

EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA E NECESSIDADE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L.) E TRIGÓ (*Triticum aestivum*, L.) DETERMINADAS POR BALANÇO HÍDRICO PARA SEIS LOCAIS DO PARANÁ

DALZIZA DE OLIVEIRA
Engenheira Agrônoma

Orientador: Prof. DR. NILSON A. VILLA NOVA

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Agrometeorologia.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo-Brasil
Novembro-1990

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

048e Oliveira, Dalziza de
Evapotranspiração máxima e necessidade de água
para irrigação de feijão (Phaseolus vulgaris, L.)
e trigo (Triticum aestivum, L.) determinadas por
balanço hídrico para seis locais do Paraná. Pira-
cicaba, 1990.

155p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Feijão - Balanço hídrico 2. Feijão - Evapo-
transpiração 3. Feijão - Irrigação - Paraná 4. Ir-
rigação - Água 5. Trigo - Balanço hídrico 6. Trigo -
Evapotranspiração 7. Trigo - Irrigação - Paraná I.
Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piraci-
caba CDD 635.652

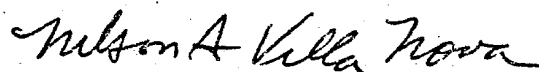
EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA E NECESSIDADE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO DE FEIJOÃO (*Phaseolus vulgaris*, L.) E TRIGO (*Triticum aestivum*, L.) DETERMINADAS POR BALANÇO HÍDRICO PARA SEIS LOCAIS DO PARANÁ

DALZIZA DE OLIVEIRA

Aprovada em: 03/12/1990

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova (Orientador)	ESALQ/USP
Prof. Dr. José Antonio Frizzone	ESALQ/USP
Dr. Mario José Pedro Júnior	I.A.C.



Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova
-Orientador-

Às pessoas que acreditam nas pessoas,
em especial
ao Sr. Antônio Ferreira dos Santos Júnior,
o TONINHO DA FARMACIA,
poeta e amigo que ajudou-me a
transformar um sonho em realidade,
D E D I C O.

Aos meus pais,
Adirson e Dalziza,
por seu exemplo e amor
e aos meus irmãos:
Izilda
Ana Cecília
Adirson Júnior
Adilson
Dilza
Adalgiza e
Gabriela,
pelo estímulo, amizade
e carinho,
O F E R E Ç O.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Nilson Villa Nova, pela orientação e estímulo;
- Ao CNPq pela concessão da bolsa para realização do curso;
- A Fundação Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) pelas facilidades e infra-estrutura oferecidas;
- Aos pesquisadores Paulo Henrique Caramori e Rogério Teixeira de Faria pelas sugestões na concepção do trabalho;
- Ao Eng. Agrônomo Antônio Resende Corrêa e pessoal de apoio da Área de Agrometeorologia do IAPAR, pela coleta e processamento dos dados meteorológicos;
- Aos pesquisadores Lauro Akio Okuyama, Carlos Roberto Riede, Sérgio Alves e Vânia Moda-Cirino, pela cessão de dados fenológicos de trigo e feijão;
- A Carlos Akira Arita, José Carlos Gomes, Marcos Antônio Euzébio e Oswaldir João Bellaver pela ajuda na elaboração dos programas e utilização de softwares;
- A Célio César Giacomini e Júlia Atsuko Fujiwara pela elaboração das figuras;
- Aos pesquisadores Hermano Vaz de Arruda (IAC) e Maria Elizabeth da Costa Vasconcelos (IAPAR) pelas sugestões na análise estatística dos resultados;
- Ao Prof. José Renato Zanini (FCAVJ/UNESP) pela revisão do texto e sugestões;
- Ao Prof. Luiz Carlos Pavani (FCAVJ/UNESP) pelas sugestões na análise dos resultados;
- Ao pesquisador José Gomes pelo auxílio no Summary.

SUMARIO

	Página
RESUMO	i
SUMMARY	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
3. MATERIAL E METODOS	23
3.1. Parâmetros climáticos	26
3.2. Parâmetros de solo e raízes	30
3.3. Parâmetros culturais	35
3.3.1. Coeficientes de cultura	36
3.3.2. Períodos críticos	38
3.4. Cálculo do balanço hídrico	40
3.5. Análise estatística	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1. Análise dos valores originais	48
4.2. Análise da ET _m a três níveis de probabilidade	50
4.3. Análise das lâminas de irrigação requeridas a três níveis de probabilidade	59
4.4. Análise da relação H/ET _m	69
4.5. Análise da variação de H e ET _m em função das épocas de plantio	79
4.6. Considerações finais	81
5. CONCLUSÕES	103

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	104
APENDICE 1: Programa computacional para cálculo diário da evapotranspiração de referência	116
APENDICE 2: Programa computacional para cálculo de balanço hídrico diário	119
APENDICE 3: Tabelas 16 a 33 - Valores totais anuais de H e ETm para feijão	125
APENDICE 4: Tabelas 34 a 47 - Valores totais anuais de H e ETm para trigo	143

EVAPOTRANSPIRAÇÃO MÁXIMA E NECESSIDADE DE ÁGUA PARA
IRRIGAÇÃO DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*, L.) E TRIGO
(*Triticum aestivum*, L.) DETERMINADAS POR BALANÇO HÍDRICO
PARA SEIS LOCAIS DO PARANÁ

Autora: DALZIZA DE OLIVEIRA

Orientador: PROF. DR. NILSON A. VILLA NOVA

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi fornecer informações básicas ao dimensionamento de projetos de irrigação e planejamento de utilização dos recursos hídricos, a partir de informações meteorológicas.

Foram estudadas as culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) e trigo (*Triticum aestivum*, L.) em seis localidades do estado do Paraná, para diferentes épocas de plantio.

A evapotranspiração de referência foi calculada utilizando-se o método de Penman modificado e seu valor foi multiplicado pelos coeficientes de cultura para obtenção da evapotranspiração máxima (ET_m), em base diária.

As necessidades de água para irrigação foram obtidas pelo balanço hídrico diário, sendo que o total de água a ser aplicado foi calculado considerando a umidade do solo facilmente disponível durante todo o ciclo das culturas. Uma função exponencial foi empregada para simular alterações no valor de água disponível para as plantas ao longo do ciclo.

Os resultados foram apresentados para os níveis de 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência de ETm e lâmina de irrigação suplementar. Os valores médios de ETm a 75% de probabilidade, estiveram entre 1,8 e 4,1 mm/dia para feijão durante o ciclo fenológico total e entre 2,4 e 5,4 mm/dia para o período de florescimento, variando em função do local e época de plantio. Os valores médios de ETm observados para trigo foram entre 1,6 e 2,6 mm/dia para o ciclo de crescimento total e entre 2,0 e 3,9 mm/dia durante o período crítico, com diferenças significativas entre épocas de plantio.

Houve necessidade de irrigação suplementar para todos os locais e épocas de plantio. De maneira geral, os plantios realizados em épocas mais tardias mostraram maiores requerimentos de irrigação do que os mais precoces.

MAXIMUM EVAPOTRANSPIRATION AND WATER REQUIREMENTS FOR BEANS
(Phaseolus vulgaris, L.) AND WHEAT (Triticum aestivum, L.)
USING THE WATER BALANCE METHOD AT SIX LOCATIONS IN PARANA
STATE, BRAZIL

Author: DALZIZA DE OLIVEIRA

Adviser: PROF. DR. NILSON A. VILLA NOVA

SUMMARY

The objective of this study was to provide basic informations for planning irrigation projects and water resources utilization, based upon meteorological data.

Beans (Phaseolus vulgaris, L.) and wheat (Triticum aestivum, L.) crops were studied at six locations in Parana State, Brazil, for several planting dates.

The reference evapotranspiration was calculated using a modified Penman's equation and obtained values were multiplied by the crop coefficients to obtain the maximum evapotranspiration, on a daily basis. The water requirements were obtained throughout the daily water

balance; the amount of water to be applied was calculated based on the soil moisture adequate for each crop and a power function was employed to simulate changes on the amount of water available to the plants.

The results were shown in the 50%, 75% and 90% probability levels for maximum evapotranspiration and irrigation depth. The average ET_m values for 75% of probability were between 1.8 and 4.1 mm/day for beans for the growing season and between 2.4 and 5.4 mm/day for the flowering stage, depending on the locations and planting dates. The average ET_m observed for wheat were between 1.6 and 2.6 mm/day for the growing season and between 2.0 and 3.9 mm/day for the critical period (flowering), with significant differences among planting dates.

The irrigation were required for all locations and planting dates. In general latter planting dates required more water than the earlier ones.

1. INTRODUÇÃO

As culturas de feijão e trigo têm grande expressão na agricultura paranaense, devido às grandes áreas plantadas, à participação na produção total brasileira e, principalmente, pelo fato de seus grãos constituírem produtos importantes na alimentação dos brasileiros.

A área ocupada com feijão esteve em torno de 800 mil hectares, durante a década de '70, reduzindo-se desde a safra 82/83. O estado do Paraná, que chegou a produzir mais de 50% da produção nacional, teve sua participação reduzida a níveis inferiores a 20% nos últimos anos (FUENTES LLANILLO & GUERREIRO, 1989), sendo que em 1989 a área ocupada pelas diferentes safras totalizou apenas 463 mil hectares (Fundação IBGE, 1990).

Além da redução da área plantada com feijão, tem sido marcante, desde a década de '70, a contínua queda na produtividade. Mesmo a utilização de tecnologias como adubação química, sementes de alta qualidade e métodos de controle fitossanitário, não têm causado impacto na estabi-

lização da produção (FUENTES LLANILLO & GUERREIRO, 1989). A produtividade da cultura variou, nas últimas seis safras, entre 340 e 690 Kg/ha (Fundação IBGE, 1987, 1990).

A triticultura, por sua vez, sofreu rápida expansão até a safra de 1986, ano em que ocupou quase 2 milhões de hectares do estado, reduzindo-se, contudo, no período 1987-89 para valores em torno de 1.700.000 hectares, com 3.200.000 toneladas de grãos produzidas. O Paraná é responsável por cerca de 50% da produção nacional (GERAGE, 1990), com produtividades variáveis, no período 1984-89, entre 1.340 e 2.027 Kg/ha (Fundação IBGE, 1987, 1990).

As baixas produtividades atingidas e as grandes oscilações de produção ao longo dos anos, tanto para feijão como para trigo, estão relacionadas principalmente a condições ambientais adversas, entre as quais destaca-se a distribuição irregular de chuvas e conseqüente deficiência hídrica, apresentada como um dos principais fatores limitantes da produção (FARIA, 1981; MUZZILLI, 1985 e FARIA, 1989).

Visando minimizar os efeitos do déficit hídrico, muitas técnicas têm sido recomendadas. A utilização de variedades tolerantes à seca, semeadura escalonada, e a adoção de sistemas de manejo de solo capazes de aumentar o armazenamento de água na camada arável, como no caso de plantio direto, constituem-se nas alternativas mais bara-

tas, embora não apresentem eficiência total. Por outro lado, a satisfação das necessidades hídricas dessas culturas utilizando-se de irrigação suplementar tem se mostrado bastante eficiente, envolvendo, porém, custos elevados (FARIA, 1989).

A irrigação do feijoeiro vem sendo utilizada em áreas experimentais e lavouras, atingindo produtividades entre 1500 e 2800 kg/ha (GARRIDO et alii, 1978; SARTORATO et alii, 1982; SILVEIRA et alii, 1984; MANTOVANI et alii, 1988 e FARIA, 1989). Pesquisas utilizando irrigação em trigo nos estados de São Paulo, Paraná e Mato Grosso do Sul têm relatado rendimentos entre 2000 e 7000 kg/ha (FRIZZONE et alii, 1985; FARIA & OLITTA, 1987; OKUYAMA & COSTA, 1990 e OKUYAMA & RIEDE, 1990), com lavouras atingindo até 5500 kg/ha em Minas Gerais (SOUZA, 1986). Além de maiores produtividades, a irrigação permite estabilidade de produção ao longo dos anos, reduzindo os riscos a que está sujeita a atividade agrícola (FARIA & OLITTA, 1987).

A utilização eficiente de água de irrigação somente pode ser obtida mediante operação planejada dos sistemas, sendo que o ponto inicial para qualquer planejamento deve ser o cálculo das necessidades de irrigação para as culturas consideradas (LUQUE & PAOLONI, 1974). A determinação das exigências hídricas e lâminas de irrigação requeridas permitirão o dimensionamento de estruturas e recomendações de manejo, visando economia de água e racio-

nalização no uso de equipamentos, mão de obra e energia.

Uma vez que a necessidade de água para irrigação é determinada primariamente pela falta de chuva e pela evapotranspiração do sistema solo-planta-atmosfera, é possível estimar a necessidade de irrigação a partir de elementos climáticos disponíveis. Tais determinações a campo demandariam grande número de anos e elevado volume de recursos (MOTA & AGENDES, 1989).

O objetivo deste trabalho foi determinar a evapotranspiração máxima e a necessidade de água para irrigação suplementar, nas culturas de feijão e trigo, utilizando o método de balanço hídrico climatológico. Foram consideradas condições edafo-climáticas e datas de plantio representativas no estado do Paraná, visando fornecer, desta forma, novos subsídios à quantificação do risco de insucesso de safras e das necessidades de investimento em irrigação nesse estado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O clima é um dos fatores mais importantes na determinação dos requerimentos hídricos para crescimento e produção ótimos das culturas (DOORENBOS & KASSAM, 1979). Estudos de frequência de ocorrência de veranicos no Paraná têm indicado a importância da deficiência hídrica como fator restritivo à produção agrícola, principalmente no Norte e Noroeste do estado (CARAMORI & FARIA, 1987b).

BERNARDES et alii (1988), considerando como dia seco aquele com precipitação pluvial inferior a 5 mm, encontraram, para Londrina e Ponta Grossa, 94% e 88%, respectivamente, de probabilidade de o maior período seco, entre os meses de setembro e março, apresentar duração de 14 dias ou mais e 33% e 28%, respectivamente, de probabilidade de os veranicos excederem a três semanas.

Segundo Schlehuber & Tucker¹, citados por

1 SCHLEHUBER, A.M. & TUCKER, B.B. Culture of wheat. In: QUISENBERRY, K.S. & REITS, L.P., ed. Wheat and Wheat Improvement. Madison, Am. Soc. of Agronomy, p. 154-60.

FARIA & OLITTA (1987). "o' trigo tem razoável tolerância à seca, em virtude de sua maior eficiência de uso de água, provavelmente por ser originário de regiões semi-áridas". No entanto, diversos trabalhos e depoimentos têm relatado aumento de produção em culturas submetidas à irrigação suplementar.

FARIA (1981) encontrou que a irrigação possibilitou aumento de aproximadamente 60% na produtividade de trigo em relação à testemunha, que recebeu apenas 30 mm de irrigação inicial e 96 mm de chuva, em experimento conduzido em Piracicaba. As maiores produções foram obtidas para lâmina total de 150 mm a 200 mm, sendo de 2800 a 3000 kg/ha.

OKUYAMA & RIEDE (1990), selecionando genótipos de trigo para resistência à seca em Londrina, PR, testaram duas épocas de semeadura e duas condições de água no solo, com e sem irrigação suplementar. Durante o ciclo ocorreu período de 82 dias sem chuvas, causando reduções médias de rendimento de 30,8% e 60,9% para os genótipos atingidos, respectivamente, a partir das fases reprodutiva e de perfilhamento. As produções na área irrigada foram de 3984 kg/ha na primeira época e 3327 kg/ha na segunda.

FRIZZONE et alii (1990), estudando o efeito de períodos de 20, 25, 30 e 45 dias de supressão hídrica em trigo, contados a partir da fase de formação da espiga, encontraram reduções de produção correspondentes a 33%,

48%, 50% e 62%, respectivamente, em relação à testemunha plenamente irrigada.

CALHEIROS (1986) relatou produtividades de 4900 kg/ha atingidas em experimento conduzido na Fazenda Itamarati, MS, na safra de 1984 utilizando a cultivar IAPAR 17 irrigada. Em experimentos conduzidos na UEPAE de Dourados, MS, em 1985, o mesmo autor obteve, para as cultivares OCEPAR 7-Batuíra, BR 10 e IAPAR 17, produtividades superiores a 5000 kg/ha.

SILVA (1986) relatou produtividades médias de trigo irrigado de 3600 kg/ha em 1984 e 4800 kg/ha, em 1985, sendo que a melhor lavoura alcançou 5500 kg/ha, em São Gotardo, MG.

Com relação à cultura de feijão, FARIA & SIQUEIRA (1988) constataram incremento de cerca de 300% e 240%, na produção da cultura intercalar ao café, em Londrina, nos tratamentos com reposição de 50% e 70% da água disponível do solo, respectivamente, em relação à testemunha sem irrigação.

Em Minas Gerais, MANTOVANI et alii (1988) obtiveram produções entre 2263 e 2848 kg/ha para lâminas de irrigação equivalentes a diferentes frações da evaporação medida pelo tanque classe A. GARRIDO et alii (1978) registraram produção média de 2829 kg/ha para a variedade Jalo irrigada. MAGALHÃES & MILLAR (1978) obtiveram 2216 kg/ha para a cultura de feijão conduzida sem déficit hídrico, em

Petrolina, PE.

As produtividades constatadas com uso de irrigação, bastante superiores à média nacional e mesmo à paranaense, confirmam o elevado potencial de resposta das culturas de feijão e trigo à suplementação hídrica, principalmente nos anos em que a distribuição de chuvas não é satisfatória.

A utilização de irrigação permite o uso mais intensivo das áreas em produção, contudo implica em elevados custos e necessidade de expressivos volumes de água. Dessa maneira, segundo LUQUE & PAOLONI (1974), a agricultura irrigada enfrenta o desafio de utilizar a água de forma eficiente, o que pode ser obtido mediante operação planejada dos sistemas de irrigação, desde a captação de água até seu aproveitamento pelo agricultor. Uma correta programação é iniciada pelo estudo prévio da área, sendo que o primeiro passo necessário ao dimensionamento dos consumos hídricos deve ser o cálculo dos requerimentos de água para cada cultura ou exploração considerada.

SILVA et alii (1988) afirmam que o dimensionamento de um sistema de irrigação consiste em determinar as necessidades de água das culturas, a quantidade de água a aplicar e a potência necessária para bombeamento dessa água. Tais informações poderão ser utilizadas em estudos de viabilidade técnico-econômica, na estimativa da capacidade das obras de engenharia, na indicação de alternativas de

manejo e também na gestão dos recursos hídricos, no que diz respeito aos picos sazonais do consumo de água e energia.

O cálculo da água a aplicar inclui os requerimentos de irrigação (lâmina líquida) e outras necessidades de água, incluindo lixiviação de sais e taxa de eficiência do sistema de distribuição. Utilizando esses cálculos, a área total do projeto pode então ser definida a partir dos recursos hídricos disponíveis (DOORENBOS & PRUITT, 1984 e SILVA et alii, 1988).

Segundo SAAD & SCALOPPI (1988), o valor esperado de evapotranspiração que servirá de base para quantificar a lâmina líquida de irrigação depende do período de máxima exigência hídrica da cultura e do nível de probabilidade desejado. O critério recomendável, de acordo com esses autores, deve ser baseado em análise econômica, considerando os prejuízos devidos à redução da quantidade e qualidade da produção em decorrência da deficiência hídrica e também considerando o aumento de custos do sistema de irrigação para satisfazer níveis mais elevados de probabilidade.

Ainda segundo SAAD & SCALOPPI (1988), em condições de irrigação tipicamente suplementar, como se verifica na região centro-sul brasileira, dificilmente justifica-se economicamente a escolha de níveis de probabilidade superiores a 90%, sendo que os valores mais usuais variam de 50% a 75%. DOORENBOS & PRUITT (1984) admitem que

esses níveis estejam entre 75% e 80% para a maioria das regiões irrigadas e SILVA et alii (1988) comentam que níveis superiores a 75% podem ser selecionados para o caso de culturas muito sensíveis a déficits hídricos.

Demanda climática ideal ou evapotranspiração máxima (ETm) é entendida como a perda de água por uma cultura em qualquer estágio e que se desenvolve sem qualquer restrição hídrica (VILLA NOVA, 1982).

Estudos de verificação da probabilidade de atendimento da demanda hídrica das culturas a partir de métodos climatológicos têm sido realizados para várias localidades brasileiras, principalmente utilizando a análise de distribuição de chuvas e o método de balanço hídrico.

Análises de distribuição de chuvas têm sido apresentadas, em base probabilística, visando identificar áreas e épocas de plantio com maiores chances de sucesso para agricultura de sequeiro, bem como identificar a conveniência do uso de irrigação. Na maioria dos casos, a precipitação é analisada para 75% de probabilidade (ROCHEDO, 1983; PEREIRA et alii, 1984 e SANDANIELO, 1986).

Probabilidades de atendimento da demanda hídrica das culturas têm sido obtidas, mais recentemente, pela análise da frequência de chuvas e sua comparação, em base decendial, com os valores de evapotranspiração máxima (ETm). Nesses estudos, coeficientes de cultura empiricamen-

te determinados são utilizados para relacionar a evapotranspiração de referência (E_{To}) à E_{Tm} , conforme proposto por DOORENBOS & KASSAM (1979). Esta metodologia foi utilizada por CAMARGO et alii (1988) para trigo e por ALFONSI et alii (1989) para soja, milho e arroz de sequeiro, no estado de São Paulo. TOLEDO FILHO & OMETTO (1989) utilizaram o mesmo método no estudo de cana-de-açúcar na zona canavieira de Alagoas. Em todos os três casos foi possível identificar épocas de plantio com maior probabilidade de sucesso para agricultura de sequeiro.

Balanços de umidade no solo a partir de precipitação pluvial e evapotranspiração têm sido utilizados como base para modelos agroclimáticos de estimativa de produtividade das culturas (GOMES, 1988) e de umidade no solo (BAIER & ROBERTSON, 1966; REDDY, 1983; DYER & MACK, 1984 e FARIA et alii, s.d., entre outros).

O método de balanço hídrico vem sendo utilizado nos últimos anos também para verificação de necessidades de irrigação. Tais necessidades foram estimadas a partir de valores de deficiência hídrica, ou então de níveis de probabilidade de ocorrerem armazenamentos iguais ou inferiores a valores considerados críticos (MOTA, 1976; MOTA & AGENDES, 1989; MOTA, 1989 e ALFONSI et alii, 1989a). Esses autores fixaram níveis de capacidade de armazenamento e de frações de disponibilidade da água no solo, considerando-os válidos para todo o ciclo das culturas.

DOORENBOS & KASSAM (1979) denominaram de fração p à parcela da água total disponível no solo que pode ser extraída pela cultura sem que a evapotranspiração real (ET_r) se torne menor do que a ET_m, portanto, sem afetar a produção. O valor da fração p assim definida depende da cultura, da magnitude da ET_m e do solo considerados.

A capacidade de armazenamento de água no solo disponível para o desenvolvimento das culturas, por sua vez, é função de parâmetros físico-hídricos do solo e da profundidade do sistema radicular (VILLA NOVA, 1982).

