

BOLETIM FEPAGRO

Boletim Técnico da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária

NÚMERO 10 - AGOSTO DE 2002

Consumo de Água e Disponibilidade Hídrica para Milho e Soja no Rio Grande do Sul



Ronaldo Matzenauer
Homero Bergamaschi
Moacir Antônio Beriato
Jaime Ricardo Tavares Meluf
Nildo Antônio Barni

Arisitides Câmara Bueno
Ivo Antônio Didone
Cristiano Schacker dos Anjos
Flávio Alves Machado
Márcia dos Reis Sampaio

Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
Secretaria da Ciência e Tecnologia
Rio Grande do Sul - Brasil

ISSN 0104-9089

BOLETIM FEPAGRO

Boletim Técnico da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária

NÚMERO 10 - JUNHO DE 2002

Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária
Secretaria da Ciência e Tecnologia
Rio Grande do Sul - Brasil

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:
FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – FEPAGRO
SETOR DE EDITORAÇÃO
Rua Gonçalves Dias, 570 – Bairro Menino Deus
90130-060 Porto Alegre – RS/Brasil
E-mail: edito@fepagro.rs.gov.br
Fone: 051 3233 5411 Fax: 051 3233 7607
Tiragem:

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – FEPAGRO
DIVISÃO DE COMUNICAÇÃO RURAL: Nêmora Arlindo Rodrigues - Chefe
COMISSÃO EDITORIAL: Eduardo Pires de Albuquerque
Francisco Oscar Zanotelli
Nêmora Arlindo Rodrigues
Sandra Maria Borowski

BIBLIOTECÁRIA: Nêmora Arlindo Rodrigues
JORNALISTA: Hilda Gislaine Araújo de Freitas

CATALOGAÇÃO NA FONTE

BOLETIM FEPAGRO, Boletim Técnico da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária/FEPAGRO; Secretaria da Ciência e Tecnologia – Porto Alegre, 2002. ISSN 0104-9089

Conteúdo:

n. 10 MATZENAUER, R. et al. Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja, no Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MATZENAUER, R. et al. **Consumo de água e disponibilidade hídrica para milho e soja, no Rio Grande do Sul.** Porto Alegre: FEPAGRO, 2002. 104 p. (BOLETIM FEPAGRO, 10)

Apresentação

As culturas de milho e soja ocuparam uma área de cerca de 4,63 milhões de hectares na safra 2000/2001, no Rio Grande do Sul, com uma produção de aproximadamente 13 milhões de toneladas de grãos. Esta produção foi, provavelmente, o recorde no Estado para estas duas culturas. Este ótimo desempenho pode ser atribuído a vários fatores, entre eles, talvez o principal, ao regime pluviométrico ocorrido durante o período de setembro/2000 a março/2001. Neste período, a precipitação pluvial esteve bem acima dos valores normais nas regiões de maior expressão de plantio, havendo desta forma, uma disponibilidade hídrica mais adequada para o crescimento e desenvolvimento das culturas, refletindo conseqüentemente, num maior rendimento de grãos. No entanto, **esta não é a realidade no Estado**, sendo o ano agrícola 2000/2001, um ano atípico em termos de disponibilidade hídrica para as culturas. A realidade é que o Estado do Rio Grande do Sul, sofre, com freqüência, de deficiências hídricas, muitas vezes severas, que prejudicam o rendimento e a produção das culturas de soja e milho. O Estado contabiliza perda de milhões de toneladas de milho e de soja nas últimas safras, principalmente as de 1990/91, 1995/96, 1996/97, 1998/99 e 1999/2000, apenas para citar as mais recentes. Deve-se salientar que os valores normais de precipitação não são suficientes para atender às necessidades hídricas da soja e do milho, principalmente durante os períodos críticos. Portanto, deve-se ter em mente que para as condições do Estado, **precipitação normal não é sinônimo de adequada disponibilidade hídrica para as culturas de soja e milho**.

Neste sentido, o conhecimento das necessidades de água das culturas bem como dos períodos de maior exigência hídrica, fornecem informações importantes para o planejamento das lavouras. A caracterização das disponibilidades hídricas para as culturas de soja e milho, nas diversas regiões do Estado, em diferentes épocas de semeadura, fornecem subsídios importantes aos produtores e extensionistas, proporcionando informações mais adequadas para a definição da melhor época de semeadura e do planejamento da irrigação, além de possibilitar o aperfeiçoamento dos zoneamentos agroclimáticos dessas culturas.

Com uma visão prospectiva, há cerca de 28 anos, a Equipe de Ecologia Agrícola do IPAGRO (hoje Equipe de Agrometeorologia da FEPAGRO/SCT) juntamente com o Setor de Agrometeorologia da Faculdade de Agronomia da UFRGS, iniciaram trabalhos inéditos na linha de pesquisa em evapotranspiração máxima (consumo de água) das principais culturas agrícolas do Estado, entre elas milho e soja. As pesquisas resultaram em informações importantes que possibilitaram a análise das condições hídricas para diversas culturas no Rio Grande do Sul e forneceram subsídios básicos para uma série de estudos, entre eles, a indicação de épocas de semeadura para soja e milho nas diferentes regiões climáticas do Estado e para a elaboração de zoneamentos agrícolas para essas culturas.

Com a publicação deste Boletim Técnico, coloca-se à disposição de produtores, extensionistas, pesquisadores e demais profissionais envolvidos com o setor produtivo agrícola no Estado, alguns resultados dos trabalhos desenvolvidos pelo grupo de pesquisa em

agrometeorologia da FEPAGRO e da UFRGS, que certamente contribuirão para a melhoria do planejamento das lavouras, visando o aumento da produção e da estabilidade das safras agrícolas.

Porto Alegre, junho de 2002

Eng. Agr. Ronaldo Matzenauer
Coordenador

Sumário

	página
1. Introdução.....	13
1.1. Justificativa.....	15
2. Regime pluviométrico no Estado do Rio Grande do Sul	15
2.1. Precipitação pluvial normal climatológica	15
2.2. Probabilidade de ocorrer precipitação pluvial mensal igual ou superior à evapotranspiração potencial	20
3. Necessidades hídricas das culturas	23
3.1. Evaporação, transpiração e evapotranspiração	23
3.2. Definição de termos	24
3.3. Determinação da evapotranspiração	26
3.4. O método de Penman para estimativa da evapotranspiração	26
3.5. Relações da evapotranspiração máxima com fórmulas e elementos meteorológicos	27
3.5.1. Relação com a evaporação do tanque classe A	28
3.5.2. Relação com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman	29
3.5.3. Relação com a radiação solar global	29
3.6. Desenvolvimento do déficit hídrico nas plantas	30
3.7. Efeitos do déficit hídrico	32
3.8. Relação entre rendimento de grãos e déficit hídrico	35
4. Cultura do milho	37
4.1. Evapotranspiração máxima	38
4.2. Relações da evapotranspiração máxima com a evaporação do tanque classe A, com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e com a radiação solar global	42
4.3. Exemplo de utilização do coeficiente de cultura	47
4.4. Disponibilidades hídricas para a cultura do milho em diferentes locais e épocas de semeadura	48
4.5. Consumo relativo de água durante o período crítico do milho	70
5. Cultura da soja	74
5.1. Evapotranspiração máxima e relações com a evaporação do tanque classe A, com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e com a radiação solar global	74
5.2. Disponibilidades hídricas para a cultura da soja em diferentes locais e épocas de semeadura	75
5.3. Consumo relativo de água durante o período crítico da soja	91
6. Considerações sobre o consumo relativo de água para as culturas de milho e soja	95
7. Considerações finais e recomendações	97
8. Referências Bibliográficas	99

Relação de Tabelas

Tabela	página
1. Precipitação pluvial (mm) no Estado do Rio Grande do Sul - normal 1931-1960	16
2. Períodos críticos com relação à disponibilidade hídrica no solo para algumas culturas	33
3. Datas de semeadura para as três épocas durante o período 1976-1988. Estação Experimental de Taquari, RS	39
4. Duração média (dias) dos subperíodos e do ciclo total do milho, em três épocas de semeadura. Estação Experimental de Taquari, RS	39
5. Evapotranspiração máxima da cultura do milho (ET _m) (mm). Valores totais e médios diários, em diferentes subperíodos de desenvolvimento e no ciclo completo, para três épocas de semeadura. Estação Experimental de Taquari/RS, período 1976/77-1988/89	41
6. Evapotranspiração máxima (ET _m), evaporação do tanque classe A (E _o) e a razão ET _m /E _o (coeficiente K _{c1}) em diferentes subperíodos e no ciclo total do milho. Valores médios diários (mm) para três épocas de semeadura. Estação Experimental de Taquari/RS, período 1976/77-1988/89	43
7. Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração de referência (E _{to}) calculada pela fórmula de Penman e a razão ET _m /E _{to} (coeficiente K _{c2}) em diferentes subperíodos e no ciclo total do milho. Valores médios diários (mm) para três épocas de semeadura. Estação Experimental de Taquari/RS, período 1976/77-1988/89	45
8. Evapotranspiração máxima (ET _m), radiação solar global (R _s), e a razão ET _m /R _s (coeficiente K _{c3}) em diferentes subperíodos e no ciclo total do milho. Valores médios diários (mm) para três épocas de semeadura. Estação Experimental de Taquari/RS, período 1976/77-1988/89	46
9. Relação das localidades onde foram calculados os balanços hídricos para a cultura do milho	48
10. Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (E _{Tr}) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. Cruz Alta, RS, período 1975/76-1997/98	53
11. Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (E _{Tr}) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em	

	diferentes subperíodos e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. Júlio de Castilhos, RS, período 1975/76-1995/96	54
12.	Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. Passo Fundo, RS, período 1975/76-1998/99	55
13.	Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo do milho, para cinco épocas de semeadura. Santa Rosa, RS, período 1975/76-1998/99	57
14.	Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo do milho, para cinco épocas de semeadura. São Borja, RS, período 1975/76-1999/2000	59
15.	Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. São Gabriel, RS, período 1975/76-1999/2000	61
16.	Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo do milho, para cinco épocas de semeadura. Taquari, RS, período 1975/76-2000/2001	62
17.	Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. Rio Grande, RS, período 1975/76-1998/99	64
18.	Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. Encruzilhada do Sul, RS, período 1975/76-1998/99	66
19.	Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. Veranópolis, RS, período 1975/76-1998/99	67
20.	Resumo das Tabelas 10 a 19. Valores médios de	

evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D) (mm) para a cultura do milho em diferentes locais e épocas de semeadura	69
21. Consumo relativo de água (índice ET _r /ET _m) no período crítico do milho (IP-30IP), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Cruz Alta e Júlio de Castilhos, RS	71
22. Consumo relativo de água (índice ET _r /ET _m) no período crítico do milho (IP-30IP), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Passo Fundo e Santa Rosa, RS	71
23. Consumo relativo de água (índice ET _r /ET _m) no período crítico do milho (IP-30IP), em diferentes anos e épocas de semeadura, para São Gabriel e São Borja, RS	72
24. Consumo relativo de água (índice ET _r /ET _m) no período crítico do milho (IP-30IP), em diferentes anos e épocas de semeadura, para para Rio Grande e Taquari, RS	73
25. Consumo relativo de água (índice ET _r /ET _m) no período crítico do milho (IP-30IP), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Encruzilhada do Sul e Veranópolis, RS	73
26. Evapotranspiração máxima (ET _m) e coeficientes de estimativa (K _{c1} , K _{c2} e K _{c3}), em diferentes subperíodos da soja. Valores médios. Estação experimental de Taquari, RS	75
27. Relação das localidades onde foram calculados os balanços hídricos para a cultura da soja	76
28. Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo da soja, para três épocas de semeadura. Cruz Alta, RS, período 1975/76-1996/97	79
29. Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo da soja, para três épocas de semeadura. Júlio de Castilhos, RS, período 1975/76-1995/96	80
30. Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo da soja, para três épocas de semeadura. Passo Fundo, RS, período 1975/76-1996/97	81
31. Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real (ET _r) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo da soja, para três épocas de semeadura. Santa Rosa, RS, período 1975/76-1998/99	82
32. Evapotranspiração máxima (ET _m), evapotranspiração real	

	(ETr) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo da soja, para três épocas de semeadura. São Borja, RS, período 1975/76-1997/98	83
33.	Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo da soja, para três épocas de semeadura. São Gabriel, RS, período 1975/76-1999/00	85
34.	Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo da soja, para três épocas de semeadura. Taquari, RS, período 1975/76-2000/01..	86
35.	Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo da soja, para três épocas de semeadura. Rio Grande, RS, período 1975/76-1998/99	87
36.	Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo da soja, para três épocas de semeadura. Encruzilhada do Sul, RS, período 1975/76-1998/99	88
37.	Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos e no ciclo completo da soja, para três épocas de semeadura. Veranópolis, RS, período 1975/76-1998/99	89
38.	Resumo das Tabelas 28 a 37. Valores médios de evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D) (mm) para a cultura da soja em diferentes locais e épocas de semeadura	91
39.	Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico da soja (R ₁ -R ₅), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Cruz Alta e Júlio de Castilhos, RS	92
40.	Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico da soja (R ₁ -R ₅), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Passo Fundo e Santa Rosa, RS	93
41.	Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico da soja (R ₁ -R ₅), em diferentes anos e épocas de semeadura, para São Borja e São Gabriel, RS	93
42.	Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico da soja (R ₁ -R ₅), em diferentes anos e épocas de	

semeadura, para Taquari e Rio Grande, RS	94
43. Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico da soja (R ₁ -R ₅), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Encruzilhada do Sul e Veranópolis, RS	95
44. Número total de casos avaliados (anos x épocas) e índice ETr/ETm crítico (número e percentual) para as culturas de milho e soja, durante o período crítico, em dez locais do Rio Grande do Sul	96

Relação de Figuras

Figura	página
1. Precipitação pluvial anual (mm) no Rio Grande do Sul – normal 1931-1960	17
2. Precipitação pluvial (mm) normal (1931-60) mensal na metade sul (latitude igual ou maior do que 30°S) e na metade norte (latitude menor do que 30°S) do Estado do Rio Grande do Sul (17 estações na metade norte e 14 estações na metade sul). Fonte de dados: Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1989	18
3. Precipitação pluvial (mm) normal de verão (1931-60) no Estado do Rio Grande do Sul. Fonte de dados: Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1989	19
4. Probabilidade (%) de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial para o mês de novembro, no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1913-1990	21
5. Probabilidade (%) de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial para o mês de dezembro, no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1913-1990	21
6. Probabilidade (%) de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial para o mês de janeiro, no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1913-1990	22
7. Probabilidade (%) de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial para o mês de fevereiro, no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1913-1990	22
8. Localidades onde foram calculados os balanços hídricos para a cultura do milho	49

Os autores dedicam este trabalho ao colega e amigo Sérgio Luiz Westphalen, que precocemente foi afastado de nosso convívio, mas que com sua bondade, amizade e sabedoria, cativou a todos nós.

CONSUMO DE ÁGUA E DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA MILHO E SOJA, NO RIO GRANDE DO SUL

RONALDO MATZENAUER¹
HOMERO BERGAMASCHI²
MOACIR ANTONIO BERLATO²
JAIME RICARDO TAVARES MALUF³
NÍDIO ANTONIO BARNI⁴
ARISTIDES CÂMARA BUENO⁵
IVO ANTONIO DIDONÉ⁶
CRISTIANO SCHACKER DOS ANJOS⁷
FLÁVIO ALVES MACHADO⁷
MÁRCIA DOS REIS SAMPAIO⁸

1. Introdução

O Estado do Rio Grande do Sul ocupa uma posição de destaque na produção agrícola Nacional. Com uma área representando pouco mais de 3% do território, produziu na safra 2000/2001 cerca de 20 % da produção brasileira de grãos, com uma produção aproximada de 15 % para milho e 19 % para soja. Apesar da expressão econômica, as culturas de milho e soja apresentam índices de produtividade ainda baixos, se comparados àqueles obtidos em outros países e, especialmente, em outros estados. Outra característica da produção agrícola gaúcha é a grande variabilidade espacial e temporal dos rendimentos obtidos. A principal causa dos baixos rendimentos e, principalmente, da grande variabilidade observada é a variação na disponibilidade hídrica para essas culturas, em função da baixa quantidade e (ou) má distribuição das chuvas. Características de manejo, estrutura, conservação e fertilidade do solo, além de temperaturas extremas do ar também se constituem em elementos que contribuem, em menor escala, para essas oscilações de rendimento.

Segundo ÁVILA et al. (1996), a probabilidade da precipitação pluvial superar a evapotranspiração potencial nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, em praticamente todo o estado, é inferior a 60%, o que determina uma alta frequência de ocorrência de deficiências hídricas e conseqüentes quebras de safras das culturas de primavera-verão produtoras de grãos.

¹ Eng. Agr., Dr., pesquisador da Equipe de Agrometeorologia da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária - FEPAGRO/SCT. Rua Gonçalves Dias, 570. Porto Alegre/RS – CEP 90130-060. E-mail: agrome@fepagro.rs.gov.br. Pesquisador do CNPq.

² Eng. Agr., Dr., Professor do Departamento de Forrageiras e Agrometeorologia – Faculdade de Agronomia/UFRGS. Porto Alegre, RS. Pesquisador do CNPq.

³ Eng. Agr., M.Sc., pesquisador da Embrapa Trigo. Passo Fundo, RS.

⁴ Eng. Agr., Dr., pesquisador da Equipe de Agrometeorologia da FEPAGRO/SCT.

⁵ Eng. Agr., pesquisador da Equipe de Agrometeorologia da FEPAGRO/SCT

⁶ Eng. Agr., M.Sc., pesquisador da Equipe de Agrometeorologia da FEPAGRO/SCT

⁷ Estagiário da Equipe de Agrometeorologia da FEPAGRO/SCT.

⁸ Meteorologista, Bolsista do CNPq.

Dessa forma, o clima caracteriza-se como o principal fator responsável pelas oscilações e frustrações das safras agrícolas no estado. No Rio Grande do Sul, diversas análises da produção agrícola apontaram alta correlação entre as variações das safras das principais culturas com as condições meteorológicas e climáticas. Dentre essas, o fator hídrico é o que, com maior frequência e intensidade, afeta a produção das lavouras. Considerando somente as últimas seis safras, em quatro (anos agrícolas 1995/96, 1996/97, 1998/99 e 1999/00), ocorreram reduções significativas na produção das principais culturas de primavera-verão, devido à ocorrência de estiagens. Em anos anteriores, como o ocorrido no ano agrícola de 1987/88 o estado perdeu cerca de 3 milhões de toneladas de grãos de soja, milho e feijão, representando uma quebra de 31% da previsão inicial. Na estiagem de 1990/91, mais intensa e extensa do que a anterior, as estimativas oficiais do IBGE e EMATER/RS, indicam uma redução na produção de 5,5 milhões de toneladas de grãos (soja, milho e feijão), o que correspondeu a uma quebra de 56% da safra esperada, causando um prejuízo de cerca de 840 milhões de dólares.

De acordo com dados apresentados por FARIAS et al. (1993), o Rio Grande do Sul é o estado da Região Sul que tem apresentado os maiores prejuízos devido às estiagens. Nos anos de 1979, 1986, 1988 e 1991 verificaram-se perdas na produção de soja na ordem de 38, 36, 37 e 58%, respectivamente, em relação a anos imediatamente anteriores ou posteriores, onde condições normais de disponibilidade hídrica estavam presentes.

Em algumas regiões do estado como a Campanha e Baixo Vale do Uruguai, a frequência média de anos secos atinge 20%. Levando-se em conta que os rendimentos médios podem ser elevados substancialmente pela melhoria do manejo das culturas e, principalmente, pela melhoria do ambiente físico, altamente limitante, a conclusão será de que o impacto causado pelas adversidades climáticas, em especial das estiagens, é bem mais intenso. Os baixos rendimentos médios da cultura da soja, no Rio Grande do Sul, estão relacionados a anos em que ocorreram deficiências hídricas durante os meses de desenvolvimento da cultura e, em anos considerados muito secos, os rendimentos médios estiveram abaixo de uma tonelada por hectare (BERLATO, 1992).

Apesar dos elevados índices de precipitação pluvial que ocorrem no estado, é normal a ocorrência de períodos de deficiência hídrica durante os meses de verão que, normalmente, coincidem com os períodos de floração e enchimento de grãos das culturas, que são os mais críticos em relação à falta de água. A cultura do milho apresenta baixos rendimentos de grãos no estado, com uma média nos últimos 12 anos de cerca de 2.200 kg . ha⁻¹. A cultura da soja também tem apresentado rendimentos de grãos abaixo daqueles obtidos em outros estados, apresentando, na média do quinquênio 1996-2000, um rendimento médio de 1.671 kg.ha⁻¹. Muitos fatores afetam o crescimento e o rendimento destas culturas no estado, como baixa fertilidade do solo, época de semeadura inadequada, ataque de pragas e moléstias, infestação de plantas daninhas, entre outros. No entanto, a baixa disponibilidade hídrica, é o fator que maiores reduções de rendimento tem causado às culturas nos últimos anos.

Dessa forma, o dimensionamento das necessidades de água para cada espécie e a análise das disponibilidades hídricas para as culturas são fundamentais para o melhor entendimento das relações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera; para o planejamento da lavoura; para a definição da melhor época de semeadura em cada região; para a elaboração de projetos de irrigação; e, para o aperfeiçoamento de zoneamentos agroclimáticos.

Nesse contexto, o estabelecimento das relações hídricas facilita o entendimento dos efeitos da disponibilidade hídrica sobre a resposta das plantas, podendo fornecer informações úteis no sentido de minimizar os prejuízos causados pela falta de água.

1.1. Justificativa

O presente Boletim Técnico foi motivado pela necessidade de colocar à disposição de produtores rurais, de agentes de assistência técnica e extensão rural, de estudantes, de pesquisadores e, de um modo geral, ao setor produtivo do estado, informações úteis para o planejamento das atividades agrícolas e para a elaboração de projetos e estudos agropecuários, levando-se em consideração as reduções significativas que ocorrem nas safras, com grande frequência, devido aos constantes desequilíbrios entre a oferta e a demanda de água para as principais culturas do estado. Além disso, fornece informações importantes para o aperfeiçoamento dos zoneamentos agroclimáticos das culturas de milho e de soja no Rio Grande do Sul, visando a redução de riscos associados às atividades agrícolas.

2. Regime pluviométrico no Estado do Rio Grande do Sul

2.1. Precipitação pluvial normal climatológica

Na Tabela 1 são apresentadas as normais climatológicas de precipitação pluvial mensal (normal padrão 1931-60) para diversas localidades do Estado do Rio Grande do Sul, em milímetros, bem como os totais anuais (INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS, 1989). Na Figura 1 está a representação espacial da precipitação normal no estado.

As normais anuais variam de 1162mm em Rio Grande, até 2164mm em São Francisco de Paula, com um valor médio para o estado de 1547mm. Considerando a média mensal dos locais apresentados na Tabela 1, o mês com menor precipitação é o de novembro, com 101 mm, sendo outubro, o mês de maior precipitação, com 152mm. Chove mais nas regiões localizadas na metade norte do estado com totais anuais acima de 1500mm, sendo que na metade sul do Estado as precipitações são menores, geralmente com valores anuais abaixo de 1500mm.

Tabela 1. Precipitação pluvial (mm) no Estado do Rio Grande do Sul - normal 1931-1960.

LOCALIDADE	M E S												TOTAL ANUAL
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
ALEGRETE	148	110	122	153	146	129	108	102	127	187	121	122	1575
BAGÉ	106	96	99	103	118	121	104	109	126	130	75	75	1262
BENTO GONÇALVES	136	136	119	134	137	153	138	129	156	151	89	119	1597
BOM JESUS	150	152	118	131	104	109	121	119	166	169	75	132	1546
CAÇAPAVA DO SUL	155	103	116	131	137	171	121	141	162	154	95	104	1590
CACHOEIRA DO SUL	113	109	88	120	137	155	128	123	149	138	78	100	1438
CACHOEIRINHA *	114	121	86	113	96	148	143	117	124	124	117	107	1411
CAXIAS DO SUL	145	137	126	133	142	155	139	130	167	152	106	131	1663
CRUZ ALTA	148	128	123	154	153	168	124	126	160	187	120	140	1731
DOM PEDRITO	123	109	104	122	129	134	106	104	121	139	81	87	1359
ENCRUZILHADA DO SUL	120	122	95	137	146	149	136	132	148	152	76	92	1505
FARROUPILHA **	139	133	118	109	112	168	163	141	166	150	131	138	1668
GUAPORÉ	153	149	131	125	128	166	125	134	165	173	102	137	1688

IJUÍ	135	157	113	134	135	143	134	169	164	153	152	148	1737
IRAÍ	157	159	158	143	156	173	138	104	162	175	129	133	1787
ITAQUI	127	106	125	154	127	144	97	88	114	161	105	106	1454
JAGUARÃO	123	104	135	117	105	137	107	120	130	123	76	60	1337
JÚLIO DE CASTILHOS	117	117	92	146	170	147	125	130	134	146	116	136	1576
LAGOA VERMELHA	157	149	120	135	126	150	140	143	177	177	120	142	1736
MAQUINÉ ***	170	178	183	97	84	111	100	139	156	131	120	147	1616
MARCELINO RAMOS	160	133	115	137	131	141	129	130	161	180	111	126	1654
PALMEIRA DAS MISSÕES	166	148	148	148	165	195	152	141	203	191	117	145	1919
PASSO FUNDO	157	146	125	135	136	147	120	123	153	167	115	140	1664
PELOTAS	131	149	116	108	110	128	113	138	141	128	68	77	1407
PIRATINI	137	104	119	110	128	141	113	130	139	139	84	80	1424
PORTO ALEGRE	119	104	88	102	114	137	127	112	124	119	75	89	1310
QUARAÍ **	163	165	136	162	130	96	96	75	104	137	127	122	1513
RIO GRANDE	88	99	101	97	101	110	98	120	122	98	68	60	1162
SANTA CRUZ DO SUL	141	128	118	116	142	148	126	127	143	146	95	115	1545
SANTA MARIA	143	141	110	144	163	162	142	123	151	174	133	123	1709
SANTANA DO LIVRAMENTO	123	107	124	141	124	135	99	93	114	156	88	84	1388
SANTA ROSA	146	102	122	191	155	183	113	114	138	169	128	104	1665
SANTA VIT. DO PALMAR	93	89	127	124	106	117	97	109	124	99	72	79	1236
SANTIAGO	129	119	118	151	156	143	114	101	144	150	98	110	1533
SANTO ÂNGELO	134	130	120	162	155	160	135	135	156	189	108	129	1713
SÃO BORJA	124	115	150	146	142	125	91	92	135	162	126	116	1524
SÃO FRANCISCO DE PAULA	221	213	175	186	155	200	151	128	242	210	119	164	2164
SÃO GABRIEL	116	103	86	120	133	145	111	107	128	143	77	86	1355
SOLEDADE	185	151	130	165	142	202	166	165	200	207	117	156	1986
SÃO LUIZ GONZAGA	132	122	127	177	149	157	112	112	139	193	110	133	1663
TAPES	108	91	88	98	112	115	109	113	123	119	67	69	1212
TAQUARA	136	141	118	116	121	137	125	116	132	118	91	108	1459
TAQUARI	121	119	98	108	126	156	132	123	136	135	76	93	1423
TORRES	130	137	139	127	105	95	103	119	145	118	97	95	1410
URUGUAIANA	113	114	122	164	117	105	70	67	102	165	105	101	1345
VACARIA	132	119	98	102	104	144	123	129	148	132	76	104	1411
VERANÓPOLIS	139	129	121	109	103	135	131	171	168	145	133	150	1634
MÉDIA MENSAL	137	128	119	133	130	144	121	122	147	152	101	113	1547

Fonte: Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1989.

* Média de 25 anos (FEPAGRO); ** Média de 30 anos (FEPAGRO); *** Normal 1961-90 (FEPAGRO)

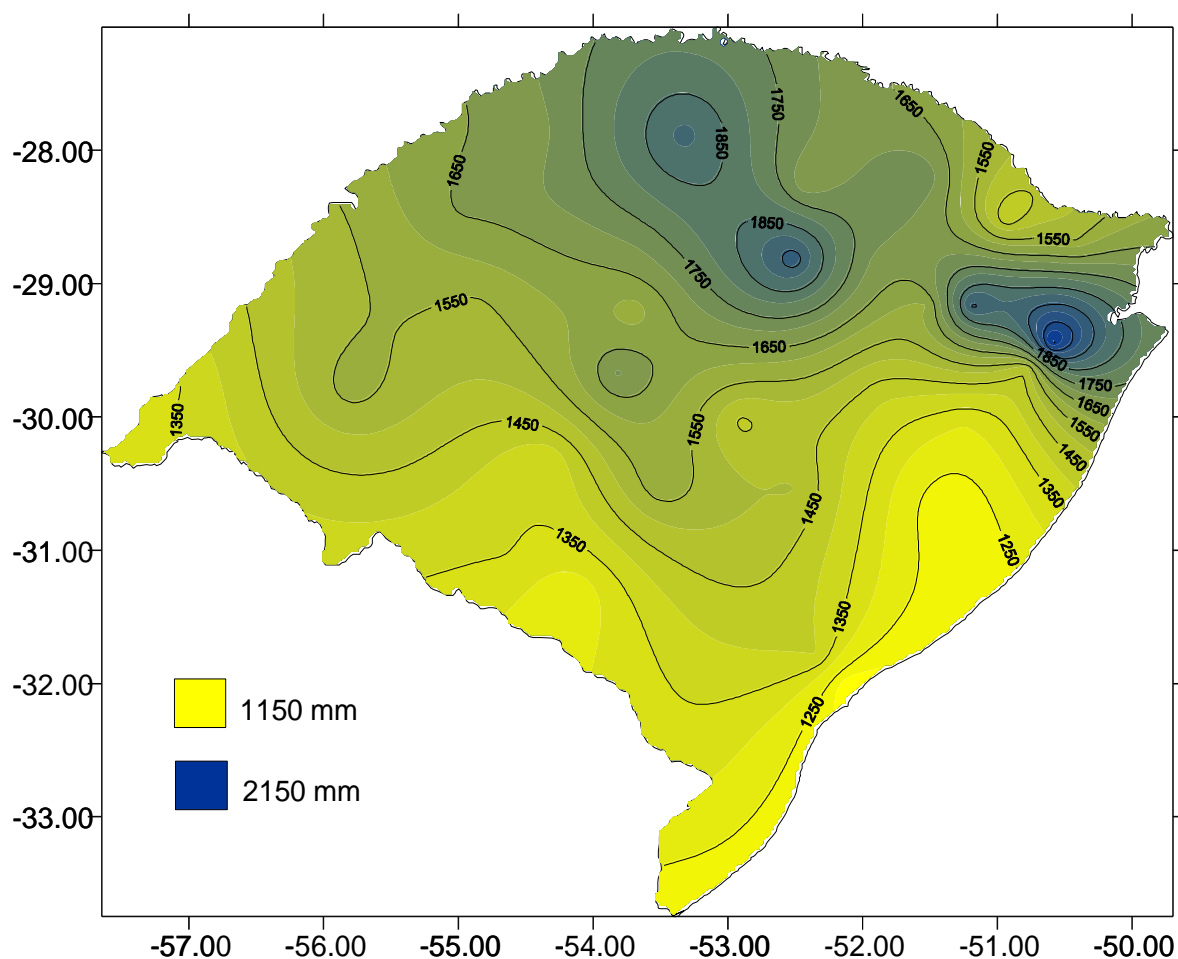


Figura 1. Precipitação pluviométrica anual no Rio Grande do Sul (Normal 1931 – 1960)

A análise estatística da precipitação pluviométrica anual no Rio Grande do Sul (BERLATO, 1970) mostra que, na média de todo o estado, a frequência de anos considerados secos é maior do que os anos considerados chuvosos (14% e 10%, respectivamente). Entretanto, em algumas regiões do estado, como a Campanha e o Baixo Vale do Uruguai (fronteira sudoeste) a frequência média de anos secos atinge 20%. É nessa região do estado que ocorrem as mais intensas e extensas estiagens, como mostram as séries históricas disponíveis de observações meteorológicas.

A Figura 2 apresenta a distribuição da precipitação pluviométrica ao longo dos meses do ano, para a metade norte e para a metade sul do estado. Verifica-se que na metade norte chove mais do que na metade sul, em todos os meses do ano. O mês de maior precipitação pluviométrica é outubro e o mês de menor precipitação é novembro, tanto na metade norte como na metade sul. Observa-se uma tendência de haver maiores diferenças entre a metade norte e a metade sul durante as estações de primavera e verão (BERLATO et al., 1999).

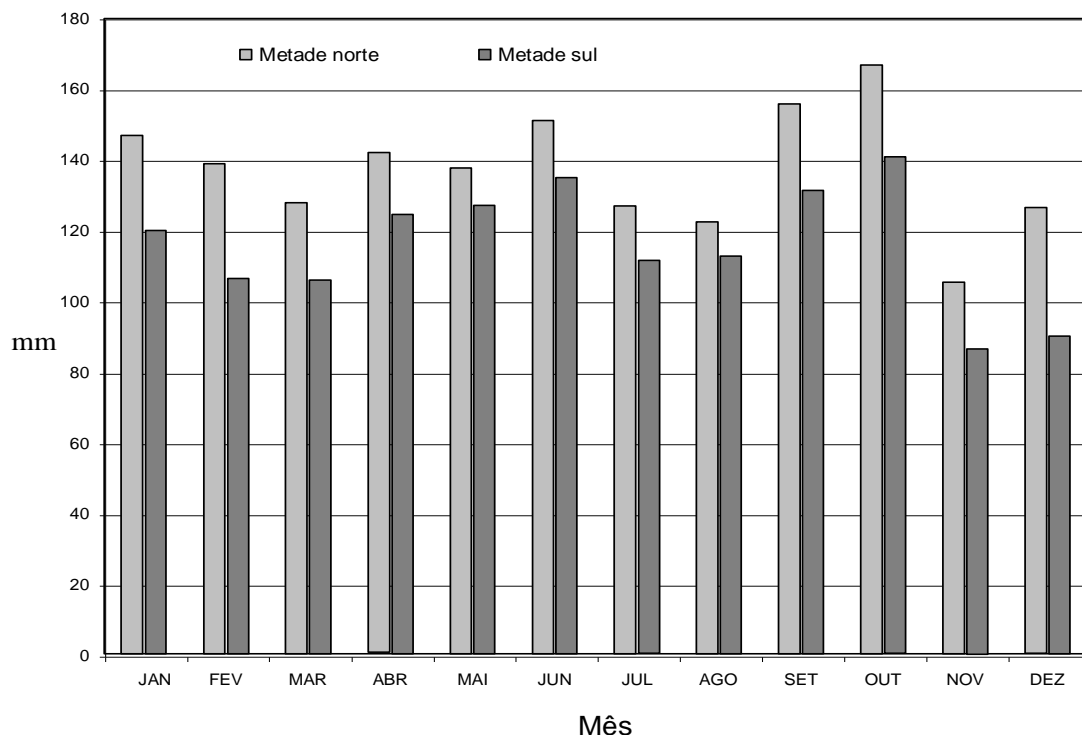


Figura 2. Precipitação pluvial (mm) mensal normal (1931-60) na metade sul (latitude igual ou maior do que 30° S) e na metade norte (latitude menor do que 30° S) do Estado do Rio Grande do Sul (17 estações na metade norte e 14 estações na metade sul). Fonte de dados: Instituto de Pesquisa Agrônomicas, 1989.

Apesar da precipitação no estado ser bem distribuída nas quatro estações do ano (verão = 24%; outono = 25%; inverno = 25%; primavera = 26%), considerando que durante os meses de verão ocorre uma maior demanda evaporativa da atmosfera, determinada por valores mais elevados de radiação solar global e temperatura do ar, normalmente, as chuvas normais nesta estação não são suficientes para suprir as necessidades hídricas das culturas de primavera-verão, ocorrendo com frequência, períodos de deficiência hídrica.

Dezembro a março é o período mais crítico para a produção agrícola no estado, principalmente para a produção de grãos. São os meses do ano que apresentam deficiências hídricas normais em grande parte do território rio-grandense.

A Figura 3 mostra a distribuição geográfica dos totais normais (período 1931-60) da precipitação nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro, no Rio Grande do Sul. Verifica-se que na metade sul do estado ocorre, em média, menos de 350mm de precipitação no trimestre mais quente e de maior demanda evaporativa da atmosfera do ano.

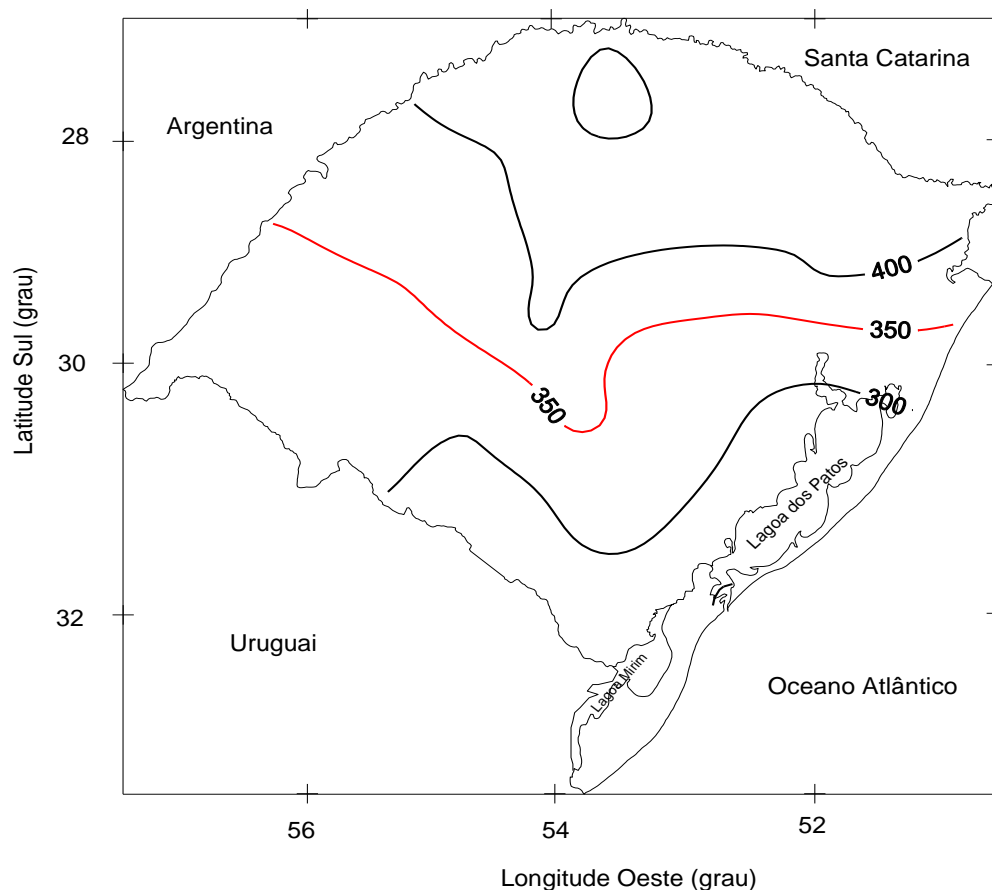


Figura 3. Precipitação pluvial (mm) normal de verão (1931-60) no Estado do Rio Grande do Sul. Fonte de dados: Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1989.

Para o planejamento da agricultura, no que se refere ao melhor aproveitamento do recurso natural clima, tão importante quanto o conhecimento das condições médias ou normais das variáveis meteorológicas, é a quantificação da variabilidade e da frequência de ocorrência de determinados níveis práticos dessas variáveis. Esses estudos só podem ser feitos com base nas séries históricas de longo prazo de observações meteorológicas. No caso da precipitação, essas determinações são importantes na agricultura não-irrigada como subsídio às práticas de manejo de culturas que possam otimizar o aproveitamento da precipitação natural. Por outro lado, esses estudos fornecem importante suporte para a tomada de decisão sobre as necessidades ou não de irrigação e também para o planejamento da agricultura irrigada, no momento em que se pode quantificar as deficiências não só em termos médios, mas em termos de frequência de ocorrência a longo prazo (BERLATO, 1992).

2.2. Probabilidade de ocorrer precipitação pluvial mensal igual ou superior à evapotranspiração potencial

Para a agricultura, mais importante que o conhecimento dos valores normais dos elementos meteorológicos é o conhecimento de probabilidades. O estudo de probabilidades

fornece informações úteis sobre a chance de ocorrência de um determinado valor da variável de interesse no período estudado. Assim, por exemplo, a probabilidade de ocorrência de 75% de um dado valor da precipitação pluvial mensal, significa que se espera que num período de 100 anos esse valor ocorra em 75 anos .

Uma maneira simples de se avaliar a disponibilidade hídrica para as plantas é através da comparação entre precipitação pluvial (P) e evapotranspiração potencial (ETP). Diz-se que ocorre deficiência hídrica climática quando a precipitação não atende a demanda expressa pela evapotranspiração potencial. Nesse sentido, a evapotranspiração potencial pode ser considerada como a chuva necessária.

Para o cálculo de probabilidades, há necessidade de determinação do tipo de distribuição teórica a que os dados analisados se ajustam.. ÁVILA (1994) mostrou que a precipitação pluvial mensal do Rio Grande do Sul se ajusta adequadamente à distribuição gama incompleta.

As probabilidades mensais de precipitação pluvial ligadas à evapotranspiração potencial média mostram que, na metade sul do estado, já em outubro as chances de se ter a “chuva necessária” caem para menos de 80% e no Litoral Sul para menos de 70%. Em novembro (Figura 4), toda a região ao sul do paralelo 30° tem menos de 50% de probabilidade da precipitação pluvial ser igual ou maior do que a ETP, sendo que em grande parte do Litoral Sul essa probabilidade cai para igual ou menor do que 40% (ÁVILA et al., 1996).

Em dezembro e janeiro (Figuras 5 e 6) grande parte da metade sul do Estado apresenta probabilidade de até 40% de $P \geq ETP$, sendo que em grande parte do Litoral Sul e partes da Campanha essa probabilidade baixa para 30%.

Em fevereiro (Figura 7), ainda toda a metade sul do estado apresenta probabilidade abaixo de 50% de $P \geq ETP$, sendo que no Oeste do Estado (Baixo Vale do Uruguai e da Campanha) essa probabilidade cai para 40%.

Pelo acima exposto, verifica-se que em grande parte da metade sul do estado a chance de se ter precipitação pluvial igual ou maior do que a climaticamente necessária no período de final de primavera e verão é de no máximo 40%. Em outras palavras, o risco de precipitação pluvial insuficiente nessa região, que se refletirá certamente em deficiência hídrica, é igual ou maior do que 60%. Maiores detalhes sobre esse assunto, inclusive com mapas de probabilidade de $P \geq ETP$ no Estado do período de setembro a maio são encontrados em ÁVILA et al. (1996).

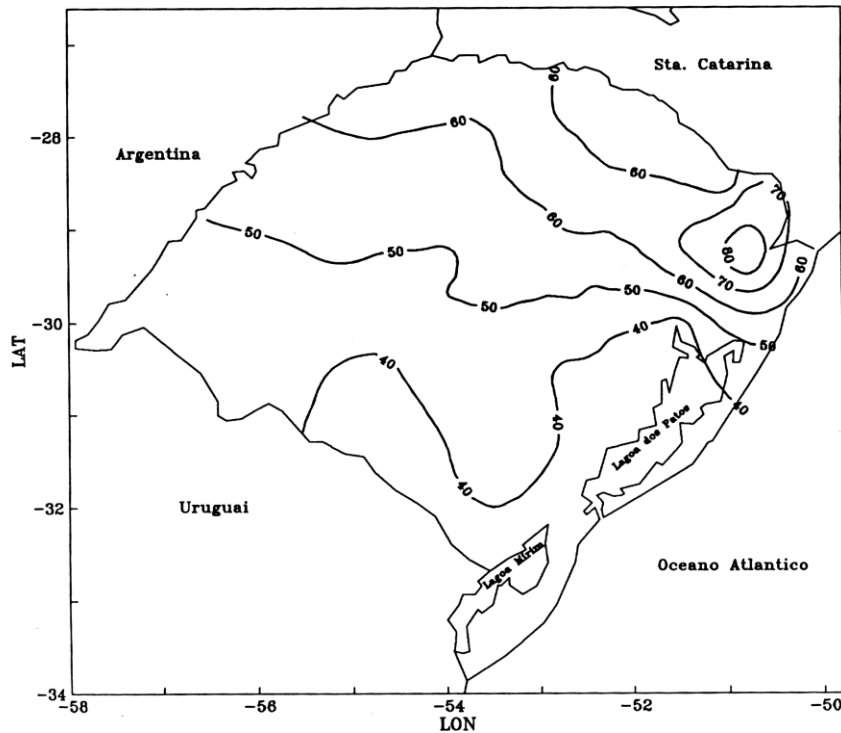


Figura 4. Probabilidade (%) de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial para o mês de **novembro**, no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1913-1990. Fonte: ÁVILA et al.(1996).

