0,81	0,71	0,71	Média	0,85	0,76	0,75
$\sigma$	0,21	0,26	0,29	$\sigma$	0,18	0,24	0,26

IF-IEG – Início da floração até o início do enchimento de grãos.  
 $\sigma$  - desvio padrão.

recomendadas, é início de setembro, quando o risco de secas durante o ciclo é menor, estando, portanto, de acordo com os resultados obtidos neste trabalho. Salienta-se, no entanto, que, considerando-se os valores médios de consumo relativo de água nos diversos locais e épocas de semeadura, em todos os casos os valores estiveram na faixa acima de 0,60, considerada como condição favorável ao cultivo do feijoeiro (MALUF et al., 2001).

Na tabela 4, é apresentado um resumo da análise do consumo relativo de água para a cultura do feijoeiro nos diversos locais. Verifica-se que, para a CAD de 50mm e na média dos locais e épocas de semeadura, em 20,6% das situações (locais x épocas x anos) o consumo relativo de água é menor que 0,60, ou seja, classificado como intermediário ou desfavorável. Significa, portanto, que, em cerca de 80% dos casos a disponibilidade hídrica é favorável ao cultivo do feijoeiro. Para a CAD de 70mm, o consumo relativo de água é menor que 0,60 em 18,8% dos casos estudados.

Na tabela 5, verifica-se a frequência relativa (%) do consumo relativo de água ser favorável ( $ETr/ETm > 0,60$ ), intermediário ( $0,50 \leq ETr/ETm \leq 0,60$ ) e desfavorável ( $ETr/ETm < 0,50$ ), para o feijoeiro durante o período crítico. Passo Fundo apresenta a maior probabilidade de ocorrer em condições favoráveis ao cultivo do feijoeiro nas três épocas de semeadura, enquanto que Júlio de Castilhos e Cruz Alta apresentam as menores probabilidades das condições serem favoráveis na semeadura de novembro, com cerca de 24% e 22% de frequência de ocorrer condições desfavoráveis, respectivamente, portanto com maior risco à produção.

Os índices ETr/ETm apresentados podem ser utilizados para a estimativa do potencial de rendimento de grãos em cada região e para a previsão de safras agrícolas, utilizando-se modelos agrometeorológicos ajustados para a cultura do feijoeiro. Além disso, podem fornecer subsídios importantes ao aperfeiçoamento do zoneamento

Tabela 2 - Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no subperíodo crítico do feijoeiro (IF - IEG), em diferentes anos e épocas de semeadura, para duas capacidades de armazenamento de água disponível no solo (CAD). Júlio de Castilhos, RS. Período 1975/76-1995/96.

Ano	CAD 50mm			Ano	CAD 70mm		
	Época de semeadura				Época de semeadura		
	set	out	nov		set	out	nov
75/76	0,93	0,99	0,94	75/76	0,95	0,99	0,96
76/77	0,80	0,52	1,00	76/77	0,84	0,60	1,00
77/78	0,90	0,70	0,81	77/78	0,93	0,76	0,84
78/79	0,83	0,70	0,16	78/79	0,85	0,75	0,25
79/80	0,91	0,95	0,34	79/80	0,94	0,96	0,43
80/81	1,00	0,91	0,87	80/81	1,00	0,94	0,91
81/82	0,95	0,95	0,21	81/82	0,95	0,97	0,31
82/83	0,91	0,83	0,82	82/83	0,94	0,87	0,86
83/84	0,65	0,64	1,00	83/84	0,72	0,69	1,00
84/85	0,83	0,65	0,46	84/85	0,87	0,72	0,53
85/86	0,15	0,28	0,30	85/86	0,22	0,32	0,32
86/87	0,89	0,68	0,95	86/87	0,91	0,74	0,95
87/88	0,92	0,50	0,56	87/88	0,94	0,58	0,62
88/89	0,86	0,48	0,92	88/89	0,90	0,57	0,93
89/90	0,94	0,63	0,80	89/90	0,95	0,70	0,85
90/91	0,92	0,89	0,38	90/91	0,94	0,92	0,48
91/92	0,69	0,86	0,76	91/92	0,75	0,89	0,81
92/93	0,65	0,81	1,00	92/93	0,72	0,85	1,00
93/94	0,97	0,99	0,42	93/94	0,98	0,99	0,51
94/95	0,71	0,82	0,78	94/95	0,77	0,85	0,83
95/96	0,60	0,20	0,75	95/96	0,66	0,30	0,77
Média	0,81	0,71	0,68	Média	0,84	0,76	0,72
$\sigma$	0,19	0,22	0,28	$\sigma$	0,17	0,20	0,25

IF-IEG – Início da floração até o início do enchimento de grãos.