O crescimento de raízes ocorre de forma sincronizada com o desenvolvimento das plantas, sendo que o peso de ramos e raízes aumenta aproximadamente na mesma proporção, durante o estágio vegetativo. Alguns autores consideram que com o início da fase reprodutiva, porém, o crescimento radicular torna-se mais lento do que a parte aérea ou então cessa bruscamente, devido à escassez de fotossintetizados (RUSSEL, 1973; CARSON, 1974 e RUSSELL, 1977). Dessa maneira, a profundidade explorada pelo sistema radicular e, conseqüentemente, o total de água disponível para extração pelas plantas será diferente para cada período de desenvolvimento do cultivo (FRERE & POPOV, 1980 e REDDY, 1983).

Além da espécie, variedade e fase de desenvolvimento da planta, o crescimento radicular depende

também das características físicas e químicas do solo, como a textura, estrutura, compactação, aeração, umidade, fertilidade, profundidade e concentração de sais (PALACIOS VELEZ & MARTINEZ GARZA, 1978 e FRERE & POPOV, 1980).

CAMARGO & PEREIRA (1990) consideram que as culturas de inverno ou de meia-estação apresentam sistema radicular menos desenvolvido que as culturas de verão, explorando cerca de 60 cm de profundidade. PIRES et alii (1990), estudando feijão e trigo irrigados em solo podzolizado de Votuporanga, SP, relataram profundidades de 30 cm para feijão e 40 cm para trigo. OKUYAMA (1990), cultivando trigo com e sem irrigação suplementar, em Londrina, PR, encontrou raízes atingindo profundidade de 1,2 m, sendo que 80% a 90% da matéria seca das mesmas ocorreu nos primeiros 40 cm, tanto nas plantas irrigadas como nas não irrigadas.

Ainda com relação à profundidade de solo explorada pelo sistema radicular, GARRIDO et alii (1978) observaram 90% das raízes de feijoeiro concentradas até 60 cm. DOORENBOS & KASSAM (1979) consideram que as raízes de feijão absorvem água principalmente até 50 a 70 cm de profundidade e o trigo apresenta 70% a 85% do sistema radicular nos 60 cm superiores do solo.

É necessário considerar, porém, que os métodos mais frequentemente utilizados para análise do sistema radicular baseiam-se em matéria seca ou número de raízes observadas. STONE et alii (1976), estudando o desenvolvi-

mento do sistema radicular de soja, concluiu que a eficiência de extração de água aumentou com a profundidade do perfil de solo. Os dados obtidos indicaram que uma pequena porção, em peso, do sistema radicular pode ser responsável por grande parte da água absorvida.

Com relação às exigências hídricas da cultura de feijão, maiores produções de grãos são obtidas quando a lavoura é mantida com boas condições de umidade durante todo o ciclo (FARIA, 1989). Segundo o mesmo autor, embora variáveis para as diferentes regiões, as necessidades hídricas situam-se geralmente na faixa de 3 a 4 mm por dia.

Segundo DOORENBOS & KASSAM (1979), o feijão requer entre 300 e 500 mm para atingir a produção máxima, dependendo do clima, para ciclos entre 60 e 120 dias. Trabalhos desenvolvidos pela EPAMIG (1988) têm mostrado bons resultados com lâminas de 360 até 600 mm aplicadas durante o ciclo.

SILVEIRA & STONE (1979) encontraram, em Goiânia, GO, 220 mm de evapotranspiração real, com 3,2 mm por dia na fase de floração, para feijão semeado em fevereiro com 75 dias de ciclo. Também em Goiânia, SILVEIRA et alii (1984), testando lâminas de irrigação de 2, 4 e 6 mm/dia e turnos de rega de 1, 4, 7 e 10 dias, observaram que a produção de grãos da cultivar CNF-0010 cresceu com o aumento da lâmina de água e as maiores produções foram conseguidas com a aplicação de 6 mm/dia, correspondente a 411 mm

durante todo o ciclo. O turno de rega de um dia foi o tratamento em que se obteve a maior produção, evidenciando a alta resposta da cultura à aplicação de água.

FRIZZONE & OLITTA (1987), estudando diferentes lâminas aplicadas em feijão cultivar carioca, em Ilha Solteira, SP, semeado no mês de março, encontraram que o rendimento de grãos aumentou com a aplicação de água segundo uma relação quadrática, atingindo um máximo observado de 2499 kg/ha para uma lâmina total de água de 534 mm.

As necessidades hídricas do trigo são reportadas em 450 a 600 mm, dependendo das condições climáticas e duração do ciclo, para obtenção de altas produções (DOORENBOS & KASSAM, 1979). Entretanto, FARIA & OLITTA (1987) encontraram que as maiores produções da cultivar Itapua 5, semada no mês de maio em Piracicaba, ocorreram com 150 a 200 mm de água durante o ciclo. Acima de 200 mm houve redução da produção em decorrência de acamamento ocorrido na fase de enchimento de grãos. PEREIRA et alii (1985) determinaram evapotranspiração real média de trigo irrigado, nas condições de Viçosa, MG, de 2,6 mm por dia.

Além da demanda evaporativa da cultura, é importante o conhecimento dos estágios críticos à deficiência hídrica, pois determinam os períodos em que a cultura pode sofrer os maiores decréscimos de produtividade (FARIA, 1989). No caso de cereais, os estágios mais sensíveis à deficiência hídrica parecem ser a formação de órgãos repro-

ditivos e o florescimento (JACKSON, 1977).

Segundo PALACIOS VELEZ & MARTINEZ GARZA (1978), em experimento realizado em Chapingo, México, verificou-se que estresse hídrico ocorrido durante a fase vegetativa reduziu a produtividade do feijão em 24%; durante a floração a redução foi de 65% e com estresses consecutivos durante as fases de floração e maturação de grãos ocorreu 74% de redução.

MAGALHÃES & MILLAR (1978) submeteram a cultura de feijão a diferentes períodos sem água, iniciados uma semana antes da floração. Observou-se 20% de decréscimo no rendimento quando houve 14 dias sem irrigação; 38% de redução para período de 17 dias e 52% a 54% de decréscimo na produtividade quando o feijão esteve submetido a períodos de 20 a 29 dias de deficiência hídrica.

Esses resultados concordam com DOORENBOS & KASSAM (1979) que consideram as fases de florescimento e formação de grãos como aquelas onde irrigações frequentes resultam em maiores acréscimos na produção. Segundo FARIA (1989), a correlação entre produtividade e déficit hídrico resultou em melhor ajuste de uma curva de regressão quando analisou-se o período compreendido entre 10 dias anteriores e 10 dias posteriores ao florescimento.

Divergindo parcialmente desses resultados, GARRIDO et alii (1979) encontraram, para a cultivar Goiano Precoce cultivada em Minas Gerais, que a maior redução da

produção ocorreu devido ao déficit hídrico aplicado entre germinação e estágio de quatro folhas verdadeiras, sendo que não houve produção. Nos os demais tratamentos, o déficit de umidade durante a fase de formação e crescimento das vagens causou 58% de redução, enquanto nas fases de início e final de floração ocorreram decréscimos de 16% e 42%, respectivamente.

FRIZZONE & OLITTA (1987) observaram, para feijão cultivado em Ilha Solteira, SP, que os maiores valores de evapotranspiração real foram verificados no período entre início de formação de vagens e início de maturação, com valores intermediários ocorrendo no período entre início de floração e início de formação de grãos. Os mesmos autores comentam que as variações nos resultados alcançados em diferentes estudos justificam-se em função do método utilizado para determinar a evapotranspiração, do estado da planta, dos fatores meteorológicos e do estado da água no sistema solo-planta-atmosfera.

Para a cultura de trigo, PALACIOS VELEZ & MARTINEZ GARZA (1978) citam que o período crítico compreende as etapas de alongação, formação de espiga e início de floração, localizando-se entre 35% e 65% da duração do ciclo.

OKUYAMA & COSTA (1990), submetendo diversos genótipos de trigo a períodos de seca, iniciados aos 12, 40 e 62 dias após emergência e mantidos até a maturação de

grãos, encontraram reduções médias de produção de 92%, 74% e 42%, respectivamente. JOHNSON & KANEMASU (1982) verificaram os maiores efeitos positivos sobre a produção de trigo de inverno quando se manteve alta umidade no solo durante a fase pré-antese. DOORENBOS & KASSAM (1979) afirmam que o período de florescimento é o mais sensível ao déficit hídrico, sendo que períodos secos durante o enchimento de grãos podem causar reduções em peso.

FRIZZONE & OLITTA (1990) estudando o efeito do déficit de água sobre a produção de trigo encontraram que: a) déficits hídricos impostos entre 40 e 60 dias após emergência (início de formação da espiga ao espigamento) proporcionaram redução de 37,8%; b) déficit entre 60 e 80 dias após emergência (espigamento à fase de grãos leitosos) causou 48,7% de decréscimo na produção e, finalmente, c) déficits hídricos no período emergência-início de espigamento e na fase posterior à formação de grãos leitosos tiveram pequeno efeito sobre a produção da cultura. Esses autores concluíram que, para obter-se rendimentos iguais ou superiores a 80% do rendimento potencial, não deve ocorrer restrição hídrica no período que se estende desde o início da formação da espiga até o início da formação de grãos.

Os parâmetros climáticos envolvidos no cálculo de balanço hídrico são a evapotranspiração e a precipitação. A evapotranspiração potencial, ou de referência (ET_o) para uma superfície gramada, pode ser estimada por

grande número de métodos teórico-empíricos. Entre os mais utilizados está o método de PENMAN (1948), originário da combinação do balanço de energia com o transporte de massa, o qual permite boas estimativas da evapotranspiração de referência para períodos diários (BAIER & ROBERTSON, 1965 e JENSEN et alii, 1990).

CARAMORI & FARIA (1987a) calcularam a evapotranspiração potencial para Londrina e Ponta Grossa, PR, utilizando o método de Penman com a simplificação do termo aerodinâmico proposta por STANHILL (1962), o qual foi substituído pela evaporação de Piche. Esses autores, plotando os valores calculados pelo método original de Penman contra aqueles obtidos pelo método simplificado observaram, para os dois locais, excelente ajuste dos dados em torno da reta 1:1, evidenciando o bom desempenho do método simplificado na estimativa da evapotranspiração potencial. Concluiu-se, também, que a equação anual pode ser utilizada durante o ano todo com boa precisão, o que facilita o emprego do método.

Com o objetivo de relacionar valores de evapotranspiração de referência (E_{To}) à evapotranspiração máxima (E_{Tm}) são utilizados coeficientes de cultura (K_c). Para simplificação dos cálculos de balanço hídrico, alguns autores têm considerado o K_c com valor unitário, para toda a estação de crescimento da cultura (BRAGA, 1982 e CARAMORI & FARIA, 1987b). Contudo, esse coeficiente assume diferen-

tes valores, de acordo com as características da cultura, data de plantio, taxa de desenvolvimento da cultura, duração da estação de crescimento e condições climáticas (DOORENBOS & PRUITT, 1984). Esses autores propuseram um modelo de variação do Kc em quatro fases distintas do ciclo fenológico, onde a primeira e terceira fases correspondem a valores constantes, a segunda corresponde a valores crescentes e a quarta e última fase apresenta valores decrescentes, acompanhando, assim, a variação na área foliar.

Com relação à precipitação pluvial é importante considerar que ocorrem perdas. Segundo JENSEN et alii (1990), considera-se chuva efetiva a parte da chuva total que satisfaz as necessidades de evapotranspiração. JACKSON (1977) considera chuva efetiva, em termos agrícolas, aquela que infiltra no solo e permanece na zona radicular. Assim, chuva perdida como deflúvio superficial ou drenagem abaixo da zona radicular não é considerada efetiva.

O percentual de chuva que se torna efetivo é dependente de inúmeros fatores, entre os quais estão a intensidade da chuva, cobertura vegetal, taxa de infiltração da água no solo, declividade da superfície, presença de raízes, umidade inicial, capacidade de armazenamento de água no solo e interceptação foliar (JACKSON, 1977; CARMO & LOUREIRO, 1983).

A interceptação foliar é proporcionalmente mais importante para chuvas de baixa intensidade, sendo

diretamente afetada pela natureza da cobertura vegetal (JACKSON, 1977). CONTE & LEOPOLDO (1986) determinaram 8,1% de interceptação durante o ciclo de uma cultura de milho.

DOORENBOS & PRUITT (1984) consideram que chuvas leves frequentes interceptadas pela folhagem das plantas cobrindo totalmente o solo são aproximadamente 100% efetivas, enquanto chuvas de 25 a 30 mm podem ser apenas 60% efetivas na presença de baixa porcentagem de cobertura vegetal. Contudo, chuvas de baixa intensidade não devem ser desconsideradas (DASTANE, 1974 e JACKSON, 1977).

Muitos métodos e relações empíricas têm sido propostos para cálculo de chuva efetiva (DASTANE, 1974), porém geralmente aplicam-se a condições climáticas particulares ou utilizam informações de difícil obtenção. Segundo esse autor, na Tailândia considera-se 80% de chuva efetiva em novembro e 90% entre dezembro e março; no Japão, para arroz não submerso, a eficiência das chuvas diárias é assumida como 80% e na Índia há um método que considera efetivos 50% a 80% da chuva total. LUQUE & PAOLONI (1974) sugeriram, para chuvas mensais superiores a 20 mm, a utilização do fator 0,8 multiplicado à chuva total para cálculo da parcela efetiva.

Valores de evapotranspiração das culturas para planejamento de projetos de irrigação podem ser obtidos a partir de frequências com que altas demandas podem ser esperadas, particularmente nos meses de pico de uso de

água (DOORENBOS & PRUITT, 1984).

Segundo DALE (1976), a frequência cumulativa dada por $F(x)=m/(n+1)$, também conhecida como frequência empírica, fornece a melhor estimativa simples de probabilidades, especialmente nos extremos da distribuição. A divisão por $(n+1)$ fornece melhores estimativas, uma vez que o valor máximo observado é função do tamanho da série climatológica.

Ainda segundo DALE (1976), nos casos em que se acredita ser a série climatológica representativa das condições futuras, a probabilidade do evento climático pode ser obtida diretamente da distribuição de frequência. Para chuva e temperatura, a Organização Meteorológica Mundial elabora normais climatológicas a partir de séries com 30 anos de registros.

DOORENBOS & PRUITT (1984) sugerem que quando registros climáticos suficientemente longos são disponíveis (10 anos ou mais), a análise de frequência para valores de evapotranspiração pode ser feita de maneira similar à análise de chuva.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se a determinação de evapotranspiração máxima e necessidade de água para irrigação nas culturas de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L) e trigo (*Triticum aestivum*, L.).

A fim de representar diferentes condições edafo-climáticas do estado do Paraná, foram escolhidas as seguintes localidades: Cambará, Cascavel, Londrina, Paranaíba, Pato Branco e Ponta Grossa, com localização apresentada na Figura 1.

Londrina, Cambará e Paranaíba representam as condições climáticas do Norte do estado, classificado como Cfa, ou seja, subtropical úmido, mesotérmico, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração de chuvas nos meses de verão, com regimes hídricos semi e sub-úmido (IAPAR, 1978).

Cascavel, Ponta Grossa e Pato Branco representam o Sul do estado, onde se verifica uma situação de transição climática, com o tipo Cfa nos pontos localizados

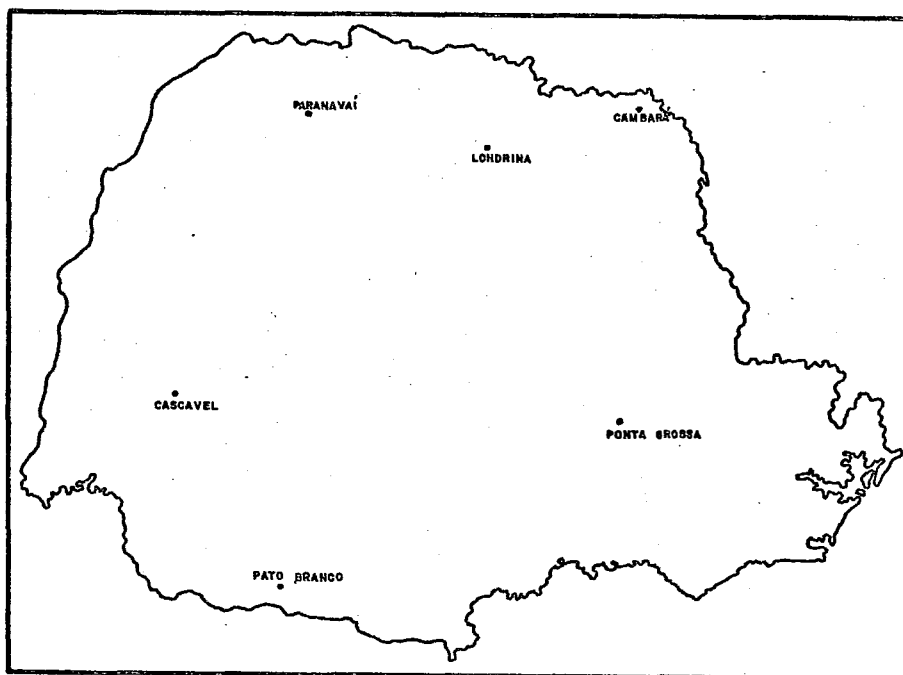


Figura 1 - Mapa do estado do Paraná com indicação dos locais estudados.

a altitudes inferiores a 700 m e, acima desse nível, a ocorrência de clima Cfb ou subtropical úmido, mesotérmico, com verões frescos, geadas severas frequentes e sem estação seca definida. O regime hídrico nessa região varia de úmido a superúmido, em direção ao Sul, tendo por característica principal a ausência de deficiência hídrica anual.

Para melhor caracterização climática desses locais, são apresentados valores médios mensais de precipitação pluvial e evapotranspiração de referência nas Tabelas 1 e 2.

O cálculo de balanço hídrico diário foi realizado de acordo com o método proposto por DOORENBOS & KASSAM (1979), porém com algumas alterações que serão deta-

Tabela 1 - Valores médios mensais de precipitação pluvial (mm) para as localidades em estudo.

Meses	Cambará	Cascavel	Londrina	Paranavai	P.Branco	P.Grossa
Jan	178	178	210	167	160	159
Fev	170	196	173	160	190	147
Mar	149	138	136	117	119	131
Abr	75	163	115	103	184	98
Mai	81	192	108	117	223	139
Jun	74	121	92	101	137	98
Jul	52	108	61	61	165	90
Ago	51	115	53	63	120	83
Set	70	138	101	118	152	121
Out	134	208	163	160	208	128
Nov	133	188	148	131	208	124
Dez	185	178	223	192	181	152
Total	1351	1923	1583	1491	2049	1472

Fonte - Banco de dados meteorológicos do IAPAR

Tabela 2 - Valores médios de evapotranspiração de referência (mm/dia) para as localidades em estudo.

Meses	Cambará	Cascavel	Londrina	Paranavai	P.Branco*	P.Grossa
Jan	4.9	4.2	4.8	5.2	4.7	3.8
Fev	4.6	3.5	4.4	4.7	3.9	3.4
Mar	4.0	3.2	3.9	4.2	3.6	2.9
Abr	3.3	2.4	3.1	3.4	2.5	2.2
Mai	2.2	1.7	2.1	2.4	1.7	1.5
Jun	1.8	1.3	1.7	2.1	1.4	1.3
Jul	2.1	1.5	2.0	2.4	1.7	1.5
Ago	2.9	2.2	2.7	3.1	2.3	2.0
Set	3.8	2.8	3.5	3.7	3.0	2.6
Out	4.8	3.4	4.4	4.6	3.7	3.3
Nov	5.2	3.8	4.8	5.1	4.2	3.7
Dez	4.5	3.8	4.5	4.8	4.4	3.7
Média	3.7	2.8	3.5	3.8	3.1	2.7

Fonte: CARAMORI & ARITA (1988)

* Calculada com os dados deste estudo (1979/88)

lhadas ao longo deste capítulo. Este modelo considera informações referentes a clima, solo e cultura, as quais serão apresentadas em itens separados, a seguir.

3.1. Parâmetros climáticos

Foram utilizadas as séries de dados disponíveis, para os locais em estudo, tomadas do banco de dados agrometeorológicos da Fundação Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), obtidas a partir de três observações diárias realizadas em seis estações agrometeorológicas do IAPAR e uma do Instituto Nacional de Meteorologia (INEMET). Os períodos de observação utilizados e a localização geográfica das estações são apresentados na Tabela 1.

Tabela 3 - Localização das estações agrometeorológicas e períodos de observação utilizados.

Local	Período	Anos	Latitude	Longitude	Altitude
Cambará	1971/88	18	23° 00' S	50° 02' W	450 m
Cascavel	1973/88	16	24° 56' S	53° 26' W	760 m
Londrina *a	1958/75	17	23° 23' S	51° 11' W	566 m
Londrina	1976/88	13	23° 22' S	51° 10' W	585 m
Paranavaí	1974/88	14	23° 05' S	52° 26' W	480 m
Pato Branco	1979/88	10	26° 07' S	52° 41' W	700 m
Ponta Grossa	1971/88	18	25° 13' S	50° 01' W	880 m

*a - Estação pertencente ao INEMET.

A evapotranspiração de referência (ET_o) foi calculada diariamente, utilizando o método de PENMAN

(1948), com a simplificação do termo aerodinâmico proposta por STANHILL (1962), o qual foi substituído pela evaporação de Piche, conforme eq. (1).

$$E_{To} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \cdot \frac{Q}{59} + (a + b \cdot E_{pi}) \quad (1)$$

E_{To} = evapotranspiração de referência (mm/dia)

Δ = tangente à curva de tensão de saturação de vapor de água à temperatura do ar (mm Hg. C⁻¹)

γ = constante psicrométrica (mm Hg. C⁻¹)

$\frac{Q}{59}$ = radiação líquida disponível (mm ev. equivalente)

a, b = coeficientes

E_{pi} = evaporação de Piche (mm)

A radiação solar global, necessária ao cálculo da energia líquida disponível (Q), foi obtida a partir da razão de insolação, conforme PRESCOTT (1940), eq. (2):

$$Q_g = Q_o \left(c + d \cdot \frac{n}{N} \right) \quad (2)$$

Q_g = radiação solar que atinge a superfície (cal/cm².dia)

Q_o = radiação solar no topo da atmosfera (cal/cm².dia)

n = insolação diária (horas)

N = duração máxima do dia (horas)

Para execução dos cálculos diários de evapotranspiração de referência (E_{To}), foi utilizado um programa computacional desenvolvido no IAPAR, em linguagem FORTRAN 77, apresentado no Apêndice 1.

Os coeficientes a, b, c e d, mais os valores de pressão atmosférica para os locais estudados, são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Coeficientes lineares e angulares da regressão linear para cálculo da evapotranspiração de referência (a, b) e da radiação solar global (c, d), coeficientes de determinação (r²) respectivos e pressão atmosférica (P, mmHg) por local.

Local	a	b	r ²	c	d	r ²	P
Cambará	0.03	0.39	0.86	0.24	0.51	0.88	723
Cascavel	0.12	0.35	0.90	0.19	0.45	0.89	698
Londrina	0.08	0.27	0.92	0.24	0.51	0.88	712
Paranavaí	0.13	0.35	0.86	0.24	0.51	0.88	721
Pato Branco	0.06	0.37	0.85	0.18	0.47	0.88	703
Ponta Grossa	0.12	0.36	0.84	0.20	0.46	0.88	688

Fonte: CARAMORI (1987).