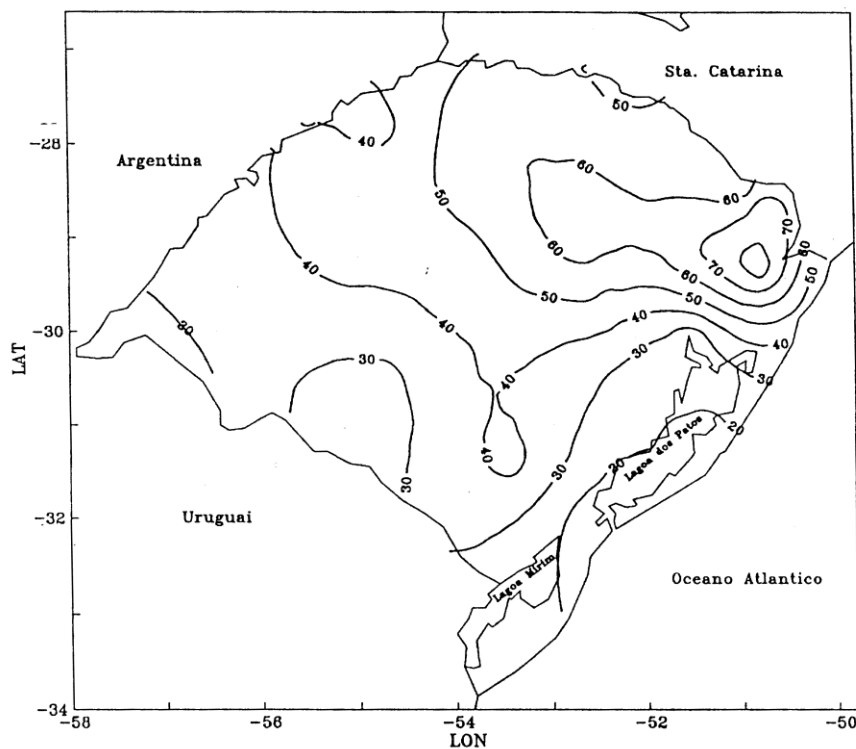


Figura 5. Probabilidade (%) de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial para o mês de **dezembro**, no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1913-1990. Fonte: ÁVILA et al.(1996).

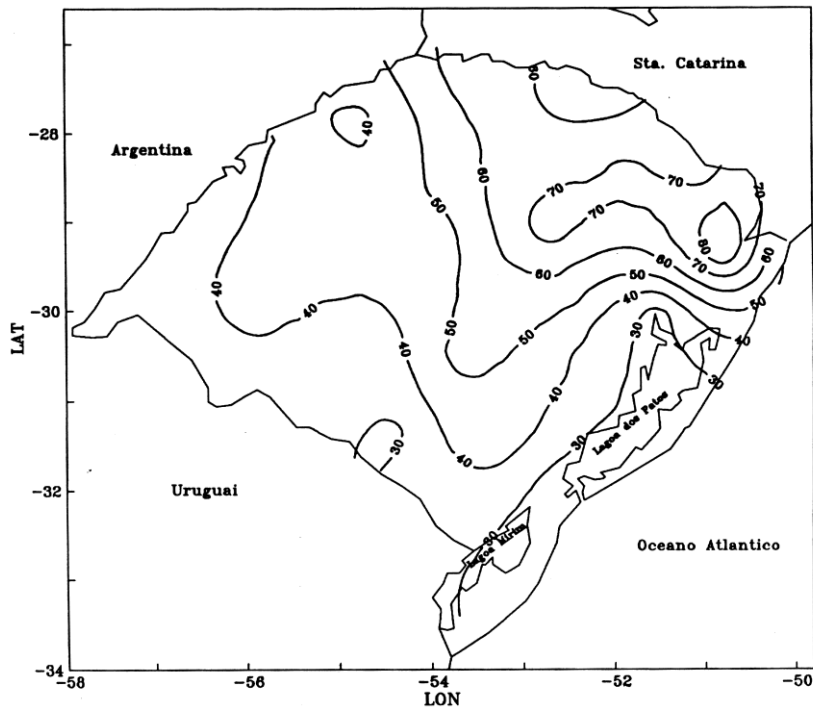


Figura 6. Probabilidade (%) de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial para o mês de **janeiro**, no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1913-1990. Fonte: ÁVILA et al.(1996).

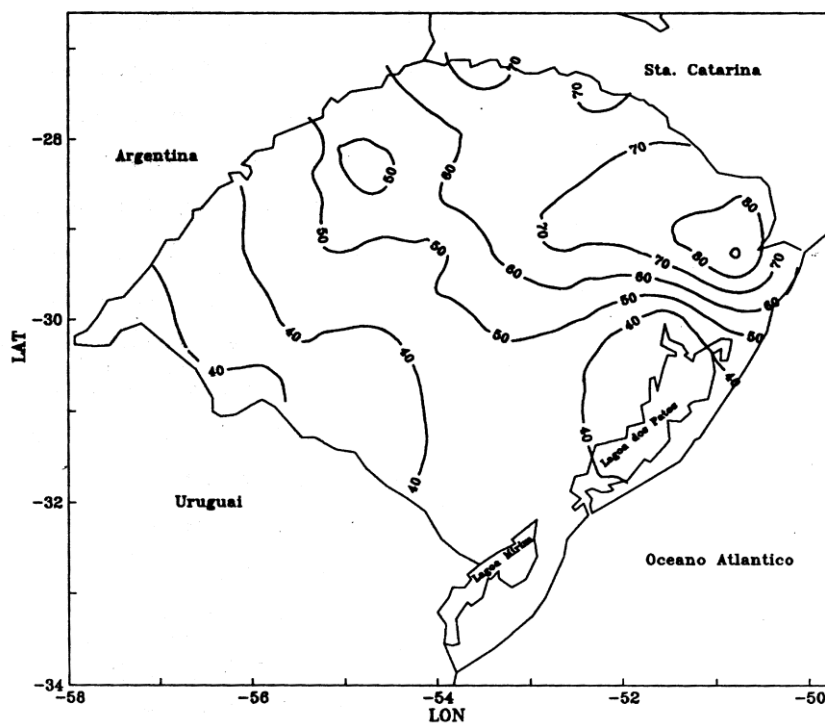


Figura 7. Probabilidade (%) de ocorrência de uma precipitação pluvial igual ou maior do que a evapotranspiração potencial para o mês de **fevereiro**, no Estado do Rio Grande do Sul. Período 1913-1990. Fonte: ÁVILA et al.(1996).

3. Necessidades hídricas das culturas

Uma das informações mais úteis no estudo das relações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera, é o dimensionamento das necessidades hídricas das culturas durante os diversos subperíodos do seu ciclo de desenvolvimento. É fundamental para o planejamento e manejo da água na agricultura e, também, uma informação importante para programas de regionalização de cultivares, para a estimativa do potencial de rendimento de uma cultura em uma determinada região e para a adoção de práticas culturais onde se busca o melhor aproveitamento dos recursos hídricos disponíveis em cada região agroclimática.

3.1. Evaporação, transpiração e evapotranspiração

Evaporação é um processo físico pelo qual a água passa do estado líquido para o estado gasoso. O fenômeno da evaporação apresenta os seguintes aspectos inter-relacionados: o suprimento de água, a mudança de fase da água e a saída de vapor d'água, em resposta a uma fonte de energia para fornecer o calor latente de evaporação, em uma superfície evaporante. A evaporação é, fundamentalmente, um processo dependente da energia disponível para a mudança do estado físico da água, sendo portanto, a radiação solar o fator isolado mais importante. Quando não existe limitação de água no solo, a maior parte da radiação solar é utilizada no processo de evapotranspiração.

O processo de evaporação da água que passa através da planta é chamado de transpiração, sendo a evapotranspiração o processo combinado, ou seja, evaporação na superfície do solo mais transpiração das plantas. A física da mudança de fase da água permanece essencialmente a mesma, caso ocorra no interior ou na superfície de plantas, na superfície do solo ou, mesmo, em uma superfície de água livremente exposta, acompanhada ou não de um processo biológico. Portanto, não há necessidade do uso da palavra evapotranspiração, para distinguir do processo único de evaporação. No entanto, a maior parte da bibliografia sobre a perda de água em sistemas cultivados, principalmente no Brasil, adota o termo evapotranspiração, sendo, também, utilizado neste trabalho.

Um grande avanço nas técnicas de estimativa da evaporação resultou a partir da introdução, independentemente, por Penman e Thornthwaite, na década de quarenta, do conceito de evaporação potencial; foi presumido que a evapotranspiração de comunidades vegetais sem limitação de água era controlada, primariamente, pelos elementos meteorológicos, sendo os fatores de solo e planta de importância secundária. Uma importante implicação deste conceito foi que a evaporação potencial fornecia uma estimativa do limite superior da evapotranspiração de uma área vegetada, exceto em situações de forte advecção. Da mesma forma, PENMAN (1956) acreditava que a perda de água por uma cultura não poderia ser superior à evaporação de uma superfície de água livre, em função do maior albedo da vegetação e das resistências impostas pelo sistema.

No entanto, trabalhos recentes têm mostrado que este conceito se aplica mais para culturas de porte baixo. Resultados experimentais têm demonstrado que, em condições de adequada disponibilidade hídrica e para culturas em crescimento ativo, com índice de área

foliar máximo, a evapotranspiração pode ser maior que a evaporação de uma superfície de água livremente exposta.

3.2. Definição de termos

A seguir são apresentadas definições de alguns termos que são utilizados no decorrer do trabalho.

- Normal climatológica – é o valor médio de um determinado elemento meteorológico, de um período consecutivo mínimo de 30 anos. As normais mais utilizadas são: normal padrão 1931-60 e normal padrão 1961-90;

Ex: cálculo da precipitação pluvial normal (mm) do mês de janeiro ($P N_{jan}$):

$$P N_{jan} = (P_{jan\ 31} + P_{jan\ 32} + \dots + P_{jan\ 60}) / 30$$

Onde $P_{jan\ 31}$, $P_{jan\ 32}$ e $P_{jan\ 60}$ é a precipitação pluvial ocorrida no mês de janeiro de 1931, 1932, e 1960.

- Evapotranspiração (ET): é a perda de vapor d'água por evaporação e transpiração em uma superfície vegetada, num dado período de tempo. Inclui a evaporação da água na superfície do solo, do orvalho e da precipitação interceptada pela vegetação, bem como a transpiração das plantas. Ela pode ser expressa como o total ou taxa média, em unidades de massa ou volume por unidade de área ou como uma profundidade equivalente de água, para um determinado período. Utiliza-se como sinônimo de evapotranspiração o termo consumo de água;
- Evapotranspiração real (ETr): perda de água por uma cultura qualquer, nas condições reais (existentes) de fatores atmosféricos e umidade do solo, em qualquer estágio de desenvolvimento;
- Evapotranspiração potencial (ETP): perda de água em uma extensa superfície vegetada, de altura uniforme e em crescimento ativo, cobrindo totalmente o terreno e sem restrição de água no solo;
- Evapotranspiração de referência (ETo): perda de água por uma cultura bem adaptada, selecionada para propósitos comparativos, sob dadas condições meteorológicas e com adequada bordadura, sem limitação de água no solo;
- Evapotranspiração máxima (ETm): perda de água por uma cultura qualquer, em condições ótimas de densidade de plantas e fertilidade do solo, sem limitação de água no solo e em qualquer estágio de desenvolvimento. É o termo utilizado para expressar o

consumo de água de culturas anuais, como no caso de milho e soja, enfocados neste trabalho;

- Calor latente de evaporação (L): quantidade de energia necessária para evaporar a massa de 1 g de água estando esta à temperatura T. Para $T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $L = 2497\text{ J.g}^{-1}$. Logo, o calor latente de evaporação é dado pela equação:

$$L = 2497 - 2,37 T \text{ (J.g}^{-1}\text{)}$$

Se a água estiver à temperatura $T = 20^{\circ}\text{C}$, $L = 2450\text{ J.g}^{-1}$.

- Equivalente de evaporação: para facilitar a comparação da evaporação com a chuva e a irrigação no cálculo do balanço hídrico, é necessário que ambas sejam expressas na mesma unidade. Para tal, é suficiente a utilização do calor latente de evaporação. A massa de 1 g de água representa o volume de 1 cm^3 , isto é, um cubo com área de 1 cm^2 e altura de 1 cm (=10mm). Estando a água a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, tem-se $L = 2450\text{ J g}^{-1} = 2450\text{ J cm}^3 = 245\text{ J mm}^{-1}$. Para a maioria dos problemas admite-se esse valor como constante, visto que L é uma função fraca de T nas condições naturais de evaporação ($10\text{ }^{\circ}\text{C} < T < 30\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Poder evaporante do ar (Ea): a atmosfera está em contínuo movimento, misturando e renovando o ar que envolve uma superfície seja esta coberta de água ou vegetação. Essa renovação dificulta que o ar imediatamente acima da superfície se sature, mantendo o déficit de saturação e, por conseqüência, a continuidade do processo evaporativo. Portanto, a movimentação atmosférica mantém um poder evaporante, isto é, uma capacidade de secamento da superfície. Este fenômeno é notado quando se estende roupa no varal e esta seca mesmo não havendo incidência direta dos raios solares, apenas pelo efeito do vento. Matematicamente, o poder evaporante do ar é representado pela expressão:

$$Ea = f(u) \Delta e$$

Onde $f(u)$ representa uma função empírica do vento (u) e Δe o valor médio diário do déficit de saturação de vapor d'água do ar.

- Consumo relativo de água: quantidade de água consumida pela planta em condições naturais de disponibilidade hídrica (evapotranspiração real - ETr) em relação à quantidade de água consumida sem restrição hídrica (evapotranspiração máxima - ETm). É representado pelo índice ETr/ETm, e varia de zero a um (0 - 1). Quanto menor o índice, maior a deficiência hídrica, e quanto mais próximo do valor um, menor a deficiência.
- 1 mm de chuva – altura de chuva equivalente ao volume de 1 litro.m⁻².
Exemplo: uma chuva de 10mm significa uma quantidade de 10 litros de água por m² ou 100 m³ por hectare.

3.3. Determinação da evapotranspiração

A evapotranspiração pode ser obtida por meio de medições diretas ou através de estimativas. As medições diretas são feitas utilizando, basicamente, dois grupos de métodos: os métodos baseados na equação do balanço hídrico e os métodos micrometeorológicos. Os métodos baseados na equação do balanço hídrico se fundamentam no princípio da conservação de massa, e tem sido utilizados basicamente através da tensiometria e da lisimetria. Entre os métodos micrometeorológicos, desenvolvidos para a determinação da evapotranspiração, o método do balanço de energia é o que tem sido utilizado com maior frequência. De uma maneira geral, os métodos de medição da evapotranspiração são utilizados em nível experimental, devido aos instrumentos e ao manejo necessários, servindo como aferição de métodos de estimativa em âmbito regional. Com relação à estimativa da evapotranspiração, existe um grande número de métodos descritos na literatura, sendo baseados em princípios físico-fisiológicos, fórmulas empíricas, no balanço de energia, ou mesmo no estabelecimento de relações com elementos meteorológicos. BERLATO e MOLION (1981) e FONTANA (1992) apresentam uma revisão com vários métodos de estimativa da evapotranspiração.

3.4. O método de Penman para estimativa da evapotranspiração

PENMAN (1948) desenvolveu um método de estimativa da evapotranspiração amplamente utilizado, que combina o balanço de energia com um termo aerodinâmico sendo considerado por muitos, como método padrão. Uma das principais vantagens do método é a necessidade de informações meteorológicas somente em um nível, disponíveis em estações meteorológicas convencionais.

Penman deu um tratamento físico adequado ao seu método, colocando a evaporação como função do fluxo de energia recebido na superfície e de um fator de ventilação efetiva da superfície, determinada pelo movimento do ar sobre ela.

A fórmula originalmente derivada por Penman estima a evaporação da água. Na prática a mesma equação é utilizada para a estimativa da evapotranspiração, apenas substituindo o saldo de radiação, considerado sobre a água na versão original, pelo mesmo termo medido ou estimado sobre a superfície vegetada. A equação é dada por:

$$ET_o = [(s / \gamma) R_n + E_a] [(s / \gamma) + 1]^{-1}$$

sendo s a tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água versus temperatura do ar ($\text{mb.}^\circ\text{C}^{-1}$), γ o coeficiente psicrométrico ($\text{mb.}^\circ\text{C}^{-1}$), R_n o saldo de radiação expresso em unidades de evaporação equivalente (mm) e, E_a o termo aerodinâmico (mm), expresso pela função:

$$E_a = 0,35 (e_s - e) (0,5 + 0,01 U_2)$$

Sendo e_s – e o déficit de saturação de vapor d'água do ar (mm Hg) e U_2 a velocidade do vento a 2 m de altura (milhas.dia⁻¹).

Segundo BERLATO (1987), com medições diretas de R_n o método de Penman pode ser utilizado para estimativa da evapotranspiração de referência em nível diário. Se R_n é estimado empiricamente, esse período não deve ser menor que 5 ou 10 dias.

Diversos pesquisadores têm estimado o termo energético da fórmula de Penman (R_n) utilizando funções ajustadas entre R_n e a radiação solar global (R_s) específicas para cada tipo de cultura, entre os quais, KANEMASU et al. (1976) para soja e sorgo, MATZENAUER (1980) para milho, BERGAMASCHI (1984) para feijão, BERLATO (1987) e FONTANA (1987) também para soja, MEDEIROS (1990) para milheto, CUNHA (1991) para alfafa.

3.5. Relações da evapotranspiração máxima com fórmulas e elementos meteorológicos

A evapotranspiração máxima de uma cultura, medida em um determinado local, é função, basicamente, das condições meteorológicas ocorridas durante o ciclo de desenvolvimento das plantas. Naturalmente que as características de crescimento e desenvolvimento das plantas, que estão associadas ao tipo de solo, fertilidade do solo, época de semeadura, cultivar utilizada e práticas culturais entre outros, também exercem influência sobre o consumo de água da cultura. No entanto, os fatores determinantes são aqueles relacionados à demanda evaporativa da atmosfera. A evapotranspiração máxima, portanto, determinada em condições específicas de um determinado local, ano e época de semeadura, não pode ser extrapolada para outras condições em valores absolutos. Para que se tenha condições de estimar as necessidades hídricas de uma cultura em uma condição específica, é necessário estabelecer relações entre a evapotranspiração máxima desta cultura e um valor de referência, como algum elemento meteorológico ou a evapotranspiração calculada por alguma fórmula ou método de estimativa. As relações mais encontradas na bibliografia são com a evaporação do tanque classe A, com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e com a radiação solar global.

3.5.1. Relação com a evaporação do tanque classe A

Uma das alternativas para estimativa do consumo de água das plantas, é a utilização de tanques de evaporação. A evapotranspiração de plantas em estádios de plena vegetação e sem deficiência de umidade está correlacionada positiva e significativamente com a evaporação de superfície livre de água. Entre os instrumentos meteorológicos utilizados para estimar a evaporação de superfícies de água, o tanque de evaporação classe A tem sido o mais utilizado.

O tanque classe A foi desenvolvido pelo Serviço Meteorológico dos Estados Unidos e é de uso mais generalizado, inclusive no Brasil. É um tanque cilíndrico construído com chapa de ferro galvanizado, com 1,21 m de diâmetro e 0,255 m de profundidade. Deve ser instalado a uma altura de 0,15 m da superfície do solo, no centro de uma área gramada.

A relação entre a evapotranspiração máxima (ET_m) de culturas com a evaporação do tanque classe A (E_o), possibilita a obtenção de um coeficiente (denominado neste trabalho de K_{c1}), que pode ser utilizado para a estimativa do consumo de água das culturas, da seguinte forma:

$$\text{Obtenção do coeficiente} \quad ET_m/E_o = K_{c_1}$$

$$\text{Estimativa da evapotranspiração máxima da cultura} \quad ET_m = K_{c_1} \cdot E_o$$

Para culturas anuais, o coeficiente de cultura depende da porcentagem de solo coberto pela cultura e aumenta desde a emergência até a cobertura total do solo, decrescendo após, até a maturação fisiológica.

Durante o início do ciclo de uma cultura, quando a cobertura do solo é incompleta, a relação ET_m/E_o é baixa. Em espécies cultivadas em linha, a maior parte da água perdida durante este estágio inicial se dá pela evaporação do solo. Com o crescimento das plantas, aumenta a cobertura do solo, diminui a evaporação da água do solo, aumentando a transpiração e, conseqüentemente a evapotranspiração. Em condições de IAF máximo e de alta demanda evaporativa da atmosfera, a evapotranspiração da cultura é máxima. Estas condições ocorrem para as culturas de milho e soja no Estado do Rio Grande do Sul, quando as mesmas estão no período da floração e início de enchimento de grãos e quando os mesmos coincidem com a segunda quinzena do mês de dezembro e durante o mês de janeiro.

3.5.2. Relação com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman

O método de Penman é apresentado no capítulo 3.4. Tem sido amplamente utilizado para a estimativa da evapotranspiração máxima de culturas.

Por definição, o coeficiente de cultura é uma relação entre a evapotranspiração máxima e a evapotranspiração de referência, que pode ser estimada pela fórmula de Penman. Diversos pesquisadores tem relacionado a evapotranspiração de culturas com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman. LOMAS et al. (1974) relacionaram a evapotranspiração do milho, medida em lisímetros, com a evapotranspiração calculada pela fórmula de Penman, encontrando uma relação que variou, em duas estações de crescimento, de 0,79 a 0,96. Segundo eles, as diferenças na relação durante o desenvolvimento da cultura são esperadas, pois, embora a fórmula de Penman inclua o fator vento, que é de grande importância, particularmente em milho, esta não leva em consideração a variação da área foliar durante o desenvolvimento.

A relação da evapotranspiração máxima (ET_m) de culturas com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman (E_{To}), possibilita a obtenção do coeficiente de cultura (denominado neste trabalho de K_{c2}), que pode ser utilizado para a estimativa do consumo de água das culturas, da seguinte forma:

$$\text{Obtenção do coeficiente} \quad ET_m/E_{To} = K_{c_2}$$

Estimativa da evapotranspiração máxima da cultura $ET_m = Kc_2 \cdot ETo$

3.5.3. Relação com a radiação solar global

A evaporação é um processo físico dependente da energia disponível no sistema. A evapotranspiração máxima possível é aproximadamente igual ao saldo de radiação, exceto em dias extremamente quentes e ventosos, devido ao efeito de advecção ou em dias quentes e nublados com pouca radiação. Em dias com severo efeito advectivo, a evapotranspiração pode exceder o saldo de radiação em cerca de 30%. Em regiões mais úmidas onde não ocorre deficiência hídrica, mais de 80% do saldo de radiação é utilizado no processo de evapotranspiração. O saldo de radiação é fortemente correlacionado com a radiação global, que é um elemento meteorológico de mais fácil obtenção.

Desta forma, a relação da evapotranspiração máxima (ET_m) com a radiação solar global (R_s), possibilita a obtenção de um coeficiente, que neste trabalho é identificado como Kc_3 , que pode ser utilizado para a estimativa do consumo de água das culturas, da seguinte forma:

Obtenção do coeficiente $ET_m/R_s = Kc_3$

Estimativa da evapotranspiração máxima da cultura $ET_m = Kc_3 \cdot R_s$

3.6. Desenvolvimento do déficit hídrico nas plantas

A água no solo disponível às plantas encontra-se entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP), sendo considerados tradicionalmente como os limites máximo e mínimo de água disponível, respectivamente (BERGAMASCHI, 1992). A capacidade de campo representa a máxima quantidade de água que o solo consegue reter, após drenado o excesso por gravidade. O ponto de murcha permanente representa a quantidade de água no solo com a qual as plantas entram em estado de murcha e não readquirem a turgidez, mesmo em atmosfera saturada, a menos que o solo seja reumidecido. Os valores do potencial da água no solo situam-se entre -0,01 MPa (CC) a -1,5 MPa (PMP).

Assim como no solo, na planta o potencial da água se torna menor à medida que vai diminuindo o seu conteúdo. Em geral, o potencial da água na planta é menor que no solo. No início da manhã, quando a planta está túrgida, o potencial é da ordem de -0,1 a -0,3 MPa. O valor mínimo é atingido em torno das 14 ou 15 horas e depende da magnitude da redução do conteúdo de água da planta, que está em função do fluxo transpiratório e da quantidade que o sistema radicular absorve do solo. Valores de -0,5 a -1,5 MPa para o potencial da água na planta são típicos, em condições hídricas satisfatórias. Na condição de baixa disponibilidade hídrica no solo e alta taxa de transpiração, o potencial da água na planta pode atingir valores de -2 a -4 MPa ou menos, dependendo da espécie e do ambiente (BERGAMASCHI, 1992).

O potencial da água na atmosfera, assim como no solo e na planta, exprime a condição energética da água. As variáveis meteorológicas que determinam o potencial da água na

atmosfera são a temperatura e a umidade relativa do ar. Os valores deste potencial são bem menores do que no solo e na planta, podendo algumas vezes atingir valores menores que -100 MPa. A diferença de potencial entre a água da folha e do ar está diretamente relacionada aos elementos que determinam a demanda evaporativa da atmosfera. A demanda evaporativa da atmosfera é o fator que desencadeia o fluxo da água no sistema solo-planta-atmosfera e determina a quantidade de água que as plantas necessitam absorver em função das características da cultura. A taxa de absorção de água é função da taxa de transpiração, da extensão e eficiência do sistema radicular e da disponibilidade de água no solo. O movimento da água a partir do solo para a atmosfera, através da planta, é um processo contínuo e dinâmico que se dá ao longo de gradientes decrescentes de potencial da água.

A transpiração reduz o nível energético da água na planta, em um processo essencialmente passivo. Com isto, o fluxo de água do solo para as folhas é proporcional à diferença entre os potenciais da água na folha e no solo. A maior resistência ao fluxo da água na fase líquida está na planta. A resistência do solo ao fluxo de água torna-se significante apenas quando o conteúdo de água no solo está próximo ao ponto de murcha permanente. Resultados de pesquisa mostram que a resistência do solo contribui pouco para a resistência total da fase líquida e que, para condições de solo úmido, a resistência total e a resistência da planta podem ser consideradas iguais. No entanto, com a secagem do solo, a resistência total torna-se consideravelmente maior que a resistência da planta. Assim, o crescimento vegetal é controlado diretamente pelo déficit hídrico na planta e apenas indiretamente pelo déficit hídrico no solo.

Como a água se move no sistema solo-planta-atmosfera de um potencial maior para um menor, quanto maior o gradiente de potencial, mais rapidamente ela se moverá. O gradiente folha-ar representa a maior queda de potencial, sendo bem maior do que todos os outros gradientes somados. É na passagem do vapor d'água para fora do mesófilo que se estabelece a maior diferença de potencial e também uma resistência maior do que aquela do fluxo líquido ao longo do solo e da planta. Quando a água evapora das células do mesófilo, diminui o potencial da água das células adjacentes à interface líquido-ar, fazendo com que a água se mova nesta direção. Como consequência do movimento da água através da planta, ao longo de uma série de resistências, resultam gradientes de potencial, com maiores quedas onde o fluxo e as resistências são maiores. A redução do potencial determina a saída da água dos tecidos adjacentes aos vasos condutores, tais como mesófilo, córtex e floema. Como resultado destas perdas, a deficiência se desenvolve nos tecidos das folhas, caules e raízes. Desta forma, o déficit de água ocorre como uma consequência inevitável do fluxo da água ao longo da planta, e não somente quando a perda de água por transpiração excede o suprimento pelas raízes, como muitas vezes tem sido afirmado. Sob condições de equilíbrio dinâmico, quando a absorção e a transpiração de água pela planta se equivalem, deve existir uma diferença de potencial entre as folhas e o solo para que ocorra o movimento da água. Geralmente, plantas submetidas à transpiração intensa ficam sujeitas a um déficit de água. A extensão desta defasagem entre a transpiração e a absorção de água é limitada pela capacidade de armazenamento de água da planta, que para culturas anuais e forrageiras é, em geral, menor que 10% da transpiração diária, enquanto que para árvores pode representar 100%.

Em condições de adequada disponibilidade hídrica e alta demanda evaporativa da atmosfera a taxa de transpiração é elevada. No momento em que a planta não consegue absorver água suficiente para repor as perdas por transpiração, ou seja, quando ocorre um desequilíbrio entre transpiração e absorção, o potencial da água na planta começa a diminuir, iniciando o déficit hídrico, podendo ou não conduzir a um estresse hídrico, dependendo da intensidade do déficit. Portanto, o déficit hídrico na planta ocorre como um fenômeno quase diário, sendo observado mesmo em condições de alta disponibilidade de água no solo. Durante o dia a planta perde mais água do que consegue absorver, aumentando o déficit até aproximadamente o meio da tarde. Após, com a diminuição da demanda evaporativa, a planta começa a absorver maior quantidade de água do que a perdida por transpiração, iniciando a recuperação do déficit, ocorrendo um equilíbrio dos potenciais durante a noite. Se não houver reposição de água no solo através da precipitação pluvial ou irrigação, chegará o momento em que o processo se tornará irreversível. A duração deste período depende da demanda evaporativa da atmosfera, da capacidade de armazenamento de água no solo, das características da cultura e do estágio de desenvolvimento da planta.

3.7. Efeitos do déficit hídrico

A redução no rendimento das culturas, ocasionada por deficiência hídrica ou o aumento de rendimento proporcionado pela suplementação de água através da irrigação, são questões de natureza prática que despertam a atenção de pesquisadores, extensionistas e produtores rurais.

As exigências hídricas das culturas e a sensibilidade ao déficit hídrico variam ao longo do ciclo. A quantidade de água que uma cultura consome durante seu ciclo, sem restrições hídricas no solo, depende, basicamente, das condições que determinam a demanda evaporativa da atmosfera e das características da cultura. Os principais fatores da planta que influem na evapotranspiração de comunidades vegetais são: espécie vegetal, reflexão de luz pelas plantas, espaçamento e orientação das filas, estatura de planta, profundidade e extensão do sistema radicular, estágio de desenvolvimento e índice de área foliar. Para culturas anuais, a evapotranspiração é proporcional à área foliar antes que ocorra o auto-sombreamento das folhas. Em culturas anuais podem ocorrer grandes variações na taxa de evapotranspiração, dependendo do estágio de desenvolvimento em que se encontram as plantas.

MATZENAUER (1980) relata resultados em que a evapotranspiração de uma cultura de milho irrigado foi menor no início do desenvolvimento das plantas, com um gradual aumento durante o período vegetativo, atingindo valores máximos durante a floração e início de enchimento de grãos, decrescendo, após, até a maturação fisiológica. O subperíodo da cultura do milho em que o consumo de água é máximo é do pendoamento ao espigamento.

No Rio Grande do Sul, é comum ocorrer períodos de deficiência hídrica, principalmente durante os meses de verão, coincidindo, muitas vezes, com os períodos críticos das culturas. É importante conhecer os efeitos da deficiência hídrica sobre as culturas, para que se possa minimizar os danos causados pela falta de água. Os efeitos do

déficit hídrico sobre o rendimento de interesse econômico de uma cultura vão depender da intensidade do déficit, da duração, da época de ocorrência do mesmo e da interação com outros fatores determinantes da expressão do rendimento final (CUNHA e BERGAMASCHI, 1992). O decréscimo no rendimento de grãos está relacionado ao estágio de desenvolvimento em que ocorre o déficit hídrico.

O conhecimento dos períodos críticos durante o ciclo de desenvolvimento das culturas, ou seja, os períodos de máxima sensibilidade ao fator água, bem como das respostas das plantas à disponibilidade hídrica no solo, possibilita a adoção de práticas de manejo que visam à otimização do uso da água na agricultura. Portanto, a irrigação deve ser feita prioritariamente durante o período crítico das culturas, quando haverá maior eficiência da suplementação hídrica. Na Tabela 2 são apresentados os períodos críticos com relação à disponibilidade de água no solo para algumas culturas.

Tabela 2. Períodos críticos com relação à disponibilidade hídrica no solo para algumas culturas.

Cultura	Períodos críticos
Arroz	Todo o ciclo, principalmente espigamento e floração
Batatinha	Após início de formação de tubérculos e florescimento
Ervilha	Floração e enchimento de legumes
Feijões	Floração e surgimento de legumes > antes da floração
Girassol	Floração > enchimento de grãos e germinação
Milho	Pendoamento, emissão de estigmas e polinização > logo antes do pendoamento > enchimento de grãos
Soja	Floração, início de formação de legumes e germinação
Sorgo	Floração, início de enchimento de grãos e germinação
Trigo	Floração > enchimento de grãos
Videira	Antes e durante a floração

Adaptado de DOORENBOS e KASSAN (1979)

Os efeitos do déficit hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento sobre o crescimento e rendimento das culturas, geralmente, tem sido estudados empiricamente. Diversos estudos relatam que, embora não tenha sido observada uma resposta diferencial à água nos vários estádios de crescimento em todas as plantas, existem consideráveis evidências de que a maioria das plantas de hábito determinado são especialmente sensíveis ao déficit hídrico a partir da iniciação floral, na floração e durante o desenvolvimento de frutos e grãos. Os mesmos trabalhos também indicam que cada órgão e cada processo fisiológico da planta pode responder diferentemente ao aumento do déficit hídrico.

MATZENAUER et al. (1986) verificaram uma redução de 51% no rendimento de grãos quando ocorreu deficiência hídrica durante o período reprodutivo do milho. Os autores estudaram o efeito da irrigação em diferentes períodos sobre o rendimento de grãos da cultura, na Depressão Central do Rio Grande do Sul, e concluíram que o período em que a irrigação apresenta maior efeito sobre o rendimento de grãos, é o reprodutivo. Dentro do período reprodutivo, o subperíodo pendoamento-espigamento é o que apresenta maior sensibilidade ao déficit hídrico, seguido do início de enchimento de grãos. BERGONCI et al. (2001) confirmaram este subperíodo como o mais sensível para déficit hídrico, quando a

eficiência da irrigação para rendimento de grãos é mais elevada. Neste trabalho, lâminas de irrigação entre 80 e 85% em relação àquela necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, aplicadas no período crítico da cultura, proporcionaram a maior eficiência da irrigação para rendimento de grãos.

O déficit hídrico afeta praticamente todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento das plantas, reduzindo a área foliar, diminuindo a fotossíntese e afetando vários outros processos, além de alterar o ambiente físico das culturas, por modificar o balanço de energia do sistema (BERGAMASCHI, 1992). Os efeitos causados pelo déficit hídrico são devidos às modificações na anatomia, morfologia, fisiologia e bioquímica das plantas. Com a redução na taxa de evapotranspiração, parte da energia, que seria consumida neste processo, é utilizada em outros processos como o aquecimento do solo, aquecimento do ar e do sistema como um todo, aumentando a temperatura e diminuindo a umidade relativa do ar. Assim, em uma cultura submetida a um déficit hídrico, haverá uma maior demanda evaporativa do ar junto às plantas, conduzindo as mesmas a um estresse mais rapidamente. FONTANA (1987) determinou o balanço de radiação e o balanço de energia para a cultura da soja com e sem irrigação. Concluiu que ocorreram diferenças na utilização do saldo de radiação nas parcelas irrigada e não irrigada, causadas, principalmente, pelo efeito do potencial da água no solo, demanda evaporativa da atmosfera e cobertura do solo. Na parcela não irrigada foram observados maior déficit de saturação do vapor d'água, maior temperatura do ar e menor umidade relativa do ar em relação à parcela irrigada, determinando diferenças de demanda evaporativa da atmosfera entre as parcelas. Nas parcelas irrigadas, 95% do saldo de radiação foi utilizado como fluxo de calor latente de evaporação, enquanto que nas parcelas não irrigadas a utilização do saldo de radiação no fluxo de calor latente de evaporação diminuiu para 78%.

O aumento na resistência da folha à difusão de vapor, resulta na elevação da sua temperatura, já que o fluxo de calor latente é reduzido e o calor sensível aumenta. Diversos trabalhos têm demonstrado que culturas submetidas a déficit hídrico apresentam temperatura da folha superior à do ar, e que a diferença entre elas pode ser utilizada para indicar o estado de estresse hídrico das plantas, podendo ser relacionada com o rendimento. BERGONCI et al. (1999) observaram diferenças de temperatura dossel-ar de até 6°C entre parcelas de milho irrigado e não irrigado, considerando este parâmetro, medido entre as 10 e 14h, como um indicador confiável de déficit hídrico.

Uma das consequências mais importantes da sensibilidade do alongamento celular ao déficit hídrico é a redução da área foliar. A redução na área foliar causa decréscimo da taxa de crescimento da planta, especialmente durante os estádios iniciais de crescimento e, como consequência, uma menor interceptação da radiação solar. FRANÇA et al. (1999) observaram que o déficit hídrico afetou negativamente o índice de área foliar e o acúmulo de matéria seca nas plantas de milho. Como a eficiência de interceptação de radiação depende do índice de área foliar, em períodos de estiagens a captura da radiação solar incidente é reduzida pela redução da área foliar e pela murcha de folhas de milho. Este efeito do déficit hídrico sobre a área foliar é de caráter permanente e, no caso das culturas de hábito de crescimento determinado, não há possibilidade de compensação via um aumento do número de folhas.

3.8. Relação entre rendimento de grãos e déficit hídrico

Os primeiros trabalhos, relacionando a produção de matéria seca com a quantidade de água transpirada, foram realizados no início do século. Foi observada uma relação linear entre as duas variáveis para diversas culturas, utilizando diferentes cultivares. A estreita correlação entre produção de matéria seca e transpiração pode ser explicada pelo fato de que o saldo de radiação, que determina em grande parte o nível de transpiração, e a radiação solar, que determina a fotossíntese, são linearmente relacionadas. Por sua vez, sabe-se que os processos da fotossíntese e da transpiração estão fortemente correlacionados. O processo da fotossíntese é afetado com o aumento do déficit hídrico devido ao fechamento dos estômatos e redução da área foliar. O fechamento dos estômatos limita o fluxo de CO_2 para o interior da folha, ao mesmo tempo em que restringe o fluxo de água da folha para a atmosfera, diminuindo a taxa de transpiração.

BERGAMASCHI (1989) e BERLATO (1992) mostraram que os baixos rendimentos médios da cultura da soja, no Rio Grande do Sul, como nas demais regiões produtoras do Brasil, estão relacionados a anos em que ocorreram deficiências hídricas durante o ciclo da cultura. No Rio Grande do Sul, em anos considerados muito secos (1978/79, 1985/86, 1987/88 e 1990/91), os rendimentos médios estiveram abaixo de uma tonelada por hectare. Em um levantamento realizado para a cultura do milho, também ficou demonstrada a dependência do rendimento de grãos ao regime hídrico durante o período de desenvolvimento desta cultura. Durante o ano agrícola 1990/91 (ano muito seco) o rendimento médio no Estado foi de $1.100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, enquanto que no ano seguinte (1991/92), com maior quantidade e melhor distribuição de chuvas, o rendimento médio atingiu $2.700 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Esta análise, embora superficial, no sentido de que considera apenas o fator hídrico e numa escala espacial ampla, mostra a importância da precipitação pluvial na determinação do rendimento das culturas de primavera-verão do estado, principalmente milho e soja. Neste sentido, alguns pesquisadores estudaram a relação entre o rendimento de grãos e a disponibilidade hídrica utilizando variáveis originais ou derivadas.

STEWART e HAGAM (1973) encontraram uma relação linear entre o rendimento de grãos de milho e a evapotranspiração real, com um coeficiente de determinação de 0,98. Para a cultura da soja, STEGMAN (1989) obteve coeficientes de determinação próximos de 0,95 no ajustamento de regressão linear entre o rendimento de grãos e a evapotranspiração real ocorrida durante o ciclo da cultura.

MATZENAUER e FONTANA (1987) estudaram a relação entre o rendimento de grãos de milho e a altura de chuva em diferentes períodos da cultura, para as condições da Depressão Central do Rio Grande do Sul, através da análise de regressão. Os períodos em que as variáveis apresentaram melhor ajuste foram do início do pendoamento a 30 dias após e de uma semana antes do início do pendoamento a uma semana após o final do espigamento, com coeficientes de determinação de 0,785 e 0,763, respectivamente. A associação entre as variáveis também foi muito significativa nos períodos de 30 dias após a emergência ao início do pendoamento, início do pendoamento à maturação fisiológica e no ciclo completo (emergência à maturação fisiológica). Os autores concluíram que a chuva é um elemento que exerce grande influência no rendimento de grãos da cultura do milho,

principalmente durante a floração e enchimento de grãos. AGUINSKY (1991) fez uma ampla análise da relação entre o rendimento de grãos de milho e a precipitação efetiva, para diversas localidades do Rio Grande do Sul, concluindo que o rendimento do milho é linearmente dependente do volume de água disponível e que a distribuição da precipitação é mais importante do que o total.

MEDEIROS et al. (1991) relacionaram o rendimento relativo de grãos de milho durante vários anos, com o índice E_{Tr}/E_{Tm} (evapotranspiração real sobre evapotranspiração máxima), durante sete subperíodos e no ciclo da cultura, para as condições da Depressão Central do Rio Grande do Sul. O subperíodo em que as variáveis melhor se ajustaram foi de 10 dias antes do início do pendramento a 10 dias após o final do espigamento, englobando a floração e o início de enchimento de grãos. Para este mesmo subperíodo, BERGONCI et al. (2001) obtiveram uma resposta quadrática entre o rendimento de grãos de milho e a lâmina de água aplicada por irrigação. Com doses de rega próximas a 80% daquela necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, os rendimentos tenderam a nivelar-se junto aos valores máximos, com os maiores níveis de eficiência da água aplicada.

BERLATO et al. (1992) relacionaram o rendimento de grãos da soja com variáveis meteorológicas originais e derivadas. A precipitação esteve fortemente correlacionada com o rendimento de grãos durante o período reprodutivo. A correlação mais alta encontrada foi entre o rendimento de grãos e o índice E_{Tr}/E_{To} (evapotranspiração real sobre evapotranspiração de referência calculada pelo método de Penman) durante o período reprodutivo. Neste período, o consumo relativo de água explicou cerca de 89% da variação do rendimento de grãos para o grupo de maturação precoce, 86% da variação do rendimento de grãos para o grupo de maturação médio e 85% para o grupo de maturação tardio.

Em um trabalho realizado com a cultura do milho em quatro locais do estado, MATZENAUER et al. (1995a) encontraram alta associação entre o rendimento de grãos e a evapotranspiração relativa (evapotranspiração real/evapotranspiração máxima – E_{Tr}/E_{Tm}), estabelecendo modelos de previsão do rendimento da cultura a partir do índice utilizado. No teste de validação dos modelos, os coeficientes de determinação obtidos foram próximos de 0,90, indicando a elevada dependência da cultura à disponibilidade hídrica no solo.

HILLEL e GURON (1973) encontraram uma relação linear entre o rendimento de grãos de milho e a evapotranspiração total. Observaram, no entanto, que a função não começava na origem, ou seja, mesmo com um determinado valor de evapotranspiração o rendimento foi igual a zero. Este valor de evapotranspiração, segundo os autores, pode ser devido à evaporação do solo. Outros pesquisadores também citam valores negativos para o intercepto da função linear entre rendimento de grãos e evapotranspiração real, sendo que o valor de evapotranspiração observado, quando o rendimento é nulo, é uma boa aproximação da quantidade de água evaporada pelo solo.

4. Cultura do Milho

A cultura do milho ocupa aproximadamente 28% do total das áreas com cultivos de grãos no Estado do Rio Grande do Sul (IBGE, 2000/01). Está presente em cerca de 310.000 propriedades rurais. Na safra agrícola de 2000/01 ocupou uma área cultivada de 1,662 milhões de hectares tendo alcançado uma produção de 6,016 milhões de toneladas, com um rendimento médio de $3.619 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, tendo sido tanto a produção como o rendimento médio, recordes históricos. No Rio Grande do Sul é a segunda cultura em área semeada e em quantidade produzida.

O milho participa com cerca de 33% da produção gaúcha de grãos, considerando cereais, leguminosas e oleaginosas, contribuindo para a economia estadual sob a forma de produto consumido “in natura”, em rações para aves, suínos e bovinos e como matéria prima nas indústrias de transformação, de moagem úmida ou a seco, que possibilitam obter centenas de produtos derivados. O milho é cultivado em todas as microrregiões geográficas do estado, sendo as de maior expressão a de Erechim, com 635.543 t, de Passo Fundo com 607.923 t, de Frederico Westphalen com 420.505 t, de Sananduva com 352.446 t e de Carazinho, Cruz Alta e Guaporé, com mais de 300.000 t cada (BISOTTO, 2001). A grande capacidade de adaptação, aliada à sua utilidade, faz com que seja a cultura mais disseminada no estado.