 $\sigma$  - desvio padrão.

Tabela 3 - Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no subperíodo crítico do feijoeiro (IF - IEG), em diferentes anos e épocas de semeadura, para duas capacidades de armazenamento de água disponível no solo (CAD). Passo Fundo, RS. Período 1975/76-2001/02.

Ano	CAD 50mm			Ano	CAD 70mm		
	Época de semeadura				Época de semeadura		
	set	out	nov		set	out	nov
75/76	0,95	0,98	1,00	75/76	0,96	0,99	1,00
76/77	0,95	1,00	1,00	76/77	0,97	1,00	1,00
77/78	1,00	0,76	0,76	77/78	1,00	0,82	0,80
78/79	0,95	0,77	0,25	78/79	0,96	0,82	0,35
79/80	1,00	1,00	0,92	79/80	1,00	1,00	0,94
80/81	0,86	0,99	0,90	80/81	0,89	1,00	0,92
81/82	0,99	1,00	0,64	81/82	1,00	1,00	0,71
82/83	0,93	0,50	0,97	82/83	0,95	0,59	0,98
83/84	0,78	0,83	0,98	83/84	0,83	0,86	0,99
84/85	0,41	0,62	0,57	84/85	0,51	0,68	0,64
85/86	0,47	0,49	0,63	85/86	0,53	0,54	0,67
86/87	0,79	0,79	1,00	86/87	0,84	0,84	1,00
87/88	0,84	0,80	0,91	87/88	0,88	0,84	0,93
88/89	0,96	0,85	1,00	88/89	0,97	0,89	1,00
89/90	0,92	0,87	0,97	89/90	0,94	0,90	0,98
90/91	0,88	0,90	0,23	90/91	0,91	0,92	0,33
91/92	0,91	1,00	0,81	91/92	0,93	1,00	0,85
92/93	0,97	0,97	1,00	92/93	0,98	0,98	1,00
93/94	1,00	1,00	0,57	93/94	1,00	1,00	0,64
94/95	0,92	0,93	1,00	94/95	0,94	0,94	1,00
95/96	0,86	0,42	0,75	95/96	0,89	0,51	0,79
96/97	0,62	0,75	0,99	96/97	0,70	0,78	0,99
97/98	1,00	0,67	1,00	97/98	1,00	0,73	1,00
98/99	0,72	0,68	0,77	98/99	0,78	0,74	0,83
99/00	0,82	0,98	0,61	99/00	0,87	0,99	0,67
00/01	0,75	0,53	0,99	00/01	0,81	0,60	0,99
01/02	0,85	1,00	0,76	01/02	0,88	1,00	0,81
Média	0,85	0,81	0,79	Média	0,88	0,84	0,82
$\sigma$	0,15	0,18	0,22	$\sigma$	0,13	0,16	0,19

IF-IEG – Início da floração até o início do enchimento de grãos.

 $\sigma$  - desvio padrão.

Tabela 4 - Número total de casos analisados (anos x épocas) e índice ETr/ETm crítico (número e percentual) para a cultura do feijoeiro, durante o subperíodo crítico de desenvolvimento (IF-IEG), nas localidades de Cruz Alta, Júlio de Castilhos e Passo Fundo, RS. Período 1975/76-2001/02.

Local	n° de anos	n° de épocas	n° Total	ETr/ETm ≤ 0,60 *		ETr/ETm ≤ 0,60 *	
				CAD 50mm		CAD 70mm	
				n°	%	n°	%
Cruz Alta	27	3	81	21	25,9	21	25,9
Júlio de Castilhos	21	3	63	15	23,8	13	20,6
Passo Fundo	27	3	81	10	12,3	8	9,9
Média/Total	25	3	225	46	20,6	42	18,8

\* Índice ETr/ETm crítico (≤ 0,60) para o período crítico de desenvolvimento da cultura;  
F – IEG: início da floração até o início do enchimento de grãos.

Tabela 5 - Frequência (%) de ocorrência de consumo relativo de água favorável, intermediário e desfavorável durante o subperíodo crítico do feijoeiro (IF – IEG), para as localidades de Cruz Alta, Júlio de Castilhos e Passo Fundo, RS, em três épocas de semeadura e para duas capacidades de armazenamento de água disponível no solo.