No caso de Londrina, utilizaram-se duas séries climatológicas complementares. Para o período entre 1976 e 1988 foi utilizada a série de observações realizadas pelo IAPAR, com todas as informações necessárias ao cálculo de ETo. Para o período anterior, 1958 a 1975, dispunha-se apenas dos valores de precipitação, obtidos em estação do INEMET. Por este motivo, calcularam-se os valores médios de ETo, por decênios, a partir dos dados referentes ao período 1978-86, da série fornecida pelo IAPAR. Estes valores decendiais foram então assumidos para os anos 1958-75, nos cálculos de balanço hídrico.

A utilização de valores médios de ETo é aceitável, para as condições paranaenses, devido aos desvios

padrões encontrados entre valores de evapotranspiração não serem muito elevados (10 a 20%, segundo CARAMORI, 1987). Dessa maneira, pôde-se considerar maior número de anos com informação de chuva, o que foi importante uma vez que trata-se de elemento climático muito variável, especialmente para o Norte do Paraná (FARIA, 1981).

Os valores de precipitação diária (Ppt) foram alterados, com o objetivo de considerar-se a lâmina de água que efetivamente infiltra no solo. Assim, considerando-se os índices propostos por LUQUE & PAOLONI (1974) e DOBRÉA², determinou-se a precipitação efetiva (Pef) para utilização no balanço hídrico diário da maneira seguinte:

$$Pef = Ppt, \text{ para } Ppt < 20\text{mm} \quad (3)$$

$$Pef = 0,9.Ppt, \text{ para } 20\text{mm} \leq Ppt < 30\text{mm} \quad (4)$$

$$Pef = 0,8.Ppt, \text{ para } Ppt \geq 30\text{mm} \quad (5)$$

A temperatura média (T média) foi calculada conforme eq. (6):

$$T \text{ média} = \frac{T \text{ max} + T \text{ min}}{2} \quad (6)$$

T max = temperatura máxima (C)

T min = temperatura mínima (oC)

² DOBRÉA, I.N. (Consultor da W.M.O. junto ao PRONI - Ministério da Agricultura, Brasil). Comunicação pessoal. 1988.

3.2. Parâmetros de solo e raízes

Os grandes grupos de solos considerados nas seis diferentes regiões paranaenses foram tomados em função de suas expressivas representatividades em área e ou utilização agrícola, conforme EMBRAPA (1984), sendo relacionados na Tabela 5.

Tabela 5 - Solos considerados em cada localidade.

Local	Solo
Cambará	Latossolo Roxo
Cascavel	Latossolo Roxo
Londrina	Latossolo Roxo
Paranavaí	Latossolo Vermelho Escuro text. média
Pato Branco	Latossolo Roxo Álico
Ponta Grossa	Latossolo Vermelho Escuro text. argilosa

Os valores de umidade do solo à capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) foram obtidos de curvas características de retenção da água no solo, a partir de amostragens a campo realizadas por técnicos do IAPAR. Estes valores são apresentados nas Tabelas 6 a 11.

A capacidade de água disponível no solo, que representa a lâmina de água armazenada na zona radicular extraível pelas plantas, foi determinada de acordo com VILLA NOVA (1982), utilizando a expressão seguinte:

Tabela 6 - Umidade do solo na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) para o Latossolo Roxo de Cambará.

Profundidade (cm)	CC	PMP	AD
	(% em volume)		
5	36.4	26.7	9.7
15	34.4	28.1	6.3
25	34.8	28.4	6.4
55	41.8	29.3	12.5
85	41.1	29.7	11.4

Fonte: IAPAR (dados não publicados)

Tabela 7 - Umidade do solo na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) para o Latossolo Roxo de Cascavel.

Profundidade (cm)	CC	PMP	AD
	(% em volume)		
20	37.5	31.0	6.5
40	35.1	24.4	10.7
65	36.9	26.8	10.1
120	45.2	29.1	16.1

Fonte: IAPAR (dados não publicados)

Tabela 8 - Umidade do solo na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) para o Latossolo Roxo de Londrina.

Profundidade (cm)	CC	PMP	AD
	(% em volume)		
0 - 20	43.0	33.0	10.0
21 - 40	44.3	33.0	11.3
41 - 60	39.4	30.8	8.6
61 - 80	39.8	30.8	9.0

Fonte: FARIA & CARAMORI, 1986.

Tabela 9 - Umidade do solo na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) para o Latossolo Vermelho Escuro text. média de Paranavaí.

Profundidade (cm)	CC	PMP	AD
	(% em volume)		
10	9.6	1.9	7.7
25	11.8	5.6	6.2
55	9.5	2.6	6.9
85	9.1	1.7	7.4

Fonte: COSTA (1987)

Tabela 10 - Umidade do solo na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) para o Latossolo Roxo Álico de Pato Branco.

Profundidade (cm)	CC	PMP	AD
	(% em volume)		
0 - 10	35.0	27.8	7.2
10 - 20	40.2	26.7	13.5
20 - 40	39.1	27.0	12.1
40 - 60	41.0	26.0	15.0
60 - 80	38.8	24.2	14.6

Fonte: IAPAR (dados não publicados)

Tabela 11 - Umidade do solo na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) para o Latossolo Vermelho Escuro text. argilosa de Ponta Grossa.

Profundidade (cm)	CC	PMP	AD
	(% em volume)		
10	40.7	25.8	14.9
25	35.5	23.8	11.7
55	27.5	19.0	8.5
80	30.7	22.7	8.0

Fonte: COSTA (1987)

$$CAD = \frac{CC - PMP \cdot h}{10} \quad (7)$$

CAD = capacidade de água disponível no solo (mm)

CC = unidade do solo à capacidade de campo (cm³.cm⁻³)

PMP = unidade do solo no ponto de murcha permanente

(cm³.cm⁻³)

h = profundidade efetiva do sistema radicular (cm)

Assumiu-se variação da profundidade de exploração das raízes e, conseqüentemente, da CAD, desde um valor mínimo, na emergência, até um valor máximo na fase de florescimento das culturas. A função matemática utilizada para o cálculo da CAD é apresentada no item 3.4 deste capítulo.

Informações de profundidade do sistema radicular para as diferentes condições edafo-climáticas abordadas neste estudo eram bastante escassas, motivo pelo qual optou-se por considerar os mesmos valores assumidos por CARAMORI & FARIA (1987b), em estudo de veranicos para Londrina e Ponta Grossa, tomados a partir da literatura e observações locais. Dessa maneira, considerou-se a profundidade inicial para cálculo da CAD igual a 20 cm e a profundidade máxima de 60 cm, para feijão e trigo. O valor 60 cm foi também citado por outros autores (GARRIDO et alii, 1978; DOORENBOS & KASSAM, 1979 e CAMARGO & PEREIRA, 1990). Os valores de CAD assumidos para as fases de emergência e

florescimento das duas culturas são mostrados na Tabela 12.

Tabela 12 - Valores de capacidade de água disponível (CAD, mm) nas fases de emergência e de florescimento para as culturas de feijão e trigo em diferentes locais.

Local	C A D (mm)	
	Emergência	Florescimento
Cambará	17.4	63.6
Cascavel	13.0	54.0
Londrina	20.0	60.0
Paranavaí	14.0	42.0
Pato Branco	21.0	75.0
Ponta Grossa	27.0	67.0

Considerou-se como água disponível (AD) a fração p da CAD que pode ser utilizada pelas culturas antes de se configurar uma deficiência hídrica, eq. (8). Desse modo, o nível de armazenamento crítico (ARMCRI) da água no solo foi calculado diariamente, conforme eq. (9):

$$AD = p \cdot CAD \quad (8)$$

$$ARMCRI = (1 - p) \cdot CAD \quad (9)$$

A fração de esgotamento da água no solo tolerada pelas culturas (p), proposta por DOORENBOS & KASSAM (1979), foi calculada diariamente para o grupo 3 de culturas, de acordo com os valores de ET_m , utilizando-se uma função matemática que é apresentada no item 3.4.

Com relação à evapotranspiração, considerou-se que, enquanto o armazenamento de água no solo variou

entre os valores de CAD e ARMCRI, a evapotranspiração real (ET_r) foi exatamente igual à evapotranspiração máxima (ET_m) e a cultura esteve sob condições de umidade ideais para atingir seu rendimento máximo.

3.3. Parâmetros culturais

Foram estudadas as culturas de feijão (Phaseolus vulgaris, L.) e trigo (Triticum aestivum, L.).

No estado do Paraná o trigo é semeado principalmente nos meses de abril e maio, no Norte e Sudoeste, e no período entre maio e julho, no Sul.

Para o feijão são consideradas três safras, sendo a das águas semeada de julho a outubro, dependendo da região; a safra da seca, semeada de dezembro a fevereiro, não recomendada para o Norte e Sudoeste em virtude da ocorrência de mosaico dourado, e o plantio de outono-inverno, restrito ao vale do rio Paranapanema, onde agricultores têm obtido sucesso com a semeadura nos meses de abril e maio. Na região Norte do estado predomina o feijão de tegumento colorido e, na região Sul, as variedades do grupo preto.

Consideraram-se diferentes épocas espaçadas de 10 ou 15 dias, a fim de se verificar todo o período recomendado para plantio das culturas (KRANZ, et alii, 1983 e IAPAR, 1985). O feijão considerado foi dos tipos II e

III, de hábito de crescimento indeterminado.

O ciclo médio das culturas foi considerado da emergência à maturação fisiológica, a partir de dados fenológicos coletados por técnicos do IAPAR, calculando-se o balanço hídrico para este período. Foi assumida a mesma duração de ciclo para todas as épocas estudadas.

As datas de emergência e o número de dias compreendidos pelas fases emergência-florescimento e emergência-maturação são apresentados para as diferentes safras de feijão e para trigo na Tabela 13 e Tabela 14, respectivamente.

3.3.1. Coeficientes de cultura

Os coeficientes de cultura (K_c) foram obtidos a partir dos valores apresentados pela FAO (DOORENBOS & KASSAM, 1979), para os principais estágios de desenvolvimento. O ciclo foi subdividido em quatro fases, de acordo com DOORENBOS & PRUITT (1984). Nas fases I e III foram utilizados valores constantes, enquanto que para as fases II e IV os valores diários de K_c foram obtidos por funções matemáticas de primeiro grau, onde a variável independente foi a duração relativa do ciclo. Os coeficientes destas funções foram obtidos por regressão linear, considerando um ciclo padrão para cada uma das culturas.

Os limites assumidos para as diferentes fases

Tabela 13 - Duração dos períodos emergência-florescimento (EF, dias) e emergência-maturação (EM, dias) e datas de emergência nas diferentes épocas de plantio e safras consideradas para a cultura de feijão.

Local	EF	EM	Épocas de plantio						
			1	2	3	4	5	6	7
ÁGUAS									
Casc.	45	90	01/set	10/set	20/set	30/set	10/out	-	-
Lond.	45	90	10/ago	20/ago	30/ago	10/set	20/set	30/set	15/out
Pbra.	50	95	01/set	10/set	20/set	30/set	10/out	20/out	05/nov
Pvaí.	45	90	01/jul	10/jul	20/jul	30/jul	10/ago	20/ago	30/ago
			15/set	-	-	-	-	-	-
Pgro.	50	95	10/set	20/set	30/set	10/out	20/out	05/nov	-
SECA									
Pbra.	50	95	10/dez	20/dez	01/jan	10/jan	20/jan	30/jan	-
Pgro.	50	95	10/dez	20/dez	01/jan	10/jan	20/jan	30/jan	-
OUTONO									
Camb.	45	90	01/abr	10/abr	20/abr	30/abr	10/mai	20/mai	31/mai

Tabela 14 - Duração dos períodos emergência-florescimento (EF, dias) e emergência-maturação (EM, dias) e datas de emergência nas diferentes épocas de plantio consideradas para a cultura de trigo.

Local	EF	EM	Épocas de plantio						
			1	2	3	4	5	6	7
Camb.	65	120	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai	-
Casc.	70	120	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai	21/mai	31/mai
Lond.	65	120	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai	-
Pbra.	80	140	01/mai	11/mai	21/mai	01/jun	11/jun	21/jun	01/jul
Pvaí.	65	120	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai	-
Pgro.	80	140	21/mai	01/jun	11/jun	21/jun	01/jul	11/jul	21/jul

do ciclo e os valores de Kc correspondentes estão apresentados nas Figuras 2 e 3. Nessas figuras estão apresentadas também as durações relativas do ciclo (D), obtidas pela razão entre o número de dias transcorridos a partir da emergência até qualquer dia considerado e a duração total do ciclo (emergência- maturação fisiológica).

3.3.2. Períodos críticos

Considerando a fase de florescimento como a mais sensível à deficiência hídrica para feijão e trigo (JACKSON, 1977; DOORENBOS & KASSAM, 1979 e FARIA, 1989), foram tomados períodos críticos de aproximadamente 30 dias, conforme sugerido por SAAD & SCALOPPI (1988). Para delimitação deste período, tomaram-se, para seu início e

Tabela 15 - Intervalo considerado como período crítico e duração desse período em função do ciclo total (emerg. à mat. fisiol.) e do tempo decorrido até o florescimento (dias).

Cultura	Emerg. à Mat.fisiol.	Emerg. ao Floresc.	Período crítico	
			Intervalo	N. de dias
Feijão	90	45	30. ao 60.	31
	95	50	35. ao 65.	31
Trigo	120	65 ou 70	50. ao 80.	31
	140	80	65. ao 80.	36

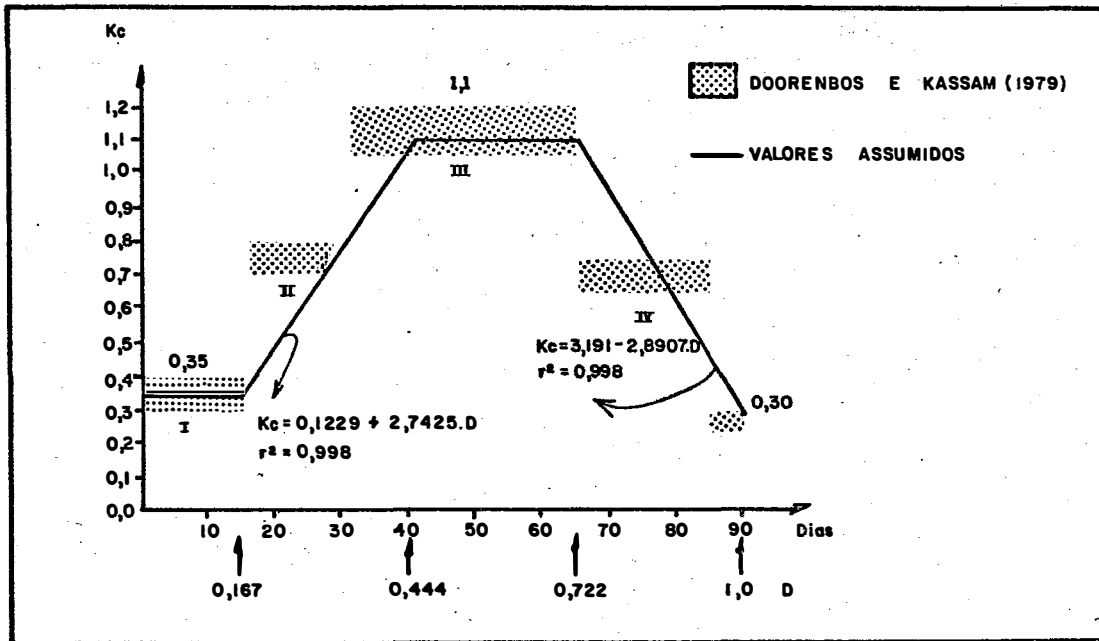


Figura 2 - Variação do coeficiente de cultura (K_c) para feijão.

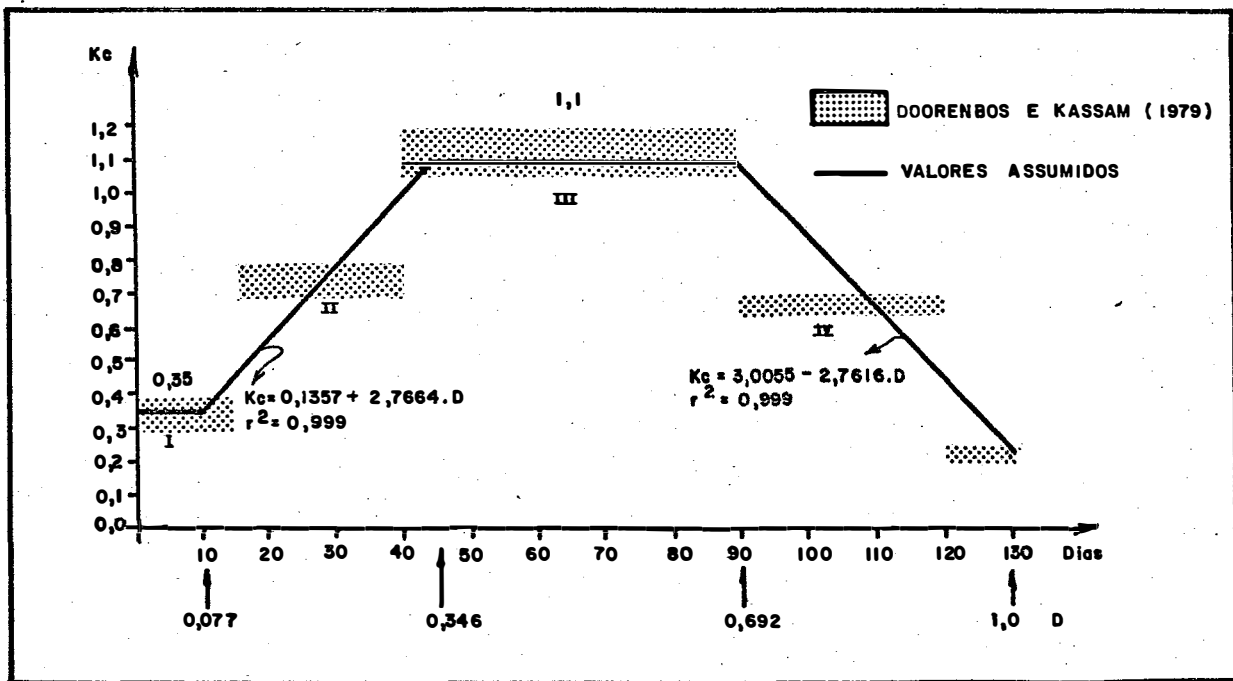


Figura 3 - Variação do coeficiente de cultura (K_c) para trigo.

seu final, em torno de 15 dias anteriores e posteriores à data admitida como de florescimento.

A duração total do ciclo, número de dias para atingir o florescimento, dias do ciclo entre os quais consideraram-se os períodos críticos e a duração desses períodos são apresentados na Tabela 15.

3.4. Cálculo do balanço hídrico

Para realização dos cálculos diários de balanço hídrico utilizou-se de programa computacional desenvolvido no IAPAR, escrito em linguagem Fortran 77, apresentado no Apêndice 2. Além de feijão e trigo, este programa pode ser utilizado para as culturas de arroz, milho, soja e olerícolas.

A demanda climática ideal ou evapotranspiração máxima (ET_m) foi calculada diariamente, a partir da expressão sugerida por DOORENBOS & KASSAM (1979), a seguir:

$$ET_m = K_c \cdot ETo \quad (10)$$

Os valores de K_c utilizados foram apresentados no item 3.3 deste capítulo.

A principal modificação apresentada neste modelo, em relação a trabalhos similares utilizando o método de balanço hídrico (CARAMORI & FARIA, 1987b; MOTA & AGENDES, 1989; ALFONSI et alii, 1989 e MOTA, 1989, foi a

utilização do armazenamento de água no solo (ARM) entre os limites definidos pela CAD e pelo armazenamento crítico (ARMCRI). Assim, quando o armazenamento de água no solo se tornava menor ou igual ao armazenamento crítico, era simulada a aplicação de uma lâmina de irrigação (H) suficiente para tornar o armazenamento igual à CAD. Dessa forma, simulou-se condição ótima de umidade no solo, com ETr igual a ETm durante todo o ciclo, tal como se propõe em culturas irrigadas, e quantificaram-se as lâminas de irrigação necessárias nas diferentes épocas e locais.

O armazenamento crítico (ARMCRI), conforme visto no item 3.2, foi calculado diariamente utilizando-se a expressão:

$$\text{ARMCRI} = (1 - p) \cdot \text{CAD} \quad (9)$$

sendo que

$$p = e^{-(A_1 + A_2 \cdot \text{ETm})} \quad (11)$$

onde:

p = fração de esgotamento admissível para a água no solo

Aplicou-se logaritmo neperiano à eq. (11),

obtendo-se:

$$\text{Ln } p = -A_1 - A_2 \cdot \text{ETm} \quad (12)$$

Tomando os valores de p tabelados por DOORENBOS & KASSAM (1979) para o grupo 3 de culturas, correspondentes a ETo entre 2 e 7 mm por dia, obteve-se, por regressão linear, o valor dos coeficientes A1 e A2, sendo:

$$\begin{aligned} A1 &= 0.02749002 \quad e \\ A2 &= -0.1334409, \quad \text{com } r^2 = 0.979 \end{aligned}$$

A variação crescente da CAD desde a emergência até o florescimento, conforme descrito no item 3.2, foi obtida utilizando-se a expressão sugerida por WAGNER & CARAMORI³. Esta expressão segue o modelo exponencial, conforme eq. (13), sendo apresentada em forma gráfica, em exemplo referente a Londrina, na Figura 4.

$$CAD = CADIN \cdot e^{D \cdot [\ln (CADF/CADIN)]} \quad (13)$$

$$\text{sendo } D = \frac{t}{T}$$

CADIN = CAD na emergência, conforme Tabela 12 (mm)

CADF = CAD no florescimento, conforme Tabela 12 (mm)

D = duração relativa do ciclo

t = período decorrido desde a emergência (dias)

T = período entre emergência e florescimento (dias)

Com relação ao armazenamento de água no solo (ARM), considerou-se, no primeiro dia do ciclo:

$$ARM = CADIN \quad (14)$$

Assumiu-se essa condição devido à emergência das plantas ocorrer, em situação de campo, após uma chuva ou irrigação. Em seguida, os valores de CAD foram calculados diariamente, pela eq. (13), até a data de florescimen-

³ WAGNER, C.S. & CARAMORI, P.H. (IAPAR, Area de Agrometeorologia). Comunicação pessoal, 1988.

to. Do florescimento ao final do ciclo, considerou-se o armazenamento com valor máximo e constante, ou seja:

$$CAD = CADF \quad (15)$$

A sequência de cálculos referentes ao armazenamento de água no solo (ARM) é apresentada a seguir:

a) Dia 1: $ARM1 = CADIN$

$$N1 = 0$$

b) Dia 2, no caso de $Ppt > ETm$:

$$ARM2 = ARM1 + Ppt - ETm$$

. Se $ARM2 < ARMCRI$, então:

$$H = N1, \quad ARM2 = CAD \quad e \quad N2 = 0$$

senão: $N2 = CAD - ARM2$

. se $N2 < 0$, então: $N2 = 0$

. se $ARM2 > CAD$, então: $ARM2 = CAD$

c) Dia 2, no caso de $Ppt < ETm$:

$$N2 = N1 + ETm - Ppt$$

. Se $N2 > (p \cdot CAD)$, então:

$$H = N2, \quad ARM2 = CAD \quad e \quad N2 = 0$$

senão: $ARM2 = CAD - N2$

ARM1 e ARM2 = armazenamento de água no solo no primeiro e segundo dias, respectivamente.