Apesar do rendimento médio de grãos da última safra ter sido recorde, o estado ocupou a 7ª posição entre os estados produtores, o que significa que muito ainda deve ser feito em termos de geração, transferência e adoção de novas tecnologias. No entanto, deve-se destacar que em alguns municípios, os rendimentos médios obtidos na safra 2000/01 estiveram bem acima da média do estado, apontando para a possibilidade de expansão da produção de grãos dessa cultura. Alguns municípios colheram em média, mais de 5 t de grãos por hectare, com é o caso de Sananduva com $6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, Cruz Alta com $5,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, Muitos Capões com $5,5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ e São José do Ouro com $5,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

4.1. Evapotranspiração máxima

Este capítulo apresenta, inicialmente, uma análise da evapotranspiração máxima (ETm) da cultura do milho, de uma série de 16 experimentos conduzidos nos períodos agrícolas de 1976/77 a 1988/89. As determinações foram feitas para três épocas de semeadura, sendo: semeadura de setembro, durante o período 1982/83 - 1988/89 (seis experimentos); semeadura de outubro, durante o período 1976/77 - 1981/82 (seis experimentos); e semeadura de novembro, durante o período 1983/84 - 1987/88 (quatro experimentos). Foi utilizada uma população média de 50 mil plantas por hectare.

Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Taquari (Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária/Secretaria da Ciência e Tecnologia), localizada na região climática da Depressão Central do Rio Grande do Sul, município de Taquari, a 76m de altitude, $29^{\circ} 48'$ de latitude sul e $51^{\circ} 49'$ de longitude oeste.

A ETm foi determinada nos seguintes subperíodos: da semeadura à emergência (S-E); da emergência até 30 dias após (E-30d); dos 30 dias após a emergência até 50% do

pendoamento (30d-P); de 50% do pendoamento até a maturação leitosa (P-ML); da maturação leitosa à maturação fisiológica (ML-MF) e no ciclo total (S-MF).

Na Tabela 3 são apresentadas as datas de semeadura para as três épocas, durante o período experimental e, na Tabela 4, a duração média dos diferentes subperíodos de desenvolvimento e do ciclo completo nas três épocas. A maior duração do ciclo da cultura observada para a época de setembro, deve-se às temperaturas mais baixas que ocorrem durante os meses de setembro e outubro, exercendo maior efeito sobre a duração do período vegetativo da cultura do milho, em função do menor acúmulo térmico.

Tabela 3. Datas de semeadura para as três épocas durante o período 1976-1988. Estação Experimental de Taquari, RS.

Estação

Ano	Época de semeadura		
	setembro	outubro	novembro
1976	-	21/10	-
1977	-	20/10	-
1978	-	23/10	-
1979	-	19/10	-
1980	-	29/10	-
1981	-	28/10	-
1982	22/09	-	-
1983	26/09	-	23/11
1984	21/09	-	20/11
1985	25/09	-	23/11
1986	-	-	-
1987	28/09	-	23/11
1988	07/10	-	-

Fonte: MATZENAUER et al., 1998a

Tabela 4. Duração média (dias) dos subperíodos e do ciclo total do milho, em três épocas de semeadura. Estação Experimental de Taquari, RS.

Subperíodo*	Época de semeadura**		
	setembro	outubro	novembro
S-E	10	7	6
E-30d	30	30	30
30d-P	37	30	31
P-ML	21	26	17
ML-MF	43	32	38
S-MF	141	125	122

Fonte: MATZENAUER et al., 1998a

* S - semeadura; E - emergência; 30d - 30 dias após a emergência; P - 50% do pendoamento; ML - maturação leitosa; MF - maturação fisiológica.

** Valores médios do período: época de setembro-1982/83-1988/89; época de outubro-1976/77-1981/82; época de novembro-1983/84-1987/88

Os valores totais e médios diários de evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), para as três épocas de semeadura, são apresentados na Tabela 5. Os valores médios totais de ET_m durante o ciclo foram de 570, 572 e 541mm, respectivamente, para as épocas de setembro, outubro e novembro. Os valores encontrados se enquadram nos valores citados por DOORENBOS & PRUITT (1975), com dados de evapotranspiração da cultura do milho variando entre 400 e 700mm.

Os resultados encontrados neste trabalho, mostram uma variação pequena do consumo total de água no ciclo do milho, entre as diferentes épocas de semeadura, levando-se em conta que os valores são as médias de vários anos. Como o desenvolvimento do milho depende basicamente da temperatura do ar, que por sua vez está intimamente associada à radiação solar, que é a variável meteorológica que exerce maior efeito sobre as condições de demanda evaporativa da atmosfera, essa pequena variação pode ser esperada, visto que a planta de milho acelera ou alonga seu ciclo dependendo do regime térmico, que é variável com a época de semeadura. Provavelmente, as variações serão maiores, quando forem comparados valores de ET_m, em diferentes locais e anos.

Os valores médios diários da ET_m no ciclo total variaram de 4,0mm, para a época de setembro, a 4,6mm, para a época de outubro, ficando em 4,4mm, para a época de novembro.

Com relação ao consumo de água nos diferentes subperíodos, são observadas grandes diferenças, com um baixo consumo no início do ciclo, atingindo valores máximos durante o período de maior cobertura foliar, diminuindo no final do ciclo com a senescência das folhas e redução da área foliar. No início do ciclo, durante o subperíodo da semeadura à emergência, a ET_m da cultura é baixa, uma vez que somente a evaporação do solo é significativa, visto que ainda não existe área foliar. No início do desenvolvimento das plantas, logo após a emergência, o consumo de água aumenta pouco em relação ao subperíodo anterior. Isso é explicado devido a evaporação do solo compreender ainda a maior parte da evapotranspiração total, pois a cultura possui um baixo índice de área foliar (IAF). Esses resultados também estão de acordo com as citações de CHANG (1968), segundo o qual a maior parte da água perdida durante o estágio inicial em culturas plantadas em linha é pela evaporação do solo. À medida que a cultura cresce e se desenvolve, aumenta a ET_m basicamente devido ao aumento do IAF e à maior demanda evaporativa da atmosfera. O aumento da evapotranspiração com a área foliar é atribuído à transpiração crescente, haja vista que a evaporação do solo tende a diminuir devido ao sombreamento pelas plantas. Além disso, os maiores valores de ET_m verificados durante o subperíodo do pendoamento até a maturação leitosa, estão relacionados, também, à maior atividade fisiológica da cultura. No final do ciclo, durante o subperíodo da maturação leitosa até a maturação fisiológica, ocorre redução na evapotranspiração devido ao declínio da atividade fotossintética das folhas, à redução da área foliar, principalmente em culturas anuais, quando ocorre o rápido secamento dos colmos e folhas, e à diminuição da demanda evaporativa da atmosfera.

Pela análise da Tabela 5, pode-se verificar que existe um comportamento diferente entre as duas primeiras épocas de semeadura, comparadas com a terceira época. Nas épocas de setembro e outubro, a ET_m foi menor no início do ciclo e atingiu valores máximos durante o subperíodo do pendoamento à maturação leitosa, que inclui a floração e início de enchimento de grãos, pois as plantas apresentam maior IAF e maior atividade fotossintética e fisiológica. Já para a época de novembro, a ET_m no início do ciclo foi maior do que nas

épocas anteriores, sendo o máximo consumo de água atingido durante o subperíodo dos 30 dias após a emergência até 50% do pendoamento, ou seja, antes da floração. Isso ocorre, provavelmente, devido à maior demanda evaporativa, que normalmente acontece durante os meses de dezembro e janeiro nas condições do Rio Grande do Sul, que coincidem com o desenvolvimento do período vegetativo da cultura, quando a semeadura é feita no final de novembro. Quando o subperíodo do pendoamento à maturação leitosa coincide com o mês de fevereiro, que é o que acontece quando a semeadura é realizada em novembro, a ET_m diminui devido à redução na demanda evaporativa, principalmente em função da diminuição na densidade de fluxo da radiação solar, associado à redução do período de brilho solar. No final do ciclo, durante o subperíodo da maturação leitosa à maturação fisiológica, o consumo médio diário de água diminui em relação ao subperíodo anterior, nas três épocas de semeadura. A redução do consumo de água no final do ciclo da cultura, está associada à redução da área foliar, da atividade fisiológica da cultura e da demanda evaporativa.

Os dados de evapotranspiração obtidos neste trabalho, caracterizam um modelo de resposta representativo para as condições do local de experimentação, considerando o longo período em que foram avaliados. O consumo de água do milho, obtido desse modelo, serve de base para lavouras irrigadas, permitindo determinar lâminas de irrigação, em diferentes subperíodos e épocas de semeadura, além de interferir em todas as fases de um planejamento de irrigação.

Tabela 5. Evapotranspiração máxima da cultura do milho (ET_m) (mm). Valores totais e médios diários, em diferentes subperíodos de desenvolvimento e no ciclo completo, para três épocas de semeadura. Estação Experimental de Taquari/RS, período 1976/77-1988/89.

Subperíodo*	Época de semeadura**					
	Setembro		Outubro		Novembro	
	ET _m		ET _m		ET _m	
	Total	Média	Total	Média	Total	Média
S-E	16	1,7	14	2,1	18	2,8
E-30d	80	2,7	92	3,1	128	4,3
30d-P	180	4,9	162	5,3	174	5,6
P-ML	120	5,7	174	6,6	86	5,1
ML-MF	174	4,0	130	4,2	135	3,6
S-MF	570	4,0	572	4,6	541	4,4

Fonte: MATZENAUER et al., 1998a

* S - semeadura; E - emergência; 30d - 30dias após a emergência; P - 50% do pendoamento; ML - maturação leitosa; MF - maturação fisiológica.

** Valores médios do período: época de setembro-1982/83-1988/89; época de outubro-1976/77-1981/82; época de novembro-1983/84-1987/88

Resultados semelhantes foram obtidos na Estação Experimental Agronômica da UFRGS, também na Depressão Central do Rio Grande do Sul, com uma população de 67 mil plantas por hectare de um híbrido precoce de milho (RADIN, 1998; BERGAMASCHI et al., 2001). Empregando-se um lisímetro de pesagem, durante os anos de 1993/94 a 1996/97, foram obtidos totais de 575 a 732mm de ET_m durante todo o ciclo da cultura. A média de 650mm, obtida nesse trabalho, é superior aos resultados de Taquari, citados anteriormente, o que pode

ser atribuído à maior população de plantas, já que os dois locais são climaticamente semelhantes.

4.2. Relações da evapotranspiração máxima com a evaporação do tanque classe A, com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e com a radiação solar global

Conforme salientado anteriormente, para que se possa estimar a evapotranspiração máxima de culturas em diferentes anos, locais e épocas de semeadura, deve-se estabelecer relações entre a evapotranspiração da cultura com algum valor de referência (elemento meteorológico ou fórmula de estimativa da evapotranspiração). Neste trabalho, foram estabelecidas as relações entre a evapotranspiração máxima da cultura do milho com a evaporação do tanque classe A, com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e com a radiação solar global, conforme relatado no item 3.5.

Na Tabela 6 são apresentados os dados médios da razão entre a evapotranspiração máxima da cultura (ETm) e a evaporação do tanque classe A (Eo) (coeficiente Kc_1), para os diferentes subperíodos e no ciclo total da cultura, para as três épocas de semeadura.

Os valores médios da razão ETm/Eo para o ciclo total do milho foram de 0,66, 0,72 e 0,68, para as épocas de semeadura de setembro, outubro e novembro, respectivamente.

O valor de Kc_1 apresenta o mesmo comportamento nas três épocas de semeadura. É menor no subperíodo da semeadura à emergência, aumenta até o subperíodo 50% do pendoamento à maturação leitosa e diminui no final do ciclo, durante o subperíodo da maturação leitosa à maturação fisiológica (Tabela 6). Verifica-se, portanto, um aumento da relação ETm/Eo com o incremento do IAF. Verifica-se pequena variação nos valores médios dos coeficientes de cultura entre as épocas de semeadura. Isto pode ser esperado, considerando-se que as variáveis meteorológicas que determinam a demanda evaporativa da atmosfera exercem influência semelhante sobre a perda de água de superfícies vegetadas e sobre a evaporação de superfície de água. Como a ETm de culturas depende da demanda evaporativa e da própria cultura, as variações observadas são devido a diferenças de crescimento e desenvolvimento das plantas que ocorrem entre épocas de semeadura e anos, em função das variações dos elementos meteorológicos que afetam a cultura e as práticas culturais.

Tabela 6. Evapotranspiração máxima (ETm), evaporação do tanque classe A (Eo) e a razão ETm/Eo (coeficiente Kc_1) em diferentes subperíodos e no ciclo total do milho. Valores médios diários (mm) para três épocas de semeadura. Estação Experimental de Taquari/RS, período 1976/77-1988/89.

Subperíodo*	Época de semeadura								
	Setembro			Outubro			Novembro		
	ETm	Eo	Kc_1	ETm	Eo	Kc_1	ETm	Eo	Kc_1

S-E	1,7	4,3	0,40	2,1	5,7	0,37	2,8	6,8	0,41
E-30d	2,7	5,3	0,51	3,1	6,0	0,52	4,3	7,2	0,60
30d-P	4,9	6,3	0,78	5,3	6,4	0,83	5,6	6,9	0,81
P-ML	5,7	7,0	0,81	6,6	7,2	0,92	5,1	6,3	0,81
ML-MF	4,0	6,4	0,63	4,3	6,5	0,66	3,6	5,6	0,64
S-MF	4,0	6,1	0,66	4,6	6,4	0,72	4,4	6,5	0,68

Fonte: MATZENAUER, et al., 1998b

* S - semeadura; E - emergência; 30d - 30dias após a emergência; P - 50% do pendoamento; ML - maturação leitosa; MF - maturação fisiológica.

Os dados médios da razão entre a evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) e a evapotranspiração calculada pelo método de Penman (ET_o) (coeficiente K_{c2}), para os diferentes subperíodos e no ciclo total da cultura, para as três épocas de semeadura, são apresentados na Tabela 7.

A relação ET_m/ET_o apresenta valores médios durante o ciclo do milho de 0,74, 0,81 e 0,80, para as épocas de semeadura de setembro, outubro e novembro, respectivamente. O comportamento apresentado nas três épocas de semeadura é semelhante. Os menores valores são verificados durante os subperíodos da semeadura à emergência e da emergência até os 30 dias após. Isto é explicado pelo fato de no primeiro subperíodo haver apenas evaporação do solo como componente da evapotranspiração e, no segundo subperíodo, haver um IAF ainda baixo. A partir do subperíodo dos 30 dias após a emergência até 50% do pendoamento ocorre um incremento da área foliar da cultura, atingindo valores máximos durante o subperíodo dos 50% do pendoamento até a maturação leitosa. Por esse motivo e também pelo fato de haver maior atividade fisiológica das plantas e coincidência com períodos de maior demanda evaporativa da atmosfera, os maiores valores de K_{c2} foram verificados durante esses subperíodos, se aproximando de 1,0 durante a floração e início de enchimento de grãos. No final do ciclo, durante o subperíodo da maturação leitosa até a maturação fisiológica, ocorre uma redução nos valores dos coeficientes para as três épocas de semeadura, devido à diminuição da atividade fotossintética, em função da senescência das folhas. Essa resposta observada está de acordo com os resultados de CAMARGO & PEREIRA (1990), os quais afirmam que, em termos práticos, o K_c pode ser considerado como uma função da porcentagem de cobertura do terreno pela folhagem da cultura.

Resultados obtidos por RADIN (1998) e publicados por BERGAMASCHI et al. (2001) demonstraram uma relação linear entre o coeficiente K_{c2} (ET_m/ET_o), utilizando-se o método de Penman, e o índice de área foliar (IAF). O modelo que relaciona estas duas variáveis, para um híbrido precoce e com uma população de 67 mil plantas por hectare é:

$$Kc_2 = 0,723 + 0,1000 \text{ IAF} \quad (r^2 = 0,75)$$

Este modelo permite estimar o coeficiente de cultura (K_{c2}), tendo-se o índice de área foliar da cultura. Como nem sempre é possível obter valores de índice de área foliar, o IAF poderá ser estimado em função da altura de plantas, como demonstrou RADIN (1998). Para o híbrido Pioneer 3230, e com 67 mil plantas por hectare foi obtida a função:

$$Kc = 0,714 + 0,002 h \quad (r^2 = 0,74)$$

Sendo h a altura de plantas (cm).

É possível deduzir que o aumento do índice de área foliar tende a aumentar a demanda de água da cultura. Entretanto, esse aumento não deve manter uma relação linear, já que em altas densidades deverá aumentar a competição por luz. O adensamento da cultura tende a aumentar a quantidade de folhas sombreadas as quais irão transpirar menos devido ao menor fluxo de radiação sobre elas.

Os trabalhos têm demonstrado que o índice de área foliar atinge seu valor máximo ao redor do pendoamento, quando a folha bandeira acaba de expandir-se. Por sua vez, sendo função direta do IAF, o coeficiente K_c aumenta rapidamente no período de crescimento da cultura, atinge seu valor máximo próximo ao pendoamento e decresce lentamente durante o período reprodutivo, com a senescência das folhas inferiores. Durante a maturação, com a senescência rápida das folhas, a transpiração das plantas e, portanto, o K_c diminuem de forma brusca.

Quando o máximo IAF coincide com a maior demanda evaporativa atmosférica, da Segunda quinzena de dezembro até a primeira quinzena de janeiro, a evapotranspiração da cultura atinge seus valores mais elevados. Nos trabalhos de RADIN (1998) e BERGAMASCHI et al. (2001) esta coincidência proporcionou médias diárias em torno de 7mm de ETm, durante a floração do milho. Como foi visto anteriormente, este é o período crítico do milho, quando se dá a polinização e o início de formação dos grãos. Também é o período de maior demanda de água da cultura, portanto, duplamente sensível ao suprimento hídrico.

Tabela 7. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração de referência (ETo) calculada pela fórmula de Penman e a razão ETm/ETo (coeficiente K_{c2}) em diferentes subperíodos e no ciclo total do milho. Valores médios diários (mm) para três épocas de semeadura. Estação Experimental de Taquari/RS, período 1976/77-1988/89.

Subperíodo*	Época de semeadura								
	Setembro			Outubro			Novembro		
	ETm	ETo	K_{c2}	ETm	ETo	K_{c2}	ETm	ETo	K_{c2}
S-E	1,7	4,3	0,40	2,1	5,3	0,40	2,8	6,0	0,47
E-30d	2,7	4,9	0,55	3,1	5,7	0,54	4,3	6,1	0,70
30d-P	4,9	5,6	0,88	5,3	5,7	0,93	5,6	6,0	0,93
P-ML	5,7	5,9	0,97	6,6	6,3	1,05	5,1	5,3	0,96
ML-MF	4,0	5,7	0,70	4,3	5,5	0,78	3,6	4,9	0,73
S-MF	4,0	5,4	0,74	4,6	5,7	0,81	4,4	5,5	0,80

Fonte: MATZENAUER, et al., 1998b

* S - semeadura; E - emergência; 30d - 30dias após a emergência; P - 50% do pendoamento; ML - maturação leitosa; MF - maturação fisiológica.

Na Tabela 8 são apresentados os valores médios de evapotranspiração da cultura (ETm), radiação solar global (R_s) transformada em milímetros de água evaporada, e a razão

ETm/Rs (coeficiente Kc_3), para os diferentes subperíodos e no ciclo total da cultura, para as três épocas de semeadura.

A razão ETm/Rs apresenta valores médios durante o ciclo do milho de 0,45, 0,51 e 0,49, para as épocas de semeadura de setembro, outubro e novembro, respectivamente. Estes resultados significam que, aproximadamente, 50 % da radiação solar global é utilizada no processo de evapotranspiração durante o ciclo completo da cultura do milho (da semeadura até a maturação fisiológica), na média das três épocas de semeadura.

O comportamento da razão ETm/Rs obtido nas três épocas de semeadura é semelhante. Os menores valores ocorrem durante os subperíodos da semeadura à emergência e da emergência até 30 dias após, que são subperíodos que se caracterizam por apresentarem maior evaporação do solo e baixos valores de transpiração, devido à ausência de área foliar no início do ciclo e baixos valores de IAF durante o início do período vegetativo. A exemplo dos resultados obtidos para as razões ETm/Eo e ETm/ETo, os maiores valores da razão ETm/Rs são verificados durante os subperíodos dos 30 dias após a emergência até 50% do pendoamento e de 50% do pendoamento até a maturação leitosa, por possuírem maior área foliar, com intensa atividade fotossintética e fisiológica e, normalmente, coincidirem com períodos de alta demanda evaporativa da atmosfera. Durante o subperíodo de 50% do pendoamento até a maturação leitosa, o coeficiente atinge o valor de 0,68 para a época de semeadura de outubro, significando uma alta utilização de energia no processo de evapotranspiração, durante a floração e início de enchimento de grãos, caracterizado como o período mais crítico da cultura em relação à disponibilidade hídrica.

Os resultados mostram que a quantidade de energia utilizada na evapotranspiração é baixa no início do ciclo de desenvolvimento da cultura do milho, sendo que aproximadamente 25% da energia total é utilizada no processo de evaporação, durante o subperíodo da semeadura até a emergência. Após a emergência das plantas, ocorre um aumento gradativo da razão ETm/Rs, até o subperíodo que engloba a floração e o início do enchimento de grãos, com uma média de cerca de 0,63 nas três épocas de semeadura, representando alta utilização de energia. No final do ciclo, durante o subperíodo da maturação leitosa até a maturação fisiológica, o percentual da energia solar utilizada na evapotranspiração diminui para menos de 50%.

Os resultados apresentados são representativos e consistentes, levando-se em conta que são médias oriundas de um período agrícola longo, podendo ter grande utilidade para o planejamento de lavouras irrigadas, para o estabelecimento de épocas de semeadura e como subsídio à elaboração e aperfeiçoamento de zoneamentos agroclimáticos e planejamentos agrícolas. São dados obtidos nas condições de solo e clima do Rio Grande do Sul, envolvendo um amplo período de semeadura, sendo, desta forma, recomendados para a estimativa das necessidades hídricas da cultura do milho para diferentes locais e anos agrícolas.

Tabela 8. Evapotranspiração máxima (ETm), radiação solar global (Rs), e a razão ETm/Rs (coeficiente Kc_3) em diferentes subperíodos e no ciclo total do milho. Valores médios diários (mm) para três épocas de semeadura. Estação Experimental de Taquari/RS, período 1976/77-1988/89.

	Época de semeadura
--	--------------------

Subperíodo*	Setembro			Outubro			Novembro		
	ETm	Rs	Kc ₃	ETm	Rs	Kc ₃	ETm	Rs	Kc ₃
S-E	1,7	7,1	0,24	2,1	8,4	0,25	2,8	9,6	0,29
E-30d	2,7	8,2	0,33	3,1	9,1	0,34	4,3	9,8	0,44
30d-P	4,9	9,1	0,54	5,3	9,1	0,58	5,6	9,7	0,58
P-ML	5,7	9,5	0,60	6,6	9,7	0,68	5,1	8,5	0,60
ML-MF	4,0	9,1	0,44	4,3	8,6	0,50	3,6	7,8	0,46
S-MF	4,0	8,9	0,45	4,6	9,0	0,51	4,4	9,0	0,49

Fonte: MATZENAUER, et al., 1998b

* S - semeadura; E - emergência; 30d - 30dias após a emergência; P - 50% do pendoamento; ML - maturação leitosa; MF - maturação fisiológica.

4.3. Exemplo de utilização do coeficiente de cultura

Para a estimativa das necessidades hídricas da cultura do milho em diferentes situações (locais, épocas de semeadura e anos) deve-se utilizar os coeficientes de cultura apresentados nas Tabelas 6, 7 e 8, da seguinte forma:

$$ETm = Eo \times Kc_1$$

$$ETm = ETo \times Kc_2$$

$$ETm = Rs \times Kc_3$$

Exemplo: estimativa do consumo de água para um período de sete dias de uma lavoura semeada em setembro, que se encontra no período de início de enchimento de grãos, o qual coincide conforme a Tabela 6 com o subperíodo P-ML. Considerando-se que a evaporação do tanque classe A no período correspondente tenha sido de 52,0 mm e, utilizando-se o valor do coeficiente de cultura Kc₁, que é de 0,81, calcula-se o consumo de água da seguinte forma:

$$ETm = Eo \times Kc_1$$

$$\text{Sendo: } Eo = 52,0 \text{ mm} \quad Kc_1 = 0,81$$

$$\text{Tem-se que: } ETm = 52,0 \times 0,81$$

$$ETm = 42,1 \text{ mm}$$

Se for utilizado o valor de Kc₂ (Tabela 7), considerando ETo = 44,0mm, o cálculo é:

$$ET_m = ET_o \times Kc_2$$

$$ET_o = 44,0\text{mm} \quad Kc_2 = 0,97$$

$$\text{Logo: } ET_m = 44,0 \times 0,97$$

$$ET_m = 42,7 \text{ mm}$$

Os valores acima estimados de 42,1mm ou 42,7mm, são, portanto, um deles, o valor da necessidade hídrica da cultura no período de sete dias exemplificado, correspondendo no exemplo 1 a 42,1 litros por m² ou 421 m³ por hectare e no exemplo 2, a 42,7 litros por m² ou 427 m³ por hectare.

4.4. Disponibilidades hídricas para a cultura do milho em diferentes locais e épocas de semeadura

Neste capítulo, são apresentados resultados de balanços hídricos calculados durante o período de 1975/76 a 2000/2001, para dez localidades do Estado, conforme relacionado na Tabela 9. A localização geográfica é mostrada na Figura 8. Utilizou-se a metodologia de THORNTHWAITE & MATHER (1955) para o cálculo do balanço hídrico decendial, com um valor médio para a capacidade de água disponível no solo (CAD) de 75 mm.. O período para cada local é variável (Tabela 9), pois depende da disponibilidade de dados meteorológicos para o cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Penman.

A evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), para cada situação, foi estimada utilizando-se coeficientes de cultura (K_c) determinados regionalmente (MATZENAUER et al., 1998b), segundo a relação:

$$Kc = ET_m/ET_o$$

sendo, ET_o a evapotranspiração de referência calculada pelo método de PENMAN (1956).

As determinações de evapotranspiração máxima do milho (ET_m), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica, foram feitas para quatro ou cinco épocas de semeadura, dependendo da localidade (agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro, iniciadas no dia primeiro de cada mês) nos seguintes períodos de desenvolvimento da cultura: da emergência a 30 dias após (Em – 30Em); 30Em ao início do pendramento (30Em - IP); IP a 30 dias após (IP - 30IP); 30IP à maturação fisiológica (30IP - MF) e no ciclo completo (Em - MF).

Tabela 9. Relação das localidades onde foram calculados os balanços hídricos para a cultura do milho.

Nº	Localidade	Região Climática	Período calculado	Coordenadas Geográficas		
				Altitude	Latitude	Longitude
1	Cruz Alta	Planalto	75/76-97/98	473	28°38'21''	53°36'42''
2	Júlio de Castilhos		75/76-95/96	514	29°13'26''	53°40'45''
3	Passo Fundo		75/76-98/99	709	28°15'41''	52°24'45''
4	Santa Rosa	Missões	75/76-98/99	273	27°51'50''	54°29'03''
5	São Borja	Vale do Uruguai	75/76-99/00	99	28°39'44''	56°00'44''
6	São Gabriel	Depressão Central	75/76-99/00	109	30°20'27''	54°19'01''
7	Taquari		75/76-00/01	76	29°48'15''	51°49'30''
8	Rio Grande	Litoral Sul	75/76-98/99	15	32°01'02''	52°09'32''
9	Encruzilhada do Sul	Serra do Sudeste	75/76-98/99	420	30°25'35''	52°31'20''
10	Veranópolis	Serra do Nordeste	75/76-98/99	705	28°56'14''	51°33'11''

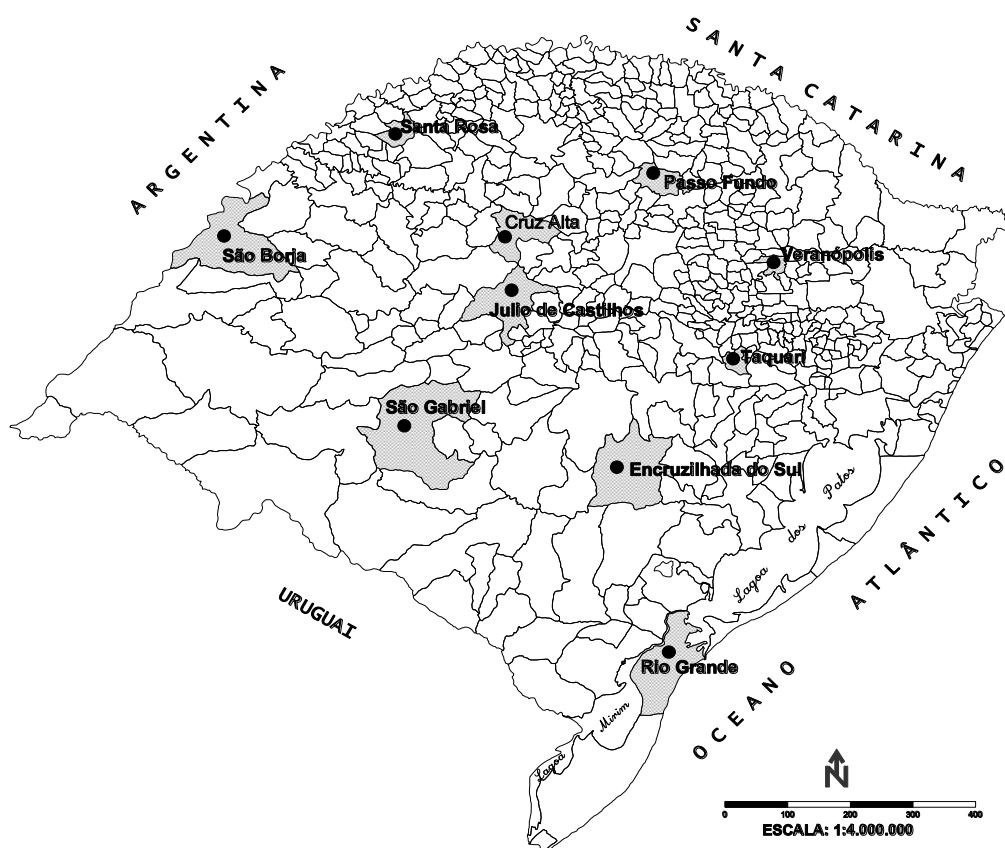


Figura 8. Localidades onde foram calculados os balanços hídricos para a cultura do milho

Nas Tabelas com numeração de 10 a 19 são apresentados os resultados de evapotranspiração máxima (ET_m), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica (D), valores totais em milímetros, para as localidades de Cruz Alta, Júlio de Castilhos, Passo Fundo, Santa Rosa, São Borja, São Gabriel, Taquari, Rio Grande, Encruzilhada do Sul e

Veranópolis, respectivamente, em quatro subperíodos de desenvolvimento da cultura do milho e no ciclo completo, para quatro épocas de semeadura nos locais de maior altitude e (ou) de menor temperatura, onde a época de semeadura de agosto não é indicada e para cinco épocas de semeadura nos locais mais quentes, onde a época de semeadura de agosto é indicada segundo o zoneamento agroclimático para a cultura do milho (MALUF et al., 2000).

Os valores médios de evapotranspiração máxima (ET_m) total no ciclo da cultura do milho variam de 412mm na época de semeadura de dezembro para a localidade de Rio Grande (Tabela 17), a 648mm na época de semeadura de setembro para Júlio de Castilhos (Tabela 11). Os maiores valores de ET_m são verificados em Júlio de Castilhos, Passo Fundo, Veranópolis, Cruz Alta e São Gabriel, sendo os menores valores observados em Taquari, Rio Grande, Encruzilhada do Sul, Santa Rosa e São Borja. Nas épocas de semeadura de agosto, setembro e outubro, ocorrem os maiores valores de consumo de água total no ciclo, sendo que nas épocas de novembro e dezembro observa-se uma diminuição da ET_m total. O menor consumo de água durante as épocas de novembro e dezembro, pode ser explicado pelo fato de não haver coincidência entre os subperíodos de maior demanda hídrica e maior índice de área foliar (IAF), com os períodos de maior demanda atmosférica.

A evapotranspiração diária de cada espécie sem limitação de água no solo, depende do estágio de desenvolvimento das plantas e da demanda evaporativa da atmosfera, e seu valor absoluto varia, portanto, em função das condições climáticas de cada região e em função do ano e época de semeadura na mesma região. Como em anos de estiagem ocorre maior número de dias claros, é normal que as condições meteorológicas favoreçam maior demanda evaporativa da atmosfera e, portanto, maior consumo de água pelas culturas. Para a localidade de Júlio de Castilhos, por exemplo, os valores de evapotranspiração da cultura foram superiores a 800mm durante o ciclo completo, para as épocas de semeadura de setembro e outubro, durante o ano agrícola 1985/86, ano que se caracterizou pela ocorrência de forte estiagem, com perdas significativas nas lavouras do Estado. Em vários locais, os menores valores de ET_m total foram verificados durante os anos agrícolas 1994/95 e 1997/98, que coincidiram com períodos de maior disponibilidade hídrica e menor demanda evaporativa da atmosfera.

Os subperíodos de desenvolvimento do milho em que ocorrem os maiores valores de ET_m são de 30 dias após a emergência até o início do pendoamento (30Em-IP) e do início do pendoamento até 30 dias após (IP-30IP), com valores médios que variam de 96 mm a 242mm e de 114 mm a 196 mm, respectivamente. Durante o período inicial de desenvolvimento das plantas (subperíodo Em-30Em), os valores de evapotranspiração da cultura são menores, variando na média, de 48 mm a 115 mm, para os diferentes locais e épocas de semeadura. Com o aumento da área foliar durante os subperíodos 30Em-IP e IP-30IP são observados valores elevados de evapotranspiração da cultura, atingindo, como referido anteriormente, os maiores valores de consumo de água. No final do ciclo, durante o subperíodo 30IP-MF, ocorre uma redução no consumo de água.

Verifica-se, portanto, que os subperíodos que englobam o final do período vegetativo, a floração e o início de enchimento de grãos (30Em-IP e IP-30IP) são os que apresentam maior consumo de água. É durante estes subperíodos que a planta atinge maior índice de área foliar e ocorre maior atividade fisiológica da cultura. Quando estes subperíodos coincidem

com condições atmosféricas de elevada demanda evaporativa, verifica-se os valores máximos de consumo de água.

Os valores totais de evapotranspiração real (ET_r) durante o ciclo da cultura, na média do período estudado, variam de 302 mm para a época de semeadura de dezembro em Rio Grande (Tabela 17), a 501 mm para a época de semeadura de setembro em Passo Fundo (Tabela 12). Os maiores valores de ET_r são verificados nas localidades de Passo Fundo, Veranópolis e Júlio de Castilhos, sendo os menores valores observados para as localidades de Rio Grande, Encruzilhada do Sul, São Gabriel e Taquari.

A evapotranspiração real de uma cultura depende das condições de disponibilidade hídrica no solo, do estágio de desenvolvimento da cultura e das condições meteorológicas que determinam a demanda evaporativa da atmosfera. Em anos com maior disponibilidade hídrica, como ocorrido, por exemplo, durante o ano agrícola 1992/93 para a localidade de Passo Fundo, os valores de ET_r se aproximaram mais dos valores de ET_m da cultura, ocasionando baixos valores de deficiência hídrica. BUNCE (1989) comenta a ocorrência de déficit hídrico na planta como um fenômeno quase diário, sendo observado mesmo em condições de alta disponibilidade hídrica no solo. Ou seja, em condições de alta demanda evaporativa da atmosfera, mesmo que o solo esteja em capacidade de campo, ocorre déficit hídrico na planta, pelo fato da taxa de absorção de água não acompanhar a taxa de transpiração. Durante o dia a planta perde mais água do que consegue absorver, aumentando o déficit até aproximadamente o meio da tarde. Após, com a diminuição da demanda evaporativa, a planta começa a absorver maior quantidade de água do que a perdida por transpiração, iniciando o processo de recuperação do déficit, ocorrendo um equilíbrio dos potenciais da água na planta durante a noite. Se não houver reposição de água no solo, chegará o momento em que o processo se tornará irreversível. A duração deste período depende da demanda evaporativa da atmosfera, da capacidade de armazenamento de água no solo, das características da cultura e do estágio de desenvolvimento da planta.

Pelos resultados apresentados, verifica-se que é comum a ocorrência de deficiências hídricas para a cultura do milho no Estado, nos vários locais e épocas de semeadura estudados. A deficiência total média no ciclo varia de 61 mm na época de semeadura de agosto em Taquari (Tabela 16), a 192 mm na época de outubro em São Gabriel (Tabela 15). As maiores deficiências hídricas ocorrem em São Gabriel, Júlio de Castilhos, Cruz Alta e Rio Grande, sendo os menores valores verificados em Taquari, Passo Fundo e Veranópolis. Observa-se que nos locais mais quentes (Taquari, Santa Rosa e São Borja), as menores deficiências hídricas ocorrem nas semeaduras de agosto e dezembro. Com base nesta resposta, recomenda-se nestes locais as semeaduras precoce (agosto) ou tardia (dezembro), sendo as mais indicadas para a redução de riscos associados à produção de grãos.

As maiores deficiências hídricas ocorrem durante os subperíodos do final do crescimento vegetativo (30Em-IP), e durante a floração e enchimento de grãos, compreendido entre o início do pendramento até cerca de 30 dias após (IP-30IP). Durante o subperíodo crítico, as deficiências médias variam de 24 mm para a semeadura de dezembro em Cruz Alta (Tabela 10), a 99 mm para a semeadura de outubro, em São Gabriel (Tabela 15), verificando-se, portanto, grandes diferenças entre locais e épocas de semeadura. Os menores valores de deficiência hídrica foram observados durante o subperíodo da emergência a 30 dias após. Este subperíodo caracteriza-se pelo baixo índice de área foliar,

sendo este o principal fator responsável pelo menor consumo de água, ocorrendo desta forma, menor deficiência hídrica. Agosto e dezembro são as épocas de semeadura em que foram verificadas as menores deficiências hídricas durante o período crítico da cultura (IP-30IP). Os maiores valores no mesmo período são observados nas épocas de setembro e outubro. Pelos resultados obtidos, evidencia-se maior risco por deficiência hídrica para as épocas de semeadura de setembro e outubro, e menor risco para as épocas de agosto e dezembro. Em períodos de forte estiagem como ocorreu durante o ano agrícola 1985/86, foram observados valores de deficiência hídrica total no ciclo, superiores a 500 mm.

Os resultados demonstram que a deficiência hídrica é um dos principais fatores limitantes à obtenção de elevados rendimentos de grãos na cultura do milho e de safras agrícolas estáveis no Estado do Rio Grande do Sul.

Tabela 10. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. Cruz Alta, RS, período 1975/76-1997/98.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		Em-30Em	-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF
75/76	01/09	54	184	157	92	487	54	169	130	92	445	0	15	27	0	42
	01/10	67	164	138	106	475	61	161	114	106	442	6	3	23	0	33
	01/11	77	130	142	85	434	77	113	141	81	412	0	17	1	5	23
	01/12	85	128	111	68	392	82	127	102	63	374	3	1	8	5	18
76/77	01/09	80	247	196	117	640	78	222	168	116	585	2	25	28	1	56
	01/10	93	216	166	131	606	93	197	151	122	563	0	19	15	8	42
	01/11	105	170	158	111	544	99	164	151	91	505	6	5	7	20	39
01/12	112	143	145	94	494	112	138	110	77	437	0	5	35	17	57	
77/78	01/09	82	243	184	140	649	71	220	126	67	484	10	23	58	72	164
	01/10	96	203	190	132	621	93	174	67	78	412	3	29	123	54	208
	01/11	94	175	177	128	574	90	94	81	87	352	3	81	96	42	222
01/12	115	157	169	120	561	81	89	99	21	290	34	68	70	99	271	
78/79	01/09	84	221	189	171	665	78	167	101	31	378	6	53	88	140	287
	01/10	91	197	215	145	648	81	164	49	77	372	10	33	166	68	276
	01/11	91	181	219	95	586	91	101	53	95	340	1	81	166	0	247
01/12	120	194	124	91	529	93	67	124	68	352	27	127	0	23	177	
79/80	01/09	50	230	160	144	584	50	205	136	83	473	0	26	24	62	111
	01/10	92	173	196	139	600	89	164	101	47	401	3	9	95	92	198
	01/11	82	163	192	108	545	80	132	66	46	323	2	32	126	63	223
01/12	108	171	140	93	512	99	79	62	80	320	9	91	78	13	192	
80/81	01/09	67	189	174	118	548	66	189	159	116	530	0	0	15	2	17
	01/10	71	187	162	114	534	71	176	155	114	516	0	11	8	0	19
	01/11	92	149	149	110	500	91	145	145	109	489	1	5	4	1	11
01/12	99	133	144	109	485	98	133	140	76	447	0	0	4	33	38	
81/82	01/09	61	226	194	156	637	61	200	154	39	455	0	26	40	117	183
	01/10	90	208	195	130	623	82	201	75	79	437	9	7	120	51	186
	01/11	103	161	198	105	567	103	127	75	90	396	0	33	123	14	171
01/12	106	174	138	108	526	96	88	106	57	348	9	85	32	51	177	
83/84	01/09	76	233	208	118	635	76	203	84	118	480	0	30	124	0	154
	01/10	85	219	177	132	613	85	138	128	125	476	0	81	49	6	136
	01/11	117	164	158	114	553	85	115	158	102	460	32	49	0	12	93
01/12	108	142	148	96	494	96	142	121	78	438	12	0	27	18	57	
84/85	01/09	63	239	200	166	668	63	206	81	30	380	0	34	119	136	289
	01/10	87	215	222	124	648	87	128	61	66	341	0	88	161	58	307
	01/11	102	197	192	96	587	86	77	76	94	333	17	120	116	2	254
01/12	131	170	127	89	517	83	85	121	85	373	48	85	6	4	143	
85/86	01/09	65	283	203	133	684	59	89	12	82	241	7	194	191	52	443
	01/10	100	257	175	122	654	73	35	60	103	270	28	222	115	19	384
	01/11	136	167	159	83	545	39	20	144	61	263	97	147	16	22	282
01/12	110	142	108	73	433	23	134	86	66	308	88	8	22	7	125	
86/87	01/09	62	248	213	133	656	62	231	117	124	534	0	17	96	9	122
	01/10	89	231	183	129	632	89	191	121	113	514	0	40	62	17	118
	01/11	117	172	176	98	563	102	124	153	96	476	15	49	23	1	87
01/12	113	157	129	98	497	99	139	120	75	433	14	18	9	23	64	
87/88	01/09	73	215	179	127	594	67	199	72	77	415	6	16	107	49	179
	01/10	76	207	172	128	583	76	130	81	101	387	0	78	92	27	196

	01/11	100	170	159	105	534	82	66	141	57	345	18	104	18	48	189
	01/12	113	144	137	103	497	68	126	65	62	321	45	18	72	41	176
88/89	01/09	58	237	196	113	604	58	208	97	93	455	0	29	99	21	149
	01/10	95	208	179	106	588	84	140	122	96	442	11	68	57	10	146
	01/11	104	169	144	93	510	86	108	128	82	404	18	61	16	11	105
	01/12	112	130	121	78	441	100	114	103	78	395	12	16	18	0	45
89/90	01/09	64	252	180	121	617	64	200	87	110	460	0	52	94	11	157
	01/10	99	218	154	123	594	94	137	139	113	483	5	81	16	9	111
	01/11	102	161	155	88	506	94	129	151	72	446	8	32	5	16	61
	01/12	106	140	114	85	445	95	135	94	85	409	11	5	20	0	36
92/93	01/09	60	204	183	101	548	60	197	134	101	493	0	6	49	0	55
	01/10	74	194	156	95	519	74	174	129	89	466	0	20	27	6	54
	01/11	95	149	130	87	461	89	127	127	64	407	6	22	3	23	54
	01/12	98	115	113	86	412	89	113	81	84	366	9	2	33	2	45
93/94	01/09	52	205	167	123	547	52	195	147	68	462	0	10	20	55	85
	01/10	83	170	185	84	522	81	167	90	84	422	2	3	95	0	100
	01/11	82	162	136	77	457	82	110	99	77	367	1	52	37	0	90
	01/12	107	119	103	86	415	82	97	103	86	368	26	22	0	0	48
94/95	01/09	52	195	147	100	494	51	171	77	85	384	1	25	70	15	110
	01/10	64	182	132	108	486	64	115	119	46	343	0	67	13	62	141
	01/11	99	121	136	70	426	74	107	69	57	307	25	14	68	14	119
	01/12	80	123	91	79	373	80	93	75	54	301	0	30	16	25	72
95/96	01/09	43	256	201	102	602	43	136	46	73	298	0	120	155	29	304
	01/10	94	238	153	82	567	80	65	92	81	319	14	173	61	1	249
	01/11	116	164	110	78	468	65	68	110	76	319	51	96	0	2	149
	01/12	107	97	102	64	370	69	97	99	60	325	39	0	4	5	47
96/97	01/09	46	177	124	105	452	46	133	115	80	374	1	44	9	26	79
	01/10	56	157	142	81	436	55	134	111	80	380	1	23	31	0	55
	01/11	84	121	118	65	388	77	101	117	64	359	7	21	1	1	29
	01/12	81	104	86	69	340	74	103	83	62	322	7	1	3	8	18
97/98	01/09	46	158	134	85	423	45	158	104	81	388	1	0	30	4	35
	01/10	46	176	114	71	407	46	150	104	67	367	0	26	10	4	40
	01/11	90	105	97	72	364	86	95	87	64	331	4	10	10	8	32
	01/12	69	85	93	77	324	67	80	80	74	301	2	5	13	3	23
Valores médios																
Épocas	01/09	62	222	179	123	586	60	185	107	83	435	2	37	72	40	151
	01/10	82	201	170	114	567	78	147	103	89	417	5	54	67	25	151
	01/11	99	158	155	93	506	84	106	114	78	382	16	51	42	15	124
	01/12	104	138	122	88	452	84	109	99	70	362	20	29	24	19	92

*Em – emergência; 30Em – 30 dias após Em; IP – início do pendoamento; 30IP – 30 dias após IP; MF – maturação fisiológica; ciclo – Em-MF.