Época	Cruz Alta					
	CAD = 50mm			CAD = 70mm		
	Favorável	Intermediário	Desfavorável	Favorável	Intermediário	Desfavorável
Setembro	88,9	0,0	11,1	88,9	0,0	11,1
Outubro	70,4	3,7	25,9	70,4	14,8	14,8
Novembro	63,0	7,4	29,6	63,0	14,8	22,2
Época	Júlio de Castilhos					
	CAD = 50mm			CAD = 70mm		
	Favorável	Intermediário	Desfavorável	Favorável	Intermediário	Desfavorável
Setembro	90,1	4,8	4,8	95,2	0,0	4,8
Outubro	76,2	9,5	14,3	76,2	14,2	9,6
Novembro	61,9	4,8	33,3	66,6	9,6	23,8
Época	Passo Fundo					
	CAD = 50mm			CAD = 70mm		
	Favorável	Intermediário	Desfavorável	Favorável	Intermediário	Desfavorável
Setembro	92,6	0,0	7,4	92,6	7,4	0,0
Outubro	85,2	7,4	7,4	85,2	14,8	0,0
Novembro	85,2	7,4	7,4	92,6	0,0	7,4

favorável (índice ETr/ETm > 0,60); intermediário (0,50 ≤ ETr/ETm ≤ 0,60); desfavorável (ETr/ETm < 0,50)  
IF-IEG: início da floração até o início do enchimento de grãos

agroclimático da cultura, contribuindo, ainda, na definição da época de semeadura de menor risco à produção de grãos em cada região.

## CONCLUSÕES

É frequente a ocorrência de deficiência hídrica durante o período crítico do feijoeiro, sendo que os riscos por deficiência aumentam à medida em que se atrasa a época de semeadura até o início de novembro, caracterizando-se, portanto, a época de setembro como a de menor risco à produção de grãos. Pode-se esperar redução de rendimento de grãos de feijoeiro em duas a cada dez safras.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERGAMASCHI, H. et al. Deficiência hídrica em feijoeiro. II. Balanço de energia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.7, p.745-757, 1988.
- BERGAMASCHI, H. et al. Deficiência hídrica em feijoeiro. III. Evapotranspiração máxima e relações com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e com a evaporação do "Tanque Classe A". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.4, p.387-392, 1989.
- BERLATO, M.A. **Modelo de relação entre o rendimento de grãos de soja e o déficit hídrico para o Estado do Rio Grande do Sul**. 1987. 93f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Curso de Pós-graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

- BERLATO, M.A. As condições de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul e os impactos das estiagens na produção agrícola. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre : UFRGS, 1992. p.11-24.
- BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Evapotranspiração máxima da soja e relações com a evapotranspiração calculada pela equação de Penman, evaporação do tanque "classe A" e radiação solar global. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v.22, n.2, p.251-259, 1986.
- COMISSÃO Estadual de Pesquisa de Feijão: **indicações técnicas para a cultura do feijão no Rio Grande do Sul 2003/04**. Passo Fundo : UPF, 2003. 149p.
- MALUF, J.R.T. et al. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de feijão no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.9, n.3, p.1-10, 2001.
- MATZENAUER, R. et al. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p.85-92, 1995.
- MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.T.; BUENO, A.C. Relações entre a evapotranspiração máxima do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.2, p.173-178, 1999.
- MATZENAUER, R. et al. Análise agroclimática da disponibilidade hídrica para a cultura do feijoeiro na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.8, n.1-2, p.39-51, 2002.
- MATZENAUER, R.; BARNI, N.A.; MALUF, J.R.T. Estimativa do consumo relativo de água para a cultura da soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.6, p.1013-1019, 2003.
- MOTA, F.S. da; AGENDES, M.O. de O.; SIGNORINI, E. Informação agroclimatológica para planejamento da irrigação do feijoeiro no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.1, n.1, p.141-148, 1993.
- MOTA, F.S. et al. Análise agroclimatológica da necessidade de irrigação da soja no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.4, n.1, p.133-138, 1996.
- PENMAN, H.L. Evaporation: and introductory survey. **Netherland Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.4, p.9-29, 1956.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J. R. The water budget and its use in irrigation. In: **Yearbook of Agriculture**, Washington, 1955. p.346-358.