N1 e N2 = armazenamento negativo acumulado no primeiro e segundo dias, respectivamente.

Ppt = precipitação pluvial

H = lâmina de irrigação suplementar simulada

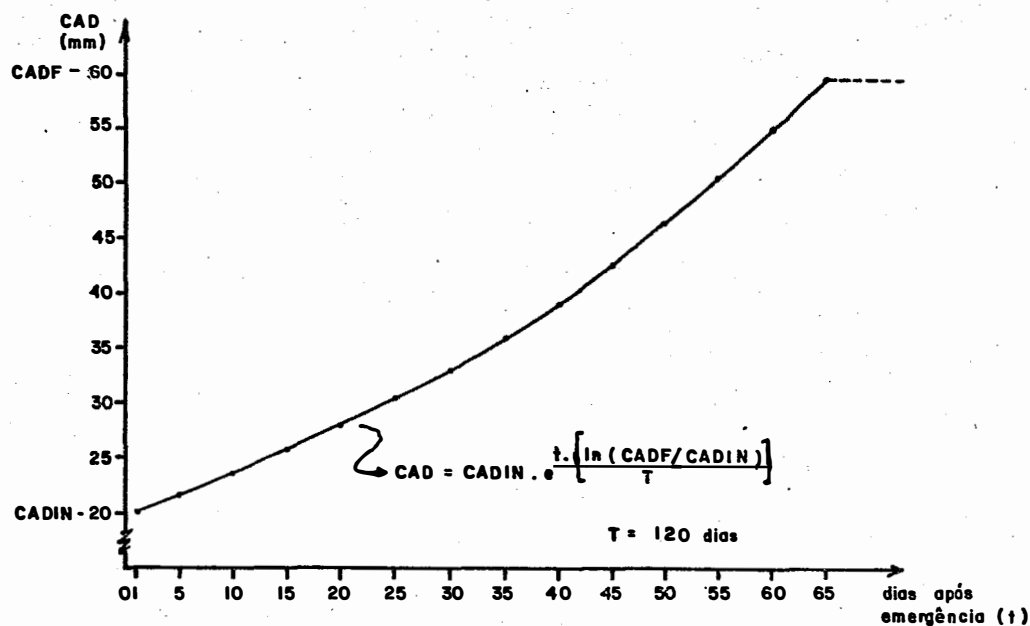


Figura 4 - Variação da capacidade de água disponível no solo entre os estágios de emergência e florescimento, para trigo em Londrina

A unidade considerada para todas as variáveis foi o milímetro de água (mm). Para o dia 3 os cálculos seguiram de forma semelhante ao dia 2, apenas com a substituição de N1, N2, ARM1 e ARM2 por N2, N3, ARM2 e ARM3, respectivamente, e assim para todos os dias, até o final do ciclo.

Os valores de lâmina suplementar obtidos (H) foram considerados para 100% de eficiência de irrigação.

3.5. Análise estatística

Utilizando-se a série de dados gerada a partir do modelo de balanço hídrico apresentado, foram definidas a demanda climática ideal (ET_m) e as lâminas de irrigação suplementar (H) requeridas. A seguir, os valores diários para cada ano agrícola simulado foram somados, obtendo-se os valores de ET_m e H para o ciclo total e para os períodos críticos.

Os valores de evapotranspiração máxima foram analisados a partir de sua frequência empírica, conforme THOM (1966) e DALE (1976). Assim, para cada combinação local-época, os dados foram agrupados em ordem crescente e um número de ordenação foi atribuído a cada valor (iniciando pela ordem 1 para o menor valor). Calculou-se então a frequência de o valor de ET_m não ser excedido, utilizando a expressão seguinte:

$$F(x) = \frac{m}{n + 1} \quad (16)$$

F(x) = frequência empírica de ET_m
 m = número de ordenação dos valores (1 < m < n)
 n = número de anos da série climatológica

A distribuição empírica de ET_m foi então colocada em forma gráfica, conforme sugerido por THOM

(1966), plotando os valores de $F(x)$ na abcissa versus os valores de ET_m observados, na ordenada. Com a união dos pontos, ajustou-se uma reta do tipo:

$$ET_m = a + b \cdot F(x) \quad (17)$$

Os coeficientes a e b foram obtidos por análise de regressão linear, para a qual realizou-se o teste F de significância e obteve-se o coeficiente de determinação.

No caso específico de Londrina, em que os valores de ET_m no período 1958-75 foram obtidos através de médias, os coeficientes linear e angular foram calculados considerando apenas os valores de ET_m (ciclo total e período crítico) entre 1976 e 1988.

Assumindo que as séries climáticas utilizadas foram suficientemente longas para determinação de ET_m e irrigação, pôde-se considerar a distribuição de frequência como sendo uma boa aproximação da probabilidade (DALE, 1976), sendo então:

$$F(X \leq x) = F(x) \quad (18)$$

A eq. (17) foi, desta forma, reescrita para:

$$ET_m = a + b \cdot P(x) \quad (19)$$

Os valores de lâmina de irrigação suplementar (H), por sua vez, foram ajustados à distribuição normal, cuja função de densidade de probabilidade (THOM, 1966) é

apresentada a seguir:

$$f(H) = \frac{1}{S} \cdot \frac{e^{-A}}{\sqrt{2\pi}} \quad (20)$$

$$\text{sendo } A = -\frac{(H - \bar{x})^2}{2 \cdot S^2}$$

$f(H)$ = função densidade de probabilidade da distribuição normal

H = lâmina de irrigação suplementar, com $0 \leq H \leq x$

\bar{x} = média de H

S^2 = variância de H

Realizou-se o teste de ajustamento de Kolmogorov-Smirnov para verificar se houve diferenças significativas entre as lâminas de irrigação observadas e as estimadas pela distribuição normal, utilizando valores tabelados a 5% de probabilidade (ROHLF & SOKAL, 1969).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise dos valores originais

Os valores obtidos para lâmina de irrigação suplementar (H) e evapotranspiração máxima (ET_m), para o ciclo total e período crítico, em todos os locais, anos e épocas de plantio estudados, constam das Tabelas 16 a 33 (Apêndice 3) para feijão e Tabelas 34 a 47 (Apêndice 4) para trigo.

Observando-se essas tabelas (Apêndices 3 e 4) foi possível, apesar da grande diversidade de valores encontrados, verificar algumas características comuns a todos os locais e culturas. A primeira observação foi a de que, para uma mesma época de plantio, os valores de lâmina de irrigação suplementar (H) foram bastante variáveis entre si de acordo com o ano considerado. Isto se verificou tanto para valores obtidos considerando-se o ciclo todo, como também para o período crítico ao déficit hídrico.

Como pode-se verificar nas mesmas tabelas, a variação interanual da ETm foi bastante restrita, em comparação com os valores obtidos para lâminas de irrigação, permitindo-se concluir que a precipitação pluvial foi o principal fator responsável pelas diferentes necessidades de água para irrigação verificadas ao longo dos anos.

Outro ponto interessante observado nessas tabelas foi o comportamento diferenciado dos valores calculados para irrigação e ETm em função das épocas de plantio. Esta observação concorda com outros estudos (CAMARGO et alii, 1985; ALFONSI et alii, 1989b e TOLEDO FILHO, 1989), permitindo verificar-se que o plantio em determinadas épocas envolve menores volumes de água necessários à irrigação ou, no caso de agricultura de sequeiro, envolve menores riscos de quebra de safra, mesmo dentro do período de plantio recomendado pela pesquisa.

Apesar de as séries climatológicas consideradas terem envolvido diferentes números de anos, o que impossibilita a comparação de médias entre locais, puderam-se verificar valores de demanda climática ideal (ETm) diferindo em função da localização geográfica. Como exemplo, considerando-se a cultura de trigo com emergência em 1/maio na safra de 1988, obteve-se: em Cambará (Tabela 34) ETm igual a 231 mm; em Cascavel (Tabela 36) 190 mm; em Londrina (Tabela 39) ETm de 205 mm; em Paranavaí (Tabela

42) 251mm e em Pato Branco (Tabela 44) a ETm foi de 211 mm para o ciclo completo da cultura. Esses resultados permitem verificar, para o caso do trigo, maior efeito do local do que da duração do ciclo, reportados como os dois principais fatores condicionantes da ETm por DOORENBOS & KASSAM (1979), uma vez que os maiores valores foram obtidos para o Norte, a despeito da maior duração do ciclo no Sul do estado (Casçavel, Pato Branco e Ponta Grossa).

A variação de ETm, para uma mesma época, entre locais, ocorreu também para feijão. Tomando-se por exemplo o feijão da safra das águas emergido em 10/setembro, em 1988, obteve-se: em Casçavel (Tabela 18) ETm de 290 mm; em Londrina (Tabela 21) 330 mm; em Paranavaí (Tabela 24, emergência em 15/set) 372 mm; em Pato Branco (Tabela 26) a ETm calculada foi de 320 mm e, finalmente, em Ponta Grossa (Tabela 26) 288 mm de evapotranspiração máxima no ciclo total. Também neste caso foram observados os maiores valores para o Norte do estado, contudo observaram-se valores elevados também para Pato Branco, provavelmente em virtude dos elevados valores de evapotranspiração de referência que esta localidade apresentou durante o período estudado, conforme Tabela 2.

4.2. Análise da ETm a três níveis de probabilidade

Um exemplo de análise da probabilidade empírica pelo ajuste dos dados a uma reta, conforme utilizado neste estudo, é apresentado a seguir, para feijão de outono emergido em 20/abril em Cambará:

m	ET _m	P(%)
1	137	0.0526
2	140	0.1053
3	141	0.1579
4	143	0.2105
5	148	0.2632
6	151	0.3158
7	151	0.3684
8	157	0.4210
9	159	0.4737
10	159	0.5263
11	161	0.5789
12	162	0.6316
13	162	0.6842
14	165	0.7368
15	165	0.7895
16	171	0.8421
17	172	0.8947
18	181	0.9474

n = 18 anos

Os pares de valores e reta de ajuste são apresentados na Figura 5.

Nas tabelas 48 a 53 são apresentados os coeficientes a e b da reta obtida por regressão linear entre ET_m e P(x) para feijão e trigo em todos os locais e épocas estudados. São também apresentados os coeficientes de determinação (r²), os valores de ET_m correspondentes aos níveis de 50%, 75% e 90% de probabilidade e os valores diários médios de ET_m a 75% de probabilidade de ocorrência (3 em cada 4 anos).

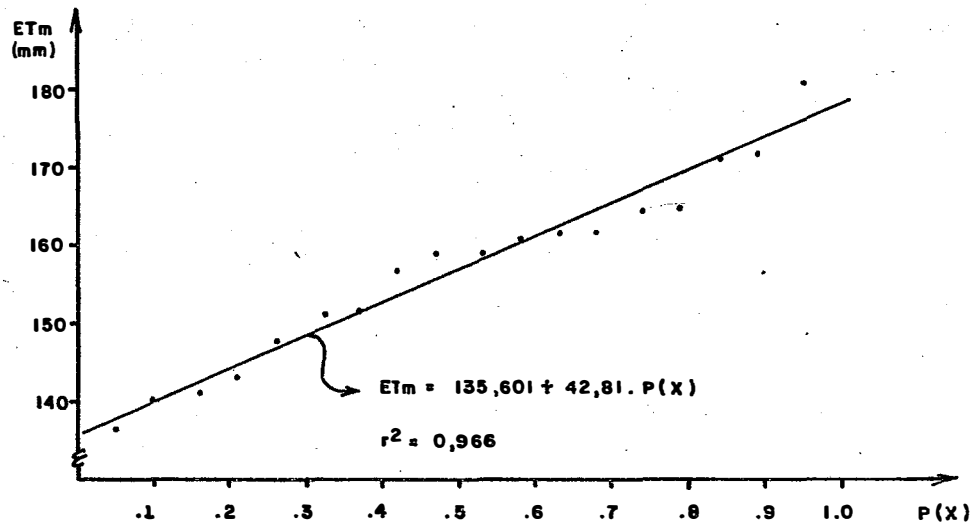


Figura 5 - Valores observados de ET_m no ciclo total versus a probabilidade empírica e reta de ajuste para feijão com emergência em 20/abril, em Cambará.

De acordo com análise de variância pelo teste F, todas as regressões foram significativas ao nível de 5% de probabilidade.

A observação das referidas tabelas permite verificar que para maiores níveis de probabilidade, maiores valores de ET_m foram selecionados. Isto se deveu ao fato de ter-se optado pelo cálculo de probabilidades de os valores não serem excedidos, conforme utilizado em trabalhos semelhantes por SILVA (1979), MOTA & AGENDES (1989) e MOTA (1989), uma vez que no dimensionamento de projetos de irrigação utilizam-se valores máximos, ou de pico.

Tomando-se como exemplo a Tabela 48, pode-se verificar ET_m correspondente a 270 mm para feijão das águas em Cascavel, com emergência em 1/set, ao nível de 75% de probabilidade. A interpretação deste valor é que para cada 3 em 4 anos os valores de ET_m serão menores ou iguais a 270 mm, sendo que esse será superado apenas em 1 a cada 4 anos (risco de 25%). A mesma interpretação é válida para os demais níveis de probabilidade apresentados.

Pelas Tabelas 48 e 49, referentes à ET_m para a cultura de feijão, pôde-se verificar que os valores determinados a 75% de probabilidade estiveram entre 162 e 367 mm, ou 1,8 a 4,1 mm por dia, em média, para o ciclo total. Esta larga variação foi função do local e, principalmente, da safra e época de plantio consideradas.

Verificaram-se as menores demandas climáticas

Tabela 48 - Coeficientes a, b e de determinação (r^2) da regressão linear entre evapotranspiração máxima (ET_m) e probabilidade empírica, valores de ET_m aos níveis de 50%, 75% e 90% de probabilidade, para feijão de outono e águas. ($P \leq ET_m$).

	Epoca	Coeficientes		r^2 (%)	ET _m (mm)			ET _m (mm/d)
		a	b		50%	75%	90%	75%
C	01/abr	150.32	49.16	96.0	175	187	195	2.1
a	10/abr	140.70	46.61	96.3	164	176	183	2.0
m	20/abr	135.60	42.81	96.6	157	168	174	1.9
b	30/abr	137.53	32.76	84.0	154	162	167	1.8
a	10/mai	142.90	28.75	76.3	157	164	169	1.8
r	20/mai	148.96	31.59	82.4	165	173	177	1.9
a	31/mai	159.53	36.41	89.9	178	187	192	2.1
C	01/set	223.74	61.37	97.4	254	270	279	3.0
a	10/set	231.70	66.58	96.9	265	282	292	3.1
s	20/set	238.92	71.28	92.0	275	292	303	3.2
c	30/set	241.07	79.88	93.5	281	301	313	3.3
v	10/out	246.71	79.01	89.1	286	306	318	3.4
L	10/ago	250.61	57.50	96.7	279	294	302	3.3
o	20/ago	268.47	58.11	92.9	298	312	321	3.5
n	30/ago	280.61	63.09	92.9	312	328	337	3.6
d	10/set	291.45	66.69	86.7	325	341	351	3.8
r	20/set	295.63	74.12	90.1	333	351	362	3.9
i	30/set	292.92	85.82	88.0	336	357	370	4.0
n	15/out	293.62	88.06	83.3	338	360	373	4.0
P	01/jul	200.19	64.56	91.7	232	249	258	2.8
a	10/jul	210.51	70.04	93.4	246	263	274	2.9
r	20/jul	226.58	69.07	90.8	261	278	289	3.1
a	30/jul	244.07	68.50	94.4	278	295	306	3.3
n	10/ago	265.73	62.32	92.3	297	312	322	3.5
a	20/ago	286.14	59.66	92.1	316	331	340	3.7
v	30/ago	301.78	59.01	92.5	331	346	355	3.8
.	15/set	317.40	66.71	87.5	351	367	377	4.1
P.	01/set	233.88	75.36	91.2	272	290	302	3.1
B	10/set	244.37	80.01	87.1	284	304	316	3.2
r	20/set	249.10	91.66	85.2	295	318	332	3.3
a	30/set	255.85	97.27	87.0	304	329	343	3.5
n	10/out	265.33	94.53	86.3	313	336	350	3.5
c	20/out	280.99	75.47	82.0	319	338	349	3.6
o	05/nov	288.39	64.89	76.1	321	337	347	3.5
P.	10/set	225.08	69.71	96.2	260	277	288	2.9
G	20/set	230.59	76.08	96.1	269	288	299	3.0
r	30/set	236.82	77.91	95.1	276	295	307	3.1
o	10/out	243.26	76.24	92.4	281	300	312	3.2
s	20/out	248.21	73.32	91.6	285	303	314	3.2
.	05/nov	252.97	65.93	87.1	286	302	312	3.2

Tabela 49 - Coeficientes a, b e de determinação (r^2) da regressão linear entre evapotranspiração máxima (ET_m) e probabilidade empírica, valores de ET_m aos níveis de 50%, 75% e 90% de probabilidade, para feijão da seca. ($P \leq ET_m$).

	Epoca	Coeficientes		r^2 (%)	ET _m (mm)		ET _m (mm/d)	
		a	b		50%	75%	90%	75%
P.	10/dez	269.65	58.59	80.4	299	314	322	3.3
B	20/dez	267.22	43.98	72.0	289	300	307	3.2
r	01/jan	269.94	23.82	97.5	282	288	291	3.0
a	10/jan	254.45	28.91	89.6	269	276	280	2.9
n	20/jan	231.37	42.77	96.3	253	263	270	2.8
c	30/jan	213.08	42.44	95.0	234	245	251	2.6
P.	10/dez	250.95	46.41	83.1	274	286	293	3.0
G	20/dez	244.80	44.03	80.7	267	278	284	2.9
r	01/jan	238.39	39.05	87.6	258	268	274	2.8
o	10/jan	228.27	38.83	92.0	248	257	263	2.7
s	20/jan	215.09	38.85	93.4	235	244	250	2.6
.	30/jan	200.16	37.88	92.8	219	229	234	2.4

Tabela 51 - Coeficientes a, b e de determinação (r^2) da regressão linear entre evapotranspiração máxima (ET_m) e probabilidade empírica, valores de ET_m aos níveis de 50%, 75% e 90% de probabilidade, para feijão da seca no período crítico. ($P \leq ET_m$).

	Epoca	Coeficientes		r^2 (%)	ET _m (mm)		ET _m (mm/d)	
		a	b		50%	75%	90%	75%
P.	10/dez	110.73	54.97	95.5	138	152	160	4.9
B	20/dez	112.92	34.94	83.8	130	139	144	4.5
r	01/jan	113.39	26.51	94.2	127	133	137	4.3
a	10/jan	113.73	21.29	97.6	124	130	133	4.2
n	20/jan	104.53	33.01	96.5	121	129	134	4.2
c	30/jan	96.08	37.22	97.6	115	124	130	4.0
P.	10/dez	115.65	21.44	91.4	126	132	135	4.2
G	20/dez	103.52	40.82	96.9	124	134	140	4.3
r	01/jan	100.99	37.99	95.1	120	129	135	4.2
o	10/jan	101.16	30.02	93.8	116	124	128	4.0
s	20/jan	95.78	29.22	94.2	110	118	122	3.8
.	30/jan	90.05	28.49	95.2	104	111	116	3.6

Tabela 50 - Coeficientes a, b e de determinação (r²) da regressão linear entre evapotranspiração máxima (ET_m) e probabilidade empírica, valores de ET_m aos níveis de 50%, 75% e 90% de probabilidade, para feijão de outono e águas. (P < ET_m).

	Epoca	Coeficientes		r ² (%)	ET _m (mm)			ET _m (mm/d) 75%
		a	b		50%	75%	90%	
C	01/abr	65.36	31.15	94.6	81	89	93	2.9
a	10/abr	56.09	35.19	96.0	74	82	88	2.7
m	20/abr	52.76	30.74	98.5	68	76	80	2.4
b	30/abr	52.75	27.49	96.5	67	73	77	2.4
a	10/mai	56.91	22.89	86.7	68	74	78	2.4
r	20/mai	61.60	21.66	80.9	72	78	81	2.5
a	31/mai	65.52	22.49	93.1	77	82	86	2.7
C	01/set	100.67	34.53	95.2	118	127	132	4.1
a	10/set	110.05	22.94	91.5	122	127	131	4.1
s	20/set	116.83	26.03	94.9	130	136	140	4.4
c	30/set	109.01	47.95	91.7	133	145	152	4.7
.	10/out	107.88	56.91	92.3	136	151	159	4.9
L	10/ago	106.94	41.05	95.3	127	138	144	4.4
o	20/ago	116.00	41.82	93.6	137	147	154	4.8
n	30/ago	124.34	45.31	97.0	147	158	165	5.1
d	10/set	137.33	31.56	97.9	153	161	166	5.2
r	20/set	143.97	31.32	88.5	160	167	172	5.4
i	30/set	139.97	42.85	89.5	161	172	179	5.6
n	15/out	132.94	57.72	89.0	162	176	185	5.7
P	01/jul	88.65	39.38	97.5	108	118	124	3.8
a	10/jul	92.29	40.65	86.4	113	123	129	4.0
r	20/jul	93.85	49.31	95.0	119	131	138	4.2
a	30/jul	97.83	51.75	96.6	124	137	144	4.4
n	10/ago	109.91	47.62	96.7	134	146	153	4.7
a	20/ago	120.42	46.35	90.4	144	155	162	5.0
v	30/ago	131.93	45.45	94.5	155	166	173	5.4
.	15/set	154.16	23.45	97.7	166	172	175	5.5
P.	01/set	109.31	26.93	88.3	123	130	134	4.2
B	10/set	111.27	36.13	94.5	129	138	144	4.5
r	20/set	105.83	59.49	96.3	136	150	159	4.9
a	30/set	104.13	72.27	90.9	140	158	169	5.1
n	10/out	118.65	57.87	91.6	148	162	171	5.2
c	20/out	114.61	60.05	97.7	145	160	169	5.2
o	05/nov	128.11	37.03	72.5	147	156	161	5.0
P.	10/set	103.41	32.13	98.0	119	128	132	4.1
G	20/set	103.75	43.21	97.7	125	136	143	4.4
r	30/set	100.99	52.52	96.6	127	140	148	4.5
o	10/out	105.58	50.79	94.2	131	144	151	4.6
s	20/out	106.16	48.13	95.6	130	142	149	4.6
.	05/nov	115.92	31.47	77.9	132	140	144	4.5

para o plantio de outono em Cambará, inferiores a 200 mm, o que se justifica tendo em vista os baixos valores médios mensais de evapotranspiração de referência para este período (Tabela 2).