Fonte: MATZENAUER et al. (2000)

Tabela 11. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. Júlio de Castilhos, RS, período 1975/76-1995/96.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF
75/76	01/09	71	258	205	120	654	67	218	161	118	564	4	40	43	2	90
	01/10	99	219	178	137	633	84	215	142	136	577	15	4	36	1	56
	01/11	103	172	180	113	568	103	152	169	100	523	0	20	11	13	44
	01/12	112	161	147	92	512	108	157	129	84	478	4	4	18	8	34
76/77	01/09	84	263	194	120	661	79	209	72	113	474	5	54	122	7	188
	01/10	101	222	160	136	619	101	143	118	114	475	0	79	42	22	144
	01/11	111	162	159	120	552	99	112	128	88	427	12	50	31	32	125
	01/12	107	143	157	99	506	96	127	101	92	416	11	16	56	7	90
77/78	01/09	87	242	190	143	662	79	205	84	120	489	8	37	106	23	173
	01/10	95	210	187	135	627	95	166	110	104	476	0	44	77	31	151
	01/11	97	178	182	123	580	96	110	122	87	415	1	68	60	36	164
	01/12	117	162	162	104	545	95	129	101	47	373	22	34	61	57	173
78/79	01/09	75	216	192	173	656	71	153	97	22	343	4	63	95	151	313
	01/10	85	197	224	149	655	81	144	50	51	326	5	53	174	98	330
	01/11	93	187	226	92	598	90	97	27	86	301	2	90	199	6	297
	01/12	124	201	120	98	543	89	40	105	36	269	35	161	15	62	274
79/80	01/09	56	223	171	161	611	56	202	133	52	443	0	21	38	109	169
	01/10	87	183	208	164	642	82	173	76	29	359	6	11	132	135	282
	01/11	89	165	222	125	601	88	110	36	59	293	1	55	186	66	308
	01/12	109	198	160	99	566	92	52	73	99	316	17	145	87	1	250

80/81	01/09	72	218	173	120	583	68	218	152	92	529	5	0	21	29	54
	01/10	78	199	167	115	559	78	188	126	110	502	0	11	41	5	58
	01/11	99	159	149	110	517	99	129	143	104	475	0	30	7	7	43
	01/12	105	134	145	123	507	100	133	130	42	406	5	1	15	81	102
81/82	01/09	65	252	191	166	674	65	188	128	54	435	1	63	63	113	239
	01/10	103	217	201	137	658	89	201	44	119	452	15	16	157	18	206
	01/11	110	165	200	125	600	109	116	104	104	434	1	50	96	21	166
	01/12	110	176	165	126	577	85	110	124	28	347	25	65	41	98	229
82/83	01/09	68	230	204	139	641	67	220	153	106	546	1	10	51	32	94
	01/10	86	216	198	134	634	86	189	126	113	514	0	27	72	21	120
	01/11	107	174	187	102	570	97	163	117	102	480	10	11	70	0	90
	01/12	115	167	134	99	515	114	132	134	90	471	0	35	0	9	44
83/84	01/09	72	252	216	119	659	72	198	152	113	536	1	53	64	6	124
	01/10	91	229	183	131	634	91	145	170	128	534	0	84	13	3	100
	01/11	119	180	151	116	566	107	150	151	99	507	11	30	0	17	58
	01/12	119	136	151	106	512	115	136	114	72	437	4	0	36	34	74
84/85	01/09	70	247	206	158	681	70	227	110	64	472	0	20	95	94	210
	01/10	82	229	228	103	642	82	162	100	74	418	0	67	127	29	224
	01/11	114	197	174	102	587	102	108	104	76	390	13	89	70	26	197
	01/12	131	152	137	97	517	102	112	92	97	404	28	40	45	0	114
85/86	01/09	73	316	253	175	817	56	96	42	40	235	17	219	211	135	582
	01/10	112	292	236	162	802	77	69	41	66	252	35	223	195	97	550
	01/11	151	215	214	127	707	47	41	75	93	255	104	174	140	34	452
	01/12	142	191	165	82	580	43	76	121	82	323	99	115	44	0	257
86/87	01/09	70	253	218	147	688	70	240	121	119	549	0	13	97	29	138
	01/10	100	225	189	150	664	100	177	122	111	511	0	48	68	39	154
	01/11	110	181	191	122	604	99	117	143	106	465	11	64	48	16	140
	01/12	119	171	161	124	575	106	150	129	86	472	13	21	32	37	103
87/88	01/09	83	239	203	141	666	76	227	95	85	483	7	12	107	56	183
	01/10	89	233	188	145	655	89	158	92	127	466	0	74	96	18	188
	01/11	112	186	185	119	602	101	77	160	82	421	10	108	26	36	180
	01/12	123	168	156	132	579	83	142	92	43	360	40	26	64	89	218
88/89	01/09	66	267	200	132	665	66	230	75	120	491	0	38	125	12	175
	01/10	108	220	196	129	653	94	152	121	115	483	14	69	75	13	170
	01/11	111	176	173	117	577	92	102	152	104	450	19	75	21	12	128
	01/12	117	156	153	89	515	97	135	118	89	440	19	21	34	0	74
89/90	01/09	70	258	207	143	678	70	232	124	117	542	0	27	84	27	137
	01/10	105	229	186	152	672	95	166	154	136	551	10	63	32	16	121
	01/11	108	189	187	110	594	97	152	172	80	501	11	37	15	30	93
	01/12	125	169	142	99	535	112	161	102	99	475	12	8	40	0	60
90/91	01/09	67	236	203	163	669	67	223	183	87	560	0	13	19	76	108
	01/10	92	208	224	151	675	92	188	128	78	486	0	20	97	73	190
	01/11	100	192	209	130	631	98	160	99	56	413	2	32	110	74	217
	01/12	127	186	169	114	596	113	102	67	84	366	14	83	102	30	229
91/92	01/09	52	225	182	126	585	52	156	144	103	455	0	69	39	23	130
	01/10	87	209	163	110	569	78	161	132	110	481	10	48	31	0	89
	01/11	109	139	159	98	505	98	139	135	98	471	11	0	24	0	35
	01/12	92	140	128	89	449	92	128	127	89	436	0	13	2	0	14
92/93	01/09	65	222	185	120	592	64	182	121	120	487	1	39	64	0	105
	01/10	85	200	165	126	576	85	141	133	112	471	0	59	32	14	105
	01/11	97	155	164	99	515	84	132	138	80	434	14	23	26	19	81
	01/12	102	146	128	77	453	101	141	110	65	417	1	6	18	12	36
93/94	01/09	62	208	185	158	613	58	199	182	103	542	4	9	3	55	71
	01/10	86	188	210	117	601	82	186	134	112	514	4	2	76	5	87
	01/11	89	178	190	87	544	89	157	118	86	450	0	22	72	1	95
	01/12	119	168	117	74	478	107	121	111	73	412	11	47	6	1	65
94/95	01/09	74	216	171	106	567	74	182	99	79	434	0	34	72	27	134
	01/10	76	202	143	108	529	76	151	74	106	407	0	52	69	2	123
	01/11	104	148	131	77	460	96	89	124	77	386	8	58	7	0	73
	01/12	98	119	101	92	410	88	114	101	78	380	10	5	0	14	29
95/96	01/09	67	235	171	98	571	67	153	60	64	343	0	83	110	35	227
	01/10	92	204	140	98	534	82	80	97	98	357	10	124	43	0	177
	01/11	99	145	122	90	456	71	78	119	87	356	29	67	3	3	101
	01/12	95	110	118	74	397	68	110	111	66	355	27	0	8	8	42
Valores médios																
Época	01/09	70	242	196	140	648	67	198	119	90	474	3	44	78	50	175
	01/10	92	216	189	133	630	87	160	109	102	458	6	56	80	31	173
	01/11	106	173	179	110	568	93	119	121	88	421	13	55	58	21	147
	01/12	115	160	144	100	519	96	120	109	73	398	19	40	34	26	119

*Em – emergência; 30Em – 30 dias após Em; IP – início do pendoamento; 30IP – 30 dias após IP; MF – maturação fisiológica; ciclo – Em-MF.

Fonte: MATZENAUER et al. (2000)

Tabela 12. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. Passo Fundo, RS, período 1975/76-1998/99.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF
75/76	01/09	67	229	171	119	586	67	213	135	116	531	0	17	37	3	57
	01/10	83	195	168	126	572	77	192	134	111	514	6	3	34	15	58
	01/11	92	150	172	114	528	92	124	155	95	466	0	25	17	19	61
	01/12	98	154	149	86	487	90	145	111	84	430	8	8	39	2	57
76/77	01/09	84	253	204	108	649	83	243	197	108	631	1	10	6	0	17
	01/10	98	221	159	125	603	98	217	152	123	590	0	4	7	3	14
	01/11	105	171	146	111	533	105	167	141	110	523	0	5	5	2	12
	01/12	112	132	145	92	481	112	129	135	87	463	0	3	10	5	18
77/78	01/09	81	229	184	138	632	73	226	153	105	557	7	3	32	34	76
	01/10	87	202	185	133	607	87	179	128	100	494	0	23	58	33	114
	01/11	91	180	174	117	562	91	125	121	66	403	0	55	53	51	159
	01/12	119	156	153	117	545	102	129	91	97	419	17	27	62	20	126
78/79	01/09	84	232	194	175	685	80	223	127	50	480	4	8	67	125	204
	01/10	92	205	223	157	677	92	169	60	70	391	0	36	163	87	286
	01/11	98	184	235	94	611	97	109	45	93	344	1	75	190	1	267
	01/12	122	209	122	93	546	102	63	116	81	362	20	146	6	12	184
79/80	01/09	59	214	142	140	555	58	214	142	133	547	0	0	0	7	7
	01/10	87	156	184	138	565	87	156	165	122	530	0	0	19	16	35
	01/11	77	146	190	104	517	77	142	148	104	471	0	4	42	0	46
	01/12	97	169	134	101	501	97	148	132	84	461	1	21	2	17	41
80/81	01/09	70	211	172	127	580	70	197	170	119	556	0	14	2	7	23
	01/10	77	196	164	118	555	77	186	153	118	534	0	10	11	0	21
	01/11	95	157	155	100	507	92	147	150	94	483	4	10	5	6	25
	01/12	104	138	131	113	486	100	138	120	50	408	4	1	11	62	78
81/82	01/09	63	230	176	157	626	63	224	168	88	543	0	6	8	69	83
	01/10	89	204	184	135	612	89	202	139	68	498	0	1	45	67	113
	01/11	101	151	201	107	560	101	147	74	76	398	0	4	127	32	163
	01/12	100	177	142	116	535	99	82	84	43	308	1	95	58	74	228
82/83	01/09	59	202	178	125	564	59	195	102	110	466	0	7	76	15	98
	01/10	83	177	176	118	554	83	121	143	81	428	0	55	33	37	125
	01/11	88	156	160	93	497	72	131	100	93	396	15	25	60	0	100
	01/12	103	143	121	93	460	101	111	121	84	417	3	32	0	9	44
83/84	01/09	69	222	185	113	589	69	195	149	99	512	0	27	36	14	77
	01/10	84	197	167	120	568	84	157	143	116	500	0	40	24	4	68
	01/11	103	155	147	108	513	91	144	144	85	464	13	11	3	23	50
	01/12	102	132	140	97	471	102	129	95	73	399	0	3	45	24	72
84/85	01/09	61	210	186	155	612	61	125	102	80	368	0	84	84	74	242
	01/10	88	185	202	116	591	82	97	97	89	365	7	88	106	27	228
	01/11	88	177	180	91	536	63	123	99	86	371	25	53	81	6	165
	01/12	117	159	121	88	485	110	114	107	78	409	7	45	14	10	76
85/86	01/09	64	275	206	146	691	55	128	64	68	315	9	147	141	78	375
	01/10	99	246	193	142	680	73	116	81	34	304	26	130	112	108	376
	01/11	129	174	183	113	599	72	79	88	59	298	58	95	94	55	302
	01/12	116	163	148	84	511	74	94	73	76	317	42	69	75	8	194
86/87	01/09	66	245	180	123	614	66	205	118	115	504	0	40	63	8	111
	01/10	93	204	159	118	574	89	166	121	101	477	5	38	38	17	98
	01/11	102	153	154	101	510	88	124	134	83	429	14	29	20	18	81
	01/12	101	137	133	106	477	98	125	94	75	392	3	12	39	31	85
87/88	01/09	72	222	171	133	598	72	193	131	105	501	0	29	40	28	97
	01/10	79	206	176	120	581	79	165	142	99	485	0	41	33	21	95
	01/11	101	162	159	108	530	88	140	150	53	431	12	22	9	55	98
	01/12	107	142	140	113	502	104	133	58	52	347	4	9	83	62	158
88/89	01/09	67	253	180	108	608	66	234	142	108	550	1	19	38	0	58
	01/10	102	205	163	105	575	96	184	161	104	545	7	22	1	1	31
	01/11	107	150	140	95	492	100	149	137	95	481	7	1	4	0	12
	01/12	99	126	124	90	439	99	122	124	90	435	0	4	0	0	4
89/90	01/09	66	240	185	108	599	66	217	140	100	523	0	23	45	8	76
	01/10	96	211	146	125	578	92	176	137	121	526	4	35	10	4	53
	01/11	102	153	154	87	496	96	149	146	86	477	6	3	8	1	18
	01/12	100	140	113	84	437	100	132	108	81	421	1	8	5	3	17
90/91	01/09	60	203	176	146	585	60	190	123	56	429	0	13	53	90	156
	01/10	74	189	201	125	589	74	168	53	106	401	0	20	148	18	186
	01/11	91	169	182	109	551	84	106	115	53	358	7	62	67	56	192
	01/12	112	161	142	99	514	82	114	58	41	295	30	47	84	58	219
91/92	01/09	42	174	162	161	539	42	162	162	136	502	0	12	0	25	37
	01/10	64	137	174	129	504	60	137	148	127	472	4	0	26	2	32
	01/11	100	146	153	91	490	100	146	127	89	462	0	0	25	2	27
	01/12	97	134	119	82	432	97	121	115	82	415	0	14	4	0	18

92/93	01/09	67	219	190	120	596	67	215	165	120	567	0	4	26	0	30
	01/10	82	200	173	114	569	82	195	151	114	542	0	5	22	0	27
	01/11	99	160	154	92	505	98	143	154	89	484	1	18	0	3	22
	01/12	105	137	119	84	445	98	137	112	84	431	7	0	6	0	13
93/94	01/09	57	226	183	139	605	57	226	168	80	531	0	0	15	60	75
	01/10	96	180	202	98	576	96	180	124	69	469	0	0	78	29	107
	01/11	85	176	159	85	505	85	148	79	83	395	0	28	80	2	110
	01/12	116	139	114	98	467	110	90	106	90	396	7	49	7	8	71
94/95	01/09	66	203	177	109	555	66	191	162	106	525	0	12	16	3	31
	01/10	67	207	140	114	528	67	191	140	106	504	0	17	0	8	25
	01/11	107	138	143	80	468	104	138	133	72	447	3	0	11	9	23
	01/12	91	128	104	106	429	91	120	90	69	370	0	8	14	37	59
95/96	01/09	48	243	185	126	602	48	204	50	97	399	0	39	135	29	203
	01/10	94	210	174	117	595	86	122	96	117	421	8	88	78	0	174
	01/11	105	170	141	107	523	94	87	141	105	427	11	83	0	2	96
	01/12	113	126	139	102	480	85	126	125	84	420	28	0	14	18	60
96/97	01/09	67	235	166	147	615	66	187	124	136	513	2	48	42	11	103
	01/10	83	199	196	121	599	83	140	155	121	499	0	60	41	0	101
	01/11	105	164	175	93	537	80	150	163	88	481	25	13	12	5	55
	01/12	109	155	123	129	516	109	155	114	45	423	0	0	9	85	94
97/98	01/09	59	189	181	120	549	59	189	138	120	506	0	0	43	0	43
	01/10	64	207	161	98	530	64	170	161	97	492	0	37	0	1	38
	01/11	101	145	141	97	484	91	135	141	94	461	11	10	0	3	24
	01/12	95	123	126	82	426	95	123	121	82	421	0	0	5	0	5
98/99	01/09	53	241	166	128	588	53	208	121	88	470	0	34	45	41	120
	01/10	80	210	173	113	576	78	165	118	113	474	3	45	55	0	103
	01/11	108	159	150	106	523	85	124	150	93	452	23	36	0	13	72
	01/12	106	134	139	98	477	96	134	122	66	418	10	0	18	31	59
Valores médios																
Época	01/09	65	225	179	132	601	64	200	135	102	501	1	25	44	30	100
	01/10	85	198	177	122	582	82	165	129	101	477	3	33	48	21	105
	01/11	99	160	164	100	523	89	132	126	85	432	10	28	38	15	91
	01/12	106	146	131	98	481	98	122	106	74	400	8	25	25	24	82

* Em – emergência; 30Em – 30 dias após Em; IP – início do pendoamento; 30IP – 30 dias após IP; MF – maturação fisiológica; ciclo – Em-MF.

Fonte: MATZENAUER et al. (2000)

Tabela 13. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do milho, para cinco épocas de semeadura. Santa Rosa, RS, período 1975/76-1998/99.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF
75/76	01/08	55	204	189	150	597	54	179	161	148	542	0	24	28	3	55
	01/09	74	204	190	135	603	73	179	174	122	548	1	25	16	13	56
	01/10	98	165	189	128	579	88	160	168	120	536	9	5	22	7	43
	01/11	109	167	168	113	556	108	157	158	107	530	0	10	9	7	25
	01/12	109	102	152	105	469	109	97	142	99	447	0	5	11	7	22
77/78	01/08	58	237	159	138	593	53	160	142	125	480	5	77	17	13	112
	01/09	92	191	169	150	603	74	150	153	92	469	18	41	16	58	133
	01/10	90	148	202	142	583	87	138	116	107	448	4	11	86	35	135
	01/11	98	181	187	131	596	94	114	116	82	406	3	68	71	49	192
	01/12	120	116	171	134	540	97	79	93	100	369	23	37	78	34	172
78/79	01/08	56	219	154	153	583	51	188	123	82	444	5	32	30	71	139
	01/09	85	182	183	174	624	80	156	108	44	388	5	25	75	130	235
	01/10	92	151	212	178	632	88	124	67	15	294	3	27	145	163	337
	01/11	101	190	231	91	613	92	80	18	88	278	9	110	213	3	335
	01/12	126	150	141	108	526	84	28	80	68	260	43	122	62	40	267
79/80	01/08	57	175	154	117	502	56	173	140	117	486	1	2	14	0	16
	01/09	59	177	135	153	524	58	175	126	142	501	0	2	10	11	23
	01/10	86	127	176	147	536	86	121	172	121	500	0	5	4	26	35
	01/11	83	159	193	124	559	83	155	139	70	447	0	4	54	54	113
	01/12	106	116	176	113	512	105	99	91	112	407	1	17	86	2	105
80/81	01/08	83	226	164	148	621	81	219	163	120	583	1	8	0	28	37
	01/09	89	193	181	145	607	89	192	151	100	532	1	0	31	45	76
	01/10	88	169	183	142	582	88	145	127	120	480	0	25	56	78	159
	01/11	112	164	185	119	581	100	128	144	106	478	13	36	41	14	103
	01/12	108	118	158	138	522	98	97	138	103	436	10	21	20	35	86
81/82	01/08	73	235	175	155	638	52	169	159	123	503	21	66	17	32	136
	01/09	81	220	189	154	644	79	166	167	78	490	2	52	22	75	152

	01/10	107	170	194	167	637	96	157	148	50	451	12	12	46	114	183
	01/11	113	173	217	124	627	110	148	68	123	449	3	25	149	0	177
	01/12	114	145	153	129	541	107	43	142	114	406	6	103	14	14	138
82/83	01/08	78	243	143	153	618	76	233	139	124	572	2	10	3	28	44
	01/09	73	208	177	152	610	73	202	129	143	547	0	5	48	9	62
	01/10	111	147	201	140	599	110	131	151	135	527	0	16	49	5	71
	01/11	98	180	185	111	574	96	155	172	103	526	3	25	13	7	48
	01/12	120	113	150	121	503	118	112	135	108	473	1	0	15	13	28
83/84	01/08	56	179	133	126	494	50	177	119	83	429	5	2	15	42	65
	01/09	64	150	164	118	495	63	149	102	92	406	0	0	62	25	88
	01/10	78	138	159	109	484	78	93	105	109	385	0	45	54	0	99
	01/11	92	142	145	105	484	71	108	142	83	404	22	34	3	22	81
	01/12	94	137	130	81	442	90	136	104	81	411	4	0	26	0	31
84/85	01/08	59	191	139	118	507	55	185	133	98	471	3	5	6	19	33
	01/09	61	165	153	138	516	60	165	131	112	468	0	1	21	27	49
	01/10	82	131	175	172	559	82	122	130	99	433	0	9	46	28	82
	01/11	86	157	166	82	491	85	137	127	77	427	1	20	39	5	64
	01/12	104	155	104	75	437	102	138	96	71	406	2	16	8	4	31
85/86	01/08	47	166	171	135	519	47	144	41	47	279	0	22	131	87	240
	01/09	57	177	170	132	537	53	115	62	59	289	5	62	108	74	248
	01/10	85	157	176	112	530	72	42	81	87	282	12	116	95	25	248
	01/11	104	157	147	95	503	46	84	107	54	291	57	73	41	41	213
	01/12	104	139	117	69	428	75	109	75	66	326	29	29	42	3	102
86/87	01/08	55	180	125	127	486	54	179	111	94	438	0	0	15	32	47
	01/09	59	164	144	110	477	58	150	126	71	405	0	14	18	39	70
	01/10	76	128	161	101	467	76	112	103	100	391	0	16	57	2	76
	01/11	85	142	135	95	457	78	105	130	94	407	6	37	5	1	50
	01/12	93	85	122	109	409	84	82	121	89	376	9	3	0	19	32
87/88	01/08	67	210	160	130	568	66	189	127	94	476	1	22	33	36	91
	01/09	82	178	175	139	575	75	171	120	46	412	7	7	55	93	161
	01/10	87	151	182	131	550	85	122	106	82	395	1	29	77	48	156
	01/11	100	164	171	106	541	90	113	108	69	380	11	51	63	38	162
	01/12	109	160	132	97	498	86	112	77	71	346	24	47	55	26	152
88/89	01/08	68	195	187	144	594	64	194	143	109	510	4	1	43	36	84
	01/09	69	203	184	141	597	68	185	112	114	479	0	18	72	27	117
	01/10	100	168	128	123	519	90	127	82	116	415	10	41	46	6	104
	01/11	112	166	161	105	544	94	129	147	85	455	17	37	15	21	89
	01/12	110	151	131	84	476	108	135	90	58	391	2	16	41	27	85
89/90	01/08	62	207	166	126	562	62	196	130	104	492	0	12	36	23	70
	01/09	74	187	174	119	554	74	163	138	120	495	0	24	36	0	60
	01/10	94	150	169	125	536	87	121	166	123	497	6	28	3	3	39
	01/11	99	150	165	107	521	97	149	157	88	491	2	1	9	18	30
	01/12	99	156	133	78	466	99	147	102	57	405	0	10	31	21	61
90/91	01/08	55	178	148	135	516	55	178	143	124	500	0	0	6	11	17
	01/09	61	162	170	151	545	61	162	162	57	443	0	0	8	94	102
	01/10	80	143	130	140	493	80	138	53	82	353	0	5	79	58	141
	01/11	95	165	169	109	537	94	106	99	46	344	0	59	70	63	192
	01/12	109	157	135	82	484	82	105	62	67	316	27	52	73	15	167
91/92	01/08	57	164	138	111	470	41	149	54	81	325	15	14	83	30	142
	01/09	53	162	145	123	483	52	118	72	102	344	0	45	73	22	140
	01/10	79	132	150	115	475	70	71	141	71	353	8	71	9	45	133
	01/11	87	135	149	70	441	57	127	88	70	342	30	8	61	0	99
	01/12	90	97	98	71	355	81	53	97	80	311	9	44	1	0	47
92/93	01/08	43	155	138	120	456	43	155	135	77	410	0	0	3	43	46
	01/09	61	151	147	105	463	60	148	114	70	392	0	2	33	35	70
	01/10	72	129	146	104	450	71	115	92	104	382	0	0	14	54	68
	01/11	85	129	136	80	431	78	93	136	62	369	7	36	0	17	60
	01/12	85	85	121	69	360	74	85	95	67	321	11	0	26	2	39
93/94	01/08	50	134	110	98	393	43	134	109	97	384	7	0	1	1	9
	01/09	43	134	113	150	440	43	133	111	98	385	0	1	3	52	55
	01/10	70	94	124	136	425	70	94	88	87	339	0	0	36	49	85
	01/11	63	152	174	86	475	63	122	118	83	386	0	30	56	3	88
	01/12	102	159	108	63	432	97	128	103	60	388	5	31	6	3	44
94/95	01/08	61	175	124	139	499	48	173	117	92	429	13	2	7	48	69
	01/09	70	126	182	113	491	69	126	115	95	405	0	0	67	19	86
	01/10	62	146	112	99	420	62	116	86	97	360	0	31	26	3	60
	01/11	98	151	132	72	454	88	119	119	67	392	10	32	13	6	61
	01/12	100	125	90	69	384	95	113	81	67	357	4	13	9	1	27
95/96	01/08	47	155	176	137	514	39	149	87	52	328	7	5	90	85	187
	01/09	44	187	186	121	538	44	151	47	81	322	0	36	139	40	215
	01/10	93	158	112	98	461	87	74	53	98	312	6	84	59	0	149
	01/11	105	158	128	62	452	72	72	128	56	327	33	86	0	6	125
	01/12	104	118	74	65	362	72	118	65	61	317	32	0	9	4	46
96/97	01/08	58	152	162	97	469	57	143	132	97	429	1	9	29	0	39
	01/09	59	153	152	110	474	57	146	132	106	441	2	7	20	4	33
	01/10	71	144	94	117	426	71	131	87	111	400	0	12	7	6	26
	01/11	95	125	154	69	442	94	118	143	66	421	1	7	11	2	21

	01/12	84	143	87	81	395	82	140	81	53	356	2	4	5	27	38
97/98	01/08	46	130	117	118	411	46	130	117	103	395	0	0	0	15	16
	01/09	50	120	154	110	434	50	120	126	106	402	0	0	28	4	32
	01/10	50	137	89	95	371	50	122	84	88	343	0	16	5	7	29
	01/11	92	125	122	87	424	85	117	110	81	393	7	7	12	6	32
	01/12	82	110	108	56	357	81	106	98	56	341	2	4	10	0	16
98/99	01/08	40	178	124	95	436	40	177	89	79	385	0	1	34	16	51
	01/09	61	153	126	118	458	61	144	83	92	379	0	9	43	26	79
	01/10	77	114	106	103	400	77	76	74	71	298	0	38	32	32	102
	01/11	75	133	135	85	429	61	115	94	79	349	14	19	41	6	80
	01/12	89	125	107	74	395	85	103	94	56	338	4	22	12	18	57
Valores médios																
Época	01/08	58	186	150	129	524	54	173	122	99	447	4	14	28	30	76
	01/09	66	172	164	133	534	64	155	120	93	432	2	16	44	40	102
	01/10	84	143	155	127	509	80	115	108	95	399	3	28	46	34	111
	01/11	95	155	163	97	510	84	120	120	80	404	11	35	43	17	106
	01/12	103	134	125	89	451	92	107	98	75	372	11	27	28	14	79

* Em – emergência; 30Em – 30 dias após Em; IP – início do pendoamento; 30IP – 30 dias após IP; MF – maturação fisiológica; ciclo – Em-MF.

Tabela 14. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do milho, para cinco épocas de semeadura. São Borja, RS, período 1975/76-1999/00.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF
75/76	01/08	60	220	195	155	630	59	163	152	134	508	0	57	44	23	124
	01/09	81	216	191	142	630	73	181	150	106	510	8	35	41	37	122
	01/10	106	168	197	137	608	94	143	156	135	528	12	25	42	2	81
	01/11	111	175	181	102	569	106	157	173	97	533	4	17	9	6	36
	01/12	115	105	159	99	477	108	105	138	91	442	6	0	20	7	33
77/78	01/08	61	230	198	165	653	55	115	167	133	470	5	75	31	32	143
	01/09	76	225	215	170	686	71	163	163	117	514	5	60	51	53	170
	01/10	106	186	230	166	688	97	175	120	108	500	8	12	110	58	188
	01/11	123	206	218	144	690	122	142	116	51	431	2	63	102	93	260
	01/12	136	136	186	160	618	119	86	66	69	340	17	51	121	91	279
78/79	01/08	73	199	175	169	616	51	169	170	75	465	21	31	5	93	149
	01/09	70	194	200	193	657	70	187	115	23	395	1	6	84	171	262
	01/10	101	158	246	178	682	100	136	43	40	319	0	22	204	138	364
	01/11	105	221	232	107	665	101	61	41	106	309	5	161	191	0	357
	01/12	147	142	166	114	568	71	44	94	91	300	75	98	71	23	266
79/80	01/08	67	213	180	142	603	67	200	163	142	572	0	14	17	0	31
	01/09	69	218	168	175	629	68	208	147	102	525	0	11	19	73	103
	01/10	106	158	205	169	639	104	151	154	70	479	2	8	52	99	160
	01/11	105	186	221	127	638	105	164	87	84	440	0	21	134	44	199
	01/12	124	139	184	111	557	115	51	109	109	384	8	87	74	2	171
80/81	01/08	62	183	140	140	525	61	173	140	125	499	0	11	0	16	27
	01/09	69	164	159	136	529	67	164	145	115	491	3	0	14	21	38
	01/10	79	138	179	128	523	78	125	143	121	467	0	13	36	8	57
	01/11	92	160	168	105	524	85	141	155	87	468	6	19	13	18	56
	01/12	105	106	139	111	461	103	104	128	49	384	3	3	11	60	77
81/82	01/08	51	184	161	147	543	42	156	121	141	460	10	29	39	6	84
	01/09	59	194	177	143	573	56	152	177	76	461	2	42	0	67	111
	01/10	95	152	190	134	571	89	147	138	63	437	5	4	52	73	134
	01/11	101	169	175	103	548	101	122	67	85	375	0	47	109	18	174
	01/12	111	115	135	106	467	89	42	101	94	326	22	73	34	12	141
82/83	01/08	63	202	106	139	510	60	193	104	120	477	3	10	1	19	33
	01/09	63	156	161	148	528	63	151	145	97	456	0	3	15	51	69
	01/10	86	121	192	137	535	86	110	121	118	435	0	11	71	19	101
	01/11	81	172	179	97	529	80	129	139	92	440	2	44	40	5	91
	01/12	114	110	136	100	461	101	110	112	88	411	13	0	24	13	50
83/84	01/08	54	201	155	150	560	47	165	109	43	364	7	38	47	107	199
	01/09	71	172	189	139	571	63	169	75	85	392	8	4	116	54	182
	01/10	87	158	198	112	555	88	98	102	110	398	0	60	95	1	156
	01/11	105	177	148	106	536	73	108	142	100	423	32	69	5	6	112
	01/12	117	90	142	102	451	90	91	132	71	384	27	0	11	31	69
84/85	01/08	52	189	146	140	528	50	189	111	83	433	2	0	35	56	93
	01/09	64	168	176	154	562	65	157	103	30	355	0	11	75	123	209
	01/10	77	153	196	135	562	77	117	54	36	284	0	36	142	100	278
	01/11	101	176	175	88	541	94	73	52	68	287	8	103	123	19	253

	01/12	116	119	110	100	445	81	24	102	63	270	35	95	8	38	176
86/87	01/08	72	204	141	135	552	71	204	136	106	517	0	0	5	29	34
	01/09	66	183	158	127	534	65	178	141	95	479	0	5	18	32	55
	01/10	89	144	164	131	528	89	125	123	126	463	0	18	42	5	65
	01/11	95	146	172	109	522	87	120	166	101	474	9	25	6	8	48
	01/12	96	162	135	84	477	92	159	114	75	440	4	2	22	9	37
87/88	01/08	59	196	143	126	523	57	169	82	86	394	2	27	60	42	131
	01/09	75	158	169	119	523	69	133	85	90	377	6	26	84	30	146
	01/10	77	142	171	109	498	74	92	99	100	365	3	50	72	8	133
	01/11	94	153	144	99	490	80	108	125	80	393	15	45	20	19	99
	01/12	101	78	136	115	430	96	77	102	84	359	5	0	33	31	69
88/89	01/08	69	200	177	139	585	66	170	99	90	425	3	31	79	49	162
	01/09	67	202	177	138	585	67	154	77	138	436	0	48	100	0	148
	01/10	102	161	181	118	562	88	105	166	112	471	14	57	14	6	91
	01/11	107	162	155	105	530	83	159	143	76	461	24	2	13	29	68
	01/12	108	92	145	98	443	108	93	91	67	359	0	0	54	31	85
89/90	01/08	62	205	164	123	554	62	193	146	117	518	1	12	17	6	36
	01/09	72	190	168	132	562	71	173	152	108	504	0	17	15	23	55
	01/10	96	140	181	129	546	91	133	152	114	490	6	7	30	14	57
	01/11	92	162	169	89	513	92	137	124	69	422	0	25	45	20	90
	01/12	108	104	133	93	438	95	86	96	93	370	11	18	37	0	66
90/91	01/08	58	189	146	128	521	54	189	144	111	498	3	0	2	16	21
	01/09	70	159	163	148	540	71	158	156	50	435	0	0	6	97	103
	01/10	79	136	185	139	539	79	135	100	64	378	0	1	86	75	162
	01/11	90	166	182	113	551	90	97	78	67	332	0	70	104	46	220
	01/12	110	107	164	103	483	83	67	71	92	313	27	40	93	1	161
91/92	01/08	63	184	150	117	513	51	166	85	117	419	11	17	64	0	92
	01/09	65	172	152	111	499	65	113	151	105	434	0	58	1	6	65
	01/10	84	136	145	116	482	79	116	146	94	435	6	20	0	21	47
	01/11	90	130	153	91	463	85	130	117	90	422	5	0	35	0	40
	01/12	85	93	128	86	392	86	67	128	86	367	0	25	0	1	26
92/93	01/08	73	224	175	140	612	64	191	103	105	463	9	33	72	36	149
	01/09	85	207	173	126	591	82	153	100	126	461	3	55	74	0	131
	01/10	101	157	171	129	557	94	96	143	128	461	7	60	27	1	96
	01/11	104	151	169	108	531	87	141	165	56	449	16	11	4	52	83
	01/12	99	105	159	94	457	100	105	86	87	378	0	0	73	7	80
93/94	01/08	72	175	154	134	536	46	149	145	120	460	26	28	9	15	78
	01/09	65	168	157	166	556	55	161	155	71	442	10	7	2	95	114
	01/10	91	126	200	135	552	89	127	122	77	415	2	0	79	58	139
	01/11	84	180	173	99	536	83	118	97	88	386	0	62	75	11	149
	01/12	120	122	113	99	453	94	71	111	79	355	25	51	2	20	99
94/95	01/08	62	193	158	155	567	57	187	139	104	487	5	6	19	50	80
	01/09	76	163	193	140	572	76	161	129	100	465	0	3	65	40	108
	01/10	82	165	132	119	498	82	117	82	99	379	0	48	50	20	119
	01/11	110	169	157	92	528	89	134	120	67	410	21	36	37	24	118
	01/12	112	147	113	93	465	105	136	94	80	416	7	11	19	12	50
95/96	01/08	74	182	174	132	562	52	160	44	55	311	22	22	130	77	250
	01/09	67	174	182	143	565	67	89	37	127	320	0	84	145	16	244
	01/10	81	163	128	125	498	65	56	100	125	346	16	108	28	0	152
	01/11	108	167	164	92	530	59	109	164	85	416	49	58	0	7	114
	01/12	111	152	115	107	485	84	152	103	79	418	27	0	12	28	67
96/97	01/08	75	182	173	129	558	70	168	133	125	496	4	13	40	4	62
	01/09	67	170	182	141	559	64	165	141	129	499	3	4	41	12	60
	01/10	80	163	126	123	492	80	136	110	101	427	0	27	16	22	65
	01/11	107	163	160	81	511	98	153	127	77	455	9	10	32	4	56
	01/12	108	148	102	105	464	108	130	94	68	401	1	17	8	37	63
97/98	01/08	61	172	133	124	491	54	160	130	105	448	8	12	3	19	42
	01/09	63	149	159	131	502	60	149	130	122	461	4	0	29	9	41
	01/10	68	141	110	119	438	68	117	110	99	393	0	24	1	21	45
	01/11	94	147	153	91	485	86	146	127	82	441	8	1	26	9	44
	01/12	97	140	113	69	419	97	127	101	68	393	0	14	12	1	27
98/99	01/08	50	199	173	129	550	50	181	84	120	435	0	18	89	9	116
	01/09	75	188	166	144	572	74	146	119	69	409	0	41	46	75	163
	01/10	91	152	130	134	508	89	112	66	50	318	2	40	64	84	190
	01/11	100	165	176	110	551	92	106	68	99	366	9	59	108	10	185
	01/12	110	165	136	70	481	80	76	117	70	342	30	89	20	0	139
99/00	01/08	46	179	171	147	543	46	165	106	117	434	0	14	64	30	108
	01/09	62	177	189	133	561	62	154	107	83	406	0	23	82	50	155
	01/10	83	164	122	117	486	78	87	81	48	295	4	77	41	69	191
	01/11	109	166	155	107	536	75	144	62	58	339	34	22	94	48	197
	01/12	109	147	132	88	476	103	75	74	62	313	6	72	58	26	163

Valores médios

Época	01/08	63	197	160	139	559	57	173	123	107	460	6	22	37	32	97
	01/09	69	181	175	143	569	67	157	126	94	445	2	24	49	49	124
	01/10	89	151	173	132	545	85	120	114	93	412	4	32	59	39	133
	01/11	100	168	173	103	544	89	126	115	81	412	11	42	58	22	133

01/12 111 123 138 100 473 96 90 103 79 368 15 32 36 21 104

* Em – emergência; 30Em – 30 dias após Em; IP – início do pendoamento; 30IP – 30 dias após IP; MF – maturação fisiológica; ciclo – Em-MF.

Tabela 15. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. São Gabriel, RS, período 1975/76-1999/00

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF
75/76	01/09	88	210	202	152	653	79	169	126	89	463	9	41	77	63	190
	01/10	147	190	188	104	629	106	166	72	104	448	41	24	116	0	181
	01/11	112	190	182	107	591	110	115	168	58	452	2	74	14	49	139
	01/12	124	113	158	92	486	95	113	106	87	400	29	0	52	5	86
76/77	01/09	80	185	157	127	549	78	173	140	117	507	2	13	17	10	42
	01/10	92	140	175	122	529	92	125	155	111	482	0	15	21	11	47
	01/11	93	157	162	100	512	89	151	141	69	451	4	5	20	31	60
	01/12	104	100	135	112	452	104	82	113	57	356	0	19	22	55	96
77/78	01/09	84	191	176	143	595	84	157	114	74	429	0	15	21	11	47
	01/10	91	150	191	130	562	91	126	80	77	374	0	24	112	53	189
	01/11	99	171	169	124	563	94	96	92	41	322	5	75	77	84	241
	01/12	113	101	161	111	486	88	80	67	62	298	25	20	94	49	188
78/79	01/09	75	173	169	191	609	72	160	154	36	422	3	13	15	156	187
	01/10	90	131	236	175	633	88	131	88	18	326	2	0	148	157	307
	01/11	87	213	229	108	637	87	87	20	56	249	0	126	209	52	387
	01/12	142	139	169	108	558	78	18	36	59	191	64	121	133	49	367
79/80	01/09	56	180	170	177	583	56	176	110	16	358	0	5	60	161	225
	01/10	90	145	213	161	608	89	122	45	62	318	1	22	168	100	291
	01/11	95	191	210	103	599	89	60	70	55	273	6	131	140	49	326
	01/12	126	135	152	102	515	68	34	74	95	271	58	102	78	6	244
80/81	01/09	77	187	169	149	581	63	151	133	84	430	14	36	36	65	151
	01/10	85	157	193	129	564	85	126	109	113	433	0	31	84	16	131
	01/11	103	174	169	103	550	96	120	144	84	444	7	54	26	19	105
	01/12	115	103	143	115	476	103	94	128	58	384	12	9	14	57	92
81/82	01/09	68	214	212	162	656	85	126	109	113	433	0	31	84	16	131
	01/10	103	188	200	163	654	79	78	53	91	301	24	109	148	72	353
	01/11	124	179	211	108	622	84	64	117	85	350	40	115	94	24	272
	01/12	118	143	137	122	520	74	77	128	52	330	45	67	9	70	191
82/83	01/09	67	168	183	141	558	65	156	109	96	426	2	11	74	45	133
	01/10	82	157	182	120	542	82	107	130	85	403	1	50	52	35	138
	01/11	104	163	158	77	502	89	136	111	77	413	16	27	47	0	90
	01/12	108	92	116	100	415	106	83	113	93	394	2	9	4	6	21
83/84	01/09	66	169	181	130	547	53	130	40	99	323	13	39	141	31	224
	01/10	86	149	190	110	535	83	49	111	106	348	4	100	79	4	187
	01/11	99	169	146	98	512	55	117	136	84	392	44	52	10	14	120
	01/12	112	90	133	109	444	98	81	125	57	360	14	9	8	52	84
84/85	01/09	64	200	195	178	637	64	163	75	65	367	0	37	119	112	269
	01/10	89	177	219	165	649	88	104	77	51	320	1	72	143	114	329
	01/11	116	196	213	120	645	89	89	60	46	284	27	107	153	74	361
	01/12	130	141	158	117	545	91	28	57	69	245	39	112	101	47	299
85/86	01/09	85	238	232	191	745	79	95	25	59	258	5	143	207	132	487
	01/10	111	214	250	152	727	76	23	34	138	271	35	191	216	14	456
	01/11	141	225	198	117	681	31	38	165	61	295	111	187	33	55	386
	01/12	149	126	157	100	533	40	101	114	64	319	109	25	44	36	214
86/87	01/09	67	209	185	144	605	67	198	150	102	517	0	12	35	42	88
	01/10	99	167	195	143	604	99	138	131	115	482	0	29	64	28	121
	01/11	111	172	187	120	590	97	133	142	65	437	13	40	45	55	153
	01/12	113	122	157	117	509	105	104	96	76	381	8	18	61	42	129
87/88	01/09	79	182	214	152	626	73	161	150	87	470	6	20	64	65	156
	01/10	87	177	216	136	616	82	159	109	131	481	5	18	107	5	135
	01/11	118	193	180	120	611	110	106	157	66	439	8	87	23	54	172
	01/12	128	102	159	135	524	93	102	121	58	373	35	0	38	77	151
89/90	01/09	73	200	170	158	600	72	163	116	90	440	1	37	54	68	160
	01/10	102	140	211	145	597	95	125	117	137	474	7	15	94	8	124
	01/11	92	190	190	84	556	86	122	175	83	466	7	67	15	1	91
	01/12	126	116	136	89	466	110	113	135	87	444	16	3	1	2	22
90/91	01/09	59	170	177	156	561	59	163	147	67	435	0	7	30	89	126
	01/10	86	146	197	135	564	85	129	117	53	384	1	18	80	82	180
	01/11	97	177	175	111	560	94	114	58	52	318	3	63	118	59	242
	01/12	117	111	142	110	481	97	62	34	62	255	21	49	107	48	226
91/92	01/09	67	149	162	133	512	64	104	119	116	403	3	45	43	17	109
	01/10	67	156	157	120	500	57	110	153	91	412	10	46	4	29	89
	01/11	104	142	155	88	489	97	137	107	85	427	7	4	48	3	63
	01/12	94	102	114	87	398	93	81	103	69	346	1	21	11	19	51

92/93	01/09	72	191	167	117	548	72	126	48	117	363	1	66	119	0	185
	01/10	91	155	157	116	518	86	73	113	113	384	5	82	44	3	134
	01/11	102	139	152	99	492	70	111	138	83	403	32	28	14	15	89
	01/12	91	92	138	89	410	80	92	108	82	362	11	0	31	6	48
93/94	01/09	57	141	144	144	486	50	132	142	112	435	7	9	2	32	50
	01/10	76	111	182	118	487	71	110	161	80	423	4	1	21	37	64
	01/11	74	163	152	94	484	74	146	102	90	412	0	17	50	5	72
	01/12	108	103	110	99	421	105	75	110	90	380	3	28	0	9	41
94/95	01/09	64	135	169	145	513	62	130	94	77	363	2	5	75	68	150
	01/10	64	135	200	124	522	64	111	77	105	357	0	24	123	19	165
	01/11	90	178	163	88	518	85	94	118	66	363	4	85	45	22	155
	01/12	117	99	131	98	445	93	84	94	90	362	24	15	36	8	84
95/96	01/09	65	190	204	123	582	64	148	47	70	330	0	41	157	53	252
	01/10	92	171	183	111	556	89	105	46	111	350	4	65	137	0	206
	01/11	114	163	145	104	526	97	63	143	58	360	17	100	3	46	166
	01/12	108	83	139	105	435	66	83	102	48	299	41	0	38	57	136
96/97	01/09	63	180	176	153	573	60	131	48	32	271	3	49	129	121	302
	01/10	80	164	198	130	572	76	62	20	61	219	4	102	178	69	353
	01/11	108	178	169	99	553	62	30	76	97	265	46	147	94	2	288
	01/12	118	113	124	99	453	35	36	124	73	268	83	77	0	26	185
97/98	01/09	58	127	154	101	440	56	127	110	96	389	2	0	44	5	51
	01/10	58	134	130	100	421	58	113	111	90	372	0	21	19	9	50
	01/11	89	116	129	86	419	83	107	116	75	382	6	8	13	10	38
	01/12	76	80	114	84	355	76	72	101	82	330	1	8	14	2	24
98/99	01/09	63	124	138	135	461	63	111	122	62	357	0	14	16	73	104
	01/10	67	103	173	127	470	65	99	92	87	343	2	4	81	40	127
	01/11	70	156	166	102	493	69	98	108	96	370	1	58	58	7	124
	01/12	103	104	137	102	446	89	68	126	102	385	14	35	11	0	61
99/00	01/09	62	175	186	148	571	61	146	91	39	337	2	29	95	109	234
	01/10	80	165	201	116	562	75	78	59	89	300	6	87	142	27	261
	01/11	109	180	151	92	532	68	67	105	86	326	41	113	46	6	207
	01/12	119	99	123	92	433	66	67	110	78	321	53	32	14	14	113
Valores médios																
Época	01/09	69	179	179	148	575	67	146	105	80	397	3	30	71	64	169
	01/10	88	155	193	131	568	82	107	94	92	375	7	48	99	39	192
	01/11	102	174	173	102	552	84	100	115	72	371	19	74	58	31	181
	01/12	115	109	139	104	467	85	76	101	73	336	30	33	38	31	131

* Em – emergência; 30Em – 30 dias após Em; IP – início do pendoamento; 30IP – 30 dias após IP; MF – maturação fisiológica; ciclo – Em-MF.