Considerando as safras das águas e da seca, os valores de ET_m estiveram entre 229 mm (Ponta Grossa, emergência em 30/jan) e 367 mm (Paranavaí, em 15/set), a 75% de probabilidade. Esses valores mostram-se abaixo ou nos níveis inferiores das faixas de variação sugeridas por DOORENBOS & PRUITT (1979), que foram de 300 a 500 mm, bem como dos resultados obtidos pela EPAMIG (1988), ou seja, melhores produções com lâminas entre 360 e 600 mm; entretanto, esses valores aproximam-se, proporcionalmente, dos 220 mm de evapotranspiração real obtidos por SILVEIRA & STONE (1979) para feijão com ciclo de 75 dias. Os valores de ET_m média diária situaram-se bastante próximos ou incluídos no intervalo de 3 a 4 mm por dia sugerido por FARIA (1989), à exceção do feijão em Cambará, onde os valores foram inferiores.

A comparação entre feijão das águas e da seca em Pato Branco e Ponta Grossa (Tabelas 48e 49) mostrou valores de ET_m menores na safra da seca, sendo que a tendência de variação dos valores ao longo do período de plantio foi também diferente. Enquanto no plantio das águas a demanda evaporativa aumentou com o avanço dos meses, no plantio da seca ela diminuiu.

Nas Tabelas 50 e 51 são apresentadas as demandas evaporativas para feijão, durante o período crítico, nas diferentes safras. Pode-se observar a elevada participação dos 31 dias próximos ao florescimento na demanda total do ciclo, com valores predominantemente da ordem de 4 e 5 mm por dia. Os valores encontrados neste período variaram de forma semelhante à verificada para o ciclo total, com as menores demandas ocorrendo em Cambará (2,4 a 2,9 mm por dia).

As demandas hídricas verificadas para ciclo total e período crítico da cultura de trigo são mostradas nas Tabelas 52 e 53, respectivamente.

Na Tabela 52 pode-se verificar que, a 75% de probabilidade, os valores de ETm estiveram entre 191 mm (Cascavel, emergência em 21/abr) e 365 mm (Ponta Grossa, 21/jul). Houve variação entre locais e, principalmente, entre épocas de plantio, com destaque para Pato Branco e Ponta Grossa, onde a variação entre épocas totalizou 126 e 123 mm, respectivamente, ocorrendo desde as menores até as maiores demandas médias diárias verificadas, em função da época.

O intervalo de valores encontrados para evapotranspiração máxima durante todo o ciclo (191 a 365 mm) estiveram bastante abaixo da faixa de variação prevista por DOORENBOS & KASSAM (1984), que foi de 450 a 600 mm, porém superior aos valores encontrados por FARIA & OLITTA

(1987), ou seja, 150 a 200 mm de água. Também a demanda diária média apresentou valores baixos, variando entre 1,6 e 2,6 mm para os diferentes locais e épocas. Valores de 2,6 mm por dia assemelham-se àqueles encontrados para evapotranspiração real de trigo irrigado em Viçosa, MG (PEREIRA et alii, 1985).

Com relação ao período crítico para trigo, com valores de ETm exibidos na Tabela 53, observaram-se demandas mais acentuadas por ocasião da fase de florescimento. Embora o período crítico tenha compreendido aproximadamente 26% dos dias considerados para ciclo total, a participação da ETm neste período variou entre 30% e 40%, com valores entre 2,0 e 3,9 mm por dia. Os maiores valores, da mesma forma como ocorreu para o ciclo total (Tabela 52), foram verificados para Pato Branco e Ponta Grossa, nos plantios de junho e julho, provavelmente devido ao fato de parte do ciclo da cultura ocorrer nos meses de primavera, quando há maiores taxas de energia radiante disponível.

4.3. Análise das lâminas de irrigação suplementar, a três níveis de probabilidade.

As lâminas de irrigação suplementar requeridas aos níveis de 50%, 75% e 90% de probabilidade e os valores de desvio padrão, obtidos pelo ajuste dos dados

Tabela 52 - Coeficientes a, b e de determinação (r²) da regressão linear entre evapotranspiração máxima (ET_m) e probabilidade empírica, valores de ET_m aos níveis de 50%, 75% e 90% de probabilidade, para trigo. (P ≤ ET_m).

	Epoca	Coeficientes		r ² (%)	ET _m (mm)			ET _m (mm/d)
		a	b		50%	75%	90%	75%
C	21/mar	229.37	58.18	98.9	258	273	282	2.3
a	01/abr	215.36	53.60	98.4	242	256	264	2.1
m	11/abr	210.05	48.87	95.2	234	247	254	2.1
b	21/abr	211.68	41.96	88.1	233	243	249	2.0
a	01/mai	217.80	38.43	88.7	237	247	252	2.1
r	11/mai	227.22	41.70	91.2	248	259	265	2.2
C	01/abr	140.58	78.15	97.1	180	199	211	1.7
a	11/abr	135.17	78.52	97.9	174	194	206	1.6
s	21/abr	135.37	74.40	98.2	173	191	202	1.6
c	01/mai	142.40	67.97	97.7	176	193	204	1.6
a	11/mai	152.52	63.23	94.6	184	200	209	1.7
v	21/mai	165.42	60.73	92.8	196	211	220	1.8
.	31/mai	179.47	61.21	94.5	210	225	235	1.9
L	21/mar	215.69	53.45	95.2	242	256	264	2.1
o	01/abr	201.55	50.42	93.1	227	239	247	2.0
n	11/abr	195.67	47.19	92.8	219	231	238	1.9
d	21/abr	195.97	42.24	94.1	217	228	234	1.9
r	01/mai	202.23	37.71	97.4	221	231	236	1.9
.	11/mai	213.64	33.96	94.4	231	239	244	2.0
P	21/mar	237.43	71.59	96.3	273	291	302	2.4
a	01/abr	224.58	67.34	97.4	258	275	285	2.3
r	11/abr	219.44	64.60	97.9	252	268	278	2.2
a	21/abr	221.60	57.99	97.6	251	265	274	2.2
n	01/mai	230.84	49.45	96.9	256	268	275	2.2
.	11/mai	241.18	49.97	97.5	266	279	286	2.3
P.	01/mai	181.03	50.19	84.0	206	219	226	1.6
B	11/mai	191.42	55.49	87.8	219	233	241	1.7
r	21/mai	206.83	58.42	88.5	236	251	259	1.8
a	01/jun	225.08	64.82	89.9	257	274	283	2.0
n	11/jun	243.58	71.20	95.0	279	297	308	2.1
c	21/jun	264.04	74.99	94.7	302	320	332	2.3
o	01/jul	285.60	79.64	93.2	325	345	357	2.5
P.	21/mai	206.42	47.81	95.7	230	242	249	1.7
G	01/jun	219.34	55.67	97.0	247	261	269	1.9
r	11/jun	234.20	61.48	98.6	265	280	290	2.0
o	21/jun	250.47	67.14	98.8	284	301	311	2.1
s	01/jul	267.49	73.27	98.5	304	322	333	2.3
s	11/jul	284.29	80.41	98.2	324	345	357	2.5
a	21/jul	301.31	85.42	97.1	344	365	378	2.6

Tabela 53 - Coeficientes a, b e de determinação (r²) da regressão linear entre evapotranspiração máxima (ET_m) e probabilidade empírica, valores de ET_m aos níveis de 50%, 75% e 90% de probabilidade, para trigo no período crítico. (P ≤ ET_m).

	Epoca	Coeficientes		r ² (%)	ET _m (mm)			ET _m (mm/d)
		a	b		50%	75%	90%	75%
C	21/mar	60.71	35.60	95.6	79	87	93	2.8
a	01/abr	56.64	31.11	98.2	72	80	85	2.6
m	11/abr	56.93	27.92	96.1	71	78	82	2.5
b	21/abr	60.88	24.36	85.5	73	79	83	2.6
a	01/mai	66.58	21.40	74.9	77	83	86	2.7
r	11/mai	69.67	24.71	93.8	82	88	92	2.8
C	01/abr	37.94	30.86	97.7	53	61	66	2.0
a	11/abr	39.51	25.25	96.8	52	58	62	1.9
s	21/abr	39.51	25.25	96.8	52	58	62	1.9
c	01/mai	42.57	31.63	92.5	58	66	71	2.1
a	11/mai	46.62	31.96	91.8	63	71	75	2.3
v	21/mai	52.37	32.08	91.0	68	76	81	2.5
.	31/mai	58.81	25.90	96.4	72	78	82	2.5
L	21/mar	58.44	28.22	94.1	73	80	84	2.6
o	01/abr	55.96	23.60	90.2	68	74	77	2.4
n	11/abr	56.39	20.66	93.2	67	72	75	2.3
d	21/abr	60.94	14.66	96.0	68	72	74	2.3
r	01/mai	63.96	16.54	94.7	72	76	79	2.5
.	11/mai	69.13	15.49	93.9	77	81	83	2.6
P	21/mar	63.95	37.79	97.7	83	92	98	3.0
a	01/abr	61.50	32.50	94.2	78	86	91	2.8
r	11/abr	63.58	28.15	90.8	78	85	89	2.7
a	21/abr	68.25	25.32	94.7	81	87	91	2.8
n	01/mai	72.61	24.80	97.5	85	91	95	2.9
.	11/mai	79.17	22.07	88.8	90	96	99	3.1
P.	01/mai	55.45	32.67	86.3	72	80	85	2.2
B	11/mai	61.35	32.89	90.7	78	86	91	2.4
r	21/mai	69.56	35.34	93.7	87	96	101	2.7
a	01/jun	80.78	31.24	93.1	96	104	109	2.9
n	11/jun	86.24	39.54	92.8	106	116	122	3.2
c	21/jun	96.11	41.69	95.4	117	127	134	3.5
o	01/jul	102.31	40.97	87.7	123	133	139	3.7
P.	21/mai	68.80	31.41	93.6	85	92	97	2.6
G	01/jun	73.71	33.31	92.3	90	99	104	2.7
r	11/jun	79.62	37.27	94.0	98	108	113	3.0
o	21/jun	87.12	38.47	94.4	106	116	122	3.2
s	01/jul	94.19	36.48	96.3	112	122	127	3.4
s	11/jul	97.92	44.06	96.3	120	131	138	3.6
a	21/jul	105.97	45.93	95.9	129	140	147	3.9

à distribuição normal, são apresentados nas Tabelas 54 a 59, para as diferentes culturas, safras e épocas de plantio.

No caso das necessidades de irrigação (H), a interpretação que se faz dos valores de probabilidade é a mesma discutida para ET_m no item 4.2 deste capítulo, ou seja, tratam-se de probabilidades de os valores apresentados não serem excedidos, como se faz necessário para elaboração de projetos de irrigação.

O teste de Kolmogorov-Smirnov indicou aceitável ao nível de 5% de probabilidade o ajuste dos dados à distribuição normal, para todas as combinações cultura-local-época analisadas, à exceção de trigo-período crítico-Londrina-época 21 de abril.

Na Tabela 54 verificam-se as lâminas suplementares requeridas para feijão de outono e das águas. Os valores calculados variaram entre 70 mm (Cambará, 30/abr) e 228 mm (Paranavaí, 15/set), sendo que os valores médios diários estiveram entre 0,6 e 2,5 mm, com as maiores necessidades de irrigação para o ciclo total ocorrendo em Paranavaí e Londrina.

As pequenas lâminas de irrigação requeridas em Cambará provavelmente foram devidas às baixas demandas evaporativas verificadas para aquela condição, conforme verificado na Tabela 48. Por outro lado, as maiores lâminas necessárias em Paranavaí supõem efeito combinado da elevada

Tabela 54 - Lâminas de irrigação suplementar requeridas (H, mm) com 50%, 75% e 90% de probabilidade e desvio padrão, para feijão de outono e águas. ($P \leq H$).

Local	Epoca	H (mm/ciclo total)			H (mm/d)	Desvio padrão
		50%	75%	90%	75%	
Cambara	01/abr	63	85	105	0.9	32.9
	10/abr	53	78	99	0.9	35.9
	20/abr	39	59	77	0.7	29.5
	30/abr	47	70	90	0.8	34.2
	10/mai	55	80	102	0.9	36.1
	20/mai	66	94	119	1.0	41.7
	31/mai	92	119	143	1.3	40.0
Cascavel	01/set	87	114	138	1.3	39.2
	10/set	86	117	145	1.3	46.3
	20/set	83	112	138	1.2	42.5
	30/set	89	123	153	1.4	50.0
	10/out	94	129	160	1.4	51.2
Londrina	10/ago	118	150	178	1.7	47.3
	20/ago	119	145	168	1.6	38.5
	30/ago	127	156	182	1.7	43.4
	10/set	130	165	196	1.8	51.2
	20/set	128	163	195	1.8	52.9
	30/set	125	160	192	1.8	52.0
	15/out	110	143	173	1.6	49.1
Paranavai	01/jul	140	167	192	1.9	40.2
	10/jul	147	186	221	2.1	58.1
	20/jul	148	187	221	2.1	56.9
	30/jul	151	180	205	2.0	42.1
	10/ago	159	189	216	2.1	44.4
	20/ago	162	189	214	2.1	40.4
	30/ago	173	201	225	2.2	40.5
	15/set	193	228	259	2.5	51.9
Pato Branco	01/set	67	103	136	1.1	53.7
	10/set	72	106	138	1.1	51.4
	20/set	77	112	144	1.2	51.7
	30/set	72	105	134	1.1	48.6
	10/out	81	120	156	1.3	58.6
	20/out	88	129	166	1.4	61.2
	05/nov	90	129	165	1.4	58.7
Ponta Grossa	10/set	69	101	129	1.1	47.1
	20/set	71	104	134	1.1	48.8
	30/set	81	117	148	1.2	52.3
	10/out	78	112	142	1.2	50.3
	20/out	69	98	123	1.0	41.6
	05/nov	70	97	121	1.0	40.3

Tabela 55 - Lâminas de irrigação suplementar requeridas (H, mm) com 50%, 75% e 90% de probabilidade e desvio padrão, para feijão da seca. ($P \leq H$).

Local	Epoca	H (mm/ciclo total)			H (mm/d)	Desvio padrão
		50%	75%	90%	75%	
Pato Branco	10/dez	58	92	122	1.0	49.6
	20/dez	58	90	119	0.9	47.5
	01/jan	68	95	118	1.0	39.2
	10/jan	80	111	139	1.2	46.0
	20/jan	79	109	135	1.1	43.9
	30/jan	67	94	119	1.0	40.5
Ponta Grossa	10/dez	58	89	116	0.9	45.2
	20/dez	51	76	98	0.8	36.6
	01/jan	46	69	90	0.7	34.0
	10/jan	48	76	102	0.8	41.9
	20/jan	43	69	92	0.7	38.2
	30/jan	38	65	90	0.7	40.5

Tabela 57 - Lâminas de irrigação suplementar requeridas (H, mm) com 50%, 75% e 90% de probabilidade e desvio padrão, para feijão da seca no período crítico. ($P \leq H$).

Local	Epoca	H (mm/período)			H (mm/d)	Desvio padrão
		50%	75%	90%	75%	
Pato Branco	10/dez	50	79	106	2.6	44.1
	20/dez	29	49	66	1.6	28.5
	01/jan	23	41	58	1.3	27.3
	10/jan	39	56	71	1.8	24.6
	20/jan	55	82	106	2.6	40.1
	30/jan	53	71	88	2.3	26.8
Ponta Grossa	10/dez	36	59	79	1.9	33.7
	20/dez	37	58	77	1.9	31.3
	01/jan	34	55	74	1.8	30.8
	10/jan	34	55	75	1.8	31.6
	20/jan	23	47	68	1.5	35.1
	30/jan	31	54	74	1.7	33.9

Tabela 56 - Lâminas de irrigação suplementar requeridas (H, mm) com 50%, 75% e 90% de probabilidade e desvio padrão, para feijão de outono e águas no período crítico. ($P < H$).

Local	Epoca	H (mm/período)			H (mm/d)	Desvio padrão
		50%	75%	90%	75%	
Cambara	01/abr	38	58	76	1.9	30.0
	10/abr	30	49	66	1.6	27.7
	20/abr	22	37	51	1.2	22.9
	30/abr	23	41	58	1.3	27.6
	10/mai	25	43	60	1.4	27.6
	20/mai	32	53	73	1.7	31.9
	31/mai	38	54	69	1.7	24.3
Cascavel	01/set	55	76	95	2.5	31.4
	10/set	50	69	86	2.2	28.2
	20/set	52	66	79	2.1	21.2
	30/set	54	80	103	2.6	37.7
	10/out	55	86	113	2.8	45.1
Londrina	10/ago	68	91	112	2.9	34.6
	20/ago	68	93	115	3.0	36.8
	30/ago	72	92	110	3.0	29.9
	10/set	81	102	121	3.3	31.4
	20/set	79	105	128	3.4	38.1
	30/set	81	106	129	3.4	37.2
	15/out	72	93	112	3.0	31.8
Paranavai	01/jul	80	104	125	3.3	35.4
	10/jul	87	107	125	3.5	29.3
	20/jul	86	105	122	3.4	27.6
	30/jul	81	105	126	3.4	34.6
	10/ago	83	106	127	3.4	34.1
	20/ago	86	115	142	3.7	44.0
	30/ago	99	129	155	4.2	43.6
15/set	101	108	115	3.5	11.4	
Pato Branco	01/set	44	64	82	2.1	29.1
	10/set	33	51	67	1.6	26.3
	20/set	40	59	76	1.9	27.5
	30/set	61	93	121	3.0	47.0
	10/out	60	85	108	2.7	37.7
	20/out	59	94	125	3.0	51.3
	05/nov	52	74	94	2.4	33.0
Ponta Grossa	10/set	40	63	84	2.0	34.5
	20/set	50	71	89	2.3	30.1
	30/set	58	85	109	2.7	39.6
	10/out	50	75	98	2.4	37.2
	20/out	46	69	91	2.2	35.1
	05/nov	49	66	81	2.1	25.2

demanda hídrica atmosférica com os limitados valores de água disponível no solo.

A observação das Tabelas 56 e 58 permite verificar a grande diversidade de lâminas suplementares obtidas para as diferentes localidades e safras de feijão durante a fase mais crítica à deficiência hídrica. Da mesma forma que ocorreu em relação ao ciclo total, os menores valores foram encontrados para Cambará, com 37 mm durante os 31 dias ou, em média, 1,2 mm/dia, enquanto os maiores valores ocorreram em Paranavaí, com 129 mm no período ou 4,2 mm/dia. A irrigação necessária em Paranavaí e Londrina foi bastante elevada e, também para o período crítico, ela foi maior para a safra das águas do que para a da seca em Pato Branco e Ponta Grossa, concordando com CARAMORI & FÁRIA (1987b) que encontraram maior risco de ocorrência de veranicos para o plantio de feijão das águas na região de Ponta Grossa.

Na Tabela 58 são mostrados os valores de irrigação necessária para trigo no ciclo total. As menores lâminas foram encontradas para Pato Branco e Ponta Grossa (com emergência em maio) e também para Cascavel, nas épocas entre 1/abr e 21/maio, enquanto as maiores lâminas ocorreram em Paranavaí. Para todos os locais e épocas, as lâminas médias diárias requeridas foram muito pequenas, variando entre 0,3 e 1,6 mm/dia.

As menores necessidades de irrigação no Sul

Tabela 58 - Lâminas de irrigação suplementar requeridas (H, mm) com 50%, 75% e 90% de probabilidade e desvio padrão, para trigo no ciclo total. ($P \leq H$).

Local	Epoca	H (mm/ciclo total)			H(mm/d)	Desvio padrao
		50%	75%	90%		
Cambara	21/mar	102	128	152	1.1	38.8
	01/abr	89	122	153	1.0	49.6
	11/abr	95	123	148	1.0	41.5
	21/abr	95	123	148	1.0	41.0
	01/mai	113	139	162	1.2	38.3
	11/mai	132	164	192	1.4	47.3
Cascavel	01/abr	36	61	84	0.5	37.3
	11/abr	39	63	84	0.5	35.3
	21/abr	38	57	74	0.5	27.7
	01/mai	42	61	78	0.5	28.0
	11/mai	52	75	95	0.6	33.6
	21/mai	58	87	113	0.7	43.2
	31/mai	79	105	129	0.9	39.7
Londrina	21/mar	83	112	139	0.9	43.9
	01/abr	74	110	142	0.9	52.8
	11/abr	69	96	119	0.8	38.7
	21/abr	85	107	128	0.9	33.4
	01/mai	96	119	140	1.0	34.7
	11/mai	105	130	153	1.1	37.7
Paranavai	21/mar	130	167	200	1.4	54.4
	01/abr	126	165	201	1.4	58.5
	11/abr	121	147	171	1.2	39.0
	21/abr	131	161	188	1.3	44.7
	01/mai	135	159	181	1.3	35.4
	11/mai	156	189	218	1.6	48.7
Pato Branco	01/mai	16	40	61	0.3	35.6
	11/mai	24	52	77	0.4	41.7
	21/mai	40	78	113	0.6	56.5
	01/jun	62	94	124	0.7	48.5
	11/jun	79	124	165	0.9	67.0
	21/jun	69	106	139	0.8	54.8
	01/jul	79	125	166	0.9	66.0
Ponta Grossa	21/mai	55	86	113	0.6	45.7
	01/jun	78	112	142	0.8	50.2
	11/jun	74	105	132	0.7	45.2
	21/jun	82	113	142	0.8	46.4
	01/jul	83	118	150	0.8	52.6
	11/jul	92	132	168	0.9	59.4
	21/jul	94	138	178	1.0	65.1

Tabela 59 - Lâminas de irrigação suplementar requeridas (H, em mm) com 50%, 75% e 90% de probabilidade e desvio padrão, para trigo no período crítico. ($P \leq H$).

Local	Epoca	H (mm/período)			H(mm/d) Desvio	
		50%	75%	90%	75%	padrao
Cambara	21/mar	25	42	57	1.4	25.0
	01/abr	29	52	71	1.7	32.8
	11/abr	29	46	61	1.5	25.4
	21/abr	34	55	74	1.8	31.5
	01/mai	36	54	70	1.7	26.3
	11/mai	46	69	89	2.2	34.2
Cascavel	01/abr	5	14	23	0.5	13.8
	11/abr	9	21	31	0.7	16.9
	21/abr	9	21	31	0.7	16.9
	01/mai	20	33	45	1.1	18.9
	11/mai	24	35	45	1.1	16.8
	21/mai	24	44	62	1.4	29.6
	31/mai	32	49	64	1.6	24.9
Londrina	21/mar	23	41	58	1.3	27.0
	01/abr	23	40	55	1.3	25.0
	11/abr	21	37	52	1.2	24.8
	21/abr	30	50	68	1.6	29.6
	01/mai	32	52	70	1.7	29.6
	11/mai	44	60	74	1.9	23.4
Paranavai	21/mar	40	62	80	2.0	31.2
	01/abr	46	65	83	2.1	28.6
	11/abr	46	63	78	2.0	25.3
	21/abr	46	66	84	2.1	29.4
	01/mai	50	71	91	2.3	32.4
	11/mai	63	76	87	2.4	18.7
Pato Branco	01/mai	10	25	38	0.7	21.9
	11/mai	14	30	44	0.8	23.1
	21/mai	26	47	67	1.3	31.7
	01/jun	26	51	73	1.4	36.9
	11/jun	50	76	99	2.1	38.1
	21/jun	48	73	96	2.0	36.9
	01/jul	42	64	84	1.8	33.1
Ponta Grossa	21/mai	36	62	85	1.7	38.1
	01/jun	39	63	85	1.7	35.8
	11/jun	46	71	93	2.0	36.9
	21/jun	41	60	78	1.7	28.6
	01/jul	39	63	86	1.8	36.7
	11/jul	37	63	86	1.7	38.0
	21/jul	39	63	85	1.8	35.8

do estado, nos plantios de trigo em abril e maio, mostraram o efeito combinado de baixas demandas evaporativas e boa distribuição de chuvas durante o ciclo da cultura.