Tabela 16. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do milho, para cinco épocas de semeadura. Taquari, RS, período 1975/76-2000/01.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF
75/76	01/08	40	167	172	137	516	39	145	105	116	405	0	22	66	22	110
	01/09	57	183	162	140	542	54	139	142	98	433	3	43	21	42	108
	01/10	91	137	185	131	544	77	128	150	123	478	14	9	35	8	66
	01/11	94	165	173	102	534	94	147	149	49	439	0	17	24	54	95
	01/12	108	106	153	80	447	102	100	77	79	358	6	6	77	0	89
76/77	01/08	50	188	148	124	509	47	185	140	117	489	4	3	7	7	20
	01/09	74	166	152	116	507	74	160	146	107	487	1	6	5	9	21
	01/10	81	130	167	107	485	81	123	155	107	466	0	6	12	0	19
	01/11	86	149	141	93	469	86	139	141	92	458	1	9	0	0	10
	01/12	98	88	124	88	397	96	88	123	81	388	3	0	0	7	10
77/78	01/08	46	182	154	110	492	46	167	120	92	425	0	15	34	18	66
	01/09	71	167	149	117	504	68	152	106	110	436	3	15	44	8	70
	01/10	78	130	160	117	484	77	114	124	112	427	0	16	36	5	57
	01/11	85	143	153	104	484	83	121	142	71	417	1	22	11	33	67
	01/12	94	91	144	97	426	85	91	101	74	351	10	0	43	22	75
78/79	01/08	42	177	133	123	475	42	171	133	106	452	0	7	0	18	24
	01/09	67	151	151	150	518	66	150	133	54	403	1	0	17	96	114
	01/10	77	118	187	147	529	77	118	94	18	307	0	0	94	129	223
	01/11	78	168	191	92	529	78	90	20	62	250	0	77	171	29	277
	01/12	111	121	135	92	460	78	24	51	82	235	34	98	84	11	226
79/80	01/08	48	152	138	105	443	45	138	138	99	420	2	13	0	7	22
	01/09	51	155	127	125	458	49	152	127	108	436	2	4	0	16	22
	01/10	76	121	155	119	471	74	112	139	103	428	1	0	17	16	34
	01/11	74	139	156	87	455	74	126	117	69	386	0	13	39	18	70

	01/12	92	95	131	76	393	86	83	89	70	328	6	11	42	5	64
80/81	01/08	42	150	118	103	413	41	147	113	95	396	0	3	5	9	16
	01/09	59	133	116	125	433	59	129	116	86	390	0	5	1	38	43
	01/10	61	108	151	112	432	61	106	105	100	372	0	2	51	12	66
	01/11	71	142	147	91	452	70	102	130	88	390	0	40	17	3	60
81/82	01/12	95	92	123	100	410	79	85	118	64	346	15	8	5	36	64
	01/08	47	166	150	122	485	46	133	133	85	397	1	32	17	36	86
	01/09	51	177	155	121	505	50	155	126	49	380	0	22	29	72	123
	01/10	84	145	151	123	503	81	128	99	33	341	3	18	52	90	162
82/83	01/11	96	135	159	93	483	94	109	57	72	332	2	25	101	22	149
	01/12	89	111	112	102	414	84	38	98	76	296	6	73	13	26	118
	01/08	55	183	124	125	487	53	173	121	114	461	2	9	4	11	25
	01/09	63	148	158	128	497	62	146	141	107	456	1	2	18	22	42
83/84	01/10	75	133	160	124	492	75	119	141	76	411	0	13	19	48	81
	01/11	88	143	163	87	481	87	138	98	87	410	2	5	65	0	72
	01/12	94	98	123	96	411	94	89	95	91	369	0	9	28	4	42
	01/08	53	184	163	149	548	51	176	127	61	415	2	7	36	87	132
84/85	01/09	63	174	184	134	555	60	170	94	60	384	3	3	90	74	169
	01/10	88	159	188	117	552	88	108	76	117	389	0	52	112	0	164
	01/11	106	167	155	116	544	84	85	154	92	415	21	82	1	25	129
	01/12	110	97	151	118	475	83	96	131	66	376	27	0	20	52	99
85/86	01/08	54	200	157	141	553	51	193	138	104	486	3	7	19	38	67
	01/09	68	181	178	153	580	68	164	135	75	442	0	18	43	78	139
	01/10	87	161	191	144	583	86	121	114	90	411	0	41	77	55	172
	01/11	107	172	189	129	597	95	127	106	46	374	11	45	83	82	221
86/87	01/12	114	117	171	116	518	107	75	66	102	350	7	41	104	13	165
	01/08	64	193	178	132	567	60	165	56	50	331	5	28	121	81	235
	01/09	71	190	183	134	577	65	104	50	78	297	5	85	133	56	280
	01/10	93	165	174	132	564	73	57	53	97	280	21	108	121	35	285
87/88	01/11	110	156	173	97	536	60	60	108	75	303	50	96	65	23	234
	01/12	104	105	137	82	428	58	80	86	80	304	46	25	52	2	125
	01/08	56	165	122	115	457	54	165	109	105	433	2	0	14	10	25
	01/09	53	159	132	104	449	53	146	119	104	422	0	12	13	0	25
88/89	01/10	73	124	143	107	447	73	103	143	106	425	0	20	0	2	23
	01/11	82	127	142	98	449	72	127	132	92	423	9	0	10	6	24
	01/12	84	93	126	97	400	84	87	114	84	369	0	6	12	12	29
	01/08	37	162	126	117	442	37	158	123	96	414	0	5	3	22	29
89/90	01/09	60	143	152	110	465	57	144	115	109	425	3	0	37	1	41
	01/10	71	126	154	106	457	71	118	129	104	422	0	9	25	3	36
	01/11	84	137	141	96	458	83	128	133	71	415	1	9	8	24	43
	01/12	91	81	131	100	403	91	80	89	70	330	0	0	42	29	72
90/91	01/08	48	159	158	124	489	47	156	141	112	456	0	2	17	12	32
	01/09	51	173	156	128	509	51	159	141	110	461	0	14	15	18	47
	01/10	88	138	167	116	509	80	134	132	112	458	8	4	35	4	50
	01/11	92	150	154	98	493	91	136	141	68	436	0	13	13	30	56
91/92	01/12	99	86	142	96	422	98	86	107	74	365	1	0	36	22	59
	01/08	53	177	167	139	537	53	173	136	63	425	0	4	30	77	111
	01/09	62	183	176	131	552	62	165	106	61	394	0	18	70	70	158
	01/10	92	150	185	122	548	85	125	73	104	387	7	25	112	18	161
92/93	01/11	100	165	161	96	522	92	86	119	96	393	8	79	42	0	129
	01/12	109	98	138	88	433	80	95	111	88	374	28	4	27	0	58
	01/08	49	156	141	124	470	49	154	115	99	417	0	2	26	25	53
	01/09	51	150	162	137	499	50	147	121	54	372	1	2	42	81	125
93/94	01/10	74	138	172	134	517	74	120	94	74	362	0	18	77	59	155
	01/11	91	154	175	104	524	86	101	81	58	326	6	53	94	46	198
	01/12	102	109	145	104	460	84	66	59	71	280	18	43	85	33	179
	01/08	59	161	137	107	463	56	150	109	106	411	3	11	28	0	42
94/95	01/09	55	156	137	123	471	54	140	124	97	415	0	16	13	25	54
	01/10	79	123	149	113	464	76	109	137	85	407	3	14	12	28	57
	01/11	82	135	148	86	450	78	122	114	83	397	3	12	34	4	53
	01/12	90	91	119	78	378	84	69	115	72	340	6	23	4	6	39
95/96	01/08	50	159	140	128	477	50	158	127	117	452	0	1	14	11	26
	01/09	57	155	155	116	482	56	142	132	116	446	0	13	22	0	35
	01/10	73	134	156	123	485	73	119	139	119	450	0	16	17	4	37
	01/11	88	137	162	93	479	85	134	144	72	435	3	2	17	20	42
96/97	01/12	90	101	137	81	408	90	100	90	75	355	0	1	47	6	54
	01/08	50	138	136	112	436	50	138	119	108	415	1	0	16	5	22
	01/09	47	146	137	149	478	47	135	132	91	405	0	10	5	58	73
	01/10	76	118	175	140	508	70	115	124	99	408	6	3	51	41	101
97/98	01/11	79	159	183	88	510	79	120	127	85	411	0	39	57	3	99
	01/12	107	112	129	109	456	94	77	128	103	402	13	36	0	6	55
	01/08	45	147	130	126	448	44	136	101	106	387	0	12	29	20	61
	01/09	57	131	162	117	467	53	119	129	93	394	4	13	33	25	75
98/99	01/10	63	135	163	105	466	63	105	127	105	400	0	29	37	0	66
	01/11	90	145	138	78	452	86	131	137	78	432	4	14	2	0	20
	01/12	96	84	117	82	379	94	84	117	75	370	2	0	0	7	9
	01/08	51	152	139	119	462	50	146	97	46	339	1	7	42	73	122

	01/09	50	158	153	102	463	50	129	65	93	336	0	29	89	9	127
	01/10	78	129	154	84	445	76	92	85	84	338	2	37	69	0	107
	01/11	86	137	111	89	423	78	98	111	80	367	7	38	0	9	55
	01/12	90	64	117	88	359	79	64	108	68	319	11	0	8	20	40
96/97	01/08	44	145	147	111	446	44	143	119	76	382	0	1	28	35	64
	01/09	50	150	143	132	474	49	144	108	57	359	0	6	35	75	116
	01/10	70	135	159	123	487	70	106	67	123	365	0	29	92	0	121
	01/11	89	144	161	91	484	83	82	161	89	415	6	62	0	1	69
	01/12	96	104	119	104	423	73	104	117	81	375	23	0	2	23	49
97/98	01/08	46	139	123	115	423	46	138	123	94	401	0	1	0	21	22
	01/09	51	128	154	105	438	51	128	121	100	400	0	0	33	6	38
	01/10	57	133	138	98	426	57	121	117	88	383	0	12	21	10	43
	01/11	89	122	126	93	430	83	111	112	84	390	6	11	14	9	40
	01/12	81	82	112	89	363	79	72	100	86	337	2	9	12	2	25
98/99	01/08	36	149	179	114	479	36	134	122	83	375	0	15	58	32	104
	01/09	52	179	152	135	517	51	155	105	64	375	1	24	47	71	143
	01/10	86	144	169	117	516	80	134	74	115	404	6	10	94	2	112
	01/11	95	152	153	95	495	92	87	144	95	418	3	66	8	0	76
	01/12	101	99	126	91	417	74	99	125	87	385	28	0	1	4	32
99/00	01/08	40	172	144	113	469	40	156	130	106	432	0	16	14	7	37
	01/09	63	156	152	115	486	63	132	149	76	420	1	24	3	39	66
	01/10	73	137	155	103	468	68	128	99	98	392	5	9	57	5	76
	01/11	90	139	135	85	450	87	95	112	54	347	3	44	23	31	102
	01/12	92	84	119	81	376	76	81	77	78	313	16	3	42	3	63
00/01	01/08	54	149	136	115	454	54	142	124	106	425	0	7	11	10	29
	01/09	51	153	145	111	459	51	140	132	111	434	0	13	13	0	26
	01/10	74	131	149	97	450	72	115	149	97	432	2	16	0	0	18
	01/11	87	134	127	94	442	80	134	126	94	434	7	0	1	1	8
	01/12	89	77	122	91	379	89	76	121	89	375	0	1	1	2	4
Valores médios																
Época	01/08	48	164	145	121	478	47	155	120	95	417	1	9	25	26	61
	01/09	58	159	153	125	496	57	144	120	87	408	1	15	33	38	88
	01/10	78	135	164	118	494	75	115	113	96	398	3	20	51	22	96
	01/11	89	147	154	95	485	83	113	120	77	393	6	34	35	18	92
	01/12	97	96	131	93	417	85	80	101	79	346	12	15	30	14	71

* Em – emergência; 30Em – 30 dias após Em; IP – início do pendoamento; 30IP – 30 dias após IP; MF – maturação fisiológica; ciclo – Em-MF.

Tabela 17. Evapotranspiração máxima (ET_m), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. Rio Grande, RS, período 1975/76-1998/99.

Ano	Época	ET _m					ET _r					D				
		Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF
75/76	01/09	72	228	200	117	617	72	209	57	108	446	0	19	142	15	175
	01/10	87	210	177	117	590	86	133	92	72	383	0	77	85	45	206
	01/11	100	167	155	100	521	87	80	108	38	313	13	86	47	63	209
	01/12	109	137	129	76	452	71	117	61	74	323	38	20	69	2	129
76/77	01/09	77	197	166	104	544	69	153	138	102	462	7	42	28	3	79
	01/10	83	167	145	106	501	78	148	143	105	474	4	19	2	1	26
	01/11	84	136	137	81	438	82	135	133	72	422	3	1	4	10	18
	01/12	90	123	107	85	404	89	121	86	66	362	0	3	21	19	43
77/78	01/09	62	219	185	121	586	31	196	58	47	332	0	23	127	74	224
	01/10	78	204	184	108	574	78	135	38	103	354	0	68	146	5	219
	01/11	93	170	159	108	530	88	64	103	107	362	5	106	56	2	169
	01/12	111	142	142	84	479	69	107	133	74	383	43	35	9	9	97
78/79	01/09	56	162	166	154	538	54	157	114	34	359	2	5	50	121	177
	01/10	63	159	201	125	547	64	133	77	53	327	0	26	125	72	222
	01/11	68	173	180	113	534	68	113	29	104	314	0	60	151	8	219
	01/12	115	158	149	84	505	94	45	107	83	329	20	113	42	0	175
79/80	01/09	54	234	165	134	587	54	159	143	97	453	1	76	11	38	125
	01/10	87	187	175	133	582	83	148	129	81	441	5	39	46	52	142
	01/11	92	149	179	101	520	84	140	100	58	382	8	9	79	43	139
	01/12	99	160	130	81	469	95	104	74	81	354	4	55	56	0	115
80/81	01/09	68	221	143	130	561	64	188	59	87	398	4	33	84	43	164
	01/10	78	180	160	107	525	76	131	67	80	354	2	49	93	26	170
	01/11	92	136	160	85	472	80	59	117	83	339	12	77	43	1	133
	01/12	90	141	113	83	427	59	117	108	53	337	30	24	5	31	90
81/82	01/09	44	171	154	122	492	43	129	88	38	298	1	41	66	84	191
	01/10	63	165	154	106	488	52	138	56	29	275	10	27	98	77	213

	01/11	83	133	151	91	458	80	87	16	48	231	3	45	134	44	227
	01/12	88	133	121	93	435	72	28	50	8	158	16	104	71	85	277
83/84	01/09	48	176	143	104	471	46	145	76	101	368	3	30	67	3	103
	01/10	66	156	138	112	472	63	119	104	107	393	4	37	34	5	80
	01/11	77	125	147	83	431	67	96	138	80	381	10	29	10	3	51
	01/12	82	132	109	78	400	79	124	103	64	370	3	8	6	14	31
84/85	01/09	44	143	145	122	454	44	114	35	81	274	0	28	111	41	180
	01/10	56	132	172	109	469	55	81	62	75	273	2	51	111	34	198
	01/11	67	140	148	97	452	56	61	89	42	248	11	79	58	55	204
	01/12	93	131	126	75	425	61	95	59	67	282	33	36	67	8	143
85/86	01/09	43	167	120	102	432	42	111	27	61	241	1	56	93	41	191
	01/10	68	139	121	106	433	61	51	53	96	261	8	88	68	9	172
	01/11	70	113	126	90	398	45	34	122	74	275	25	78	5	16	124
	01/12	75	113	117	78	383	35	110	94	71	310	40	3	22	7	73
86/87	01/09	41	157	155	96	449	39	156	126	59	380	2	1	30	37	69
	01/10	59	162	124	110	455	59	135	104	32	330	0	25	21	78	124
	01/11	78	117	139	93	427	71	112	64	38	285	8	6	74	38	126
	01/12	77	124	121	77	398	77	74	71	64	286	0	49	49	12	111
87/88	01/09	53	189	135	95	473	45	138	97	66	346	8	53	38	29	129
	01/10	69	165	121	106	461	66	127	76	90	359	2	39	46	16	102
	01/11	79	125	125	91	421	75	99	105	43	322	5	26	20	48	99
	01/12	83	114	119	84	399	79	96	49	26	250	3	17	70	59	149
88/89	01/09	45	195	168	105	513	45	172	89	60	366	1	22	79	45	148
	01/10	76	177	156	102	511	73	134	89	49	345	3	42	67	53	166
	01/11	85	146	137	94	462	83	94	58	21	256	4	52	79	73	208
	01/12	96	122	123	75	417	81	73	30	10	194	16	50	94	65	225
89/90	01/09	50	163	139	115	467	48	118	16	39	221	3	46	123	75	248
	01/10	64	142	152	99	458	53	65	31	69	218	11	79	121	31	242
	01/11	67	137	145	65	414	48	31	83	65	227	19	107	62	0	188
	01/12	91	130	86	70	377	34	86	85	67	272	57	43	1	4	105
90/91	01/09	55	160	139	127	481	52	130	59	17	258	3	30	79	111	223
	01/10	59	146	166	118	489	56	110	32	12	210	3	36	134	106	279
	01/11	73	139	160	94	465	67	58	18	52	195	5	81	142	42	271
	01/12	92	143	122	92	449	59	29	65	81	234	34	114	57	11	216
92/93	01/09	63	208	168	108	546	62	123	121	91	397	1	85	47	17	149
	01/10	80	186	145	109	521	71	121	119	91	402	9	65	26	19	119
	01/11	90	137	148	91	466	75	131	105	73	384	15	6	44	19	83
	01/12	90	132	120	92	434	89	116	87	41	333	0	16	33	51	99
93/94	01/09	50	177	153	116	496	47	167	98	71	383	3	9	54	45	111
	01/10	70	160	156	102	489	65	138	74	75	352	6	22	82	28	137
	01/11	76	140	145	78	439	74	101	62	74	311	1	39	84	4	127
	01/12	93	128	103	94	418	84	79	93	94	350	8	50	9	0	66
94/95	01/09	44	170	163	108	484	44	162	121	98	425	0	6	42	11	59
	01/10	62	170	149	109	490	58	157	131	60	406	3	14	18	50	84
	01/11	85	138	147	78	447	77	124	84	78	363	8	15	63	0	85
	01/12	91	132	102	95	419	84	91	101	67	343	6	41	0	27	75
95/96	01/09	49	187	151	96	482	49	157	66	75	347	0	30	84	21	135
	01/10	73	172	138	94	476	71	82	111	72	337	1	90	26	22	140
	01/11	81	135	122	83	421	60	84	110	57	312	21	51	12	26	109
	01/12	89	110	108	78	386	71	98	74	63	306	18	12	34	16	80
96/97	01/09	43	157	134	106	441	43	96	89	51	278	0	62	46	55	163
	01/10	49	156	144	81	430	46	110	58	57	271	2	46	86	24	159
	01/11	81	124	118	72	395	62	77	72	69	280	18	47	45	3	115
	01/12	83	103	95	84	365	67	78	87	40	271	16	26	9	44	94
97/98	01/09	54	146	107	75	382	51	138	80	75	343	3	8	27	0	38
	01/10	51	132	101	67	351	51	103	101	69	324	0	28	0	0	28
	01/11	70	84	97	53	304	56	84	97	53	290	14	0	0	0	14
	01/12	55	85	69	65	275	55	85	69	62	272	0	0	0	3	3
98/99	01/09	51	165	123	94	433	49	102	77	94	323	2	62	46	0	110
	01/10	68	132	127	96	423	51	91	116	95	352	18	41	11	1	71
	01/11	67	110	124	83	383	49	101	123	66	339	18	9	1	17	44
	01/12	73	111	107	61	351	69	111	80	54	313	4	0	27	7	37
Valores médios																
Época	01/09	53	181	151	111	497	50	146	83	71	350	2	35	67	41	145
	01/10	69	164	150	105	488	64	118	85	71	338	4	46	66	34	150
	01/11	80	135	143	87	445	70	89	88	63	311	10	46	55	23	135
	01/12	89	127	114	81	412	72	90	80	60	302	18	37	34	22	111

* Em – emergência; 30Em – 30 dias após Em; IP – início do pendoamento; 30IP – 30 dias após IP; MF – maturação fisiológica; ciclo – Em-MF.

Tabela 18. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de

semeadura. Encruzilhada, RS, período 1975/76-1998/99.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF
75/76	01/09	56	185	154	91	486	52	172	67	66	357	4	13	88	26	130
	01/10	65	163	143	100	472	64	129	72	61	326	1	34	72	40	146
	01/11	79	135	129	85	428	77	81	86	39	283	2	54	43	46	145
	01/12	88	116	110	66	381	70	97	62	64	293	18	19	49	2	87
76/77	01/09	60	163	131	90	444	59	151	122	90	422	2	11	10	0	23
	01/10	64	140	118	84	406	64	133	112	83	392	0	7	7	1	15
	01/11	68	119	111	70	368	67	113	106	67	353	1	5	5	3	14
	01/12	78	100	94	63	336	78	96	87	62	323	1	3	7	1	13
77/78	01/09	59	194	130	106	490	53	178	88	53	372	7	16	42	53	117
	01/10	70	166	137	95	468	68	135	64	95	362	2	31	73	0	107
	01/11	79	122	139	92	432	78	87	109	79	353	0	36	30	13	79
	01/12	81	123	121	80	405	68	108	101	62	339	13	16	21	18	67
78/79	01/09	58	177	151	140	525	55	176	134	46	411	3	0	17	93	113
	01/10	69	155	181	130	536	69	152	73	51	345	0	2	108	79	189
	01/11	75	149	185	94	503	75	104	40	77	296	0	44	145	18	207
	01/12	99	165	123	82	469	84	54	99	71	308	14	111	24	10	159
79/80	01/09	49	203	137	112	501	48	189	118	80	435	1	14	20	32	67
	01/10	79	156	155	108	498	78	147	90	72	387	1	9	65	35	110
	01/11	75	134	148	88	446	72	97	104	55	328	3	37	44	34	118
	01/12	89	132	115	85	421	76	107	75	82	340	12	25	41	3	81
80/81	01/09	55	166	143	108	472	55	159	144	104	462	0	6	0	4	10
	01/10	62	155	142	92	451	61	152	136	92	441	0	3	7	1	11
	01/11	71	136	129	88	424	71	131	127	44	373	1	5	3	15	23
	01/12	90	115	116	88	409	88	113	87	28	316	1	1	29	61	92
81/82	01/09	45	201	141	123	510	43	43	104	39	229	2	59	37	84	181
	01/10	79	164	153	97	493	68	144	65	68	345	11	20	89	28	148
	01/11	83	129	149	78	439	81	100	72	66	319	2	29	77	12	120
	01/12	85	131	104	80	400	73	78	81	55	287	12	53	24	24	113
82/83	01/09	56	192	143	115	505	56	187	101	114	458	0	5	42	0	47
	01/10	72	159	155	102	487	72	124	142	94	432	0	34	13	8	55
	01/11	78	126	159	67	430	74	114	139	67	394	3	12	20	0	35
	01/12	83	141	88	74	385	81	138	88	63	370	3	3	0	11	17
83/84	01/09	52	173	177	108	509	51	153	80	103	387	1	21	97	5	123
	01/10	66	169	154	121	509	66	138	88	117	409	0	31	66	4	100
	01/11	85	148	144	100	476	78	105	136	99	418	7	43	7	1	58
	01/12	98	129	130	90	448	89	124	119	51	383	9	5	12	39	64
84/85	01/09	51	177	151	122	500	50	161	74	80	365	0	15	77	42	134
	01/10	65	161	169	91	486	63	131	68	90	352	1	29	101	1	133
	01/11	78	146	145	78	447	75	81	120	78	354	2	65	26	0	93
	01/12	97	128	104	72	401	75	120	104	72	371	22	8	0	0	30
85/86	01/09	51	197	172	125	544	46	74	72	58	250	3	123	100	66	292
	01/10	74	186	163	118	542	53	43	105	70	271	22	143	57	48	271
	01/11	92	149	155	94	490	33	90	88	70	281	58	59	67	24	209
	01/12	99	138	122	60	419	75	98	89	57	319	24	40	33	3	99
86/87	01/09	45	186	167	104	503	46	177	124	103	450	0	9	43	1	53
	01/10	72	173	138	113	496	73	152	114	109	448	0	21	24	4	49
	01/11	84	133	145	103	464	75	119	137	89	420	9	15	7	13	45
	01/12	87	129	136	87	440	86	124	108	68	386	1	4	28	19	53
87/88	01/09	61	208	134	120	522	61	197	102	84	444	0	10	32	35	77
	01/10	73	178	146	123	519	73	147	104	85	409	0	32	41	38	111
	01/11	88	134	160	100	481	84	97	131	29	341	4	38	28	70	140
	01/12	89	144	131	93	456	81	128	39	38	286	8	16	91	55	170
88/89	01/09	52	220	170	113	555	47	190	48	88	373	4	29	122	26	181
	01/10	89	182	162	127	560	82	120	64	77	343	7	62	98	51	218
	01/11	91	145	164	104	504	80	56	109	27	272	12	90	55	77	234
	01/12	96	147	135	74	452	57	115	35	74	281	38	33	100	0	171
89/90	01/09	66	216	172	112	566	62	184	154	77	477	3	33	17	34	88
	01/10	83	193	152	103	531	76	183	100	67	426	7	10	52	36	105
	01/11	92	152	141	69	454	91	125	71	69	356	0	27	70	0	97
	01/12	100	127	90	67	384	97	87	90	67	341	4	40	0	0	44
91/92	01/09	53	179	145	118	496	51	154	143	45	393	2	25	3	45	75
	01/10	69	158	160	100	487	64	153	111	99	427	5	5	50	0	59
	01/11	78	132	149	87	445	77	127	116	86	406	0	5	33	1	39
	01/12	87	131	113	87	419	87	112	110	71	380	1	19	3	15	38
95/96	01/09	57	232	184	110	582	56	143	54	110	363	0	88	129	0	218
	01/10	87	220	149	110	566	83	75	149	105	412	4	146	0	5	155
	01/11	108	147	141	95	491	69	104	141	78	391	39	43	0	17	99
	01/12	97	126	123	95	441	76	126	96	79	377	21	0	27	17	65
96/97	01/09	60	190	149	124	524	57	151	98	86	392	3	39	51	38	132
	01/10	61	177	167	105	509	61	147	103	66	376	0	30	64	39	133
	01/11	88	146	152	89	475	76	108	110	81	376	11	38	42	8	99

97/98	01/12	97	135	119	111	461	88	114	106	33	342	8	20	13	78	119
	01/09	58	177	139	100	475	58	177	96	96	427	0	0	43	5	48
	01/10	57	187	121	78	443	57	150	111	75	393	0	38	9	3	50
	01/11	95	102	123	78	398	90	84	113	69	356	5	17	10	9	42
	01/12	67	107	104	81	359	61	101	88	81	332	6	5	16	0	27
98/99	01/09	54	220	149	107	530	53	114	112	96	375	1	106	37	11	155
	01/10	82	174	142	120	518	57	125	112	114	408	25	48	31	6	110
	01/11	90	128	153	97	468	82	118	130	79	409	8	11	23	17	60
	01/12	85	138	127	79	429	85	134	108	56	383	0	3	20	23	46
Valores médios																
Época	01/09	55	193	152	112	512	53	157	102	81	392	2	31	50	30	113
	01/10	72	171	150	106	499	68	134	99	84	385	4	37	51	21	114
	01/11	84	136	146	88	453	75	102	109	67	354	8	34	37	19	98
	01/12	89	130	115	81	416	79	109	89	62	338	11	21	27	19	78

* Em – emergência; 30Em – 30 dias após Em; IP – início do pendoamento; 30IP – 30 dias após IP; MF – maturação fisiológica; ciclo – Em-MF.

Tabela 19. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo do milho, para quatro épocas de semeadura. Veranópolis, RS, período 1975/76-1998/99.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF
75/76	01/09	56	208	158	153	576	56	199	132	152	540	0	9	26	1	35
	01/10	74	237	146	106	564	70	213	143	101	527	5	24	3	4	37
	01/11	85	182	155	85	508	85	167	154	74	480	0	16	1	11	28
	01/12	93	180	111	88	471	90	179	96	78	444	3	1	14	10	28
76/77	01/09	85	222	175	145	626	84	221	162	140	607	1	1	13	4	19
	01/10	87	249	137	104	578	87	240	129	102	558	0	9	8	2	20
	01/11	88	183	151	93	515	89	182	132	84	487	0	1	19	9	29
	01/12	100	167	122	78	467	101	154	99	76	430	0	13	23	1	36
77/78	01/09	70	202	148	157	578	61	181	135	135	512	10	22	13	23	67
	01/10	77	218	152	102	549	77	198	127	75	477	0	20	25	27	73
	01/11	78	184	140	105	507	75	160	124	67	426	3	24	16	39	81
	01/12	95	165	138	94	492	91	151	87	46	375	5	14	52	47	118
78/79	01/09	81	198	161	210	650	77	198	140	91	506	3	0	20	119	142
	01/10	79	226	198	112	614	79	206	74	75	434	0	19	124	37	179
	01/11	80	223	181	82	566	80	143	94	70	387	0	80	87	13	180
	01/12	106	222	110	72	509	102	131	81	45	359	4	92	29	27	152
79/80	01/09	48	178	130	166	521	48	177	128	166	518	0	1	2	0	3
	01/10	71	189	154	106	520	71	187	153	106	517	0	3	0	0	3
	01/11	68	174	156	83	481	68	173	153	83	477	0	1	3	0	4
	01/12	85	186	110	84	464	84	184	109	69	446	0	2	1	16	19
80/81	01/09	64	180	142	135	522	62	171	142	132	506	3	10	0	4	16
	01/10	64	209	134	83	490	63	204	127	81	475	0	6	8	1	15
	01/11	80	161	125	84	449	78	159	119	77	433	2	2	6	6	16
	01/12	85	144	111	84	425	85	140	97	45	367	0	4	14	39	57
81/82	01/09	55	209	161	191	616	55	185	98	84	422	0	23	64	107	194
	01/10	78	234	192	98	602	78	173	58	98	407	0	61	133	0	194
	01/11	94	192	176	96	557	90	129	104	82	405	4	63	73	14	154
	01/12	88	211	127	99	525	87	150	96	53	386	1	61	31	46	139
82/83	01/09	58	180	154	162	555	58	172	116	143	490	0	8	38	19	65
	01/10	73	208	149	93	523	73	171	137	68	449	0	37	12	25	74
	01/11	77	179	145	81	482	61	172	122	81	435	16	7	23	0	47
	01/12	88	175	108	84	455	88	165	107	82	442	0	10	1	2	13
83/84	01/09	59	207	145	142	554	58	191	123	140	512	1	16	22	2	41
	01/10	78	220	127	112	536	76	195	123	109	503	1	25	4	2	32
	01/11	88	159	152	92	491	80	155	143	88	466	8	4	8	5	25
	01/12	86	169	122	80	456	85	162	107	79	433	0	6	15	1	22
84/85	01/09	59	186	150	172	567	59	172	149	131	511	0	14	0	42	56
	01/10	73	210	172	108	562	72	207	110	104	493	1	3	63	3	70
	01/11	76	199	128	95	498	75	180	94	88	437	1	19	34	6	61
	01/12	99	162	125	63	448	94	140	111	62	407	5	23	15	0	42
85/86	01/09	60	302	225	251	837	53	108	112	97	370	6	193	113	155	466
	01/10	115	328	248	128	819	92	137	66	66	361	22	191	181	62	456
	01/11	134	265	220	110	728	49	134	78	72	333	85	130	143	38	396
	01/12	137	255	145	93	629	98	118	90	61	367	38	138	55	31	261
86/87	01/09	76	278	192	167	714	76	218	172	154	621	0	60	20	13	93
	01/10	108	284	167	105	664	94	254	142	100	590	15	31	25	5	76
	01/11	113	198	159	120	589	102	190	140	57	489	11	7	19	62	100

	01/12	103	183	157	87	530	102	168	73	87	430	0	15	84	0	99
87/88	01/09	78	239	180	186	683	72	207	143	140	562	6	33	37	46	122
	01/10	91	263	174	129	657	90	216	125	96	527	0	46	48	34	129
	01/11	104	215	171	123	613	99	182	121	71	473	6	33	50	52	141
	01/12	111	203	163	110	587	105	156	76	73	410	6	46	87	37	176
88/89	01/09	53	232	161	159	606	53	212	89	120	474	0	21	72	39	132
	01/10	94	236	146	107	583	87	172	105	103	467	8	65	42	4	119
	01/11	95	191	136	90	512	81	137	130	72	420	14	54	6	19	92
	01/12	98	165	118	81	462	84	161	90	81	416	15	5	28	0	48
89/90	01/09	59	221	179	153	612	58	218	132	120	528	0	3	46	33	82
	01/10	89	250	141	109	589	88	210	105	105	508	0	40	35	3	79
	01/11	92	183	162	90	527	88	139	156	88	471	4	44	6	2	55
	01/12	103	176	119	83	480	93	171	111	83	458	9	4	8	0	21
90/91	01/09	57	212	167	198	634	57	203	141	105	506	0	9	26	93	128
	01/10	77	245	186	133	641	76	216	94	52	438	0	30	92	82	204
	01/11	91	221	186	108	606	89	127	97	61	374	1	94	89	47	231
	01/12	106	227	142	108	583	92	126	65	48	331	14	101	77	61	252
91/92	01/09	45	166	116	135	462	45	159	108	121	432	0	8	9	14	30
	01/10	70	166	126	89	452	69	160	106	89	425	1	6	20	0	27
	01/11	65	150	120	75	410	64	133	120	75	392	1	17	0	0	18
	01/12	73	147	100	57	377	73	140	98	57	368	0	8	1	0	9
92/93	01/09	51	166	137	132	486	51	159	114	132	455	0	7	24	0	31
	01/10	64	194	126	88	472	64	171	125	86	446	0	23	1	2	26
	01/11	70	155	129	67	421	68	145	126	64	403	2	10	3	3	18
	01/12	77	153	87	62	379	72	152	83	60	367	5	1	4	2	12
93/94	01/09	61	224	176	186	647	60	209	161	108	539	1	15	15	77	108
	01/10	91	248	189	78	606	83	235	87	76	481	8	14	102	2	126
	01/11	92	234	120	102	548	92	165	88	101	445	0	69	32	1	102
	01/12	110	169	138	83	500	108	128	126	70	432	3	41	12	12	68
94/95	01/09	60	176	162	147	546	60	173	142	145	519	0	4	20	2	26
	01/10	58	233	146	90	527	58	220	140	90	507	0	13	7	0	19
	01/11	95	172	140	87	494	93	172	131	80	476	2	0	9	8	18
	01/12	87	165	117	99	468	87	160	97	91	435	0	5	19	8	33
95/96	01/09	52	261	177	153	643	52	122	74	128	377	0	138	103	25	267
	01/10	107	260	149	100	616	80	116	115	99	411	27	144	33	1	205
	01/11	102	186	146	101	536	51	133	142	88	414	51	53	4	14	122
	01/12	102	164	134	95	495	86	158	105	86	435	16	6	29	9	60
96/97	01/09	71	209	182	200	662	71	190	121	153	534	0	19	62	47	129
	01/10	79	256	194	102	632	79	195	134	102	509	0	62	60	0	122
	01/11	97	230	160	90	577	92	156	159	86	494	5	74	1	3	84
	01/12	116	197	120	96	529	87	196	107	50	440	30	1	13	46	89
97/98	01/09	56	172	153	142	523	56	172	137	133	498	0	0	16	9	25
	01/10	56	221	140	86	503	56	209	128	84	477	0	12	13	2	26
	01/11	89	175	126	79	468	89	159	121	72	442	0	15	5	6	26
	01/12	85	158	104	83	429	85	145	93	76	399	0	12	11	7	30
98/99	01/09	54	214	164	173	605	54	177	90	120	442	0	37	74	52	163
	01/10	78	243	168	103	592	77	168	106	92	443	1	75	63	10	149
	01/11	93	199	155	100	548	90	125	145	37	397	3	74	10	63	150
	01/12	103	183	133	73	492	77	179	58	63	377	27	4	75	10	115
Valores médios																
Época	01/09	61	210	162	167	601	60	183	128	129	499	1	27	35	39	102
	01/10	80	235	161	103	579	77	195	115	90	476	4	40	46	13	103
	01/11	89	192	152	93	526	80	155	125	76	436	9	37	27	18	91
	01/12	97	180	123	85	484	90	155	94	68	406	7	25	29	17	79

* Em – emergência; 30Em – 30 dias após Em; IP – início do pendoamento; 30IP – 30 dias após IP; MF – maturação fisiológica; ciclo – Em-MF.

Tabela 20. Resumo das Tabelas 10 a 19. Valores médios de evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D) (mm) para a cultura do milho em diferentes locais e épocas de semeadura.

Época	ETm					ETr					D				
	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF	Em-30Em	30Em-IP	IP-30IP	30IP-MF	Em-MF
Valores médios do período 1975/76-1997/98 - Cruz Alta, RS															
01/09	62	222	179	123	586	60	185	107	83	435	2	37	72	40	151
01/10	82	201	170	114	567	78	147	103	89	417	5	54	67	25	151
01/11	99	158	155	93	506	84	106	114	78	382	16	51	42	15	124
01/12	104	138	122	88	452	84	109	99	70	362	20	29	24	19	92
Valores médios do período 1975/76-1995/96 - Júlio de Castilhos, RS															

01/09	70	242	196	140	648	67	198	119	90	474	3	44	78	50	175
01/10	92	216	189	133	630	87	160	109	102	458	6	56	80	31	173
01/11	106	173	179	110	568	93	119	121	88	421	13	55	58	21	147
01/12	115	160	144	100	519	96	120	109	73	398	19	40	34	26	119
Valores médios do período 1975/76-1998/99 - Passo Fundo, RS															
01/09	65	225	179	132	601	64	200	135	102	501	1	25	44	30	100
01/10	85	198	177	122	582	82	165	129	101	477	3	33	48	21	105
01/11	99	160	164	100	523	89	132	126	85	432	10	28	38	15	91
01/12	106	146	131	98	481	98	122	106	74	400	8	25	25	24	82
Valores médios do período 1975/76-1998/99 - Santa Rosa, RS															
01/08	58	186	150	129	524	54	173	122	99	447	4	14	28	30	76
01/09	66	172	164	133	534	64	155	120	93	432	2	16	44	40	102
01/10	84	143	155	127	509	80	115	108	95	399	3	28	46	34	111
01/11	95	155	163	97	510	84	120	120	80	404	11	35	43	17	106
01/12	103	134	125	89	451	92	107	98	75	372	11	27	28	14	79
Valores médios do período 1975/76-1999/00 - São Borja, RS															
01/08	63	197	160	139	559	57	173	123	107	460	6	22	37	32	97
01/09	69	181	175	143	569	67	157	126	94	445	2	24	49	49	124
01/10	89	151	173	132	545	85	120	114	93	412	4	32	59	39	133
01/11	100	168	173	103	544	89	126	115	81	412	11	42	58	22	133
01/12	111	123	138	100	473	96	90	103	79	368	15	32	36	21	104
Valores médios do período 1975/76-1999/00 - São Gabriel, RS															
01/09	69	179	179	148	575	67	146	105	80	397	3	30	71	64	169
01/10	88	155	193	131	568	82	107	94	92	375	7	48	99	39	192
01/11	102	174	173	102	552	84	100	115	72	371	19	74	58	31	181
01/12	115	109	139	104	467	85	76	101	73	336	30	33	38	31	131
Valores médios do período 1975/76-2000/01 - Taquari, RS															
01/08	48	164	145	121	478	47	155	120	95	417	1	9	25	26	61
01/09	58	159	153	125	496	57	144	120	87	408	1	15	33	38	88
01/10	78	135	164	118	494	75	115	113	96	398	3	20	51	22	96
01/11	89	147	154	95	485	83	113	120	77	393	6	34	35	18	92
01/12	97	96	131	93	417	85	80	101	79	346	12	15	30	14	71
Valores médios do período 1975/76-1998/99 - Rio grande, RS															
01/09	53	181	151	111	497	50	146	83	71	350	2	35	67	41	145
01/10	69	164	150	105	488	64	118	85	71	338	4	46	66	34	150
01/11	80	135	143	87	445	70	89	88	63	311	10	46	55	23	135
01/12	89	127	114	81	412	72	90	80	60	302	18	37	34	22	111
Valores médios do período 1975/76-1998/99 - Encruzilhada do Sul, RS															
01/09	55	193	152	112	512	53	157	102	81	392	2	31	50	30	113
01/10	72	171	150	106	499	68	134	99	84	385	4	37	51	21	114
01/11	84	136	146	88	453	75	102	109	67	354	8	34	37	19	98
01/12	89	130	115	81	416	79	109	89	62	338	11	21	27	19	78
Valores médios do período 1975/76-1998/99 - Veranópolis, RS															
01/09	61	210	162	167	601	60	183	128	129	499	1	27	35	39	102
01/10	80	235	161	103	579	77	195	115	90	476	4	40	46	13	103
01/11	89	192	152	93	526	80	155	125	76	436	9	37	27	18	91
01/12	97	180	123	85	484	90	155	94	68	406	7	25	29	17	79

Em – emergência; 30Em – 30 dias após Em; IP – início do pendoamento; 30IP – 30 dias após IP;
MF – maturação fisiológica; ciclo – Em-MF.