As necessidades de irrigação para trigo durante o período crítico mostraram valores entre 14 e 76 mm no período ou 0,4 a 2,4 mm/dia, em média, entre as diferentes combinações local-época. Os valores extremos ocorreram para os mesmos locais onde também se verificaram valores extremos no ciclo total. Também para este caso, ocorreu grande participação dos valores obtidos no período crítico em relação àqueles verificados no ciclo total, chegando a atingir 62% (Pato Branco, 1/maio).

A fim de se verificar a participação das lâminas de irrigação suplementar na demanda hídrica ideal, foram elaboradas mais algumas tabelas, que serão discutidas a seguir.

4.4. Análise da relação H / ET_m

Nas Tabelas 58 a 63 são apresentados a lâmina de irrigação suplementar calculada (H), a evapotranspiração potencial (ET_m) e o quociente entre elas (H/ET_m), para feijão e trigo, no ciclo total e período crítico.

As menores participações da irrigação no atendimento da demanda hídrica de feijão se deram em Pato

Tabela 60 - Lâmina de irrigação suplementar (H, mm), evapotranspiração máxima (ET_m, mm) e razão entre lâmina e ET_m (H/ET_m, %) ao nível de 75% de probabilidade para feijão de outono e águas. ($P \leq H$ e $P \leq ET_m$).

Local	Epoca	ET _m P (0.75)	H P (0.75)	H/ET _m (%)
Cambara	01/abr	187	90	48.0
	10/abr	176	78	44.2
	20/abr	168	59	35.1
	30/abr	162	70	43.0
	10/mai	164	80	48.5
	20/mai	173	94	54.4
	31/mai	187	119	63.5
	Cascavel	01/set	270	114
10/set		282	117	41.5
20/set		292	112	38.4
30/set		301	123	40.8
10/out		306	129	42.0
Londrina	10/ago	294	150	50.9
	20/ago	312	145	46.5
	30/ago	328	156	47.5
	10/set	341	165	48.3
	20/set	351	163	46.5
	30/set	357	160	44.8
	15/out	360	143	39.9
Paranavai	01/jul	249	167	67.3
	10/jul	263	186	70.6
	20/jul	278	187	67.1
	30/jul	295	180	60.8
	10/ago	312	189	60.5
	20/ago	331	189	57.1
	30/ago	346	201	57.9
	15/set	367	228	62.0
P. Branco	01/set	290	103	35.6
	10/set	304	106	35.0
	20/set	318	112	35.3
	30/set	329	105	31.8
	10/out	336	121	35.8
	20/out	338	129	38.3
	05/nov	337	129	38.4
P. Grossa	10/set	277	101	36.2
	20/set	288	104	36.3
	30/set	295	117	39.5
	10/out	300	112	37.1
	20/out	303	98	32.2
	05/nov	302	97	32.0

Tabela 61 - Lâmina de irrigação suplementar (H, mm), evapotranspiração máxima (ET_m, mm) e razão entre lâmina e ET_m (H/ET_m, %) ao nível de 75% de probabilidade para feijão da seca. ($P \leq H$ e $P \leq ET_m$).

Local	Epoca	ET _m	H	H/ET _m
		P(0.75)	P(0.75)	(%)
Pato Branco	10/dez	314	92	29.2
	20/dez	300	90	29.9
	01/jan	288	95	32.8
	10/jan	276	111	40.1
	20/jan	263	109	41.3
	30/jan	245	94	38.5
Ponta Grossa	10/dez	286	89	31.1
	20/dez	278	76	27.4
	01/jan	268	69	25.9
	10/jan	257	76	29.7
	20/jan	244	69	28.1
	30/jan	229	65	28.5

Tabela 63 - Lâmina de irrigação suplementar (H, mm), evapotranspiração máxima (ET_m, mm) e razão entre lâmina e ET_m (H/ET_m, %) ao nível de 75% de probabilidade para feijão da seca no período crítico. ($P \leq H$ e $P \leq ET_m$).

Local	Epoca	ET _m	H	H/ET _m
		P(0.75)	P(0.75)	(%)
Pato Branco	10/dez	152	79	52.2
	20/dez	139	49	34.9
	01/jan	133	41	31.1
	10/jan	130	56	43.1
	20/jan	129	82	63.5
	30/jan	124	71	57.5
Ponta Grossa	10/dez	132	59	44.8
	20/dez	134	58	43.4
	01/jan	130	55	42.3
	10/jan	124	55	44.8
	20/jan	118	47	40.0
	30/jan	111	54	48.1

Tabela 62 - Lâmina de irrigação suplementar (H, mm), evapotranspiração máxima (ETm, mm) e razão entre lâmina e ETm (H/ETm, %) ao nível de 75% de probabilidade para feijão de outono e águas no período crítico. ($P \leq H$ e $P \leq ETm$).

Local	Epoca	ETm P(0.75)	H P(0.75)	H/ETm (%)
Cambara	01/abr	89	58	65.3
	10/abr	83	49	59.2
	20/abr	76	37	48.9
	30/abr	73	41	56.1
	10/mai	74	44	58.7
	20/mai	78	54	68.8
	31/mai	82	54	65.8
Cascavel	01/set	127	76	60.3
	10/set	127	69	53.9
	20/set	136	66	48.5
	30/set	145	80	55.0
	10/out	151	86	56.9
Londrina	10/ago	138	91	66.0
	20/ago	147	93	63.0
	30/ago	158	92	57.9
	10/set	161	102	63.4
	20/set	168	105	62.7
	30/set	172	106	61.7
	15/out	176	93	52.8
Paranavai	01/jul	118	104	87.6
	10/jul	123	107	87.3
	20/jul	131	105	80.2
	30/jul	137	105	76.6
	10/ago	146	106	72.7
	20/ago	155	115	74.4
	30/ago	166	129	77.5
	15/set	172	108	63.1
P. Branco	01/set	130	64	49.3
	10/set	138	51	36.6
	20/set	151	59	39.1
	30/set	158	93	58.6
	10/out	162	85	52.5
	20/out	160	94	58.5
	05/nov	156	74	47.5
P. Grossa	10/set	128	63	49.3
	20/set	136	71	51.9
	30/set	140	85	60.5
	10/out	144	75	52.4
	20/out	142	70	48.8
	05/nov	140	66	47.5

Tabela 64 - Lâmina de irrigação suplementar (H, mm), evapotranspiração máxima (ETm, mm) e razão entre lâmina e ETm (H/ETm, %) ao nível de 75% de probabilidade para trigo no ciclo total. ($P \leq H$ e $P \leq ETm$).

Local	Epoca	ETm P(0.75)	H P(0.75)	H/ETm (%)
Cambara	21/mar	273	128	46.9
	01/abr	256	122	47.9
	11/abr	247	123	49.8
	21/abr	243	123	50.6
	01/mai	247	139	56.2
	11/mai	259	164	63.3
Cascavel	01/abr	199	61	30.8
	11/abr	194	63	32.3
	21/abr	191	57	29.6
	01/mai	193	61	31.5
	01/mai	200	75	37.6
	01/mai	211	87	41.2
	31/mai	225	105	46.7
Londrina	21/mar	256	112	43.8
	01/abr	239	110	45.8
	11/abr	231	96	41.3
	21/abr	228	107	47.1
	01/mai	231	119	51.7
	11/mai	239	130	54.4
Paranavai	21/mar	291	167	57.2
	01/abr	275	165	60.0
	11/abr	268	147	55.0
	21/abr	265	161	60.8
	01/mai	268	159	59.4
	11/mai	279	189	67.7
P. Branco	01/mai	219	40	18.1
	11/mai	233	52	22.3
	21/mai	251	78	31.2
	01/jun	274	94	34.5
	11/jun	297	124	41.9
	21/jun	320	106	33.0
	01/jul	345	125	36.1
P. Grossa	21/mai	242	86	35.4
	01/jun	261	112	42.8
	11/jun	280	105	37.3
	21/jun	301	113	37.7
	01/jul	322	118	36.7
	11/jul	345	132	38.4
	21/jul	365	138	37.9

Tabela 65 - Lâmina de irrigação suplementar (H, mm), evapotranspiração máxima (ETm, mm) e razão entre lâmina e ETm (H/ETm, %) ao nível de 75% de probabilidade para trigo no período crítico. ($P \leq H$ e $P \leq ETm$).

Local	Epoca	ETm P(0.75)	H P(0.75)	H/ETm (%)
Cambara	21/mar	87	42	48.2
	01/abr	80	52	64.5
	11/abr	78	46	58.9
	21/abr	79	55	69.5
	01/mai	83	54	65.1
	11/mai	88	69	77.8
Cascavel	01/abr	61	14	23.4
	11/abr	58	21	35.4
	21/abr	58	21	35.4
	01/mai	66	33	50.1
	01/mai	71	35	49.6
	01/mai	76	44	57.2
	31/mai	78	49	63.0
Londrina	21/mar	80	41	51.8
	01/abr	74	40	54.5
	11/abr	72	37	51.7
	21/abr	72	50	69.1
	01/mai	76	52	67.9
	11/mai	81	60	73.8
Paranavai	21/mar	92	62	66.6
	01/abr	86	65	76.0
	11/abr	85	63	74.5
	21/abr	87	66	75.7
	01/mai	91	71	78.3
	11/mai	96	76	78.9
P. Branco	01/mai	80	25	31.4
	11/mai	86	30	34.5
	21/mai	96	47	49.2
	01/jun	104	51	48.9
	11/jun	116	76	65.3
	21/jun	127	73	57.5
	01/jul	133	64	48.2
P. Grossa	21/mai	92	62	66.9
	01/jun	99	63	63.7
	11/jun	108	71	65.7
	21/jun	116	60	52.0
	01/jul	122	64	52.3
	11/jul	131	63	47.9
	21/jul	140	64	45.2

Branco e Ponta Grossa, em algumas épocas do plantio da seca, com valores inferiores a 30% (Tabela 61). Para os demais locais e épocas, esta razão variou de 31,1% a 70,6%, no ciclo total (Tabela 60). No período crítico os valores de H/ETm foram ainda superiores, registrando-se o mínimo de 31,1% e o máximo de 87,6% (Tabelas 62 e 63).

Com relação ao ciclo total do feijão, participações elevadas da irrigação em relação à ETm, assumidas arbitrariamente como aquelas acima de 40%, foram registradas para Cambará, Cascavel, Londrina e, sobretudo, Paranavaí (57,1 a 70,6%), sendo que durante o período crítico esses níveis foram verificados para todos os locais e a grande maioria das épocas.

Para a cultura de trigo, foram encontradas razões H/ETm um pouco inferiores às verificadas para feijão, com valor mínimo de 18,1% (Pato Branco) e máximo de 67,7% (Paranavaí), para o ciclo total da cultura (Tabela 64). Contudo, níveis superiores a 40% ocorreram para todas as épocas em Cambará, Londrina e Paranavaí, em duas épocas para Cascavel e uma época para Pato Branco e Ponta Grossa (Tabela 64). Níveis elevados de H/ETm foram também verificados para o período crítico dessa cultura, em todos os locais estudados (Tabela 65).

É interessante verificar que, apesar de as lâminas de irrigação requeridas para o trigo terem sido pequenas, sua participação na satisfação das necessidades

hídricas da cultura foi acentuada, principalmente para as localidades ao Norte do estado, devido aos baixos valores de demanda evaporativa encontrados.

Essa grande participação da irrigação detectada para as culturas de feijão e trigo poderia parecer excessiva, numa primeira análise, porém são necessárias algumas considerações:

a) O método utilizado pressupõe a manutenção de condições ótimas de umidade no solo durante todo o ciclo das culturas, sendo que os níveis inferiores de armazenamento foram definidos pela utilização da fração p. Porém, segundo DOORENBOS & KASSAM (1979), "quando a disponibilidade de água é limitada, alguma economia pode ser feita durante o período vegetativo e também a maturação, sem afetar grandemente a produção de feijão".

Os mesmos autores, com relação ao trigo, consideram que um "leve déficit hídrico no período vegetativo pode ter pequeno efeito sobre o desenvolvimento da cultura ou pode até acelerar a maturação" e, com relação ao final do ciclo, afirmam que "durante a fase de maturação, o déficit hídrico tem apenas um leve efeito sobre a produção". Também FRIZZONE & OLITTA (1990) encontraram que déficits hídricos no período emergência-início de espigamento e na fase posterior à formação de grãos leitosos tiveram pequeno efeito sobre a produção da cultura.

Do exposto, pode-se concluir que seria possível considerar níveis inferiores de armazenamento da água no solo nas fases inicial e final de desenvolvimento das culturas, com o objetivo de reduzir as quantidades necessárias de água. Porém, a definição dos parâmetros técnicos para tal redução e a posição exata para sua adoção no transcorrer do ciclo fenológico não foram objetivos do presente estudo.

b) A acentuada necessidade de irrigação constatada para feijão permite considerar que a deficiência hídrica deve figurar entre os principais fatores limitantes da produção desta cultura no estado do Paraná (ao lado de problemas de excesso de chuvas e temperaturas inadequadas), cujas médias obtidas nos últimos anos não têm ultrapassado 700 kg/ha, em oposição a produções entre 1500 e 2800 kg/ha obtidos em lavouras irrigadas de diversas regiões brasileiras.

O elevado potencial de resposta da cultura de feijão tem sido verificado em vários estudos a campo, tendo sido encontrada uma relação quadrática entre o rendimento de grãos e a aplicação de água (FRIZZONE & OLITTA, 1987).

Com relação ao trigo, as produtividades entre 1300 e 2000 kg/ha obtidas nos últimos anos, embora razoáveis em relação à média brasileira, estão bastante aquém dos patamares obtidos em experimentos e lavouras irrigadas nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e no

próprio Paraná, que foram desde 2000 até 5500 kg/ha.

Além do aspecto produtividade, é importante considerar também a instabilidade de produção ao longo dos anos. Na metodologia adotada, considerou-se que em todos os anos houve condições ideais para as culturas atingirem altas produções.

Outro aspecto interessante a ser lembrado é que o melhoramento genético tem selecionado genótipos para condições de sequeiro, tolerantes à deficiência hídrica e com elevada eficiência de uso d'água. Por este motivo, os tetos produtivos das culturas tornam-se limitados, dificultando a viabilidade econômica da agricultura irrigada. A seleção de cultivares visando altas produtividades poderia elevar consideravelmente as médias obtidas em condições irrigadas, além de minimizar problemas específicos dessa condição, como o acamamento de plantas.

Com relação ao potencial produtivo do trigo, DOTTO (1986) afirma que aliando conhecimentos das áreas de manejo de solo e fertilidade de solos e manejo de água aos genótipos selecionados para as condições irrigadas do Centro-Oeste brasileiro, pode-se atingir 7000 a 8000 kg/ha.

c) Pode-se considerar que o método utilizado maximizou as necessidades de irrigação, uma vez que consideraram-se condições adequadas de suprimento hídrico durante todo o ciclo das culturas e as irrigações foram simuladas no momento e quantidade exatos de sua

necessidade, sem fixação de frequência nem lâmina, diferentemente do que ocorre em muitas áreas irrigadas.

Contudo, como o objetivo deste trabalho foi justamente fornecer informações para planejamento de projetos de irrigação e racionalização do uso de recursos hídricos, situações essas em que são necessários valores máximos esperados com determinado nível de risco, pode-se considerar que o método foi adequado para a finalidade a que se propôs.

4.5. Análise da variação de H e ETm em função das épocas de plantio

Nos itens anteriores foi constatada a grande variação em lâmina de irrigação suplementar e evapotranspiração máxima em função das diferentes datas de emergência (épocas de plantio) estudadas.

A utilização de análise de variância e teste de Tukey considerando as épocas de plantio como tratamentos e os anos como repetições, mostrou a adequação do método de análise, principalmente para os dados de ETm (ciclo total e período crítico), onde as variações interanuais foram pequenas. As lâminas de irrigação, por sua vez, ajustaram-se ao método de análise apenas em parte das situações estuda-

das, devido à grande amplitude de variação dos dados, o que gerou uma variância residual muito grande, não permitindo se considerarem os anos como repetições nem, conseqüentemente, a constatação de médias estatisticamente diferentes, para a maioria dos locais.

Nas Tabelas 66 a 79 são apresentadas as análises da variância para feijão e trigo, com seus respectivos quadrados médios, e são também apresentados os testes de comparação de médias para os parâmetros em que o teste F foi significativo, sendo que letras diferentes indicam médias estatisticamente diferentes, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os resultados revelaram diferenças significativas de ETm para diferentes datas de emergência. De modo geral, observaram-se comportamentos muito semelhantes entre as épocas, no ciclo total e no período crítico, para ambas as culturas. Em alguns casos, todas as épocas diferiram entre si, como ocorrido para feijão em Paranavaí e trigo em Pato Branco e Ponta Grossa.

Com relação à irrigação suplementar (H), como a análise estatística não permitiu a análise de todas as situações consideradas, elaboraram-se os resultados em forma gráfica, os quais são apresentados nas Figuras 6 a 10, para o nível de 75% de probabilidade.

Para feijão em Cambará, verificaram-se as menores necessidades de irrigação, para o ciclo total, nas

épocas de plantio com emergência entre 10 de abril e 10 de maio, sendo que o feijão com emergência em 31 de maio apresentou, estatisticamente, as maiores necessidades de água para irrigação.

Pôde-se verificar, pelas figuras citadas neste item, que em muitos casos a tendência dos valores para ciclo total e período crítico não foi semelhante. Verifica-se também que as diferenças de H nas diferentes épocas foram mais acentuadas para alguns casos, como o trigo em Pato Branco (Figura 10), onde 1/maio e 11/maio apresentaram valores estatisticamente inferiores aos verificados para junho e julho. Também no caso de trigo em Londrina, puderam-se verificar as emergências em abril sendo as menos exigentes em irrigação suplementar e a emergência em 11/maio como aquela onde se necessitaram das maiores lâminas, tanto no ciclo total como também no período crítico.

De maneira geral, pôde-se considerar a mesma tendência para a maioria dos casos, sendo que nas épocas de plantio mais tardias foram verificadas maiores necessidades de irrigação do que nas precoces, exceto para feijão em Londrina e Ponta Grossa.

4.6. Considerações finais

a) A análise estatística e gráfica da variação entre épocas, verificada para valores de ET_m e lâminas de irrigação, permitem a escolha de épocas com menores necessidades de água, o que pode ser bastante interessante -- para -- projetos envolvendo grandes áreas irrigadas e, conseqüentemente, elevados volumes de água.

A recomendação de épocas para agricultura de sequeiro seria melhor embasada com a complementação do presente estudo por outros de análise de distribuição de chuvas.

b) Nos casos em que a probabilidade de ocorrência de veranicos por ocasião da semeadura é acentuada, recomenda-se adicionar à lâmina total requerida o valor correspondente à capacidade de água disponível necessária no início do ciclo (CAD inicial), de acordo com o solo considerado.

c) O método de balanço hídrico considerado necessita de um número considerável de parâmetros referentes a fenologia de culturas e características físico-hídricas de solos nem sempre disponíveis para todos os locais, o que pode restringir sua aplicação. Por outro lado, à medida que maior volume de informações básicas se fizer disponível, mais realísticos serão os resultados obtidos por este e por outros modelos.

d) É necessário considerar que o manejo do

solo influencia diretamente suas características de armazenamento de água, sendo este parâmetro bastante variável, principalmente em função do sistema de preparo adotado.

e) Apesar das necessidades de irrigação detectadas neste estudo, é importante ter em vista que a recomendação de irrigação somente deve ser feita após análise de viabilidade econômica específica para cada projeto considerado.

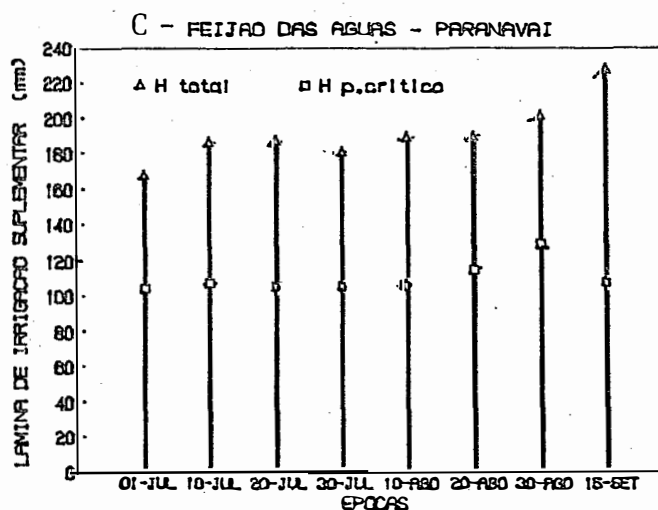
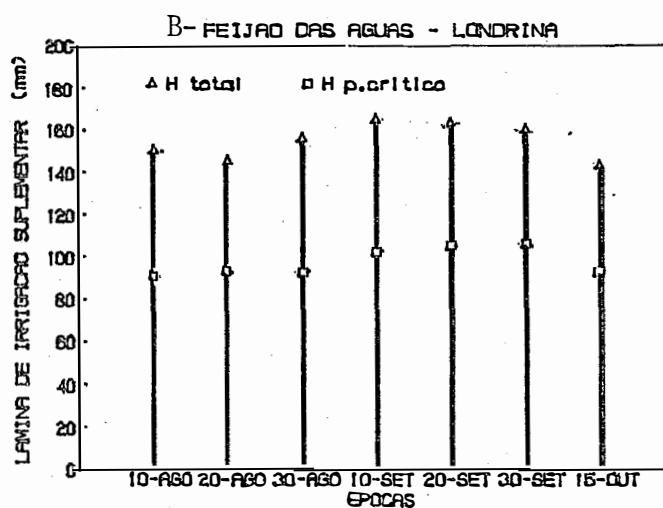
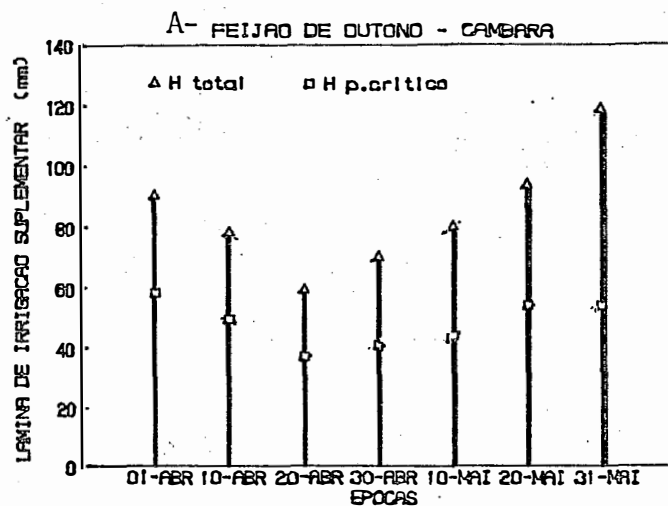


FIGURA 6 - Valores máximos de irrigação suplementar esperados ao nível de 75% de probabilidade (3 vezes em 4 anos) em função das épocas de plantio para feijão em: A-Cambará; B-Londrina e C - Paranavai.

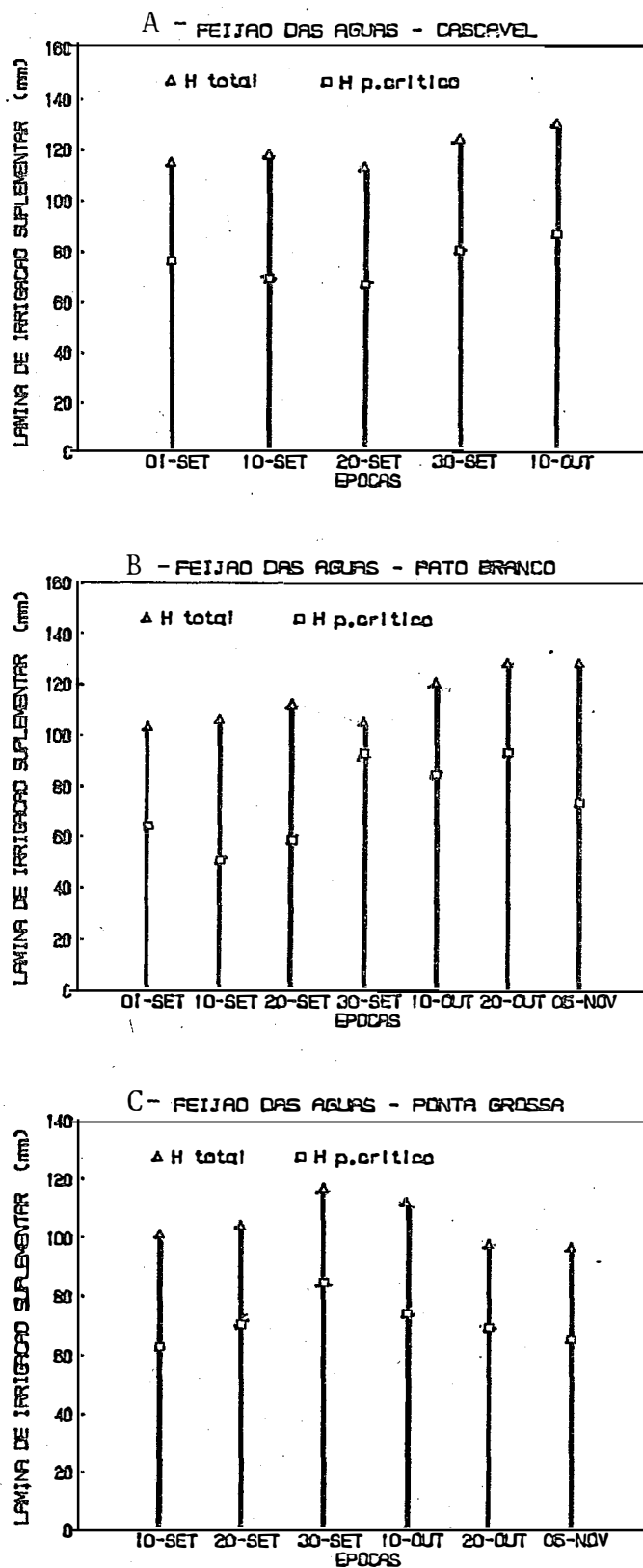


FIGURA 7 - Valores máximos de irrigação suplementar esperados ao nível de 75% de probabilidade (3 vezes em 4 anos) em função das épocas de plantio para feijão das águas em: A-Cascavel; B- Pato Branco e C-Ponta Grossa.

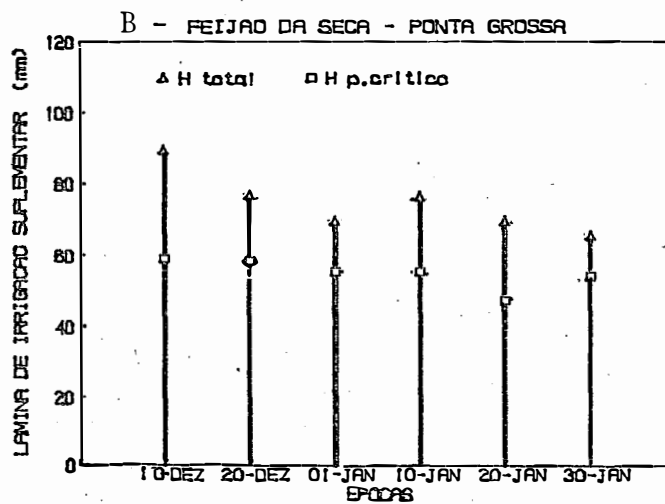
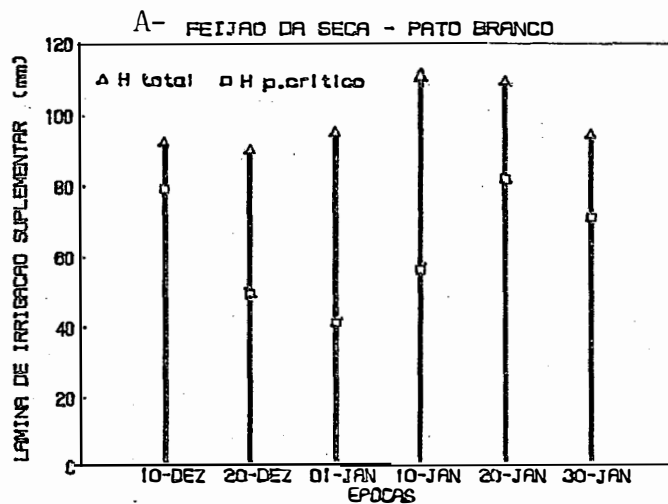


FIGURA 8 - Valores máximos de irrigação suplementar esperados ao nível de 75% de probabilidade (3 vezes em 4 anos) em função das épocas de plantio para feijão da seca em: A - Pato Branco e B - Ponta Grossa.

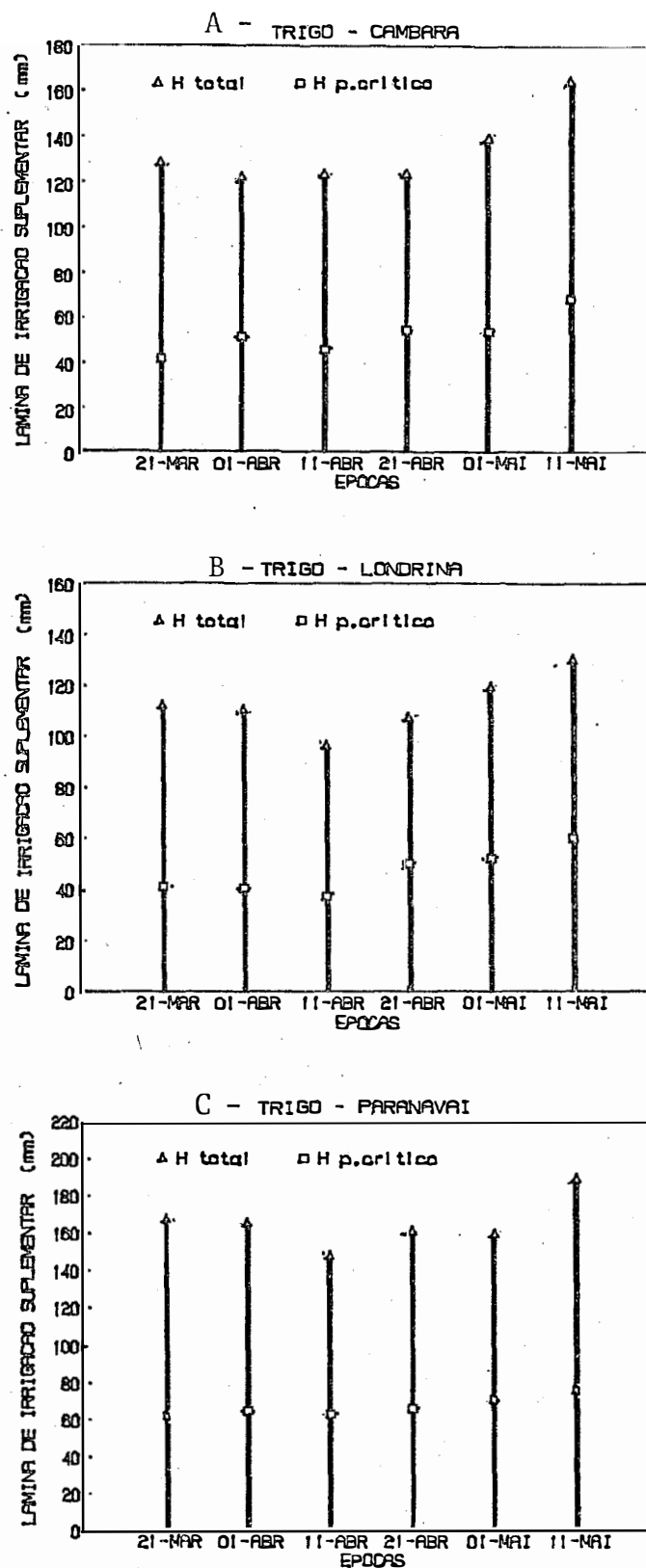


FIGURA 9 - Valores máximos de irrigação suplementar esperados ao nível de 75% de probabilidade (3 vezes em 4 anos) em função das épocas de plantio para trigo em: A - Cambará; B - Londrina e C - Paranavaí.

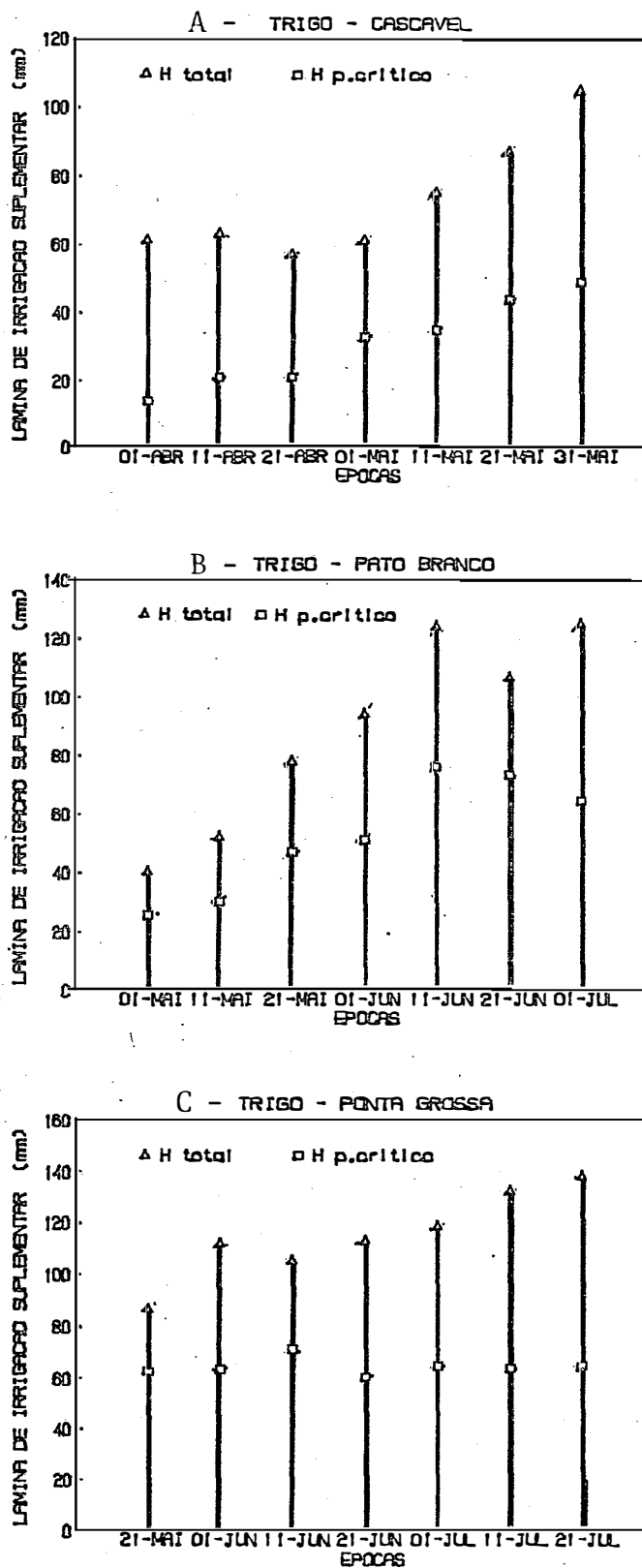


FIGURA 10 - Valores máximos de irrigação suplementar esperados ao nível de 75% de probabilidade (3 vezes em 4 anos) em função das épocas de plantio para trigo em: A - Cascavel; B - Pato Branco e C - Ponta Grossa.

Fonte de variacao	GL	QMit	QMic	QMet	QMec	F
Epoca	6	5165.14	-	-	-	6.48 *
Ano	17	4279.27	-	-	-	5.37 *
Residuo	102	797.18	-	-	-	
Epoca	6	-	-	1510.78	-	25.08 *
Ano	17	-	-	563.75	-	9.36 *
Residuo	102	-	-	60.24	-	
Epoca	6	-	-	-	488.99	10.91 *
Ano	17	-	-	-	187.80	4.19 *
Residuo	102	-	-	-	44.83	

Teste de TUKEY

Irrigacao total

Epoca	Media	
20/abr	39	a
30/abr	47	a
10/abr	53	a
10/mai	55	a
01/abr	63	ab
20/mai	66	ab
31/mai	92	b

ETM total

Epoca	Media	
30/abr	154	a
20/abr	157	ab
10/mai	157	ab
10/abr	164	b
20/mai	165	b
01/abr	175	c
31/mai	178	c

ETM per. critico

Epoca	Media	
30/abr	67	a
20/abr	68	ab
10/mai	68	ab
20/mai	72	abc
10/abr	74	bc
31/mai	77	cd
01/abr	81	d

Tabela 67 - Analise de variancia para feijao das aguas - Cascavel

Fonte de variacao	GL	QMit	QMic	QMet	QMec	F
Epoca	4	-	-	2590.99	-	66.76 *
Ano	15	-	-	2024.76	-	52.17 *
Residuo	60	-	-	38.81	-	
Epoca	4	-	-	-	962.22	12.82 *
Ano	15	-	-	-	371.02	4.94 *
Residuo	60	-	-	-	75.07	

Teste de TUKEY

ETM total

Epoca	Media	
01/set	254	a
10/set	265	b
20/set	275	c
30/set	281	cd
10/out	286	d

ETM per. critico

Epoca	Media	
01/set	118	a
10/set	129	ab
20/set	130	bc
30/set	133	c
10/out	136	c

Tabela 68 - Analise de variancia para feijao das aguas - Londrina

Fonte de variacao	GL	QMit	QMic	QMet	QMec	F
Epoca	6	-	-	6298.43	-	70.81*
Ano	12	-	-	2580.01	-	29.01*
Residuo	72	-	-	88.94	-	
Epoca	6	-	-	-	2293.78	29.95*
Ano	12	-	-	-	598.70	7.82*
Residuo	72	-	-	-	76.58	

Teste de TUKEY

ETM total

Epoca	Media	
10/ago	279.4	a
20/ago	297.5	b
30/ago	312.1	c
10/set	324.8	d
20/set	332.7	de
30/set	335.8	de
15/out	337.7	e

ETM per. critico

Epoca	Media	
10/ago	127.5	a
20/ago	136.9	ab
30/ago	147.0	bc
10/set	153.1	cd
20/set	159.6	d
30/set	161.4	d
15/out	161.8	d

Tabela 69 - Analise de variancia para feijao das aguas - Paranavai

Fonte de variacao	GL	QMit	QMic	QMet	QMEc	F
Epoca	7	4066.57	-	-	-	4.06 *
Ano	13	10944.08	-	-	-	10.93 *
Residuo	91	1001.45	-	-	-	
Epoca	7	-	-	24735.96	-	218.27 *
Ano	13	-	-	2080.56	-	18.36 *
Residuo	91	-	-	113.33	-	
Epoca	7	-	-	-	5964.19	55.55 *
Ano	13	-	-	-	516.74	4.81 *
Residuo	91	-	-	-	107.37	

Teste de TUKEY

Irrigacao total			ETM total			ETM per. critico		
Epoca	Media		Epoca	Media		Epoca	Media	
01/jul	140	a	01/jul	232	a	01/jul	108	a
10/jul	147	a	10/jul	246	b	10/jul	113	ab
20/jul	148	a	20/jul	261	c	20/jul	119	ab
30/jul	151	a	30/jul	278	d	30/jul	124	bc
10/ago	159	ab	10/ago	297	e	10/ago	134	cd
20/ago	162	ab	20/ago	316	f	20/ago	144	de
30/ago	173	ab	30/ago	331	g	30/ago	155	ef
15/set	193	b	15/set	351	h	15/set	166	f

Tabela 70 - Analise de variancia para feijao das aguas - Pato Branco

Fonte de variacao	GL	QMit	QMic	QMet	QMec	F
Epoca	6	-	-	3390.00	-	35.14 *
Ano	9	-	-	3751.02	-	38.88 *
Residuo	54	-	-	96.48	-	
Epoca	6	-	-	-	879.99	9.41 *
Ano	9	-	-	-	1019.64	10.90 *
Residuo	54	-	-	-	93.51	

Teste de TUKEY

ETM total

Epoca	Media	
01/set	272	a
10/set	284	ab
20/set	295	bc
30/set	304	cd
10/out	313	de
20/out	319	e
05/nov	321	e

ETM per. critico

Epoca	Media	
01/set	123	a
10/set	129	ab
20/set	136	abc
30/set	140	bc
20/out	145	c
05/nov	147	c
10/out	148	c

Tabela 71 - Analise de variancia para feijao da seca - Pato Branco

Fonte de variacao	GL	QMit	QMic	QMet	QMec	F
Epoca	5	-	1761.51	-	-	2.62 *
Ano	9	-	3067.40	-	-	4.55 *
Residuo	45	-	673.71	-	-	
Epoca	5	-	-	5828.97	-	48.14 *
Ano	9	-	-	323.75	-	2.67 *
Residuo	45	-	-	121.09	-	
Epoca	5	-	-	-	647.90	6.87 *
Ano	9	-	-	-	163.71	1.74
Residuo	45	-	-	-	94.26	

Teste de TUKEY

Irrigacao per. cr.

Epoca	Media	
01/jan	23	a
20/dez	29	a
10/jan	39	a
10/dez	50	a
30/jan	53	a
20/jan	55	a

ETM total

Epoca	Media	
30/jan	234	a
20/jan	253	b
10/jan	269	c
01/jan	282	cd
20/dez	289	de
10/dez	299	e

ETM per. critico

Epoca	Media	
30/jan	115	a
20/jan	121	ab
10/jan	124	ab
01/jan	127	abc
20/dez	130	bc
10/dez	138	c

Tabela 72 - Análise de variância para feijão das águas - Ponta Grossa

Fonte de variação	GL	QMit	QMic	QMet	QMec	F
Epoca	5	-	-	1867.90	-	30.80 *
Ano	17	-	-	2428.59	-	40.04 *
Resíduo	85	-	-	60.66	-	
Epoca	5	-	-	-	381.03	6.59 *
Ano	17	-	-	-	678.45	11.73 *
Resíduo	85	-	-	-	57.82	

Teste de TUKEY

ETM total

Epoca	Media	
10/set	260	a
20/set	269	b
30/set	276	bc
10/out	281	cd
20/out	285	d
05/nov	286	d

ETM per. crítico

Epoca	Media	
10/set	119	a
20/set	125	ab
30/set	127	b
20/out	130	b
10/out	131	b
05/nov	132	b

Tabela 73 - Análise de variância para feijão da seca - Ponta Grossa

Fonte de variação	GL	QMit	QMic	QMet	QMec	F
Epoca	5	-	-	7665.38	-	65.59 *
Ano	17	-	-	326.52	-	2.79 *
Resíduo	85	-	-	116.87	-	
Epoca	5	-	-	-	1261.71	17.89 *
Ano	17	-	-	-	157.35	2.23 *
Resíduo	85	-	-	-	70.53	

Teste de TUKEY

ETM total

Epoca	Media	
30/jan	219	a
20/jan	235	b
10/jan	248	c
01/jan	258	cd
20/dez	267	de
10/dez	274	e

ETM per. crítico

Epoca	Media	
30/jan	104	a
20/jan	110	ab
10/jan	116	bc
01/jan	120	cd
20/dez	124	cd
10/dez	126	d

Tabela 74 - Analise de variancia para trigo - Cascavel

Fonte de variacao	GL	QMit	QMic	QMet	QMec	F
Epoca	6	3726.04	-	-	-	5.40*
Ano	15	4616.06	-	-	-	6.68*
Residuo	90	690.70	-	-	-	
Epoca	6	-	1601.89	-	-	5.08*
Ano	15	-	1005.08	-	-	3.19*
Residuo	90	-	315.47	-	-	
Epoca	6	-	-	2971.06	-	70.91*
Ano	15	-	-	2503.63	-	59.75*
Residuo	90	-	-	41.90	-	
Epoca	6	-	-	-	1028.88	38.66*
Ano	15	-	-	-	335.52	12.61*
Residuo	90	-	-	-	26.61	

Teste de TUKEY

Irrigacao total

Epoca	Media	
01/abr	36	a
21/abr	38	a
11/abr	39	a
01/mai	42	a
11/mai	52	ab
21/mai	58	ab
31/mai	79	b

Irrigacao per. critico

Epoca	Media	
01/abr	5	a
11/abr	9	a
21/abr	9	a
01/mai	20	ab
11/mai	24	ab
21/mai	24	ab
31/mai	32	b

ETM total

Epoca	Media	
21/abr	173	a
11/abr	174	a
01/mai	176	a
01/abr	180	ab
11/mai	184	b
21/mai	196	c
31/mai	210	d

ETM per. critico

Epoca	Media	
11/abr	52	a
21/abr	52	a
01/abr	53	ab
01/mai	58	bc
11/mai	63	c
21/mai	68	d
31/mai	72	d

Tabela 75 - Analise de variancia para trigo - Cambara

Fonte de variacao	GL	QMit	QMic	QMet	QMec	F
Epoca	5	4447.88	-	-	-	4.71*
Ano	17	6351.06	-	-	-	6.72*
Residuo	85	944.79	-	-	-	
Epoca	5	-	-	1714.21	-	34.73*
Ano	17	-	-	891.46	-	18.06*
Residuo	85	-	-	49.37	-	
Epoca	5	-	-	-	334.01	7.33*
Ano	17	-	-	-	173.03	3.80*
Residuo	85	-	-	-	45.60	

Teste de TUKEY

Irrigacao total			ETM total			ETM per. critico		
Epoca	Media		Epoca	Media		Epoca	Media	
01/abr	89	a	21/abr	233	a	11/abr	71	a
11/abr	95	a	11/abr	234	a	01/abr	72	ab
21/abr	95	a	01/mai	237	ab	21/abr	73	ab
21/mar	102	ab	01/abr	242	bc	01/mai	77	abc
01/mai	113	ab	11/mai	248	c	21/mar	79	bc
11/mai	132	b	21/mar	258	d	11/mai	82	c

Tabela 77 - Análise de variância para trigo - Paranavai

Fonte de variacao	GL	QMit	QMic	QMet	QMec	F
Epoca	5	-	-	1089.77	-	20.25*
Ano	13	-	-	1501.40	-	27.90*
Residuo	65	-	-	53.82	-	
Epoca	5	-	-	-	320.12	8.87*
Ano	13	-	-	-	232.70	6.45*
Residuo	65	-	-	-	36.08	

Teste de TUKEY

ETM total

Epoca	Media	
21/abr	251	a
11/abr	252	a
01/mai	256	a
01/abr	258	ab
11/mai	266	bc
21/abr	273	c

ETM per. critico

Epoca	Media	
11/abr	78	a
01/abr	78	a
21/abr	81	ab
21/abr	83	ab
01/mai	85	bc
11/mai	90	c

Tabela 78 - Analise de variancia para trigo - Pato Branco

101.