4.5. Consumo relativo de água durante o período crítico do milho

A quantidade de água consumida pela planta em condições naturais de disponibilidade hídrica (evapotranspiração real) relacionada ao consumo de água sem restrição hídrica (evapotranspiração máxima) fornece o consumo relativo de água, representado pelo índice ET_r/ET_m . Portanto, é a quantidade de água que a planta consome, em relação à quantidade máxima de água que a planta consumiria, sem nenhuma deficiência de água. É um índice de extrema utilidade e tem sido utilizado mais recentemente em trabalhos de zoneamento agroclimático, para a definição de áreas de risco para a produção de grãos. MATZENAUER (1994) determinou o consumo relativo de água para a cultura do milho para vários locais e anos, encontrando alta associação com o rendimento de grãos. O

autor concluiu 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. Os modelos agrometeorológicos relacionando o rendimento de grãos com o índice ETr/ETm durante o período crítico da cultura (do início do pendoamento a 30 dias após – IP-30IP), podem ser utilizados para a estimativa do rendimento de grãos de milho, tendo a vantagem ainda, de estimar com uma antecedência de aproximadamente 30 dias da maturação fisiológica da cultura, portanto bem antes da colheita. Os resultados obtidos no trabalho mostram que com um valor médio de consumo relativo de água de 0,70 no período crítico da cultura (em média 30% de deficiência de água), o rendimento médio de grãos é reduzido em aproximadamente 20%, e quando o consumo relativo de água é em média igual a 0,50 (50% de deficiência hídrica), a redução no rendimento de grãos é de cerca de 50%. Baseado nestes resultados, pode-se definir três índices de risco para a produção de milho no Rio Grande do Sul, que podem ser associados às áreas de produção. **ÁREAS DE BAIXO RISCO** - áreas onde o consumo relativo de água – índice ETr/ETm – é maior que 0,70; **ÁREAS DE RISCO MÉDIO** - áreas onde o consumo relativo de água é igual ou menor que 0,70 e igual ou maior que 0,50; e **ÁREAS DE ALTO RISCO** - áreas onde o consumo relativo de água é menor que 0,50.

Nas Tabelas 21 a 25 são apresentados os valores do consumo relativo de água no período crítico do milho, para as dez localidades apresentadas no capítulo anterior, nos mesmos períodos e épocas de semeadura. Considerando-se os valores médios dos períodos, o consumo relativo de água variou de 0,53 na época de semeadura de outubro, em São Gabriel, a 0,84 na semeadura de dezembro em Veranópolis. São Gabriel e Rio Grande são os locais que apresentam os menores valores de consumo relativo de água, portanto com maior risco para a cultura.

Em anos em que ocorreu forte estiagem, como verificado por exemplo no ano agrícola 1985/86, o consumo relativo de água, em algumas situações, foi menor que 0,20. Estes índices estão associados, normalmente, a reduções de mais de 90% do rendimento de grãos, segundo resultados obtidos por MATZENAUER (1994). As épocas de semeadura de setembro e outubro apresentam, em geral, os menores valores de consumo relativo de água, estando associadas, portanto, a semeaduras de maior risco.

Tabela 21. Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico do milho (IP-30IP), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Cruz Alta e Júlio de Castilhos, RS.

Ano	Cruz Alta				Ano	Júlio de Castilhos			
	Época de semeadura					Época de semeadura			
	set	out	nov	Dez		set	out	nov	dez
75/76	0,83	0,83	0,99	0,92	75/76	0,79	0,80	0,94	0,88
76/77	0,86	0,91	0,95	0,76	76/77	0,37	0,74	0,80	0,64
77/78	0,68	0,35	0,46	0,58	77/78	0,44	0,59	0,67	0,62
78/79	0,54	0,23	0,24	1,00	78/79	0,50	0,22	0,12	0,87
79/80	0,85	0,52	0,34	0,44	79/80	0,78	0,37	0,16	0,46
80/81	0,91	0,95	0,97	0,97	80/81	0,88	0,75	0,96	0,90
81/82	0,79	0,39	0,38	0,77	81/82	0,67	0,22	0,52	0,75
82/83	-	-	-	-	82/83	0,75	0,64	0,63	1,00
83/84	0,40	0,72	1,00	0,82	83/84	0,70	0,93	1,00	0,76
84/85	0,40	0,27	0,40	0,95	84/85	0,54	0,44	0,60	0,67
85/86	0,06	0,34	0,90	0,79	85/86	0,17	0,17	0,35	0,73

86/87	0,55	0,66	0,87	0,93	86/87	0,55	0,64	0,75	0,80
87/88	0,40	0,47	0,89	0,48	87/88	0,47	0,49	0,86	0,59
88/89	0,50	0,68	0,89	0,85	88/89	0,38	0,62	0,88	0,78
89/90	0,48	0,90	0,97	0,82	89/90	0,60	0,83	0,92	0,72
90/91	-	-	-	-	90/91	0,90	0,57	0,47	0,40
91/92	-	-	-	-	91/92	0,79	0,81	0,85	0,99
92/93	0,73	0,83	0,98	0,71	92/93	0,65	0,81	0,84	0,86
93/94	0,88	0,48	0,73	1,00	93/94	0,98	0,64	0,62	0,95
94/95	0,53	0,90	0,50	0,82	94/95	0,58	0,52	0,95	1,00
95/96	0,23	0,60	1,00	0,97	95/96	0,35	0,69	0,98	0,94
96/97	0,93	0,78	0,99	0,96	96/97	-	-	-	-
97/98	0,78	0,91	0,90	0,86	97/98	-	-	-	-
Média	0,62	0,64	0,77	0,82	Média	0,61	0,59	0,71	0,78

IP-30IP – início do pendoamento até 30 dias após IP

Tabela 22. Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico do milho (IP-30IP), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Passo Fundo e Santa Rosa, RS.

Ano	Passo Fundo				Ano	Santa Rosa				
	Época de semeadura					Época de semeadura				
	set	out	nov	dez		ago	set	out	nov	Dez
75/76	0,79	0,80	0,90	0,74	75/76	0,85	0,92	0,89	0,94	0,93
76/77	0,97	0,95	0,97	0,93	76/77	-	-	-	-	-
77/78	0,83	0,69	0,69	0,59	77/78	0,89	0,91	0,57	0,62	0,54
78/79	0,65	0,27	0,19	0,96	78/79	0,80	0,59	0,32	0,08	0,57
79/80	1,00	0,90	0,78	0,98	79/80	0,91	0,93	0,98	0,72	0,52
80/81	0,99	0,93	0,97	0,92	80/81	0,99	0,83	0,69	0,78	0,88
81/82	0,96	0,76	0,37	0,59	81/82	0,91	0,88	0,76	0,31	0,93
82/83	0,57	0,81	0,63	1,00	82/83	0,97	0,73	0,75	0,93	0,90
83/84	0,81	0,85	0,98	0,68	83/84	0,89	0,62	0,66	0,98	0,80
84/85	0,55	0,48	0,55	0,89	84/85	0,96	0,86	0,74	0,77	0,92
85/86	0,31	0,42	0,48	0,50	85/86	0,24	0,37	0,46	0,73	0,64
86/87	0,65	0,76	0,87	0,71	86/87	0,89	0,87	0,64	0,97	0,99
87/88	0,77	0,81	0,94	0,41	87/88	0,79	0,69	0,58	0,63	0,59
88/89	0,79	0,99	0,97	1,00	88/89	0,77	0,61	0,64	0,91	0,69
89/90	0,76	0,93	0,95	0,96	89/90	0,78	0,79	0,98	0,95	0,77
90/91	0,70	0,26	0,63	0,41	90/91	0,96	0,95	0,41	0,58	0,46
91/92	1,00	0,85	0,83	0,97	91/92	0,39	0,50	0,94	0,59	1,00
92/93	0,87	0,87	1,00	0,95	92/93	0,98	0,78	0,63	1,00	0,74
93/94	0,92	0,61	0,50	0,94	93/94	0,99	0,97	0,71	0,68	0,95
94/95	0,91	1,00	0,93	0,86	94/95	0,95	0,63	0,77	0,90	0,95
95/96	0,27	0,55	1,00	0,90	95/96	0,49	0,25	0,47	1,00	0,87
96/97	0,75	0,79	0,93	0,93	96/97	0,82	0,87	0,93	0,93	0,94
97/98	0,76	1,00	1,00	0,96	97/98	1,00	0,82	0,94	0,90	0,91
98/99	0,73	0,68	1,00	0,87	98/99	0,72	0,66	0,70	0,70	0,88
Média	0,76	0,75	0,79	0,82	Média	0,82	0,74	0,70	0,77	0,80

IP-30IP – início do pendoamento até 30 dias após IP

Tabela 23. Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico do milho (IP-30IP), em diferentes anos e épocas de semeadura, para São Gabriel e São Borja, RS.

Ano	São Gabriel				Ano	São Borja				
	Época de semeadura					Época de semeadura				
	set	out	nov	dez		ago	set	out	nov	Dez
75/76	0,42	0,43	0,93	0,68	75/76	0,78	0,79	0,79	0,95	0,87
76/77	0,81	0,88	0,87	0,60	76/77	-	-	-	-	-

77/78	0,56	0,41	0,54	0,30	77/78	0,84	0,76	0,52	0,53	0,36
78/79	0,63	0,37	0,09	0,51	78/79	0,97	0,58	0,17	0,18	0,57
79/80	0,38	0,21	0,34	0,51	79/80	0,90	0,88	0,75	0,39	0,59
80/81	0,56	0,56	0,85	0,81	80/81	1,00	0,91	0,80	0,92	0,92
81/82	0,45	0,26	0,56	0,70	81/82	0,75	1,00	0,73	0,38	0,75
82/83	0,53	0,71	0,70	1,00	82/83	0,98	0,90	0,63	0,78	0,82
83/84	0,31	0,59	0,93	0,78	83/84	0,70	0,40	0,52	0,96	0,93
84/85	0,40	0,35	0,28	0,30	84/85	0,76	0,58	0,28	0,30	0,93
85/86	0,14	0,14	0,83	0,48	85/86	-	-	-	-	-
86/87	0,61	0,69	0,76	0,55	86/87	0,97	0,89	0,75	0,96	0,84
87/88	0,72	0,50	0,87	0,50	87/88	0,58	0,50	0,58	0,87	0,75
88/89	-	-	-	-	88/89	0,56	0,43	0,92	0,92	0,63
89/90	0,60	0,55	0,92	0,97	89/90	0,89	0,90	0,84	0,73	0,72
90/91	0,85	0,59	0,33	0,39	90/91	0,99	0,95	0,54	0,43	0,43
91/92	0,88	0,97	0,68	0,92	91/92	0,57	1,00	1,00	0,77	1,00
92/93	0,47	0,72	0,91	0,83	92/93	0,59	0,58	0,84	0,98	0,54
93/94	0,99	0,88	0,67	0,91	93/94	0,94	0,99	0,61	0,56	0,99
94/95	0,35	0,51	0,73	0,80	94/95	0,88	0,66	0,62	0,76	0,83
95/96	0,17	0,53	0,98	0,47	95/96	0,26	0,20	0,78	1,00	0,90
96/97	0,18	0,18	0,45	0,96	96/97	0,77	0,77	0,88	0,80	0,92
97/98	0,71	0,93	0,90	0,88	97/98	0,98	0,82	0,99	0,83	0,89
98/99	0,76	0,39	0,65	0,92	98/99	0,49	0,72	0,51	0,39	0,86
99/00	0,36	0,28	0,69	0,89	99/00	0,62	0,57	0,67	0,40	0,56
Média	0,54	0,53	0,69	0,69	Média	0,77	0,73	0,68	0,69	0,77

IP-30IP – início do pendramento até 30 dias após IP

Tabela 24. Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico do Milho (IP-30IP), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Rio Grande e Taquari, RS.

Ano	Rio Grande				Ano	Taquari				
	Época de semeadura					Época de semeadura				
	set	out	nov	dez		ago	set	out	nov	Dez
75/76	0,29	0,52	0,70	0,47	75/76	0,61	0,88	0,81	0,86	0,50
76/77	0,83	0,98	0,97	0,81	76/77	0,95	0,96	0,93	1,00	1,00
77/78	0,31	0,21	0,65	0,94	77/78	0,78	0,71	0,77	0,93	0,70
78/79	0,69	0,38	0,16	0,72	78/79	1,00	0,88	0,50	0,10	0,38
79/80	0,87	0,74	0,56	0,57	79/80	1,00	1,00	0,90	0,75	0,68
80/81	0,41	0,42	0,73	0,96	80/81	0,96	1,00	0,69	0,88	0,96
81/82	0,57	0,36	0,11	0,41	81/82	0,89	0,81	0,66	0,36	0,88
82/83	-	-	-	-	82/83	0,97	0,89	0,88	0,60	0,77
83/84	0,53	0,76	0,94	0,95	83/84	0,78	0,51	0,41	0,99	0,87
84/85	0,24	0,36	0,60	0,47	84/85	0,88	0,76	0,60	0,56	0,39
85/86	0,22	0,44	0,97	0,81	85/86	0,32	0,27	0,31	0,62	0,63
86/87	0,82	0,84	0,46	0,59	86/87	0,89	0,90	1,00	0,93	0,91
87/88	0,72	0,63	0,84	0,41	87/88	0,98	0,76	0,84	0,95	0,68
88/89	0,53	0,57	0,42	0,24	88/89	0,89	0,90	0,79	0,92	0,75
89/90	0,12	0,20	0,57	0,98	89/90	0,81	0,60	0,40	0,74	0,80
90/91	0,42	0,19	0,11	0,53	90/91	0,82	0,75	0,55	0,46	0,41
91/92	-	-	-	-	91/92	0,80	0,90	0,92	0,77	0,96
92/93	0,72	0,82	0,71	0,72	92/93	0,91	0,85	0,89	0,89	0,66
93/94	0,64	0,47	0,43	0,91	93/94	0,88	0,96	0,71	0,69	1,00
94/95	0,74	0,88	0,57	0,99	94/95	0,78	0,79	0,78	0,99	1,00
95/96	0,44	0,81	0,90	0,69	95/96	0,70	0,42	0,55	1,00	0,93
96/97	0,66	0,40	0,62	0,91	96/97	0,81	0,76	0,42	1,00	0,98
97/98	0,75	1,00	1,00	1,00	97/98	1,00	0,79	0,85	0,89	0,89
98/99	0,63	0,91	1,00	0,75	98/99	0,68	0,69	0,44	0,95	1,00
99/00	-	-	-	-	99/00	0,90	0,98	0,64	0,83	0,65
					00/01	0,92	0,91	1,00	0,99	0,99
Média	0,55	0,59	0,64	0,72	Média	0,84	0,79	0,70	0,79	0,78

IP-30IP – início do pendramento até 30 dias após IP

Tabela 25. Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico do milho (IP-30IP), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Encruzilhada do Sul e Veranópolis, RS.

Ano	Encruzilhada do Sul				Ano	Veranópolis			
	Época de semeadura					Época de semeadura			
	set	out	nov	dez		set	out	nov	dez
75/76	0,43	0,50	0,66	0,56	75/76	0,84	0,98	0,99	0,87
76/77	0,93	0,95	0,95	0,93	76/77	0,93	0,94	0,87	0,81
77/78	0,68	0,47	0,79	0,83	77/78	0,91	0,84	0,89	0,63
78/79	0,89	0,40	0,22	0,80	78/79	0,87	0,37	0,52	0,74
79/80	0,86	0,58	0,70	0,65	79/80	0,98	0,99	0,98	0,99
80/81	1,00	0,96	0,98	0,75	80/81	1,00	0,95	0,95	0,88
81/82	0,74	0,42	0,48	0,78	81/82	0,61	0,30	0,59	0,76
82/83	0,71	0,91	0,87	1,00	82/83	0,76	0,92	0,84	0,99
83/84	0,45	0,57	0,95	0,91	83/84	0,85	0,97	0,94	0,88
84/85	0,49	0,40	0,83	1,00	84/85	0,99	0,64	0,73	0,89
85/86	0,42	0,64	0,57	0,73	85/86	0,50	0,27	0,35	0,62
86/87	0,74	0,82	0,95	0,79	86/87	0,89	0,85	0,88	0,46
87/88	0,76	0,71	0,82	0,30	87/88	0,79	0,72	0,71	0,47
88/89	0,28	0,39	0,67	0,26	88/89	0,55	0,72	0,96	0,76
89/90	0,90	0,66	0,50	1,00	89/90	0,74	0,74	0,96	0,93
90/91	-	-	-	-	90/91	0,84	0,51	0,52	0,46
91/92	0,99	0,69	0,78	0,97	91/92	0,93	0,84	1,00	0,99
92/93	-	-	-	-	92/93	0,83	0,99	0,97	0,95
93/94	-	-	-	-	93/94	0,92	0,46	0,73	0,91
94/95	-	-	-	-	94/95	0,87	0,95	0,94	0,83
95/96	0,30	1,00	1,00	0,78	95/96	0,42	0,78	0,97	0,79
96/97	0,66	0,61	0,73	0,89	96/97	0,66	0,69	0,99	0,89
97/98	0,69	0,92	0,92	0,85	97/98	0,90	0,91	0,96	0,90
98/99	0,75	0,78	0,85	0,85	98/99	0,55	0,63	0,93	0,44
Média	0,68	0,67	0,76	0,78	Média	0,80	0,75	0,84	0,78

IP-30IP – início do pendramento até 30 dias após IP

5. Cultura da Soja

Atualmente, a soja é a cultura que detém a maior área de cultivo no Rio Grande do Sul. Sua produção tem, em média, sido crescente e caracterizada pelo bom nível tecnológico utilizado na lavoura, pelo emprego de materiais genéticos de bom potencial produtivo e pela crescente profissionalização dos produtores rurais. Salienta-se que a soja participa da economia de pequenos, médios e grandes estabelecimentos rurais do estado, estando presente em 33,14% deles (142.487 unidades produtivas). O Rio Grande do Sul é o terceiro estado maior produtor de soja, com uma participação de 18,8% da produção nacional.

A cultura da soja no ano agrícola 2000/2001, ocupou uma área de 2,965 milhões de hectares no Estado, com uma produção de 6,935 milhões de toneladas, e um rendimento médio de 2.339 kg.ha⁻¹. As microrregiões geográficas com maior produção na safra 2000/2001 são: Cruz Alta, com 1.013.390 t, Santo Ângelo, com 721.230 t, Ijuí, com 701.676 t, Passo Fundo, com 670.215 t e Carazinho, com 582.860 t. (BISOTTO E FARIAS, 2001).

5.1. Evapotranspiração máxima e relações com a evaporação do tanque classe A, com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman e com a radiação solar global

Os dados apresentados para a cultura da soja são resultados médios de cinco anos de experimentação para a época de semeadura da segunda quinzena de novembro (BERLATO et al., 1986).

Na Tabela 26, são apresentados os valores médios de evapotranspiração máxima da soja (ET_m), bem como das relações da ET_m com a evaporação do tanque classe A (K_{c1}), com a evapotranspiração calculada pelo método de Penman (K_{c2}) e com a radiação solar global (K_{c3}), nos diferentes períodos de desenvolvimento da cultura. Durante o período de estabelecimento da cultura (S – V₂) a evapotranspiração é menor, com um valor médio diário de 2,7mm. Com o crescimento e desenvolvimento das plantas, aumenta a evapotranspiração, ocorrendo um maior consumo (7,5mm.dia⁻¹) do início da floração ao início de enchimento de grãos (subperíodo R₁ – R₅). No final do ciclo, durante o subperíodo R₅ – R₇, o consumo de água diminui apresentando um valor médio de 5,7mm.dia⁻¹. Entre as culturas mesófitas que foram pesquisadas no Rio Grande do Sul (milho, soja, trigo, girassol, sorgo, feijão), a soja é a que apresenta os maiores valores de ET_m total no ciclo (827,2mm) e média diária, com 6,1mm.dia⁻¹. Um fator que contribui para isso, é o elevado índice de área foliar (IAF) verificado para a cultura, chegando em algumas ocasiões a atingir valores superiores a 7.

Os coeficientes de cultura K_{c1}, K_{c2} e K_{c3} apresentam um comportamento semelhante à ET_m. São menores no início do ciclo, atingindo valores máximos durante o subperíodo R₁ – R₅. Comparando-se com os coeficientes obtidos para a cultura do milho, verifica-se que os valores para a soja são bem maiores, devido a maior evapotranspiração desta cultura. Os valores mais altos de ET_m, bem como dos coeficientes, coincidem com o período em que a soja atinge o máximo IAF e máxima altura de planta.

Tabela 26. Evapotranspiração máxima (ET_m) e coeficientes de estimativa (K_{c1}, K_{c2} e K_{c3}), em diferentes subperíodos da soja. Valores médios de 5 anos. Estação experimental de Taquari, RS.

Subperíodo *	Duração média (dias)	ET _m (mm)		K _{c1}	K _{c2}	K _{c3}
		Total	Média diária			
S – V ₂	17	46,0	2,7	0,44	0,56	0,33
V ₂ – R ₁	42	264,6	6,3	0,90	1,21	0,69
R ₁ – R ₅	40	300,0	7,5	1,21	1,50	0,90
R ₅ – R ₇	38	216,6	5,7	1,09	1,41	0,83
S – R ₇	137	827,2	6,1	1,00	1,30	0,73

Fonte: Adaptado de BERLATO et al., 1986

* S – semeadura; V₂ – 1ª folha trifoliolada desenvolvida; R₁ – início da floração; R₅ – início do enchimento de grãos; R₇ – maturação fisiológica; ciclo completo – S – R₇.

5.2. Disponibilidades hídricas para a cultura da soja em diferentes locais e épocas de semeadura

São apresentados resultados de balanços hídricos do período 1975/76 a 2000/2001, para dez localidades do Estado (Tabela 27). A posição geográfica dos locais é apresentada na Figura 8. Utilizou-se a metodologia de THORNTHWAITE & MATHER (1955) para cálculo do balanço hídrico decendial, com um valor médio para a capacidade de água disponível (CAD) de 100 mm. O período para cada local é variável (Tabela 22), em função da disponibilidade de dados meteorológicos para o cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Penman.

A evapotranspiração máxima da cultura (ET_m), foi calculada utilizando-se coeficientes de cultura (K_c) para cada época de semeadura, adaptados de BERLATO et al. (1986), segundo a relação:

$$K_c = ET_m/ET_o$$

sendo, ET_o a evapotranspiração de referência calculada pelo método de PENMAN (1956).

As determinações de evapotranspiração máxima da soja (ET_m), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica, foram feitas para três épocas de semeadura (outubro, novembro e dezembro, iniciadas no dia primeiro de cada mês) nos seguintes períodos de desenvolvimento da cultura: da semeadura até a 1ª folha trifoliolada desenvolvida (S – V2); de V2 até o início da floração (V2 – R1); de R1 até o início de enchimento de grãos (R1 – R5); de R5 até a maturação fisiológica (R5 – R7) e no ciclo completo da cultura (S – R7).

Tabela 27. Relação das localidades onde foram calculados os balanços hídricos para a cultura da soja

Nº	Localidade	Região Climática	Período calculado	Coordenadas Geográficas		
				Altitude	Latitude	Longitude
1	Cruz Alta	Planalto	75/76-96/97	473	28°38'21''	53°36'42''
2	Júlio de Castilhos		75/76-95/96	514	29°13'26''	53°40'45''
3	Passo Fundo		75/76-96/97	709	28°15'41''	52°24'45''
4	Santa Rosa	Missões	75/76-98/99	273	27°51'50''	54°29'03''
5	São Borja	Vale do Uruguai	75/76-97/98	99	28°39'44''	56°00'44''
6	São Gabriel	Depressão Central	75/76-99/00	109	30°20'27''	54°19'01''
7	Taquari		75/76-00/01	76	29°48'15''	51°49'30''
8	Rio Grande	Litoral Sul	75/76-98/99	15	32°01'02''	52°09'32''
9	Encruzilhada do Sul	Serra do Sudeste	75/76-98/99	420	30°25'35''	52°31'20''
10	Veranópolis	Serra do Nordeste	75/76-98/99	705	28°56'14''	51°33'11''

Nas Tabelas 28 a 37, são apresentados os resultados de evapotranspiração máxima (ET_m), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica (D), valores totais em milímetros, para as localidades de Cruz Alta, Júlio de Castilhos, Passo Fundo, Santa Rosa, São Borja, São Gabriel, Taquari, Rio Grande, Encruzilhada do Sul e Veranópolis, respectivamente, em quatro subperíodos de desenvolvimento da cultura da soja e no ciclo completo, para três épocas de semeadura.

Os maiores valores de evapotranspiração (ET_m) total no ciclo completo, foram verificados durante os anos agrícolas de 1978/79, 1981/82, 1985/86 e 1990/91. São anos em que ocorreram estiagens no Rio Grande do Sul, e, segundo FARIAS et al. (1993), perdas nas

safras de soja que variaram de 38 % a 58 %. Como em anos de estiagem ocorre um maior número de dias claros, é normal que as condições meteorológicas favoreçam uma maior demanda evaporativa da atmosfera e, portanto, maior consumo de água pelas culturas. Se não houver disponibilidade hídrica adequada para a cultura, ocorre déficit hídrico. Para a localidade de Júlio de Castilhos, por exemplo, os valores de evapotranspiração da cultura foram superiores a 1000mm durante o ciclo completo, para as épocas de semeadura de outubro e novembro, durante o ano agrícola 1985/86, ano que se caracterizou pela ocorrência de forte estiagem, com perdas significativas nas lavouras do Estado.

Os valores médios de evapotranspiração total no ciclo completo da cultura variam de 654 mm na época de semeadura de dezembro para Encruzilhada do Sul (Tabela 36), a 930 mm na época de semeadura de outubro para Júlio de Castilhos (Tabela 29). Comparando-se com os valores obtidos para a cultura do milho (variação de 412mm a 648mm, Tabela 20), verifica-se que a cultura da soja apresenta maior consumo de água, chegando, em alguns casos a ser mais de 50% superior ao consumo de água do milho, no ciclo completo. Este maior consumo de água da soja, é atribuído, em parte, ao maior índice de área foliar da cultura e ao fato de haver uma cobertura do solo mais rápida, em função do maior crescimento inicial. Além disso, em média, a soja tem um ciclo de desenvolvimento mais longo que o milho.

Os maiores valores de ET_m são verificados em Júlio de Castilhos e São Gabriel, sendo os menores valores observados em Encruzilhada do Sul e Taquari. Na época de semeadura de outubro, ocorrem os maiores valores de consumo de água total no ciclo, havendo uma redução gradativa até a época de dezembro. O maior consumo de água durante a época de outubro ocorre devido à coincidência dos períodos de maior área foliar da cultura com os períodos de maior demanda atmosférica.

O subperíodo de desenvolvimento da soja em que foram verificados os maiores valores de ET_m foi do início da floração ao início do enchimento de grãos (R₁-R₅), com valores médios que variam de 249mm a 359mm (Tabela 38). Durante o estabelecimento da cultura e início de desenvolvimento das plantas (subperíodo S-V₂), os valores de evapotranspiração da cultura são menores, variando em média, de 36 mm a 99 mm, para os diferentes locais e épocas de semeadura. Com o aumento da área foliar durante o subperíodo V₂-R₁, são observados valores elevados de evapotranspiração da cultura, atingindo, como referido anteriormente, valores máximos durante a floração e início de enchimento de grãos. No final do ciclo, durante o subperíodo R₅-R₇, ocorre uma diminuição do consumo de água, devido à redução da atividade fisiológica das plantas e senescência das folhas próximo à maturação fisiológica, com a conseqüente redução da área foliar.

Os valores totais de evapotranspiração real (ET_r) durante o ciclo completo da cultura, na média do período estudado, considerando os diversos locais, variam de 420mm para a época de semeadura de dezembro em Rio Grande (Tabela 35), a 620 mm para a época de semeadura de outubro em Passo Fundo (Tabela 30). Os maiores valores de ET_r são verificados em Passo Fundo e Veranópolis, sendo os menores valores observados em Rio Grande e São Gabriel. A evapotranspiração real de uma cultura depende das condições de disponibilidade hídrica no solo, do estágio de desenvolvimento da cultura e, também, das condições meteorológicas que determinam a demanda evaporativa da atmosfera. Em anos com maior disponibilidade hídrica, como ocorrido, por exemplo, durante o ano agrícola

1992/93 para a localidade de Passo Fundo, os valores de ETr se aproximaram mais dos valores de ETm da cultura, acarretando baixos valores de deficiência hídrica. Em dias quentes e secos, mesmo que o solo esteja em capacidade de campo, pode ocorrer déficit hídrico, pelo fato da planta não conseguir repor água na mesma quantidade em que está perdendo. Com a diminuição da demanda evaporativa no final da tarde, a planta começa a absorver maior quantidade de água, iniciando a recuperação do déficit, ocorrendo um equilíbrio dos potenciais durante a noite. Caso não haja reposição de água no solo, chegará o momento em que o processo se tornará irreversível. A duração deste período depende da demanda hídrica da atmosfera, da capacidade de armazenamento de água no solo, das características da cultura e do estágio de desenvolvimento da planta.

Os resultados apresentados mostram que ocorre deficiência hídrica em praticamente todos os anos para a cultura da soja no estado. A deficiência hídrica média total no ciclo varia de 181mm na época de 01/12 em Passo Fundo, a 424mm na época de 01/10 em São Gabriel. São Gabriel, Rio Grande e Júlio de Castilhos apresentam as maiores deficiências hídricas, enquanto Passo Fundo e Veranópolis apresentam valores menores. CUNHA et al. (1998) determinaram a perda potencial de rendimento em soja por deficiência hídrica, para algumas localidades do Rio Grande do Sul, entre elas Passo Fundo e Cruz Alta. Observaram, que a perda potencial de rendimento foi menor para Passo Fundo, indicando menor deficiência hídrica. Observaram ainda, que a medida que a época de semeadura foi retardada, diminuiu a perda de rendimento potencial, devido a diminuição da deficiência de água, principalmente no período crítico.

As maiores deficiências hídricas ocorrem durante o subperíodo compreendido entre o início da floração e início de enchimento de grãos, caracterizado como o subperíodo de desenvolvimento com maior consumo de água pela cultura. Durante este subperíodo, as deficiências médias variam de 74 mm para a semeadura de dezembro em Cruz Alta, a 195 mm para a semeadura de outubro, em São Gabriel, ocorrendo grandes diferenças entre locais e épocas de semeadura. Os menores valores de deficiência hídrica foram observados durante o subperíodo da semeadura à emissão da primeira folha trifoliolada. Este subperíodo caracteriza-se pelo baixo índice de área foliar, sendo este o principal fator responsável pelo baixo consumo de água, ocorrendo desta forma, baixos valores de deficiência hídrica. Dezembro é a época de semeadura de menor deficiência hídrica, durante o período crítico, em todos os locais, enquanto que em outubro ocorrem as maiores deficiências. Pelos resultados obtidos, evidencia-se maior risco por deficiência hídrica para a época de semeadura de outubro, e menor risco para a época de dezembro. Em períodos de forte estiagem como ocorreu durante o ano agrícola 1985/86, por exemplo, foram observados valores de deficiência hídrica total no ciclo, superiores a 800 mm em alguns locais.

Os resultados demonstram que a deficiência hídrica caracteriza-se como um dos principais fatores limitantes à produção de soja no Estado do Rio Grande do Sul, causando com frequência, reduções nas safras desta cultura.

Tabela 28. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo da soja, para três épocas de semeadura. Cruz Alta, RS, período 1975/76-1996/97.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		S – V2	V2 – R1	R1 – R5	R5 – R7	S – R7	S – V2	V2 – R1	R1 – R5	R5 – R7	S – R7	S – V2	V2 – R1	R1 – R5	R5 – R7	S – R7
75/76	01/10	40	249	290	233	812	38	236	207	201	682	2	13	83	33	131
	01/11	45	239	260	175	720	44	194	248	143	630	1	45	12	32	90
	01/12	50	165	273	152	640	50	151	235	140	576	0	14	38	12	64
76/77	01/10	39	310	306	247	902	39	269	233	174	715	0	41	73	73	187
	01/11	53	262	278	210	803	49	230	234	110	623	4	33	44	99	180
	01/12	58	172	287	188	706	58	169	236	102	566	0	3	52	86	141
77/78	01/10	42	288	348	258	936	39	274	100	112	525	3	14	249	146	412
	01/11	51	246	317	253	866	47	186	100	105	438	3	60	217	148	428
	01/12	56	206	306	240	808	51	96	121	65	333	5	110	185	174	475
78/79	01/10	42	267	385	262	956	41	224	83	128	476	1	43	302	134	480
	01/11	44	243	394	180	861	44	171	77	167	458	0	72	318	13	403
	01/12	60	241	297	170	767	58	99	163	101	421	1	142	134	69	346
79/80	01/10	33	253	337	257	880	33	222	179	62	496	0	32	158	194	384
	01/11	49	219	336	204	809	49	185	109	94	437	0	34	227	110	372
	01/12	43	214	296	176	729	43	128	72	132	374	0	87	224	44	354
80/81	01/10	39	240	289	217	785	39	229	240	216	724	0	11	49	1	61
	01/11	43	217	267	215	742	43	205	248	201	697	0	12	19	14	45
	01/12	54	173	257	208	692	54	162	250	137	602	0	11	7	71	90
81/82	01/10	40	295	347	239	921	38	263	120	142	563	2	32	226	98	358
	01/11	45	249	341	201	836	45	215	100	139	499	0	34	241	62	337
	01/12	61	216	275	211	763	61	118	166	64	409	0	98	109	147	354
83/84	01/10	42	318	304	243	908	42	213	189	219	663	0	105	115	24	245
	01/11	41	281	276	209	806	41	151	275	142	608	0	129	2	67	198
	01/12	58	185	282	190	716	52	160	234	125	570	7	25	48	65	145
84/85	01/10	44	283	398	232	957	44	201	87	136	468	0	82	311	96	489
	01/11	45	271	359	190	866	41	152	100	168	462	4	119	260	22	404
	01/12	60	246	268	176	750	53	109	165	151	479	6	137	102	25	271
85/86	01/10	39	386	316	206	947	38	107	82	127	354	0	278	234	80	592
	01/11	67	278	295	150	790	46	55	178	95	375	21	222	117	54	415
	01/12	66	187	230	144	628	23	85	145	133	387	43	102	85	11	241
86/87	01/10	42	325	329	236	932	42	273	217	206	738	0	52	112	30	194
	01/11	61	271	305	192	829	58	170	272	132	632	3	101	33	60	197
	01/12	63	195	270	196	724	60	168	233	115	577	2	26	37	81	147
87/88	01/10	36	275	316	230	857	35	219	122	145	521	1	57	194	85	337
	01/11	44	240	303	204	792	44	133	180	64	421	0	107	123	141	371
	01/12	58	185	264	207	714	47	119	176	83	425	11	66	88	125	289
88/89	01/10	41	307	319	195	862	40	233	171	138	582	1	74	148	56	280
	01/11	51	259	268	175	753	48	162	185	142	538	2	97	83	33	215
	01/12	59	191	227	156	632	52	157	173	148	530	7	34	54	8	102
89/90	01/10	43	306	299	215	863	40	203	213	170	626	3	103	87	45	237
	01/11	55	239	282	169	745	55	189	241	133	618	0	50	41	36	127
	01/12	62	164	244	162	632	56	149	195	158	559	6	15	49	4	73
92/93	01/10	31	263	283	182	760	31	216	217	112	576	0	47	67	70	184
	01/11	46	238	219	163	666	46	204	189	99	538	0	34	30	64	128
	01/12	54	163	216	147	580	53	143	142	138	476	1	20	74	9	104
93/94	01/10	29	250	320	146	745	29	241	181	142	594	0	9	138	3	151
	01/11	43	221	256	149	669	43	195	148	149	536	0	26	108	0	134
	01/12	46	201	167	176	591	46	107	164	165	482	0	94	3	12	109
94/95	01/10	31	257	221	183	692	31	173	155	54	414	0	83	66	129	279
	01/11	35	202	235	133	606	35	138	118	77	369	0	64	117	56	237
	01/12	43	135	206	139	524	37	130	100	92	359	6	6	106	47	164
95/96	01/10	38	305	294	174	811	36	136	108	167	447	2	170	186	7	364
	01/11	53	260	219	167	698	51	111	171	148	480	2	149	48	19	218
	01/12	68	155	202	129	555	40	111	192	110	454	28	44	11	19	101
96/97	01/10	19	224	223	135	601	19	180	154	128	481	0	44	69	7	120
	01/11	34	171	214	122	540	34	158	179	113	484	0	12	35	9	56
	01/12	33	145	154	141	472	33	128	152	114	427	0	16	3	26	45
Valores médios																
Época	01/10	37	284	312	215	849	37	216	161	146	560	1	68	151	69	289
	01/11	48	242	286	182	758	45	169	176	127	518	2	74	109	55	240
	01/12	55	186	249	174	664	49	131	174	120	474	6	55	74	54	190

* S - semeadura; V₂ - 1ª folha trifoliolada desenvolvida; R₁ - início da floração; R₅ - início de enchimento de grãos; R₇ - maturação fisiológica; ciclo completo S - R₇.
Fonte: MATZENAUER et al. (1998c)

Tabela 29. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo da soja, para três épocas

de semeadura. Júlio de Castilhos, RS, período 1975/76-1995/96.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		S- V2	V2- R1	R1- R5	R5- R7	S- R7	S- V2	V2- R1	R1- R5	R5- R7	S- R7	S- V2	V2- R1	R1- R5	R5- R7	S- R7
75/76	01/10	49	303	337	264	952	42	275	223	212	751	7	29	113	52	201
	01/11	55	281	296	204	836	54	235	255	152	696	1	46	41	52	140
	01/12	61	189	308	179	736	61	168	227	166	621	0	21	81	13	115
76/77	01/10	46	331	296	255	928	45	246	171	143	606	0	85	125	112	322
	01/11	59	259	278	224	820	56	153	191	116	516	3	106	87	108	304
	01/12	59	167	296	206	728	56	151	195	121	524	3	16	101	85	204
77/78	01/10	47	290	349	261	947	47	255	131	138	571	0	36	218	123	376
	01/11	55	247	329	238	869	53	171	162	109	496	1	76	167	128	373
	01/12	61	204	306	217	787	54	139	157	70	421	7	64	149	147	367
78/79	01/10	38	267	396	266	968	38	216	65	87	406	1	52	331	179	562
	01/11	45	252	410	184	890	45	171	43	116	375	0	81	366	68	515
	01/12	58	251	299	188	796	53	97	103	70	323	5	154	195	119	473
79/80	01/10	39	257	358	307	961	36	242	150	53	481	3	15	209	253	480
	01/11	45	231	385	235	896	45	183	71	109	409	0	48	314	126	487
	01/12	48	232	353	186	820	48	111	60	166	386	0	120	293	21	434
80/81	01/10	38	274	298	222	832	38	267	199	182	687	0	7	98	40	145
	01/11	51	229	277	218	776	51	204	200	127	582	0	25	77	92	193
	01/12	53	178	263	237	730	53	159	215	57	484	0	19	48	180	246
81/82	01/10	47	323	357	259	985	43	241	92	203	580	3	81	264	56	405
	01/11	48	249	362	247	906	48	211	140	159	558	0	38	222	88	348
	01/12	63	226	301	257	846	63	98	237	60	458	0	128	64	197	388
82/83	01/10	45	295	353	236	928	45	246	197	162	649	0	49	156	74	279
	01/11	46	268	330	192	837	46	214	169	191	621	0	54	161	1	216
	01/12	61	216	266	206	750	61	170	202	189	622	0	46	65	17	127
83/84	01/10	42	331	325	241	938	42	235	206	225	707	0	96	119	16	231
	01/11	46	300	272	225	842	46	226	243	144	658	0	74	29	82	185
	01/12	61	191	279	209	740	58	187	254	121	619	3	4	26	88	121
84/85	01/10	43	310	401	199	952	43	235	128	112	517	0	75	273	87	436
	01/11	49	281	333	210	873	43	200	125	128	496	6	81	208	82	377
	01/12	60	252	234	209	755	55	146	128	147	476	4	107	106	62	279
85/86	01/10	47	432	428	293	1200	44	114	71	94	324	3	318	357	199	877
	01/11	73	347	397	230	1047	46	87	78	157	367	27	260	320	73	680
	01/12	79	260	332	193	864	50	62	113	174	398	29	198	219	20	466
86/87	01/10	46	321	347	276	990	46	279	193	146	664	0	42	154	130	326
	01/11	53	276	334	248	911	51	173	213	109	545	2	103	121	139	365
	01/12	66	203	315	258	842	63	163	180	149	555	3	40	135	109	287
87/88	01/10	44	312	355	266	976	43	256	139	178	616	1	56	216	87	360
	01/11	46	270	352	243	911	46	165	199	90	499	0	105	154	153	412
	01/12	69	206	304	267	846	63	141	213	51	467	6	65	91	216	379
88/89	01/10	50	337	348	244	979	47	257	180	158	641	3	81	168	86	337
	01/11	58	266	320	219	863	56	144	221	148	568	2	122	98	72	295
	01/12	60	213	286	188	748	54	167	190	164	575	6	46	96	24	173
89/90	01/10	46	322	354	280	1003	44	236	219	152	652	2	86	135	128	351
	01/11	53	275	347	210	885	52	227	226	126	631	1	48	121	84	254
	01/12	69	201	321	187	777	63	179	189	178	609	5	22	132	9	168
90/91	01/10	46	284	397	291	1018	46	270	172	123	611	0	14	225	168	407
	01/11	41	272	380	248	941	41	255	129	100	525	0	17	251	148	416
	01/12	60	249	339	222	870	58	157	138	110	463	2	92	202	112	407
91/92	01/10	43	297	290	201	831	40	187	196	201	624	3	110	95	0	208
	01/11	47	233	277	191	748	45	212	221	185	662	2	21	56	6	86
	01/12	59	178	233	178	648	59	148	233	167	607	0	30	0	11	41
92/93	01/10	37	280	299	242	858	37	207	186	149	579	0	73	114	93	279
	01/11	53	237	279	172	741	49	166	197	114	527	4	71	82	58	215
	01/12	56	174	284	130	644	56	163	198	111	529	0	11	85	19	115
93/94	01/10	34	261	361	217	873	34	254	227	160	675	0	7	134	57	198
	01/11	44	233	361	167	805	44	231	186	159	620	0	2	175	8	185
	01/12	52	234	246	176	708	52	148	187	151	539	0	86	59	25	170
94/95	01/10	26	216	219	186	648	26	183	121	160	490	0	33	98	27	158
	01/11	30	180	239	152	601	30	147	180	147	504	0	33	59	5	97
	01/12	38	137	211	168	554	38	118	194	145	495	0	19	17	23	59
95/96	01/10	40	285	263	173	761	37	153	111	173	474	2	133	152	0	287
	01/11	51	219	224	170	663	48	137	158	157	501	2	82	65	13	162
	01/12	56	146	201	152	554	38	114	201	127	481	17	32	0	25	74
Valores médios																
Época	01/10	42	301	339	247	930	41	231	161	153	586	1	70	179	94	344
	01/11	50	257	323	211	841	47	186	172	135	541	3	71	151	75	300
	01/12	59	205	285	201	750	55	142	182	128	507	4	63	103	72	242

* S - semeadura; V₂ - 1ª folha trifoliolada desenvolvida; R₁ - início da floração; R₅ - início de enchimento de grãos; R₇ - maturação fisiológica; ciclo completo S - R₇.—

Fonte: MATZENAUER et al. (1998c)

Tabela 30. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D). Valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo da soja, para três épocas de semeadura. Passo Fundo, RS, período 1975/76-1996/97.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		S – V2	V2 – R1	R1 – R5	R5 – R7	S – R7	S – V2	V2 – R1	R1 – R5	R5 – R7	S – R7	S – V2	V2 – R1	R1 – R5	R5 – R7	S – R7
75/76	01/10	40	270	306	246	862	40	251	237	162	690	0	19	70	83	172
	01/11	57	229	284	208	777	56	184	242	119	600	1	44	42	89	177
	01/12	50	181	290	172	693	50	164	189	135	538	0	17	101	37	155
76/77	01/10	44	315	306	239	904	44	298	259	228	829	0	17	47	11	75
	01/11	55	274	255	212	796	55	258	244	194	752	0	16	10	18	44
	01/12	62	164	280	183	689	62	160	262	154	639	0	4	17	29	50
77/78	01/10	39	275	346	260	920	37	274	201	108	619	1	1	146	152	300
	01/11	49	244	318	235	847	49	203	150	108	511	0	41	168	127	336
	01/12	58	200	306	220	784	51	149	124	167	491	6	51	182	53	293
78/79	01/10	44	287	396	280	1007	44	260	100	117	521	0	27	296	162	486
	01/11	49	256	419	181	905	49	189	62	164	464	0	68	356	18	442
	01/12	59	251	313	177	801	58	113	150	110	431	1	138	163	68	369
79/80	01/10	36	236	306	253	832	36	235	252	176	699	0	1	55	77	133
	01/11	46	189	334	197	767	46	188	215	179	627	0	1	120	18	139
	01/12	38	202	291	187	718	38	178	209	151	575	0	24	83	36	142
80/81	01/10	41	262	299	224	825	41	239	250	182	713	0	23	48	41	112
	01/11	50	223	283	196	753	46	223	238	135	642	4	1	45	61	110
	01/12	55	175	261	205	697	55	161	211	86	513	0	14	50	119	184
81/82	01/10	39	295	328	210	873	39	268	207	76	590	0	27	121	134	283
	01/11	51	228	347	215	841	51	227	138	98	514	0	1	209	117	327
	01/12	57	205	284	233	779	57	152	107	66	381	0	53	177	168	398
82/83	01/10	43	247	304	176	770	43	198	189	96	525	0	49	115	81	245
	01/11	35	229	286	173	723	35	155	161	173	525	0	73	125	0	199
	01/12	51	189	238	186	664	46	170	170	171	557	5	18	68	15	106
83/84	01/10	41	289	289	185	804	41	216	206	154	616	0	74	83	32	188
	01/11	38	253	260	204	755	38	211	213	104	566	0	42	47	100	189
	01/12	52	176	263	186	677	52	172	211	107	542	0	4	52	79	136
84/85	01/10	43	252	358	182	836	42	138	134	127	440	1	115	224	55	395
	01/11	25	251	333	178	787	24	169	152	121	466	0	82	181	58	321
	01/12	56	223	250	173	703	55	144	174	121	494	1	79	76	52	209
85/86	01/10	44	370	341	216	971	39	146	139	41	366	5	224	202	174	605
	01/11	65	275	336	206	882	56	134	104	97	391	9	141	231	109	491
	01/12	64	210	292	183	749	51	132	85	111	379	13	78	207	72	370
86/87	01/10	43	301	287	183	815	42	235	182	126	586	1	66	105	57	229
	01/11	56	231	267	198	752	50	171	199	86	506	6	60	68	111	245
	01/12	54	167	250	214	685	52	152	191	108	504	1	15	60	105	181
87/88	01/10	34	288	319	183	824	34	217	219	151	620	0	71	100	33	204
	01/11	48	229	301	211	789	48	197	237	86	568	0	32	64	126	221
	01/12	56	192	258	221	726	55	179	176	70	480	0	13	81	151	245
88/89	01/10	46	323	286	159	815	46	248	265	155	714	0	75	21	5	101
	01/11	55	238	254	177	724	54	227	239	175	695	1	11	15	2	29
	01/12	54	173	226	176	630	53	171	213	159	597	1	2	13	17	33
89/90	01/10	40	306	281	187	815	40	226	222	169	657	0	81	59	18	158
	01/11	53	241	269	168	732	53	224	238	154	670	0	17	31	14	62
	01/12	60	153	250	158	621	60	149	221	151	581	1	4	29	8	41
90/91	01/10	33	254	352	195	833	33	217	114	137	500	0	38	238	58	333
	01/11	38	237	331	203	808	38	181	149	83	450	0	56	182	120	358
	01/12	52	223	275	193	743	52	100	158	62	372	0	124	117	131	371
91/92	01/10	45	278	303	190	815	41	243	252	186	722	4	35	50	4	93
	01/11	47	219	277	172	715	46	219	232	166	663	0	0	46	6	52
	01/12	49	197	222	152	619	49	164	215	152	579	0	33	7	0	40
92/93	01/10	36	281	310	216	843	36	266	266	211	779	0	14	44	6	64
	01/11	52	246	268	175	742	52	218	265	167	703	0	28	3	8	39
	01/12	55	183	254	145	638	55	168	243	145	611	0	15	11	0	26
93/94	01/10	38	264	355	176	833	38	264	210	123	635	0	0	144	53	198
	01/11	47	240	292	175	753	47	216	140	164	565	0	25	152	11	188
	01/12	51	221	202	198	672	51	141	153	160	505	0	80	49	37	166
94/95	01/10	23	224	228	184	658	23	203	228	159	613	0	20	0	25	45
	01/11	30	197	231	146	604	30	194	216	107	546	0	3	16	39	58
	01/12	46	133	207	169	554	46	133	168	106	453	0	0	39	63	102
95/96	01/10	34	308	313	213	868	34	208	126	209	576	0	101	187	4	292
	01/11	52	248	273	213	785	50	145	219	170	584	1	103	54	43	201
	01/12	57	186	247	201	691	48	136	232	147	563	8	50	15	55	128
96/97	01/10	32	300	329	213	874	32	203	210	187	633	0	97	118	26	241

	01/11	47	236	327	190	800	46	180	244	94	565	1	56	83	95	235	
	01/12	47	215	240	251	753	46	194	209	63	513	1	21	31	187	240	
Valores médios																	
Época	01/10	39	283	316	208	845	38	230	203	149	620	1	53	112	59	225	
	01/11	47	237	298	193	774	46	196	195	134	571	1	41	102	59	203	
	01/12	54	192	259	190	695	52	154	185	123	514	2	38	74	67	181	

* S - semeadura; V₂ - 1ª folha trifoliolada desenvolvida; R₁ - início da floração; R₅ - início de enchimento de grãos; R₇ - maturação fisiológica; ciclo completo S - R₇.

Fonte: MATZENUER et al. (1998c)

Tabela 31. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo da soja, para quatro épocas de semeadura. Santa Rosa, RS, período 1975/76-1998/99.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		S - V2	V2 - R1	R1 - R5	R5 - R7	S - R7	S - V2	V2 - R1	R1 - R5	R5 - R7	S - R7	S - V2	V2 - R1	R1 - R5	R5 - R7	S - R7
75/76	01/10	67	328	326	199	920	66	274	257	128	725	1	54	69	71	195
	01/11	103	232	317	188	840	101	181	219	158	659	2	51	98	30	181
	01/12	61	216	308	180	766	58	197	225	131	611	3	19	83	49	154
77/78	01/10	57	304	385	241	987	52	234	134	119	538	5	70	252	122	449
	01/11	92	260	366	243	961	81	118	130	112	440	12	142	236	131	521
	01/12	60	261	351	230	902	55	126	157	52	389	6	135	195	178	513
78/79	01/10	54	320	465	171	1010	54	158	33	138	382	0	162	432	33	628
	01/11	105	310	340	188	943	78	73	117	70	339	27	237	223	118	604
	01/12	59	326	277	182	844	43	69	127	80	319	16	257	150	103	525
79/80	01/10	56	262	383	224	925	56	259	216	105	637	0	3	167	119	288
	01/11	70	269	357	208	905	70	205	138	163	576	0	65	219	45	328
	01/12	60	255	339	212	865	60	178	151	127	517	0	76	187	85	348
80/81	01/10	61	307	373	223	964	61	223	192	131	607	0	84	181	92	357
	01/11	101	255	339	250	945	93	143	197	97	530	8	112	142	153	415
	01/12	54	257	320	260	892	50	153	204	69	477	5	104	116	191	415
81/82	01/10	66	320	424	225	1035	66	242	100	200	608	0	78	324	25	427
	01/11	108	274	366	235	984	107	134	195	119	555	1	140	171	116	429
	01/12	55	302	332	215	905	47	99	251	82	480	8	204	80	133	425
82/83	01/10	49	319	380	198	946	49	231	285	184	749	0	88	96	14	197
	01/11	100	262	330	212	904	89	217	297	185	789	11	44	32	27	115
	01/12	63	254	313	192	822	63	246	254	184	748	0	8	59	7	74
83/84	01/10	40	274	299	189	803	40	123	299	110	573	0	151	0	79	230
	01/11	83	201	295	180	759	57	159	235	134	585	26	42	60	46	174
	01/12	49	194	286	166	695	26	194	177	166	563	23	0	109	0	132
84/85	01/10	43	273	337	155	810	43	197	193	142	575	0	76	145	14	235
	01/11	75	239	269	167	751	74	176	188	141	579	1	63	81	26	171
	01/12	56	230	244	153	682	51	153	229	121	553	5	77	15	32	129
85/86	01/10	58	303	303	168	831	46	104	138	94	382	12	199	165	74	450
	01/11	84	223	273	167	747	64	110	96	162	431	20	114	177	5	316
	01/12	62	203	259	145	669	32	117	156	134	438	30	86	104	11	231
86/87	01/10	47	267	266	177	758	42	167	218	165	593	4	100	49	12	165
	01/11	82	183	273	194	733	76	141	238	150	606	6	42	35	44	127
	01/12	55	181	254	179	669	43	164	242	137	586	12	17	12	42	83
87/88	01/10	55	284	363	198	899	55	197	128	81	461	0	87	235	116	438
	01/11	94	249	300	212	854	90	104	163	98	456	3	145	136	114	398
	01/12	46	238	301	198	783	40	138	110	93	381	6	100	191	106	402
89/90	01/10	55	282	334	194	865	55	252	278	113	697	0	30	56	81	167
	01/11	90	207	325	177	799	89	198	247	92	626	1	9	78	84	173
	01/12	46	217	299	164	726	46	216	188	88	537	0	2	111	76	189
90/91	01/10	47	301	386	223	958	47	234	128	79	489	0	67	258	144	469
	01/11	88	272	346	215	921	87	85	109	137	420	1	187	236	78	502
	01/12	59	250	348	196	854	48	121	111	102	382	12	129	237	93	471
91/92	01/10	48	239	312	127	726	43	187	181	127	538	6	51	131	0	188
	01/11	76	221	224	131	651	67	149	175	130	521	9	72	48	1	131
	01/12	41	220	201	118	580	41	118	200	118	476	0	103	1	0	104
92/93	01/10	51	251	267	147	717	51	153	259	92	556	0	98	7	55	161
	01/11	84	182	259	120	646	72	147	197	116	533	12	35	62	4	112
	01/12	45	181	220	129	575	32	181	159	120	492	13	0	61	9	83
93/94	01/10	32	164	321	164	681	32	152	197	156	537	0	12	124	8	144
	01/11	35	220	210	155	620	35	136	210	125	506	0	84	0	30	113
	01/12	29	220	194	128	572	29	167	181	106	483	0	54	14	21	89
94/95	01/10	40	274	265	144	724	40	171	221	115	548	0	103	44	29	176
	01/11	86	175	250	153	664	73	159	184	141	558	13	16	65	11	106

95/96	01/12	46	179	216	152	593	44	169	163	124	499	3	10	53	28	94
	01/10	60	299	281	122	762	54	108	227	102	490	6	191	54	20	271
	01/11	99	209	236	98	641	57	133	217	81	487	42	76	19	17	154
96/97	01/12	47	203	162	140	552	30	178	144	114	465	17	25	19	25	86
	01/10	54	226	322	128	730	54	220	254	116	645	0	6	68	12	86
	01/11	71	199	228	178	677	71	159	208	113	551	0	40	20	66	126
97/98	01/12	31	220	211	166	628	31	192	180	95	497	0	29	31	71	131
	01/10	43	224	251	164	683	43	194	209	147	593	0	30	41	18	90
	01/11	76	188	216	159	638	71	153	197	151	573	5	35	18	7	66
98/99	01/12	32	181	226	149	587	32	155	199	149	535	0	26	27	0	52
	01/10	41	213	298	159	712	40	164	136	100	440	2	50	163	59	273
	01/11	63	210	237	169	679	60	140	157	91	449	3	69	80	78	231
	01/12	39	208	230	153	629	39	133	169	101	442	0	74	61	52	188
Valores médios																
Época	01/10	51	274	334	179	838	50	193	195	125	562	2	81	139	54	277
	01/11	85	229	289	182	785	76	146	187	126	535	9	83	102	56	250
	01/12	50	227	268	173	718	43	157	181	113	494	7	70	87	60	224

* S- semeadura; V₂ - 1ª folha trifoliolada desenvolvida; R₁ - início da floração; R₅- início de enchimento de grãos; R₇ - maturação fisiológica; ciclo completo S-R₇

Tabela 32. Evapotranspiração máxima (ETm), Evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo da soja, para quatro épocas de semeadura. São Borja, RS, período 1975/76-1997/98.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		S - V2	V2 - R1	R1 - R5	R5 - R7	S - R7	S - V2	V2 - R1	R1 - R5	R5 - R7	S - R7	S - V2	V2 - R1	R1 - R5	R5 - R7	S - R7
75/76	01/10	63	304	310	156	833	63	232	263	140	698	0	72	47	16	134
	01/11	92	213	295	151	752	92	195	252	143	681	0	19	43	9	71
	01/12	60	197	263	161	681	51	197	223	145	616	9	1	40	15	65
77/78	01/10	61	326	402	240	1029	59	263	127	54	503	2	63	274	186	526
	01/11	104	269	361	258	992	94	160	80	73	406	10	110	281	186	586
	01/12	57	275	348	247	927	57	147	100	55	359	0	128	248	192	568
78/79	01/10	53	326	437	169	984	53	157	46	156	411	0	169	391	13	573
	01/11	101	309	324	175	910	77	55	152	104	389	24	254	172	71	521
	01/12	65	295	284	167	811	43	75	173	79	370	22	219	111	88	440
79/80	01/10	60	271	405	204	940	60	248	114	125	547	0	24	290	80	393
	01/11	79	279	351	172	881	79	163	133	154	528	0	116	218	18	353
	01/12	57	278	309	170	814	57	121	171	143	491	0	157	139	27	322
80/81	01/10	45	254	291	165	755	45	203	220	110	578	0	51	71	54	176
	01/11	81	205	264	170	721	79	160	224	62	525	2	45	40	109	196
	01/12	51	201	246	160	657	46	181	178	57	463	4	20	68	103	194
81/82	01/10	60	304	358	187	908	60	277	95	126	558	0	27	262	61	351
	01/11	103	251	302	191	847	103	105	137	120	465	0	146	164	71	382
	01/12	54	252	277	179	762	46	81	143	116	385	8	171	135	63	377
82/83	01/10	33	288	374	172	867	33	204	167	154	558	0	84	206	19	309
	01/11	94	259	301	176	829	93	163	204	133	593	1	96	97	43	236
	01/12	55	253	277	161	746	50	192	172	147	561	6	61	106	13	185
83/84	01/10	48	330	319	193	890	48	127	236	113	524	0	204	82	80	366
	01/11	97	233	304	183	818	63	153	212	81	510	34	80	92	102	308
	01/12	64	214	284	168	730	32	205	164	96	497	31	10	120	72	233
84/85	01/10	49	308	366	165	887	46	157	77	123	403	3	151	289	41	484
	01/11	93	269	268	179	809	80	72	156	100	409	13	197	111	79	401
	01/12	59	265	245	150	719	46	59	184	107	396	12	207	61	43	322
86/87	01/10	50	288	326	199	862	50	192	246	112	601	0	95	79	87	262
	01/11	86	217	324	190	817	80	159	215	112	566	5	59	109	79	251
	01/12	59	223	293	168	743	50	211	166	126	554	9	11	127	42	189
87/88	01/10	46	275	309	182	812	44	158	173	97	472	2	118	136	85	340
	01/11	90	208	271	205	775	76	153	156	111	497	14	54	115	95	278
	01/12	44	192	287	188	712	41	173	153	130	496	4	20	134	58	215
88/89	01/10	62	301	328	189	881	60	198	267	89	614	1	103	62	100	267
	01/11	91	238	296	169	795	75	219	194	95	582	17	19	102	75	213
	01/12	55	217	288	154	715	55	216	149	106	526	0	1	139	49	188
89/90	01/10	56	271	359	164	851	56	256	160	113	584	0	16	200	51	266
	01/11	91	235	291	161	778	91	166	132	159	548	0	69	159	2	230
	01/12	42	243	257	157	699	42	153	155	151	501	0	90	101	6	198
90/91	01/10	46	289	370	200	905	46	218	103	111	479	0	70	267	89	426
	01/11	84	259	331	183	857	81	77	143	111	413	3	182	187	72	444
	01/12	57	242	317	174	789	46	129	117	101	392	11	113	200	73	397
91/92	01/10	46	218	256	140	660	41	218	198	140	597	4	0	59	0	63
	01/11	69	167	235	132	603	69	145	204	127	545	0	22	31	5	58

	01/12	38	170	216	122	546	38	128	216	116	497	0	42	0	6	49
92/93	01/10	59	260	287	170	775	50	192	279	88	609	9	68	8	82	166
	01/11	86	191	294	145	716	79	191	190	134	593	8	0	104	11	123
	01/12	45	193	252	161	651	45	193	146	140	525	0	0	106	20	126
93/94	01/10	45	260	325	151	780	45	204	139	133	521	0	56	186	18	259
	01/11	74	263	228	149	713	74	103	195	111	483	0	160	33	38	231
	01/12	57	246	215	119	637	45	120	179	107	450	12	126	36	12	187
94/95	01/10	42	306	282	137	767	42	176	184	88	490	0	130	98	49	277
	01/11	93	204	242	142	681	84	151	140	130	505	9	53	102	12	175
	01/12	54	192	208	147	600	47	155	160	118	480	7	37	47	29	120
95/96	01/10	69	220	258	154	701	39	143	194	142	518	29	178	65	11	283
	01/11	116	207	206	154	683	38	165	206	112	521	78	42	0	43	162
	01/12	46	183	215	135	578	46	164	198	95	503	0	39	27	40	106
96/97	01/10	56	279	346	147	828	56	222	215	128	621	0	57	131	19	207
	01/11	83	244	242	203	773	81	205	162	110	559	2	39	80	93	214
	01/12	46	249	217	207	719	44	190	191	98	523	2	59	27	109	196
97/98	01/10	52	289	255	163	759	52	255	214	145	665	0	35	41	18	93
	01/11	96	207	224	161	688	91	172	203	158	624	5	35	20	3	64
	01/12	48	184	228	145	605	48	158	208	138	551	0	26	20	7	54
Valores médios																
Época	01/10	52	284	331	174	842	50	205	177	118	550	2	84	154	55	296
	01/11	91	235	283	174	783	80	149	176	116	521	11	85	108	58	262
	01/12	53	227	263	164	707	46	155	169	113	483	7	73	95	51	225

* S- semeadura; V₂ - 1ª folha trifoliolada desenvolvida; R₁ - início da floração; R₅ - início de enchimento de grãos; R₇ - maturação fisiológica; ciclo completo S-R₇

Tabela 33. Evapotranspiração máxima (ET_m), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo da soja, para quatro épocas de semeadura. São Gabriel, RS, período 1975/76-1999/00.

Ano	Época	ET _m					ET _r					D				
		S-V2	V2-R1	R1-R5	R5-R7	S-R7	S-V2	V2-R1	R1-R5	R5-R7	S-R7	S-V2	V2-R1	R1-R5	R5-R7	S-R7
75/76	01/10	68	361	358	191	979	68	178	228	78	552	0	183	131	113	427
	01/11	114	260	338	165	876	96	145	152	157	550	18	115	185	8	326
	01/12	70	242	295	168	775	40	199	137	153	529	30	43	159	15	247
76/77	01/10	57	280	330	183	850	54	221	241	51	566	4	59	89	132	284
	01/11	86	216	307	204	813	84	202	175	87	548	1	14	132	118	265
	01/12	55	222	281	192	750	54	190	142	115	501	1	33	138	78	249
77/78	01/10	58	288	362	220	927	52	191	112	56	411	6	97	250	164	516
	01/11	97	256	316	198	866	77	107	107	110	401	20	148	209	88	465
	01/12	46	241	335	171	793	43	146	52	157	397	3	95	283	15	396
78/79	01/10	54	319	481	195	1049	54	200	29	76	359	0	119	452	119	690
	01/11	95	338	366	188	987	85	60	43	86	274	10	278	323	102	713
	01/12	68	323	324	178	894	44	50	103	44	241	25	273	222	134	653
79/80	01/10	56	324	420	192	991	56	144	76	90	365	0	180	344	101	626
	01/11	86	308	341	185	920	72	53	96	166	387	15	255	245	19	533
	01/12	73	293	292	182	840	42	61	134	152	389	30	232	158	30	451
80/81	01/10	62	298	360	190	910	58	196	206	85	545	5	102	154	104	365
	01/11	92	259	302	203	856	87	132	193	45	457	5	127	109	158	398
	01/12	57	242	289	198	787	49	159	168	23	400	8	83	121	175	387
81/82	01/10	66	343	420	198	1027	51	139	144	147	482	15	203	276	51	545
	01/11	177	326	308	133	945	84	50	254	65	454	26	240	71	155	492
	01/12	56	305	294	204	858	38	105	217	51	411	18	200	77	152	447
82/83	01/10	45	311	328	143	826	44	177	178	143	542	0	134	150	0	284
	01/11	94	244	245	173	756	82	141	200	151	574	11	103	45	22	181
	01/12	57	214	238	167	676	52	172	199	126	548	5	41	39	42	127
83/84	01/10	48	313	311	182	854	44	118	250	106	519	4	195	61	75	335
	01/11	94	218	293	195	800	54	163	217	69	503	41	55	76	126	298
	01/12	59	210	265	190	724	41	186	161	73	461	18	24	105	117	263
84/85	01/10	62	349	426	221	1058	54	150	76	56	335	8	199	351	165	723
	01/11	102	312	353	207	974	65	92	66	100	322	37	220	287	107	652
	01/12	70	302	324	186	882	55	66	90	116	327	15	236	234	70	555
85/86	01/10	82	410	425	204	1120	45	66	177	73	361	37	344	248	131	759
	01/11	122	328	345	168	963	40	97	147	84	368	83	230	198	84	595
	01/12	81	295	317	134	827	21	119	121	96	357	59	176	196	38	470
86/87	01/10	65	342	352	221	980	63	204	204	54	525	2	138	148	166	455
	01/11	108	244	355	209	916	94	170	111	106	482	14	74	244	103	434
	01/12	70	245	317	187	819	57	171	130	112	470	13	74	187	75	349
87/88	01/10	57	351	386	217	1010	57	234	193	60	543	0	117	193	157	467
	01/11	115	263	328	241	947	100	156	149	68	473	15	107	179	173	474
	01/12	58	247	344	209	857	47	187	99	82	415	11	60	245	126	442

89/90	01/10	60	302	404	152	918	59	217	208	129	614	1	85	195	23	304
	01/11	98	276	307	155	835	88	139	252	117	595	10	137	55	38	240
	01/12	57	272	259	154	742	56	196	186	142	579	1	76	73	12	163
90/91	01/10	49	305	370	197	921	49	237	71	73	429	0	69	299	124	492
	01/11	90	274	300	199	863	85	94	73	86	337	5	180	227	113	526
	01/12	57	257	297	171	782	54	108	62	84	307	4	149	235	87	475
91/92	01/10	56	274	318	162	810	49	244	186	119	598	7	29	132	43	212
	01/11	83	236	253	159	731	83	170	179	84	515	0	66	74	76	216
	01/12	50	226	237	138	651	50	153	150	94	446	0	74	87	43	205
92/93	01/10	62	284	292	177	816	52	174	210	113	549	10	110	83	64	267
	01/11	90	203	287	163	743	52	196	170	121	539	38	7	117	42	204
	01/12	51	194	271	157	673	51	182	150	94	478	0	12	120	64	196
93/94	01/10	45	268	322	170	806	44	255	164	140	603	1	13	159	31	203
	01/11	80	251	250	175	757	80	147	209	107	543	0	104	41	68	214
	01/12	56	235	244	154	689	56	136	184	118	494	0	99	60	36	195
94/95	01/10	46	314	336	167	863	46	148	164	101	458	0	166	172	67	405
	01/11	93	246	287	174	801	79	147	121	117	463	14	99	166	58	338
	01/12	66	224	254	173	717	41	153	156	96	446	24	72	98	77	271
95/96	01/10	59	303	324	190	877	59	133	225	78	496	0	170	98	112	381
	01/11	112	221	273	182	789	68	132	192	74	467	44	88	81	108	322
	01/12	36	211	285	164	697	28	169	140	109	446	8	42	146	55	251
96/97	01/10	64	318	351	183	916	47	67	97	168	379	16	251	255	15	537
	01/11	86	262	290	184	822	43	43	188	103	377	43	219	102	81	445
	01/12	66	251	263	165	746	14	41	245	67	367	52	210	19	98	379
97/98	01/10	39	237	259	154	689	39	184	232	134	589	0	53	27	20	100
	01/11	84	183	229	153	649	73	161	202	149	585	11	21	27	4	63
	01/12	33	177	225	147	582	33	156	202	138	529	0	21	23	9	53
98/99	01/10	28	256	343	186	813	28	183	138	141	490	0	73	205	45	322
	01/11	81	236	299	176	793	76	96	185	170	528	5	139	114	6	265
	01/12	52	234	281	151	719	49	116	213	128	506	3	118	68	23	212
99/00	01/10	55	322	331	174	882	58	121	125	111	415	2	201	206	63	472
	01/11	95	253	275	167	789	78	76	141	110	405	17	176	134	57	384
	01/12	61	234	245	155	695	37	89	176	89	391	24	146	69	66	305
Valores médios																
Época	01/10	56	311	359	186	912	51	174	164	99	488	5	137	195	87	424
	01/11	99	259	302	182	841	76	124	159	105	465	20	134	143	80	377
	01/12	59	246	282	171	757	44	138	151	102	435	15	108	132	68	323

* S- semeadura; V₂ - 1ª folha trifoliolada desenvolvida; R₁ - início da floração; R₅ - início de enchimento de grãos; R₇ - maturação fisiológica; ciclo completo S-R₇

Tabela34. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo da soja, para quatro épocas de semeadura. Taquari, RS, período 1975/76-2000/01.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		S - V2	V2 - R1	R1 - R5	R5 - R7	S - R7	S - V2	V2 - R1	R1 - R5	R5 - R7	S - R7	S - V2	V2 - R1	R1 - R5	R5 - R7	S - R7
75/76	01/10	60	306	336	180	881	57	234	208	60	560	2	71	128	120	321
	01/11	84	237	330	144	795	84	206	104	132	526	0	31	226	12	269
	01/12	67	224	285	144	721	56	186	117	120	479	11	38	169	24	242
76/77	01/10	52	269	290	167	778	51	228	267	143	689	1	41	23	24	89
	01/11	83	195	276	157	712	83	181	251	123	637	0	15	26	35	75
	01/12	52	195	255	136	638	46	193	235	109	583	6	2	20	27	55
77/78	01/10	55	247	311	189	803	54	211	203	88	557	1	36	108	101	246
	01/11	80	208	291	176	756	69	178	168	113	528	11	31	123	63	228
	01/12	41	206	285	169	700	41	188	121	112	462	0	18	163	57	238
78/79	01/10	45	268	391	166	870	45	200	32	104	381	0	68	359	63	490
	01/11	85	267	303	161	815	72	77	63	119	331	13	189	240	41	484
	01/12	51	270	266	149	736	44	61	116	92	313	8	209	149	57	423
79/80	01/10	49	235	311	157	752	49	208	192	101	551	0	27	119	56	202
	01/11	68	218	273	140	699	68	170	136	105	479	0	48	137	35	220
	01/12	49	207	246	139	641	40	170	139	77	425	9	37	107	62	216
80/81	01/10	44	223	310	168	746	43	178	202	121	545	1	45	108	47	201
	01/11	63	215	271	179	728	63	118	228	64	473	0	97	42	115	254
	01/12	50	212	251	169	682	40	151	201	46	438	9	61	50	124	244
81/82	01/10	55	257	317	171	801	55	180	100	96	431	0	78	217	75	370
	01/11	84	215	269	184	751	83	106	128	80	398	1	108	141	104	353
	01/12	44	234	241	171	690	38	88	132	88	345	6	146	109	83	345
82/83	01/10	38	273	321	157	789	38	212	125	154	529	0	61	196	4	260
	01/11	82	225	264	168	739	82	166	156	160	563	0	59	108	9	176
	01/12	52	213	253	155	672	50	155	183	137	526	1	57	70	17	146

83/84	01/10	52	329	313	211	905	52	146	237	105	539	0	184	76	106	366
	01/11	93	222	328	209	852	75	124	243	101	544	18	98	85	108	309
	01/12	67	211	305	196	779	40	177	196	127	539	27	34	109	69	240
84/85	01/10	53	306	390	233	983	48	201	126	72	447	5	105	265	161	536
	01/11	92	268	360	208	927	88	128	95	148	459	4	139	265	60	468
	01/12	58	264	348	182	852	55	134	99	160	448	3	130	249	22	404
85/86	01/10	61	288	363	170	881	40	120	119	115	394	21	168	244	55	487
	01/11	93	239	297	142	770	43	142	94	125	405	50	97	203	16	365
	01/12	44	243	277	113	677	40	117	143	108	408	4	126	134	5	269
86/87	01/10	48	237	277	180	742	44	213	206	109	572	4	24	71	71	170
	01/11	76	178	286	169	710	73	169	196	116	554	4	9	90	52	156
	01/12	46	195	254	150	645	46	167	185	97	495	0	28	70	53	150
87/88	01/10	43	246	295	175	759	43	213	210	71	538	0	32	85	103	221
	01/11	85	194	266	180	725	86	184	155	73	497	1	10	111	108	229
	01/12	38	191	269	166	664	38	194	141	57	429	0	4	128	110	242
88/89	01/10	54	274	315	175	817	52	204	238	97	591	2	69	78	77	227
	01/11	80	221	285	166	752	79	169	205	119	571	1	52	80	47	181
	01/12	54	198	285	144	680	50	182	153	144	530	3	16	131	0	151
89/90	01/10	58	299	335	170	863	57	185	143	147	532	1	114	192	23	331
	01/11	96	224	302	153	776	79	130	164	131	505	17	94	138	22	271
	01/12	53	224	272	139	688	41	157	175	123	496	12	67	97	17	192
90/91	01/10	44	278	353	189	864	44	182	107	67	400	0	96	246	122	464
	01/11	82	240	312	184	817	76	90	103	76	345	6	149	209	108	472
	01/12	52	240	287	171	750	41	117	96	53	306	11	123	191	119	444
91/92	01/10	47	233	309	155	745	45	227	215	118	604	2	7	94	38	141
	01/11	71	217	253	145	686	71	145	210	101	527	0	72	42	44	159
	01/12	43	210	240	131	624	43	142	179	112	476	0	68	61	18	148
92/93	01/10	50	276	299	169	792	46	221	253	106	626	4	54	46	62	166
	01/11	85	199	299	152	735	83	194	178	107	563	2	5	120	44	171
	01/12	54	201	257	160	672	54	193	129	102	478	0	8	128	58	194
93/94	01/10	46	247	388	167	847	44	202	174	161	581	1	45	214	6	265
	01/11	71	263	287	194	815	71	122	223	166	581	0	141	64	28	234
	01/12	50	261	266	182	760	44	137	228	159	567	6	125	39	23	192
94/95	01/10	42	272	289	148	751	40	202	186	132	560	2	70	103	17	191
	01/11	87	202	252	147	688	86	159	218	99	562	0	43	34	48	125
	01/12	47	193	224	146	611	44	163	197	105	509	3	30	27	41	102
95/96	01/10	49	252	243	163	707	47	151	201	118	516	2	102	42	45	191
	01/11	86	174	233	155	648	60	138	210	90	497	26	36	23	65	151
	01/12	41	158	238	143	580	41	146	182	102	471	0	12	56	40	109
96/97	01/10	49	254	329	168	799	48	152	233	135	567	1	102	96	33	232
	01/11	68	229	272	187	757	68	153	223	128	572	0	77	49	58	185
	01/12	52	230	250	174	705	41	189	212	92	535	10	41	37	82	170
97/98	01/10	41	244	256	165	707	41	200	230	143	614	0	44	26	22	93
	01/11	84	189	228	161	661	69	166	200	154	589	15	22	28	7	72
	01/12	37	180	235	141	592	37	160	210	123	529	0	21	24	18	63
98/99	01/10	63	264	324	176	826	63	178	180	140	561	0	85	144	35	264
	01/11	73	235	275	161	744	69	118	228	98	512	4	117	47	64	232
	01/12	51	228	254	147	679	43	148	201	108	500	8	80	52	38	179
99/00	01/10	49	252	286	158	745	45	211	136	93	485	4	42	150	65	260
	01/11	77	200	254	149	680	76	122	123	119	439	2	78	131	30	241
	01/12	44	195	231	142	612	40	136	136	100	412	4	59	95	42	200
00/01	01/10	49	244	271	170	733	47	210	237	135	630	1	34	33	34	103
	01/11	78	192	252	160	682	75	189	218	135	617	4	3	34	25	65
	01/12	43	182	251	143	619	43	177	213	143	576	0	5	38	0	43
Valores médios																
Época	01/10	50	264	316	173	803	48	195	183	113	538	2	69	133	60	265
	01/11	81	218	281	167	747	74	148	174	115	511	7	70	108	52	236
	01/12	49	214	262	154	680	44	155	166	107	472	6	59	96	46	208

* S- semeadura; V₂ - 1ª folha trifoliolada desenvolvida; R₁ - início da floração; R₅ - início de enchimento de grãos; R₇ - maturação fisiológica; ciclo completo S-R₇

Tabela 35. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo da soja, para quatro épocas de semeadura. Rio Grande, RS, período 1975/76-1998/99.

Ano	Época	ETm					ETr					D				
		S-V2	V2-R1	R1-R5	R5-R7	S-R7	S-V2	V2-R1	R1-R5	R5-R7	S-R7	S-V2	V2-R1	R1-R5	R5-R7	S-R7
75/76	01/10	50	324	370	250	994	50	261	128	67	505	0	63	242	184	490
	01/11	57	293	307	214	872	57	120	165	84	426	0	173	143	130	445

	01/12	68	214	293	173	748	53	131	85	149	418	15	83	208	25	330
76/77	01/10	47	283	293	213	836	41	200	238	126	606	6	84	54	86	230
	01/11	50	236	274	181	741	48	224	198	77	547	2	12	76	105	194
	01/12	54	175	240	201	671	54	171	180	100	505	0	5	60	102	167
77/78	01/10	45	302	385	244	976	45	219	50	200	514	0	83	335	44	461
	01/11	56	277	324	229	886	52	140	127	177	495	4	137	198	52	390
	01/12	65	226	290	205	785	58	84	227	103	473	7	142	62	101	312
78/79	01/10	35	225	399	265	924	35	199	94	88	416	0	26	305	177	507
	01/11	39	243	372	250	903	39	179	47	149	413	0	63	326	101	490
	01/12	56	248	307	218	829	50	111	95	156	412	6	138	212	62	417
79/80	01/10	44	306	349	276	975	41	219	172	100	533	3	86	177	176	442
	01/11	56	244	354	219	873	55	217	152	114	539	1	27	202	104	334
	01/12	53	216	318	183	769	53	151	116	171	491	0	65	202	11	278
80/81	01/10	40	298	313	228	880	37	210	99	136	483	3	88	214	92	397
	01/11	59	220	321	191	791	55	122	125	142	445	4	98	196	49	347
	01/12	48	198	263	197	706	47	116	178	72	412	1	82	86	125	294
83/84	01/10	31	250	280	228	790	31	169	158	155	513	0	81	122	74	276
	01/11	37	219	284	188	728	37	141	193	129	500	0	78	92	58	228
	01/12	48	168	260	183	659	46	145	203	108	502	2	23	57	75	157
84/85	01/10	30	213	317	237	797	30	139	71	76	316	0	75	245	161	481
	01/11	34	207	308	213	762	29	99	117	83	328	4	108	191	131	434
	01/12	43	210	278	174	705	37	102	86	131	356	6	109	192	43	350
85/86	01/10	31	239	243	222	734	31	118	77	153	380	0	121	165	68	354
	01/11	39	181	264	199	683	33	80	174	135	422	6	100	90	64	261
	01/12	43	148	256	184	632	24	88	174	161	447	18	60	82	24	185
86/87	01/10	30	239	266	231	766	30	212	162	55	459	0	27	103	177	307
	01/11	38	219	260	200	717	38	179	89	88	393	0	40	171	112	324
	01/12	55	151	268	181	656	52	131	105	109	397	3	21	163	72	259
87/88	01/10	34	263	261	224	782	32	169	134	100	435	2	94	127	124	347
	01/11	46	211	259	200	716	46	160	144	61	411	0	51	115	139	304
	01/12	49	147	260	196	652	49	128	142	30	350	0	19	118	165	302
88/89	01/10	35	283	320	221	860	34	212	95	47	388	1	71	225	175	472
	01/11	50	247	280	203	780	50	171	74	25	320	0	76	206	178	460
	01/12	57	190	259	184	690	48	118	62	11	240	9	71	197	173	450
89/90	01/10	35	226	301	203	765	34	122	37	115	309	1	104	265	88	456
	01/11	40	203	299	145	687	29	81	89	140	338	11	123	210	5	349
	01/12	46	186	230	163	624	31	65	142	136	373	15	121	88	27	251
92/93	01/10	46	289	309	231	875	46	155	169	99	469	0	134	140	132	406
	01/11	47	248	287	205	788	38	180	147	72	436	10	68	140	134	351
	01/12	60	178	268	209	714	60	155	134	67	415	0	23	134	142	299
93/94	01/10	32	254	317	206	809	32	231	113	120	496	0	23	204	86	314
	01/11	43	227	294	182	747	42	155	103	142	442	1	72	191	40	304
	01/12	53	192	233	212	690	50	110	146	148	454	3	82	87	64	236
94/95	01/10	27	266	301	224	818	27	205	210	85	527	0	60	92	139	291
	01/11	41	242	293	183	758	41	195	136	132	503	0	47	156	51	255
	01/12	55	181	255	204	695	53	159	125	102	439	2	22	130	102	256
95/96	01/10	40	261	281	200	782	38	172	153	104	468	2	89	127	96	314
	01/11	44	213	258	189	704	43	129	161	108	442	0	84	97	80	262
	01/12	54	163	234	181	632	34	140	155	133	462	20	23	79	48	170
96/97	01/10	27	232	283	170	712	27	157	74	117	376	0	75	208	53	337
	01/11	40	206	254	173	673	33	132	105	101	371	6	74	150	72	302
	01/12	45	179	195	202	621	45	108	144	52	350	0	70	51	150	271
97/98	01/10	30	213	196	138	576	30	165	184	137	516	0	48	12	0	60
	01/11	32	162	192	120	505	32	132	192	119	474	0	30	0	1	31
	01/12	37	123	156	138	454	33	123	155	133	444	4	0	1	5	10
98/99	01/10	35	229	248	210	721	30	119	216	161	526	4	110	32	49	195
	01/11	35	185	250	178	648	28	149	229	98	504	7	36	21	80	144
	01/12	41	155	246	138	580	37	141	185	104	466	4	15	62	33	114
Valores médios																
Época	01/10	36	260	302	221	819	35	183	132	112	462	1	77	170	109	357
	01/11	44	224	287	193	748	41	149	138	109	438	3	75	149	84	311
	01/12	51	183	255	186	676	46	124	142	109	420	6	59	114	78	255

* S- semeadura; V₂- 1ª folha trifoliolada desenvolvida; R₁ - início da floração; R₅- início de enchimento de grãos; R₇ - maturação fisiológica; ciclo completo S-R₇

Tabela 36. Evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo da soja, para quatro épocas de semeadura. Encruzilhada do Sul, RS, período 1975/76-1998/99.

	ETm	ETr	D
--	-----	-----	---

Ano	Época	S – V2	V2 – R1	R1 – R5	R5 – R7	S – R7	S – V2	V2 – R1	R1 – R5	R5 – R7	S – R7	S – V2	V2 – R1	R1 – R5	R5 – R7	S – R7
75/76	01/10	39	251	293	214	798	38	222	108	68	437	1	29	185	146	361
	01/11	46	236	250	179	712	46	128	138	73	386	0	108	112	106	326
	01/12	48	172	249	157	626	45	114	89	147	394	3	58	160	10	231
76/77	01/10	36	228	244	181	688	36	208	185	143	572	0	20	59	38	117
	01/11	40	195	231	157	623	38	176	197	143	554	2	19	35	14	69
	01/12	44	142	208	160	554	44	136	189	137	506	0	6	19	23	48
77/78	01/10	35	262	288	214	799	34	223	80	150	487	1	39	208	64	312
	01/11	49	200	279	203	732	49	152	156	115	472	0	47	123	89	260
	01/12	49	171	253	189	662	45	98	168	109	420	4	73	85	80	242
79/80	01/10	37	259	309	226	831	35	235	165	96	531	2	24	144	130	300
	01/11	47	217	295	196	755	47	177	131	97	452	0	40	164	99	303
	01/12	45	190	261	193	690	45	121	108	164	437	0	70	153	30	253
80/81	01/10	31	232	297	208	768	31	221	226	172	649	0	11	71	36	119
	01/11	43	210	269	199	721	41	204	226	122	594	1	5	43	77	127
	01/12	51	174	246	200	671	51	165	220	55	490	0	9	26	145	180
81/82	01/10	41	275	301	208	826	37	183	101	121	442	4	92	201	87	384
	01/11	49	209	302	178	738	48	175	105	102	432	1	34	196	76	306
	01/12	49	190	240	184	664	49	98	143	67	356	0	92	97	117	307
82/83	01/10	50	247	308	202	807	50	215	176	148	589	0	33	133	53	219
	01/11	37	223	302	152	713	37	167	192	144	540	0	56	109	8	173
	01/12	47	192	226	172	638	43	168	177	145	534	4	24	49	27	104
83/84	01/10	35	265	307	254	860	35	179	148	214	575	0	86	160	40	285
	01/11	38	260	287	221	807	38	156	228	130	552	0	104	59	92	254
	01/12	55	184	293	210	741	54	148	225	85	513	1	36	68	124	228
84/85	01/10	38	246	331	199	814	37	195	96	168	496	1	51	235	30	317
	01/11	40	226	304	181	750	39	141	161	173	514	1	84	143	8	236
	01/12	50	207	231	177	665	49	118	200	170	537	0	90	31	7	128
85/86	01/10	35	298	331	240	904	34	88	120	119	362	1	210	211	121	542
	01/11	52	251	315	195	812	32	116	127	96	371	20	134	189	98	441
	01/12	59	200	273	164	697	28	122	142	102	395	32	78	131	62	303
86/87	01/10	37	268	290	244	839	37	230	210	153	630	0	37	80	92	209
	01/11	48	234	277	230	788	46	172	219	111	547	2	62	58	119	241
	01/12	57	167	284	216	724	55	157	182	134	527	2	10	103	82	197
87/88	01/10	36	287	298	257	879	36	239	158	83	516	0	48	140	174	363
	01/11	52	214	329	223	818	52	168	164	24	408	0	45	165	199	409
	01/12	50	181	296	220	747	49	154	117	38	357	1	27	179	182	390
88/89	01/10	48	305	326	271	949	44	237	82	96	459	0	104	177	31	311
	01/11	51	254	321	218	845	50	114	145	48	357	1	140	176	171	487
	01/12	56	198	315	177	747	45	97	107	125	375	12	100	208	52	372
89/90	01/10	43	304	324	211	882	40	271	134	108	553	3	34	190	102	329
	01/11	53	256	292	147	748	52	224	99	139	513	0	32	194	8	234
	01/12	61	184	239	154	639	60	127	146	142	475	1	57	93	12	164
91/92	01/10	37	252	315	213	817	34	216	141	213	603	3	36	174	0	213
	01/11	47	215	299	200	760	46	207	204	173	630	1	7	95	27	130
	01/12	49	199	247	196	691	49	139	247	156	591	0	60	0	41	101
95/96	01/10	123	408	234	97	862	67	245	217	205	734	37	210	94	4	345
	01/11	160	335	125	90	710	75	210	299	127	711	9	219	29	103	360
	01/12	111	249	278	231	870	68	217	224	122	632	43	32	54	109	238
96/97	01/10	41	266	329	219	855	41	192	153	143	529	0	74	176	76	326
	01/11	50	235	314	208	807	47	151	169	94	461	3	84	145	114	346
	01/12	49	205	251	254	759	49	158	174	19	400	0	47	77	235	359
97/98	01/10	28	282	262	164	736	28	260	194	154	636	0	22	68	10	100
	01/11	44	207	242	170	663	44	163	219	140	565	0	45	23	31	98
	01/12	58	154	190	195	596	50	138	176	165	529	8	16	14	29	67
98/99	01/10	46	297	281	254	878	42	168	135	182	526	4	130	146	73	352
	01/11	52	230	295	218	796	47	163	185	80	475	5	68	111	138	321
	01/12	47	172	293	194	707	46	148	210	70	474	1	24	83	125	232
Valores médios																
Época	01/10	39	268	302	221	786	39	212	149	144	516	3	68	150	69	275
	01/11	53	232	280	188	715	46	167	177	112	477	2	70	114	83	256
	01/12	54	186	257	192	654	49	138	171	113	447	6	48	86	79	207

* S- semeadura; V₂ - 1ª folha trifoliolada desenvolvida; R₁ - início da floração; R₅ - início de enchimento de grãos; R₇ - maturação fisiológica; ciclo completo S-R₇

Tabela 37. Evapotranspiração máxima (ET_m), evapotranspiração real (ET_r) e deficiência hídrica (D), valores totais em mm, em diferentes subperíodos* e no ciclo completo da soja, para quatro épocas de semeadura. Veranópolis, RS, período 1975/76-1998/99.

	ET _m	ET _r	D
--	-----------------	-----------------	---

Ano	Época	S – V2	V2 – R1	R1 – R5	R5 – R7	S – R7	S – V2	V2 – R1	R1 – R5	R5 – R7	S – R7	S – V2	V2 – R1	R1 – R5	R5 – R7	S – R7
75/76	01/10	26	244	270	223	763	26	237	201	197	662	0	7	68	26	102
	01/11	49	212	251	181	694	49	180	237	143	609	1	32	14	39	85
	01/12	44	158	260	155	618	44	147	224	133	549	0	11	36	22	69
76/77	01/10	46	305	317	250	918	46	296	263	193	798	0	9	54	57	121
	01/11	53	265	277	224	819	53	233	243	143	672	0	32	34	81	147
	01/12	60	175	292	198	726	60	173	219	125	578	0	2	73	73	148
77/78	01/10	33	233	277	208	751	32	215	202	123	572	1	18	75	85	179
	01/11	43	193	257	200	693	40	176	192	94	503	3	17	65	106	190
	01/12	48	157	246	192	644	47	141	158	116	462	2	15	89	76	182
78/79	01/10	44	269	379	278	971	44	267	151	129	591	0	3	228	149	380
	01/11	46	241	400	205	893	46	204	98	135	484	0	37	302	70	409
	01/12	54	240	313	200	807	53	131	138	76	398	2	109	175	123	409
79/80	01/10	28	198	257	216	700	28	198	242	205	673	0	0	15	11	26
	01/11	38	168	276	173	654	38	164	265	161	627	0	4	12	12	28
	01/12	36	163	248	169	616	36	161	235	147	579	0	2	13	22	38
80/81	01/10	39	211	237	174	661	39	201	227	160	627	0	10	10	14	34
	01/11	42	183	216	162	603	40	183	198	150	571	2	0	18	12	32
	01/12	42	140	203	168	553	42	138	189	108	476	0	2	9	30	41
81/82	01/10	40	303	327	278	948	40	234	107	133	514	0	69	219	146	434
	01/11	50	238	365	222	874	46	162	113	145	466	4	75	252	78	408
	01/12	58	201	315	231	805	56	132	166	77	432	2	68	149	154	373
82/83	01/10	48	241	307	203	799	48	202	209	118	578	0	39	97	85	221
	01/11	34	227	312	185	757	34	191	179	182	586	0	36	133	3	172
	01/12	50	191	254	214	710	50	175	190	204	619	0	16	64	11	91
83/84	01/10	39	289	273	248	848	39	220	220	216	695	0	69	53	31	153
	01/11	44	231	274	226	774	44	201	250	161	656	0	29	24	65	118
	01/12	44	171	290	211	716	44	159	256	135	593	0	12	34	77	122
84/85	01/10	44	247	339	217	846	43	231	200	140	615	0	16	138	76	231
	01/11	36	223	322	199	781	35	216	177	178	606	1	7	145	21	174
	01/12	51	213	252	189	705	51	166	179	164	560	0	47	73	25	144
85/86	01/10	58	433	452	346	1289	56	120	131	112	419	3	313	321	234	870
	01/11	72	334	475	266	1147	50	152	98	96	396	22	182	377	170	751
	01/12	75	286	391	248	1001	59	112	122	101	394	16	174	269	147	607
86/87	01/10	58	378	341	269	1046	57	297	254	171	779	1	80	88	97	267
	01/11	69	279	319	260	926	61	237	230	91	619	8	41	89	169	307
	01/12	67	198	314	252	831	67	185	200	93	545	1	13	114	159	286
87/88	01/10	45	346	369	281	1041	44	261	170	164	639	1	85	199	117	402
	01/11	61	266	352	290	968	57	201	195	84	537	3	65	157	206	431
	01/12	66	222	332	289	908	66	180	195	78	519	0	41	137	211	389
88/89	01/10	48	321	326	226	921	48	217	149	195	609	0	104	177	31	311
	01/11	54	245	300	214	813	51	141	210	134	536	3	104	90	80	277
	01/12	54	204	266	198	722	46	146	206	143	540	8	59	60	54	182
89/90	01/10	43	313	317	258	930	43	292	166	207	707	0	21	151	51	223
	01/11	54	264	295	221	834	54	196	195	171	616	0	68	100	49	218
	01/12	63	177	297	209	746	60	137	235	172	604	3	39	62	37	141
90/91	01/10	39	294	377	300	1010	39	278	140	109	566	0	16	237	191	444
	01/11	44	261	376	270	951	44	212	130	68	453	0	49	246	202	497
	01/12	55	238	350	254	897	51	118	137	64	370	3	70	203	180	457
91/92	01/10	41	219	255	196	710	39	188	212	194	632	2	31	43	2	78
	01/11	38	173	255	183	650	38	168	213	174	593	0	5	42	9	56
	01/12	38	166	229	165	598	38	135	217	160	551	0	31	12	5	47
92/93	01/10	32	234	267	212	745	32	195	219	185	631	0	39	48	27	114
	01/11	43	202	252	167	664	42	175	233	142	592	1	28	19	24	72
	01/12	44	161	246	139	591	44	149	202	111	506	0	12	45	28	85
93/94	01/10	39	274	356	166	835	39	262	195	113	608	0	12	161	53	226
	01/11	47	233	304	179	763	46	211	128	171	555	1	22	176	8	207
	01/12	51	229	192	199	672	51	150	141	158	501	0	79	51	41	171
94/95	01/10	27	230	228	193	678	27	196	203	160	586	0	34	25	33	92
	01/11	35	191	238	180	645	35	185	221	146	587	0	6	18	33	58
	01/12	39	151	223	198	611	39	150	198	142	529	0	1	25	56	82
95/96	01/10	41	316	281	209	847	41	136	144	204	526	0	181	137	4	322
	01/11	60	233	250	201	745	53	140	172	174	539	7	93	58	28	186
	01/12	56	161	244	196	657	36	136	237	144	552	20	25	8	52	104
96/97	01/10	34	275	349	220	878	34	250	133	212	628	0	25	217	8	249
	01/11	39	247	334	180	800	39	182	231	152	604	0	66	102	28	196
	01/12	53	223	250	199	724	53	143	240	98	534	0	80	10	100	190
97/98	01/10	34	263	299	200	796	34	256	229	192	711	0	8	70	8	85
	01/11	43	226	266	200	735	43	206	234	175	657	0	20	33	25	77
	01/12	58	177	232	204	671	57	155	219	161	591	1	22	13	44	80
98/99	01/10	42	300	340	251	934	42	224	89	163	519	0	76	251	89	415
	01/11	53	250	327	234	864	53	163	170	67	453	0	87	157	167	411
	01/12	54	211	291	219	774	53	122	174	70	419	1	89	117	149	355

Valores médios

Época	01/10	40	281	314	234	869	40	228	186	166	620	0	53	128	68	249
-------	-------	----	-----	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----	-----	---	----	-----	----	-----

01/11	48	233	304	209	794	45	187	192	139	563	2	46	111	70	230
01/12	53	192	272	204	721	50	148	195	124	517	2	42	77	78	200

* S- semeadura; V₂ - 1ª folha trifoliolada desenvolvida; R₁ - início da floração; R₅ - início de enchimento de grãos; R₇ - maturação fisiológica; ciclo completo S-R₇

Tabela 38. Resumo das Tabelas 28 a 37. Valores médios de evapotranspiração máxima (ETm), evapotranspiração real (ETr) e deficiência hídrica (D) (mm) para a cultura da soja em diferentes locais e épocas de semeadura.

Época	ETm					ETr					D				
	S-V2	V2- R1	R1- R5	R5- R7	S-R7	S-V2	V2- R1	R1- R5	R5- R7	S-R7	S-V2	V2- R1	R1- R5	R5- R7	S-R7
Valores médios do período 1975/76-1996/97 - Cruz Alta, RS															
01/10	37	284	312	215	849	37	216	161	146	560	1	68	151	69	289
01/11	48	242	286	182	758	45	169	176	127	518	2	74	109	55	240
01/12	55	186	249	174	664	49	131	174	120	474	6	55	74	54	190
Valores médios do período 1975/76-1995/96 - Júlio de Castilhos, RS															
01/10	42	301	339	247	930	41	231	161	153	586	1	70	179	94	344
01/11	50	257	323	211	841	47	186	172	135	541	3	71	151	75	300
01/12	59	205	285	201	750	55	142	182	128	507	4	63	103	72	242
Valores médios do período 1975/76-1996/97 - Passo Fundo, RS															
01/10	39	283	316	208	845	38	230	203	149	620	1	53	112	59	225
01/11	47	237	298	193	774	46	196	195	134	571	1	41	102	59	203
01/12	54	192	259	190	695	52	154	185	123	514	2	38	74	67	181
Valores médios do período 1975/76-1998/99 - Santa Rosa, RS															
01/10	51	274	334	179	838	50	193	195	125	562	2	81	139	54	277
01/11	85	229	289	182	785	76	146	187	126	535	9	83	102	56	250
01/12	50	227	268	173	718	43	157	181	113	494	7	70	87	60	224
Valores médios do período 1975/76-1997/98 - São Borja, RS															
01/10	52	284	331	174	842	50	205	177	118	550	2	84	154	55	296
01/11	91	235	283	174	783	80	149	176	116	521	11	85	108	58	262
01/12	53	227	263	164	707	46	155	169	113	483	7	73	95	51	225
Valores médios do período 1975/76-1999/00 - São Gabriel, RS															
01/10	56	311	359	186	912	51	174	164	99	488	5	137	195	87	424
01/11	99	259	302	182	841	76	124	159	105	465	20	134	143	80	377
01/12	59	246	282	171	757	44	138	151	102	435	15	108	132	68	323
Valores médios do período 1975/76-2000/01 - Taquari, RS															
01/10	50	264	316	173	803	48	195	183	113	538	2	69	133	60	265
01/11	81	218	281	167	747	74	148	174	115	511	7	70	108	52	236
01/12	49	214	262	154	680	44	155	166	107	472	6	59	96	46	208
Valores médios do período 1975/76-1998/99 - Rio Grande, RS															
01/10	36	260	302	221	819	35	183	132	112	462	1	77	170	109	357
01/11	44	224	287	193	748	41	149	138	109	438	3	75	149	84	311
01/12	51	183	255	186	676	46	124	142	109	420	6	59	114	78	255
Valores Médios do período 1975/76-1998/99 - Encruzilhada do Sul, RS															
01/10	39	268	302	221	786	39	212	149	144	516	3	68	150	69	275
01/11	53	232	280	188	715	46	167	177	112	477	2	70	114	83	256
01/12	54	186	257	192	654	49	138	171	113	447	6	48	86	79	207
Valores médios do período 1975/76-1998/99 - Veranópolis, RS															
01/10	40	281	314	234	869	40	228	186	166	620	0	53	128	68	249
01/11	48	233	304	209	794	45	187	192	139	563	2	46	111	70	230
01/12	53	192	272	204	721	50	148	195	124	517	2	42	77	78	200

* S- semeadura; V₂ - 1ª folha trifoliolada desenvolvida; R₁ - início da floração; R₅ - início de enchimento de grãos; R₇ - maturação fisiológica; ciclo completo S-R₇

5.3. Consumo relativo de água durante o período crítico da soja

Nas Tabelas 39 a 43 são apresentados os valores do consumo relativo de água no período crítico da soja (do início da floração até o início do enchimento de grãos – R₁-R₅), para as dez localidades estudadas, nos mesmos períodos e épocas de semeadura apresentados no capítulo anterior. As localidades com maior deficiência hídrica (menor consumo relativo de água) são Rio Grande, São Gabriel, Júlio de Castilhos e Encruzilhada do Sul, com índices variando entre 0,46 a 0,68 nas diferentes épocas de semeadura.

Para a cultura da soja foram definidos três índices, para classificação de regiões em termos de risco por deficiência hídrica para a produção de grãos: BAIXO RISCO – regiões com consumo relativo de água no período crítico maior que 0,60; RISCO MÉDIO – regiões com consumo relativo de água no período crítico igual ou menor que 0,60 a igual ou maior que 0,40; ALTO RISCO – regiões com consumo relativo de água menor que 0,40 no período crítico.

Os valores de consumo relativo de água para a cultura da soja são menores que para a cultura do milho. Isto acontece devido ao maior consumo de água da soja, conforme se verifica no capítulo 5.1. No entanto, os danos causados pelas estiagens na cultura da soja, em geral, não são tão severos quanto os que afetam a cultura do milho, já que o milho possui um período crítico mais curto, e com maior sensibilidade ao déficit hídrico comparado com a soja. Por isso, normalmente, dependendo logicamente do período em que ocorrem, as estiagens afetam mais as safras de milho no estado, com maiores quebras de rendimento.

Considerando-se os valores médios do consumo relativo de água, observa-se uma variação de 0,46 na semeadura de outubro em Rio Grande, a 0,74 na semeadura de dezembro em Veranópolis. A época de semeadura de maior risco é a de outubro, seguindo-se novembro, sendo a época de dezembro a de menor risco para a cultura da soja por deficiência hídrica.

Tabela 39. Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico da soja (R₁-R₅), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Cruz Alta e Júlio de Castilhos, RS.

Ano	Cruz Alta			Ano	Júlio de Castilhos		
	Época de semeadura				Época de semeadura		
	out	nov	dez		out	nov	dez
75/76	0,71	0,95	0,86	75/76	0,66	0,86	0,74
76/77	0,76	0,84	0,82	76/77	0,58	0,69	0,66
77/78	0,29	0,32	0,39	77/78	0,38	0,49	0,51
78/79	0,22	0,19	0,55	78/79	0,17	0,11	0,35
79/80	0,53	0,32	0,24	79/80	0,42	0,19	0,17
80/81	0,83	0,93	0,97	80/81	0,67	0,72	0,82
81/82	0,35	0,29	0,60	81/82	0,26	0,39	0,79
82/83	-	-	-	82/83	0,56	0,51	0,76
83/84	0,62	0,99	0,83	83/84	0,63	0,89	0,91
84/85	0,22	0,28	0,62	84/85	0,32	0,37	0,55
85/86	0,26	0,60	0,63	85/86	0,17	0,20	0,34
86/87	0,66	0,89	0,86	86/87	0,56	0,64	0,57
87/88	0,39	0,59	0,67	87/88	0,39	0,56	0,70
88/89	0,54	0,69	0,76	88/89	0,52	0,69	0,66
89/90	0,71	0,86	0,80	89/90	0,62	0,65	0,59
90/91	-	-	-	90/91	0,43	0,34	0,41
91/92	-	-	-	91/92	0,67	0,80	1,00
92/93	0,76	0,86	0,66	92/93	0,62	0,71	0,70
93/94	0,57	0,58	0,98	93/94	0,63	0,52	0,76

94/95	0,70	0,50	0,49	94/95	0,55	0,75	0,92
95/96	0,37	0,78	0,95	95/96	0,42	0,71	1,00
96/97	0,69	0,84	0,98	96/97	-	-	-
Média	0,54	0,65	0,72	Média	0,49	0,56	0,66

R₁ – R₅ – início da floração até início de enchimento de grãos

Tabela 40. Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico da soja (R₁-R₅), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Passo Fundo e Santa Rosa, RS.

Ano	Passo Fundo			Ano	Santa Rosa		
	Época de semeadura				Época de semeadura		
	out	nov	dez		out	nov	dez
75/76	0,77	0,85	0,65	75/76	0,79	0,69	0,73
76/77	0,85	0,96	0,94	76/77	-	-	-
77/78	0,58	0,47	0,40	77/78	0,35	0,36	0,45
78/79	0,25	0,15	0,48	78/79	0,07	0,35	0,46
79/80	0,82	0,64	0,72	79/80	0,56	0,39	0,45
80/81	0,84	0,84	0,81	80/81	0,51	0,58	0,64
81/82	0,63	0,40	0,38	81/82	0,24	0,53	0,76
82/83	0,62	0,56	0,71	82/83	0,75	0,90	0,81
83/84	0,71	0,82	0,80	83/84	1,00	0,80	0,62
84/85	0,37	0,46	0,69	84/85	0,57	0,70	0,94
85/86	0,41	0,31	0,29	85/86	0,46	0,35	0,60
86/87	0,63	0,74	0,76	86/87	0,82	0,87	0,95
87/88	0,69	0,79	0,68	87/88	0,35	0,55	0,37
88/89	0,93	0,94	0,94	88/89	-	-	-
89/90	0,79	0,89	0,88	89/90	0,83	0,76	0,63
90/91	0,33	0,45	0,58	90/91	0,33	0,32	0,32
91/92	0,83	0,84	0,97	91/92	0,58	0,78	0,99
92/93	0,86	0,99	0,96	92/93	0,97	0,76	0,72
93/94	0,59	0,48	0,76	93/94	0,61	1,00	0,93
94/95	1,00	0,93	0,81	94/95	0,84	0,74	0,75
95/96	0,40	0,80	0,94	95/96	0,81	0,92	0,88
96/97	0,64	0,75	0,87	96/97	0,79	0,91	0,85
97/98	-	-	-	97/98	0,83	0,91	0,88
98/99	-	-	-	98/99	0,46	0,66	0,73
Média	0,66	0,68	0,73	Média	0,61	0,67	0,70

R₁ – R₅ – início da floração até início de enchimento de grãos

Tabela 41. Consumo relativo de água (índice ETr/ETm) no período crítico da soja (R₁-R₅), em diferentes anos e épocas de semeadura, para São Borja e São Gabriel, RS.

Ano	São Borja			Ano	São Gabriel		
	Época de semeadura				Época de semeadura		
	out	nov	dez		out	nov	dez
75/76	0,85	0,85	0,85	75/76	0,64	0,45	0,46
76/77	-	-	-	76/77	0,73	0,57	0,51
77/78	0,32	0,22	0,29	77/78	0,31	0,34	0,15
78/79	0,10	0,47	0,61	78/79	0,06	0,12	0,32
79/80	0,28	0,38	0,55	79/80	0,18	0,28	0,46
80/81	0,76	0,85	0,73	80/81	0,57	0,64	0,58
81/82	0,27	0,46	0,51	81/82	0,34	0,82	0,74
82/83	0,45	0,68	0,62	82/83	0,54	0,82	0,84
83/84	0,74	0,70	0,58	83/84	0,80	0,74	0,61
84/85	0,21	0,58	0,75	84/85	0,18	0,19	0,28

85/86	-	-	-	85/86	0,42	0,43	0,38
86/87	0,76	0,67	0,57	86/87	0,58	0,31	0,41
87/88	0,56	0,58	0,53	87/88	0,50	0,45	0,29
88/89	0,81	0,66	0,52	88/89	-	-	-
89/90	0,44	0,45	0,61	89/90	0,52	0,82	0,72
90/91	0,28	0,43	0,37	90/91	0,19	0,24	0,21
91/92	0,77	0,87	1,00	91/92	0,58	0,71	0,63
92/93	0,97	0,65	0,58	92/93	0,72	0,59	0,56
93/94	0,43	0,86	0,83	93/94	0,51	0,83	0,75
94/95	0,65	0,58	0,77	94/95	0,49	0,42	0,61
95/96	0,75	1,00	0,92	95/96	0,70	0,70	0,49
96/97	0,62	0,67	0,88	96/97	0,28	0,65	0,93
97/98	0,84	0,91	0,91	97/98	0,90	0,88	0,90
98/99	-	-	-	98/99	0,40	0,62	0,76
99/00	-	-	-	99/00	0,38	0,51	0,72
Média	0,56	0,64	0,67	Média	0,48	0,55	0,55

R₁ – R₅ – início da floração até início de enchimento de grãos

Tabela 42. Consumo relativo de água (ETr/ETm) no período crítico da soja(R₁-R₅), em diferentes anos e épocas de semeadura, para Taquari e Rio Grande, RS.

Ano	Taquari			Ano	Rio Grande		
	Época de semeadura				Época de semeadura		
	out	nov	dez		out	nov	dez
75/76	0,62	0,32	0,41	75/76	0,34	0,54	0,29
76/77	0,92	0,91	0,92	76/77	0,81	0,72	0,75
77/78	0,65	0,58	0,43	77/78	0,13	0,39	0,78
78/79	0,08	0,21	0,44	78/79	0,24	0,13	0,31
79/80	0,62	0,50	0,56	79/80	0,49	0,43	0,37
80/81	0,65	0,84	0,80	80/81	0,32	0,39	0,67
81/82	0,31	0,48	0,55	81/82	-	-	-
82/83	0,39	0,59	0,72	82/83	-	-	-
83/84	0,76	0,74	0,64	83/84	0,57	0,68	0,78
84/85	0,32	0,26	0,28	84/85	0,23	0,38	0,31
85/86	0,33	0,32	0,52	85/86	0,32	0,66	0,68
86/87	0,74	0,68	0,73	86/87	0,61	0,34	0,39
87/88	0,71	0,58	0,52	87/88	0,51	0,56	0,55
88/89	0,75	0,72	0,54	88/89	0,30	0,26	0,24
89/90	0,43	0,54	0,64	89/90	0,12	0,30	0,62
90/91	0,30	0,33	0,33	90/91	-	-	-
91/92	0,70	0,83	0,75	91/92	-	-	-
92/93	0,85	0,60	0,50	92/93	0,55	0,51	0,50
93/94	0,45	0,78	0,86	93/94	0,36	0,35	0,63
94/95	0,64	0,87	0,88	94/95	0,70	0,47	0,49
95/96	0,83	0,90	0,77	95/96	0,55	0,62	0,66
96/97	0,71	0,82	0,85	96/97	0,26	0,41	0,74
97/98	0,90	0,88	0,90	97/98	0,94	1,00	0,99
98/99	0,56	0,83	0,79	98/99	0,87	0,92	0,75
99/00	0,48	0,48	0,59	99/00	-	-	-
00/01	0,88	0,87	0,85	00/01	-	-	-
Média	0,60	0,63	0,65	Média	0,46	0,50	0,58

R₁ – R₅ – início da floração até início de enchimento de grãos

Tabela 43. Consumo relativo de água (ETr/ETm) no período crítico da soja(R₁-R₅), em diferentes anos e épocas de semeadura para Encruzilhada do Sul e Veranópolis, RS.

Ano	Encruzilhada do Sul			Ano	Veranópolis		
	Época de semeadura				Época de semeadura		
	out	nov	dez		out	nov	dez
75/76	0,37	0,55	0,36	75/76	0,75	0,95	0,86
76/77	0,76	0,85	0,91	76/77	0,83	0,88	0,75
77/78	0,28	0,56	0,66	77/78	0,73	0,75	0,64
78/79	-	-	-	78/79	0,40	0,24	0,44
79/80	0,53	0,44	0,41	79/80	0,94	0,96	0,95
80/81	0,76	0,84	0,89	80/81	0,96	0,92	0,93
81/82	0,33	0,35	0,59	81/82	0,33	0,31	0,53
82/83	0,57	0,64	0,78	82/83	0,68	0,57	0,75
83/84	0,48	0,80	0,77	83/84	0,81	0,91	0,88
84/85	0,29	0,53	0,87	84/85	0,59	0,55	0,71
85/86	0,36	0,40	0,52	85/86	0,29	0,21	0,31
86/87	0,72	0,79	0,64	86/87	0,74	0,72	0,64
87/88	0,53	0,50	0,40	87/88	0,46	0,55	0,59
88/89	0,25	0,45	0,34	88/89	0,46	0,70	0,77
89/90	0,41	0,34	0,61	89/90	0,52	0,66	0,79
90/91	-	-	-	90/91	0,37	0,34	0,39
91/92	0,45	0,68	1,00	91/92	0,83	0,83	0,95
92/93	-	-	-	92/93	0,82	0,93	0,82
93/94	-	-	-	93/94	0,55	0,42	0,74
94/95	-	-	-	94/95	0,89	0,93	0,89
95/96	0,93	0,92	0,81	95/96	0,51	0,69	0,97
96/97	0,46	0,54	0,69	96/97	0,38	0,69	0,96
97/98	0,74	0,91	0,93	97/98	0,77	0,88	0,94
98/99	0,48	0,63	0,72	98/99	0,26	0,52	0,60
Média	0,51	0,62	0,68	Média	0,62	0,67	0,74

R₁ – R₅ – início da floração até início de enchimento de grãos

6. Considerações sobre o consumo relativo de água para as culturas de milho e soja

Na Tabela 44 é apresentado um resumo da análise do consumo relativo de água para as culturas de milho e soja, nos 10 locais. Verifica-se que para a cultura do milho, 39,7% dos casos analisados (anos x épocas = 980) apresentam consumo relativo de água classificado como de alto ou médio risco (índice ETr/ETm \leq 0,70 durante o período crítico). São Gabriel apresenta 61,5% dos casos com índice menor ou igual a 0,70, evidenciando uma região de alto risco para a produção de milho, seguido de Rio Grande com cerca de 57 % dos casos e Júlio de Castilhos com 51%. Isto significa que existe uma baixa probabilidade de ocorrer anos com boa disponibilidade hídrica para o milho nestes locais, sendo de 38,5%, 43% e 49%, respectivamente. Os locais de menor risco são Veranópolis, Taquari e Passo Fundo, com índices menores que 0,70 ocorrendo em 25%, 29% e 30% dos casos, respectivamente. Ou seja, existe uma probabilidade maior (de 75%, 71% e 70% dos anos, respectivamente) de ocorrer boa disponibilidade hídrica para a cultura do milho nos locais citados. Para o conjunto dos locais analisados, pode-se deduzir que, em praticamente quatro anos a cada dez, deve ocorrer redução de rendimento de grãos de milho, com intensidade variável, dependendo do local, do ano e da época de semeadura.

Para a cultura da soja, 46,3 % dos casos analisados (anos x épocas = 654) apresentam consumo relativo de água classificado como sendo de alto ou médio risco (índice ETr/ETm \leq 0,60 durante o período crítico). Rio Grande apresenta 63,3% dos casos com índice menor ou igual a 0,60, caracterizando-se como uma região de alto risco para a produção de soja, seguido de São Gabriel com 61% dos casos, Encruzilhada do Sul com 52,6% e Júlio de Castilhos com 51%. Todos os locais citados apresentam, portanto, probabilidade menor de 50% de ocorrer disponibilidade hídrica satisfatória para a soja. Dentre os locais analisados, os de menor risco são Passo Fundo e Veranópolis.

Os índices 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 os modelos agrometeorológicos ajustados por BERLATO (1987) para a cultura da soja, e por MATZENAUER et al. (1995b) para a cultura do milho. Além disso, pode ser uma ferramenta importante para o aperfeiçoamento dos zoneamentos agroclimáticos para as culturas de milho e soja no Estado do Rio Grande do Sul, possibilitando, ainda, a definição e escolha da época de semeadura de menor risco para a produção de grãos em cada região.

Tabela 44. Número total de casos avaliados (anos x épocas) e índice ETr/ETm crítico (número e percentual) para as culturas de milho e soja durante o período crítico, em dez locais do Rio Grande do Sul.

Local	C u l t u r a									
	Milho					Soja				
	n° de anos	n° de épocas	n° Total	ETr/ETm \leq 0,70	%	n° de anos	n° de épocas	n° Total	ETr/ETm \leq 0,60	%
Cruz Alta	20	4	80	31	38,8	19	3	57	24	42,1
Júlio de Castilhos	21	4	84	43	51,2	21	3	63	32	50,8
Passo Fundo	24	4	96	29	30,2	22	3	66	20	30,3
Santa Rosa	23	5	115	39	33,9	22	3	66	25	38,0
São Borja	23	5	115	44	38,3	21	3	63	28	44,4
São Gabriel	24	4	96	59	61,5	24	3	72	44	61,1
Taquari	26	5	130	38	29,2	26	3	78	35	44,9
Rio Grande	22	4	88	50	56,8	20	3	60	38	63,3
Encruzilhada do Sul	20	4	80	32	40,0	19	3	57	30	52,6
Veranópolis	24	4	96	24	25,0	24	3	72	27	37,5
Total			980	389	39,7			654	303	46,3

Obs.: Índice ETr/ETm crítico – para milho \leq 0,70; para soja \leq 0,60.

Período crítico – para milho: do início do pendoamento a 30 dias após (IP-30IP);
para soja: do início da floração ao início do enchimento de grãos (R₁-R₅).

7. Considerações finais e recomendações

Os dados apresentados evidenciam com clareza o problema da deficiência hídrica para as culturas de milho e soja no Estado do Rio Grande do Sul. Fica caracterizada a ocorrência de períodos de disponibilidade hídrica limitante para essas culturas, sendo em média em cerca de 40% das situações para a cultura do milho e de 46% para a soja, considerando os locais analisados. É possível concluir que o estado continuará perdendo quantidades significativas de grãos causadas por estiagens que se repetirão, perdas essas irrecuperáveis, e com reflexos negativos na economia do estado, alicerçada fortemente na agricultura e no

complexo agroindustrial. A pesquisa e a extensão vem estudando e debatendo este tema há vários anos, independentemente da ocorrência do fenômeno, e alertando as autoridades para a necessidade de elaboração de uma política de desenvolvimento que contemple um programa abrangente de irrigação, principalmente para as regiões que apresentam maior potencial de rendimento, mas que apesar disso, necessitam com frequência de suplementação hídrica para proporcionar maior rendimento e maior estabilidade das safras. A estabilidade das safras constitui-se em fator de grande importância, no momento em que os agricultores e o setor industrial podem planejar de forma mais adequada e racional a sua produção ao longo do tempo.

Deve-se considerar que somente nos últimos dez anos o estado perdeu cerca de 20 milhões de toneladas de grãos devido às estiagens. Estes cálculos são baseados em estimativas de rendimentos que são obtidos a partir da média de todas as regiões produtoras do estado, onde muitas delas apresentam rendimentos ainda muito baixos. Caso os cálculos fossem baseados em rendimentos de regiões com maior produtividade, que é o que poderia acontecer com maior oferta de água, certamente a estimativa das perdas seria bem maior daquela que consta nas estatísticas oficiais. Para citar como exemplo, no último ano agrícola (2000/2001), que apresentou maior oferta hídrica, pois foi um ano em que várias regiões apresentaram precipitação pluvial acima da normal climatológica, vários municípios obtiveram um rendimento médio de grãos de milho acima de 5.000 kg.ha^{-1} , como é o caso de Sananduva, com 6.000 kg.ha^{-1} , Cruz Alta com 5.700 kg.ha^{-1} e Muitos Capões com 5.500 kg.ha^{-1} . Existe, portanto um grande potencial para aumento do rendimento. Algumas lavouras podem, certamente, dobrar seu rendimento com apenas uma ou duas irrigações durante o período crítico. Diversos trabalhos de pesquisa mostram que a suplementação hídrica durante o período crítico, tanto do milho como da soja, evitam a quebra de safra e a frustração do produtor. Não adianta, muitas vezes o produtor investir em tecnologia, adquirindo uma semente de qualidade, corrigindo a fertilidade do solo, controlando ervas daninhas, pragas e doenças, se no momento crítico não houver um sistema, mesmo que simples, que permita disponibilizar água suficiente para proporcionar um bom crescimento e desenvolvimento das plantas.

O Rio Grande do Sul é um Estado historicamente importador de milho, com algumas exceções, como ocorrido na última safra (2000/2001), onde a produção foi recorde, com mais de 6 milhões de toneladas. A produção foi elevada justamente devido a melhor oferta de água, disponibilizada por precipitações pluviais bem acima da normal climatológica. Estes resultados demonstram portanto, que é possível aumentar o rendimento médio dessa cultura para cerca de 5.000 kg.ha^{-1} ou mais, possibilitando uma produção superior a 8 milhões de toneladas, sem aumentar a área cultivada. Para a cultura da soja também existe um grande potencial para aumento da produção e maior estabilidade da safras, minimizando as oscilações que ocorrem a cada ano. Para isso, é necessário, no entanto, um investimento forte e bem planejado em um programa que proporcione condições técnicas e econômicas para o desenvolvimento da irrigação no Estado do Rio Grande do Sul, e que possibilite um melhor aproveitamento das tecnologias disponíveis ao produtor rural com a melhoria das suas condições de vida.

Com base nos resultados apresentados, e para os locais analisados, pode-se fazer

algumas considerações e (ou) recomendações, visando reduzir os riscos por deficiência hídrica para as culturas de milho e soja e aumentar a estabilidade no rendimento das lavouras:

- A precipitação pluvial, na maioria dos anos, não é suficiente para atender à demanda hídrica das culturas de milho e soja, principalmente durante os períodos críticos;
- Para a cultura do milho, pode-se esperar redução no rendimento de grãos, em quatro a cada dez safras; para a cultura da soja, espera-se redução no rendimento em nove a cada vinte safras;
- Nos locais mais quentes, como Santa Rosa e São Borja, as épocas de semeadura de menor risco para a cultura do milho são agosto e dezembro; nas demais localidades, a época de menor risco é a de dezembro;
- Para a cultura da soja, a época de semeadura de dezembro apresenta menor risco, havendo maior probabilidade de redução de rendimento na época de outubro;
- Para suplementação hídrica, deve-se sempre dar preferência aos períodos críticos das culturas – do início do pendoamento a cerca de 30 dias após para a cultura do milho, e do início da floração até o início do enchimento de grãos para a cultura da soja;
- Nas semeaduras de milho do cedo, deve-se dar preferência a cultivares de ciclo superprecoce ou precoce, pois pelo fato de possuírem ciclo mais curto, podem “escapar” dos períodos de maior demanda atmosférica e menor disponibilidade de água;
- Para semeaduras da soja no tarde, principalmente durante a segunda quinzena de dezembro, deve-se dar preferência a cultivares de ciclo semitardio e tardio, para proporcionar um melhor crescimento das plantas;
- As semeaduras do tarde, tanto para milho como para soja, devem ser realizadas quando as condições de umidade do solo forem adequadas ou houver condições de irrigação imediata após a semeadura;
- Deve-se escalonar a época de semeadura para diminuir a possibilidade de ocorrer coincidência do período crítico das culturas com as épocas de menor disponibilidade hídrica e maior demanda evaporativa da atmosfera;
- Deve-se utilizar cultivares de ciclos diferentes;
- Para a cultura do milho, fazer adubação nitrogenada em cobertura somente se o solo apresentar umidade adequada;

8. Referências Bibliográficas

- AGUINSKY, S.D. **Prognóstico e otimização do rendimento do milho (*Zea mays* L.) no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1991. 196p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991.
- ÁVILA, A. M. H. de. **Regime de precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul com base em séries de longo prazo**. Porto Alegre: UFRGS, 1994. 75 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.
- ÁVILA, A.M.H. de; BERLATO, M.A.; SILVA, J.B. da; et al. Probabilidade de ocorrência de precipitação pluvial mensal igual ou maior que a evapotranspiração potencial para a estação de crescimento das culturas de primavera-verão no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.2, n.2, p. 149-154. 1996.
- BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento do déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre. Editora da Universidade/UFRGS. P. 25-32.1992.
- BERGAMASCHI, H. 1984. **Perda de água e desenvolvimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) sob diferentes condições da disponibilidade hídrica no solo e da atmosfera**. Piracicaba: USP, 1984. 204 p. Tese (doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 1984.
- BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H.J.; OMETTO, J.C.; ANGELOCCI, L.R.; LIBARDI, P.L. Deficiência hídrica em feijoeiro. IV. Alterações micrometeorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24 n.. p.769-777, 1989.
- BERGAMASCHI, H. Variations on the brazilian soybean production related to the drought occurrences – preliminary analysis. In: WORLD SOYBEAN RESEARCH CONFERENCE, 4. Buenos Aires, 1989, AASOJA ... **Proceedings**, Tomo 5, pp. 2153-2158.
- BERGAMASCHI, H.; RADIN, B.; ROSA, L.M. G.; BERGONCI, J.I.; ARAGONÉS, R.; SANTOS, A.O.; FRANÇA, S.; LANGENSIEPEN, M. Estimating maize water requirements using agrometeorological data. Buenos Aires, AADA. **Revista Argentina de Agrometeorologia**, v.1(1):23-27. 2001.

- BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A.O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36 n. 7, p. 949-956, 2001.
- BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; DILLENBURG, L.R.; SANTOS, A.O. Diferença de temperatura dossel-ar como um indicador de déficit hídrico em milho. Santa Maria, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7 n. 1, p. 5-11, 1999.
- BERLATO, M.A. **Análise de alguns elementos componentes do agroclima do Estado do Rio Grande do Sul**. Tese (M.Sc.), IICA, Turrialba, Costa Rica, 1970.
- 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: Editora da Universidade-UFRGS, 1992. p.11-24.
- 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**. São José dos Campos: INPE, 1987. 93p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1987.
- BERLATO, M.A.; MOLION, L.C.B. **Evaporação e evapotranspiração**. Porto Alegre: IPAGRO, 1979. 95 p. (BOLETIM TÉCNICO, 7). 1981.
- 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. **Agonomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 251-259, 1986.
- BERLATO, M.A., FONTANA, D.C., PUCHALSKI, L. Precipitação pluvial normal e riscos de ocorrência de deficiência pluviométrica e deficiência hídrica no Rio Grande do Sul: ênfase para a metade Sul do Estado, 1999. (Não publicado).
- BISOTTO, V. Algumas considerações sobre a cultura do milho. In: **Indicações técnicas para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO; EMBRAPA TRIGO; EMATER/RS; FECOAFRO/RS. N. 7, ago. 2001. 135p.
- BISOTTO, V.; FARIAS, A.D. Algumas considerações sobre a cultura da soja. In: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul, 29. **Indicações técnicas 2001**. Porto Alegre, FEPAGRO, 2001, 138 p.
- BUNCE, J.A: Water Stress as an almost everyday phenomenon. In: CONFERÊNCIA MUNDIAL DE INVESTIGACION EN SOJA, 4, 1989, Buenos Aires. **Actas...** Brasília, 1989. p. 232-237.

- CAMARGO, A.P., PEREIRA, A.R. **Prescrição de rega por modelo climatológico**. Campinas: Fundação Cargill, 1990, 27 p. (Série Técnico Científica, 170).
- CHANG, J. H. **Climate and agriculture: an ecological survey**. Chicago, Aldine. 1968.304 p.
- CUNHA, G.R. **Evapotranspiração e função de resposta à disponibilidade hídrica em alfafa**. Porto Alegre: UFRGS, 1991. 198 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1991.
- CUNHA, G.R. da; BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade - UFRGS. 1992. p.85-97.
- CUNHA, G.R.; HAAS, J.C.; DALMAGO, G.A.; et al. Perda de rendimento potencial em soja no Rio Grande do Sul por deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 111-119, 1998.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212p. (Riego y drenage, 33).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, T. **Las necesidades de agua de los cultivos**. Roma, FAO. 194 p. 1975. (Riego y Drenage, 24).
- FARIAS, J.R.B.; NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A.L. Impactos da seca na produção de soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL, 20, 1992. Chapecó, SC. **Ata e Resumos**. Chapecó: EPAGRI, 1993. p. 186.
- FONTANA, D.C. **Balanço de radiação e balanço de energia em soja (*Glycine max* (L) Merrill) irrigada e não irrigada**. Porto Alegre: UFRGS, 1987. 121p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1987.
- FONTANA, D.C. 1992. Determinação da evapotranspiração. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre, Editora da Universidade/UFRGS. 125p.
- FRANÇA, S. 1997. **Modelagem do crescimento de milho em função da radiação solar e da temperatura do ar, com e sem irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1997. 75p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.

- FRANÇA, S.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L.M.G. Modelagem do crescimento de milho em função da radiação fotossinteticamente ativa e do acúmulo de graus-dia, com e sem irrigação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 59-66, 1999.
- HILLEL, D.; GURON, Y. Relation between evapotranspiration rate and mayze yield. **Water Resources Research**. V. 9, n. 3, p. 743-748, 1973.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1989, v. 1, 102 p.
- KANEMASU, E.T.; STONE, L.R.; POWERES, W.L. Evapotranspiration model tested for soybean and sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, p. 569-572, 1976.
- LOMAS, J.; SCHLESINGER, E.; LEWIN, J. Effects of environmental and crop factors on the evapotranspiration rate and water-use efficiency of mayze. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 13, p. 239-251, 1974.
- MALUF, J.R.T.; MATZENAUER, R.; CAIAFFO, M. Zoneamento agroclimático da cultura de milho por épocas de semeadura, no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.6, n.1, p.39-52, 2000.
- MATZENAUER, R. **Evapotranspiração do milho (*Zea mays* L.) e suas relações com fórmulas e parâmetros meteorológicos**. Porto Alegre: UFRGS, 1980, 128 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1980.
- MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.) **Agrometeorologia Aplicada à Irrigação**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1992, p. 33-47.
- MATZENAUER, R. **Modelos Agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho, em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 1994. 172 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia). - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.
- MATZENAUER, R.; WESTPHALEN, S.L.; MALUF, J.R.T. Efeito de períodos de irrigação sobre o rendimento e desenvolvimento do milho, em diferentes épocas de semeadura – 1985/86. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 31. Porto Alegre, 1986. **Ata ...** Porto Alegre, IPAGRO, EMATER/RS, 1986, p. 37-41.

- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; et al. Relações entre rendimento de milho e variáveis hídricas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.3, p. 85-92, 1995a.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; et al. Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho, em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 225-241, 1995b.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; et al. Evapotranspiração da cultura do milho. I: Efeito de épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p. 9-14, 1998a.
- MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A. Evapotranspiração da cultura do milho. II: Relações com a evaporação do tanque classe A, com a evapotranspiração de referência e com a radiação solar global, em três épocas de semeadura. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, n.1, p. 15-21, 1998b.
- MATZENAUER, R.; BARNI, N.A.; MACHADO, F.A.; ROSA, F.S. da. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura da soja na Região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 263-275, 1998c.
- MATZENAUER, R.; FONTANA, D.C. Relação entre rendimento de grãos e altura de chuva em diferentes períodos de desenvolvimento do milho. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 5. Belém, PA, 1987. **Coletânea de Trabalhos ...** Belém, Sociedade Brasileira de Agrometeorologia. p. 3-6, 1987.
- MATZENAUER, R.; MACHADO, F.A.; ROSA, F.S. da. Disponibilidade hídrica: um fator limitante para a cultura do milho no Estado do Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 41, 1996, Passo Fundo, **Ata ...** Passo Fundo: CNPT/EMBRAPA, 1996, p. 72-74.
- MATZENAUER, R.; SUTILI, V.R. A água na cultura do milho. Porto Alegre. In: **IPAGRO Informa**, 26. Porto Alegre, 1983, p. 3-16.
- MATZENAUER, R.; MALUF, J.R.T.; BARNI, N.A. MACHADO, F.A. ROSA, F.S. da. Análise agroclimática das disponibilidades hídricas para a cultura do milho na região do Planalto Médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 263-273, 2000.
- MEDEIROS, S.L.P. **Trocas verticais de energia e vapor d'água em cultura de milheto** (*Pennisetum americanum* (L.) Leek). Porto Alegre: UFRGS, 1990. 101p. Dissertação

(Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1990.

MEDEIROS, S.L.P.; WESTPHALEN, S.L.; MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H. Relações entre evapotranspiração e rendimento de grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 6, n. 1, p. 1-10, 1991.

PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of Royal Society**. Serie A, London, v. 193, p. 120-145, 1948.

PENMAN, H.L. Evaporation: and introductory survey. **Netherland Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 4, p. 9-29, 1956.

RADIN, B. 1998. **Evapotranspiração máxima do milho medida em lisímetro e estimada pelo modelo de Penman-Monteith modificado**. Porto Alegre: UFRGS, 1998, 98 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

STEGMAN, E. C. Soybean yield as influenced by timing of evapotranspiration deficits. **Transactions of the ASAE**, Saint Joseph, v. 32, n. 2, p. 551-557, 1989.

STEWART, J.B.; HAGAM, R.M. Functions to predict effects of crop water deficits. Journal of the Irrigation and Drainage Division. **American Society of Civil Engineers**, New York, v. 99, n. 4, p. 421-439, 1973.

THORNTHWAITE, C.W., MATHER, J.R. The water budget and its use in irrigation. **Yearbook of Agriculture**, Washington, 1955, p. 346-358.