Fonte de variacao	GL	QMit	QMic	QMet	QMec	F
Epoca	6	6804.39	-	-	-	16.35*
Ano	9	18174.05	-	-	-	43.67*
Residuo	54	416.13	-	-	-	
Epoca	6	-	2561.23	-	-	8.96*
Ano	9	-	5574.45	-	-	19.49*
Residuo	54	-	286.00	-	-	
Epoca	6	-	-	19200.41	-	501.84*
Ano	9	-	-	2275.79	-	59.48*
Residuo	54	-	-	38.26	-	
Epoca	6	-	-	-	3743.51	73.86*
Ano	9	-	-	-	471.05	9.29*
Residuo	54	-	-	-	50.68	

Teste de TUKEY

Irrigacao total

Epoca	Media	
01/mai	16	a
11/mai	24	a
21/mai	40	ab
01/jun	62	bc
21/jun	69	bc
01/jul	79	c
11/jun	79	c

Irrigacao per. critico

Epoca	Media	
01/mai	10	a
11/mai	14	a
21/mai	26	ab
01/jun	26	abc
01/jul	42	bc
21/jun	48	bc
11/jun	50	c

ETM total

Epoca	Media	
01/mai	206	a
11/mai	219	b
21/mai	236	c
01/jun	257	d
11/jun	279	e
21/jun	302	f
01/jul	325	g

ETM per. critico

Epoca	Media	
01/mai	72	a
11/mai	78	ab
21/mai	87	bc
01/jun	96	cd
11/jun	106	d
21/jun	117	e
01/jul	123	e

Tabela 79 - Análise de variancia para trigo - Ponta Grossa

Fonte de variacao	GL	QMit	QMic	QMet	QMec	F
Epoca	6	3112.74	-	-	-	5.03*
Ano	17	15628.14	-	-	-	25.24*
Residuo	102	619.08	-	-	-	
Epoca	6	-	-	30688.04	-	783.47*
Ano	17	-	-	2411.75	-	61.57*
Residuo	102	-	-	39.17	-	
Epoca	6	-	-	-	4585.73	67.10*
Ano	17	-	-	-	450.37	6.59*
Residuo	102	-	-	-	68.34	

Teste de TUKEY

Irrigacao total

Epoca	Media	
21/mai	55	a
11/jun	74	ab
01/jun	78	ab
21/jun	82	b
01/jul	83	b
11/jul	92	b
21/jul	94	b

ETM total

Epoca	Media	
21/mai	230	a
01/jun	247	b
11/jun	265	c
21/jun	284	d
01/jul	304	e
11/jul	324	f
21/jul	344	g

ETM per. critico

Epoca	Media	
21/mai	85	a
01/jun	90	ab
11/jun	98	bc
21/jun	106	cd
01/jul	112	de
11/jul	120	e
21/jul	129	f

5. CONCLUSÕES

1. O método de balanço hídrico considerado, com as alterações e métodos de análise propostos, mostrou-se adequado para obtenção de informações básicas ao dimensionamento de projetos de irrigação.

2. Foram verificadas necessidades de irrigação suplementar para todas as localidades e épocas de plantio considerados, com os maiores valores ocorrendo para as condições do Norte do estado, exceto para feijão de outono em Cambará.

3. A demanda climática ideal (Etm) e necessidade de água para irrigação (H) mostraram-se diferentes em função da época de plantio. De modo geral, o requerimento de irrigação foi maior nos plantios mais tardios, exceto para feijão em Londrina e Ponta Grossa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P.de.; CHIAVEGATTO, O.M.D.P.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A. & BRUNINI, O. Simulação de épocas de plantio baseadas no atendimento da demanda hídrica para culturas de soja, milho e arroz de sequeiro no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6, Maceió, 1989. Anais. Maceió, INPE/SBA/UFAL, 1989. p.34-8.
- ALFONSI, R.R.; CAMARGO, M.B.P. de; CHIAVEGATTO, O.M.D.P.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A. & BRUNINI, O. Níveis de probabilidade de seca, como subsídio à irrigação no estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6, Maceió, 1989. Anais. Maceió, INPE/SBA/UFAL, 1989. p.34-8.
- BAIER, W. & ROBERTSON, G.W. Estimation of latent evaporation from simple weather observations. Can. J. Plant Sci., 45:276-84, 1965.
- BAIER, W. & ROBERTSON, G. W. A new Versatile Soil Moisture Budget. Can. J. Plant. Sci., 46: 299-315. 1966.
- BERNARDES, L.R.M.; AGUILAR, A.P. & ABE, S. Frequência de ocorrência de veranicos no estado do Paraná. Boletim de Geografia, UEM, 6(1):83-108. 1988.

- BRAGA, H.J. Caracterização da seca agrônômica através de novo modelo de balanço hídrico, na região de Laguna, litoral Sul do Estado de Santa Catarina. Piracicaba, 1982. 157p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)
- CALHEIROS, R. de O. Painel sobre potencial produtivo da cultura do trigo no Brasil. In: REUNIÃO SOBRE TRIGO IRRIGADO, Dourados, 1986. Ata. Dourados, EMBRAPA-UEPAE de Dourados, 1986, p.48-80.
- CAMARGO, M.B.P. de; ARRUDA, H.V. de; PEDRO JUNIOR, M.J.; BRUNINI, O. & ALFONSI, R.R. Probabilidades de atendimento da demanda hídrica da cultura de trigo pela precipitação pluvial no Estado de São Paulo. Campinas, Instituto Agrônômico, 1988. 26p. (IAC. Boletim Técnico, 120)
- CAMARGO, A.P. de & PEREIRA, A.R. Prescrição de rega por modelo climatológico. Campinas, Fundação Cargill, 1990. 27p.
- CARAMORI, P.H. Estimativa da evapotranspiração potencial no estado do Paraná. In: PROGRAMA RECURSOS NATURAIS. Relatório de pesquisa. Londrina, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1987.
- CARAMORI, P.H. & FARIA, R.T. de. Estimativa da evapotranspiração potencial para Londrina e Ponta Grossa, PR. Pesq. Agropec. Bras., 22(1):9-13, 1987a.
- CARAMORI, P.H. & FARIA, R.T. de. Frequência de períodos de 10 dias consecutivos com deficiência hídrica (veranicos)

- para Londrina e Ponta Grossa. Fundação Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, 1987b. 24p. (IAPAR. Boletim Técnico, 20)
- CARAMORI, P.H. & ARITA, C.A. Evapotranspiração potencial no estado do Paraná segundo o método de Penman. Fundação Instituto Agronômico do Paraná, Londrina, 1988. 41p. (IAPAR. Boletim Técnico, 25)
- CARMO, G.F. do & LOUREIRO, B.T. Efeito de três tipos de cobertura vegetal sobre a velocidade de infiltração básica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 13. Anais. Seropédica, UFRRJ, 1983. p.157-68.
- CARSON, E.W. The plant root and its environment. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. 691p.
- CONTE, M.L. & LEOPOLDO, P.R. Estimativa da retenção de água de chuva pela cultura de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 15. Anais. São Paulo, 1986. p.314-5. (Resumo)
- COSTA, A.C.S. da. Caracterização físico-hídrica dos principais solos do estado do Paraná. In: PROGRAMA RECURSOS NATURAIS. Relatório de pesquisa. Londrina, Fundação Instituto Agronômico do Paraná, 1987.
- DALE, R.F. Methods in applied climatology. Statistical Climatology Course, [1976]. 125p. (Apostila)
- DASTANE, N.G. Effective rainfall in irrigated agriculture. Rome, FAO, 1974. 62p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 25)

- DOORENBOS, J. & KASSAM, A.H. Yield response to water. Rome, FAO, 1979. 179p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33)
- DOORENBOS, J. & FRUITT, W.O. Crop water requirements. Rome, FAO, 1984 (1977, Revised ed.). 144p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 24)
- DOTTO, S.R. Painel sobre potencial produtivo da cultura do trigo no Brasil. In: REUNIÃO SOBRE TRIGO IRRIGADO, Dourados, 1986. Ata. Dourados, EMBRAPA-UEPAE de Dourados, 1986, p.48-80.
- DYER, J.A. & MACK, A.R. The Versatile Soil Moisture Budget - Version three. Tech. Bull. 1984-1E, Agriculture Canada, Ottawa, 24p. 1984.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná. Londrina, EMBRAPA-SNLCS/SUDESUL/IAPAR, 1984. 2t. 791p. (EMBRAPA-SNLCS. Boletim de Pesquisa, 57)
- EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA DE MINAS GERAIS. Informações técnicas para as principais culturas exploradas no projeto de irrigação do Gorutuba. Belo Horizonte, EPAMIG, 1988. 44p. (Documentos, 31)
- FARIA, R.T. de. Estudo da lâmina de irrigação na cultura do trigo (*Triticum aestivum*, L., utilizando o sistema de "aspersão em linha". Piracicaba, 1981. 71p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP)
- FARIA, R.T. de & CARAMORI, P.H. Caracterização físico

- hídrica de um Latossolo Roxo distrófico do município de Londrina, PR. *Pesq. Agropec. Bras.*, 21(12):1303-11. 1986.
- FARIA, R.T. de & OLITTA, A.F.L. Lâmina de irrigação na cultura do trigo utilizando o sistema de "aspersão em linha". *Pesq. Agrop. Bras.*, 22(9/10):999-1008. 1987.
- FARIA, R.T. de & SIQUEIRA, R. Crescimento e produção de cafeeiro e culturas intercalares, sob diferentes regimes hídricos. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8. Anais. Florianópolis, ABID, 1988. p.41-64.
- FARIA, R.T. de; BOISVERT, J.; COSTA, A.C.S. da; MARUR, C.J. & OKUYAMA, L.A. Utilização de técnicas de modelagem na estimativa da umidade do solo sob culturas anuais no estado do Paraná. Londrina, Fundação Instituto Agronômico do Paraná. Boletim Técnico. (No prelo)
- FRERE, M. & POPOV, G.F. Pronóstico de cosechas baseado em dados agrometeorológicos. Roma, FAO, 1980. 194p. (Estudio FAO: Vegetal produccion y proteccion, 73)
- FRIZZONE, J.A.; ZANINI, J.R.; PEREIRA, G.T. & RETTORE, P.R. Efeito da frequência e da lâmina de irrigação na produção de trigo. *Ciência e Prática*, Lavras, 9(2):198-207, jul/dez 1985.
- FRIZZONE, J.A. & OLITTA, A.F.L. Consumo de água e produção do feijoeiro em latossolo vermelho escuro. *ITEM - Irrigação e Tecnologia Moderna* n.29, junho 1987. p.25-9.
- FRIZZONE, J.A. & OLITTA, A.F.L. Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento na produção de

trigo. Engenharia Rural, Piracicaba, 1(1):23-36.

FRIZZONE, J.A.; OLITTA, A.F.L.; BOTREL, T.A. & FOLEGATTI, M.V. Efeito do déficit contínuo de água nas fases de reprodução e frutificação sobre a produção de trigo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 19. Resumos. Piracicaba, 1990.

FUENTES LLANILLO, R. & GUERREIRO, E. Panorama da produção paranaense de feijão. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÓMICO DO PARANÁ, ed. O feijão no Paraná. Londrina, 1989. 303p. (IAPAR. Circular, 63)

FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÓMICO DO PARANÁ. Cartas climáticas básicas do Estado do Paraná. Londrina, 1978. 38p.

FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÓMICO DO PARANÁ. Recomendações técnicas para a cultura de trigo no Estado do Paraná. Londrina, 1985. 90p. (IAPAR. Circular, 41)

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, 1987.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento sistemático da produção agrícola, 2(2)14-5, Rio de Janeiro, fevereiro 1990.

GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C. & LIMA, C.A.S. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum, na região norte de Minas Gerais. Projeto Feijão, relat. 76/77, Belo Horizonte, 1978. p.28-30.

GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C. & LIMA, C.A.S. Efeito do

- déficit de água em alguns períodos do ciclo de crescimento sobre o rendimento do feijoeiro comum. Projeto Feijão, relat. 77/78, Belo Horizonte, 1979. p.25-7.
- GERAGE, A.C. Apresentação. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, ed. Recomendações técnicas para a cultura do trigo no estado do Paraná. Londrina, 1990. 134p.
- GOMES, J. Selection of planting date for maize in Parana State, Brazil. Montreal, 1988. 106p. (PhD - Macdonald College of McGill University)
- JACKSON, I.J. Climate, water and agriculture in the tropics. Longman Group, 1977. 248p.
- JENSEN, M.E.; BURMAN, M.E. & ALLEN, R.G., ed. Evapotranspiration and irrigation water requirements. New York, Amer. Soc. of Civil Engin., 1990. 332p.
- JOHNSON, R.C. & KANEMASU, E.T. The influence of water availability on winter wheat yields. Can. J. Plant Sci., 62(4):831-838. 1982.
- KRANZ, W.M.; ALBERINI, J.L.; BIANCHINI, A.; FIGUEIREDO, R. Aptidão fitotécnica para o plantio de feijão no Estado do Paraná. Londrina, Fundação Instituto Agronômico do Paraná, 1983. 16p. (IAPAR. Circular, 34)
- LUQUE, J.A. & PAOLONI, J.D. Operación de riego. Argentina, Ediciones Riagro, 1974. 330p.
- MAGALHÃES, A.A. de & MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção do feijão. Pesq.

- Agrop. Bras., 13(2):55-60. 1978.
- MANTOVANI, E.C.; SEDIYAMA, G.C.; BERNARDO, S. & LOUREIRO, B.T. Coeficiente de cultura para feijão irrigado em plantio de "seca". Revista Ceres, 35(199):297-306. 1988.
- MOTA, F.S. da. Análise agroclimatológica das necessidades de irrigação em Pelotas, Rio Grande do Sul. Ciência e Cultura, 28(12):1475-82. 1976.
- MOTA, F.S. da & AGENDES, M.O. de O. Informação climática para planejamento da irrigação da soja no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6. Anais. Maceió, 1989. p.348-354.
- MOTA, J.F.A.S. da. Informação agroclimática para planejamento da irrigação das pastagens na fronteira sul e litoral do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6. Anais. Maceió, 1989. p.89-95.
- MUZILLI, O. Manejo do solo como alternativa para minimizar fatores ambientais adversos à cultura do trigo em áreas semi-tropicais brasileiras. Londrina, Fundação Instituto Agrônomo do Paraná, 1985. 17p. (IAPAR. Circular, 42)
- OKUYAMA, L.A. Distribuição do sistema radicular em cinco cultivares de trigo em solo com médio teor de alumínio. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONômICO DO PARANA, ed. Resultados da pesquisa com trigo no Paraná - 1990. Londrina, 1990. p.60-63. (IAPAR. Informe de Pesquisa, 94)
- OKUYAMA, L.A. & COSTA, A. Avaliação de genótipos de trigo para resistência à seca em solo com saturação de alumi-

- nio. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONômICO DO PARANA, ed. Resultados da pesquisa com trigo no Paraná - 1990. Londrina, 1990. p.37-41. (IAPAR. Informe de Pesquisa,94)
- OKUYAMA, L.A. & RIEDE, C.R. Seleção de genótipos de trigo para resistência à seca em solo sem saturação de alumínio. In: FUNDAÇÃO INSTITUTO AGRONômICO DO PARANA, ed. Resultados da pesquisa com trigo no Paraná - 1990. Londrina, 1990. p.43-47. (IAPAR. Informe de Pesquisa,94)
- PALACIOS VELEZ, E. & MARTINEZ GARZA, A. Respuesta en el rendimiento de los cultivos a diferentes niveles de humedad del suelo. Chapingo, Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos / Colégio de Postgraduados, 1978. 149p.
- PENMAN, H.L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proc. R. Soc. London Ser. A, 193:120-45. 1948.
- PEREIRA, F.A.M.; FONSECA, F. das C.E.; BRITO, R.A.L. & MEDINA, B.F. Prognóstico de chuvas para a região do Seridó - RN: sugestões para o manejo da água na agricultura de sequeiro. Natal, EMPARN, 1984. 42p. (EMPARN. Boletim de Pesquisa, 10)
- PEREIRA, P.M.; SEDIYAMA, G.C.; VIEIRA, H.A. & CARDOSO, A.A. Determinação do coeficiente de cultura para o trigo irrigado. Revista Ceres, 32(182):293-309. 1985.
- PIRES, R.C.M.; FUJIWARA, M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B. & BORTOLETTO, N. Estudo da profundidade do sistema radicu-

- lar das culturas de feijão e trigo sob pivô-central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA RURAL, 19., Piracicaba, 1990. Resumos. Piracicaba, SBEA, 1990. p. 36.
- PRESCOTT, J.A. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. Transactions of the Royal Society Science, 64:114-25. 1940.
- REDDY, S.J. A simple method of estimating the soil water balance. Agric. Meteorol., 28(1):1-17. 1983.
- ROCHEDO, F.R.C. Aplicação dos dados da chuva efetiva na lavoura do arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 11., Brasília, 1981. Anais. Brasília, Editerra, 1983. p. 929-38.
- ROHLF, F.J. & SOKAL, R.R. Statistical tables. San Francisco, W.H. Freeman, 1969. 253p.
- RUSSEL, E.W. Soil conditions and plant growth. 10.ed. London, William Clowes, 1973. 849p.
- RUSSEL, R.S. Plant root systems: their function and interaction with the soil. London, Mc Graw-Hill, 1977. 298p.
- SAAD, J.C.C. & SCALOPPI, E.J. Frequência de distribuição de evapotranspiração de referência para dimensionamento de sistemas de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., Florianópolis, 1988. Anais. Florianópolis, ABID, 1988. p.1037-52, v.3.
- SANDANIELO, A. Probabilidade de chuvas em Cáceres, MT. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Mato Grosso,

- EMPA, MT, 1986. 18p. (EMPA, MT. Documentos, 3)
- SARTORATO, A.; AQUINO, A.R.L. de; CONTO, A.J. do; SEIJAS, C.A.R.; OLIVEIRA, I.P. de; KLUTHCOUSKI, J; ROCHA, J.A.M.; YOKOYAMA, M.; SILVEIRA, F.M. da & GRAZZELLI, R.J. Recomendações técnicas para a cultura de feijão com irrigação suplementar. Goiânia, EMBRAPA/CNPAP, 1982. 22p. (EMBRAPA/CNPAP. Circular Técnica, 16)
- STANHILL, G. The use of Piche evaporimeter in the calculation of evaporation. Q.J.R. Meteorol. Soc., 88:80-2. 1962.
- SILVA, A.T. da. Estudo frequencial das necessidades de irrigação em quatro localidades do estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRICOLA, 9., Campina Grande, 1979. Anais. Campina Grande, 1979.
- SILVA, W.L.C.; OLIVEIRA, C.A.S. & MARQUELLI, W.A. Subsídios para dimensionamento de sistemas de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8., Florianópolis, 1988. Anais. Florianópolis, ABID, 1988. p. 535 - 553. v.1.
- SILVEIRA, F.M. de & STONE, L.F. Balanço de água na cultura de feijão em Latossolo Vermelho Amarelo. Pesq. Agropec. Bras., 14:111-6. 1979.
- SILVEIRA, F.M. da; STEINMETZ, S.; GUIMARÃES, C.M.; AIDAR, H. & CARVALHO, J.R.P. de. Lâminas de água e turnos de rega na cultura do feijoeiro de inverno. Pesq. Agropec. Bras., 19(2):219-223, fev. 1984.

SOUZA, M.A. de. Painel sobre potencial produtivo da cultura do trigo no Brasil. In: REUNIÃO SOBRE TRIGO IRRIGADO, Dourados, 1986. Ata. Dourados, EMBRAPA-UEPAE de Dourados, 1986, p.48-80.

STONE, L.R.; TEARE, I.D.; NICKELL, C.D. & MAYAKI, W.C. Soybean root development and soil water depletion. Agron. Journal, 68(4):677-80. 1976.

THOM, H.C.S. Some methods of climatological analysis. Geneva, World Meteorological Organization, 1966. 53p. (WMO. Technical note, 81)

TOLEDO FILHO, M. da R. & OMETTO, J.C. Probabilidade de suprimento da demanda hídrica ideal da cultura de cana-de-açúcar através da precipitação pluvial da zona canavieira do estado de Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 6. Anais. Maceió, 1989, p.247-52.

VILLA NOVA, N.A. Principais métodos climáticos de estimativa de aplicação de água de irrigação. Piracicaba, ESALQ/USP, 1982. 20p. (Apostila)

APENDICE 1

```

CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
C   PROGRAMA PENMANPI.FOR                                     C
C   PROGRAMA PARA CALCULO DA EVAPOTRANSPIRACAO DE PENMAN   C
C   COM O VALOR DE PICHE NO LUGAR DO VALOR DE VENTO       C
C   AUTOR: CARLOS ARITA                                     C
C   DATA: 17/09/87                                         REVISAO: 29/10/88   C
CCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCCC
DIMENSION SDL(12,31),SQ0(12,31)
CHARACTER*20 DLNAME,DAILY,PEOUT
A=7.5
B=237.5
C=8.0E-04
WRITE(*,2500)
2500 FORMAT(' ENTRE COM A LATITUDE DA ESTACAO (21 A 27 GRAUS) ')
READ(*,2700)LAT
2700 FORMAT(I2)
WRITE(*,1000)
1000 FORMAT(' NOME DO ARQUIVO COM OS VALORES DE N e Q0 ')
READ(*,2000) DLNAME
2000 FORMAT(A20)
OPEN(13,FILE=DLNAME,STATUS='OLD')
IF(LAT.EQ.21) GO TO 7
J=LAT-21
DO 5 I=1,J
DO 5 K=1,62
5 READ(13,10)
7 READ(13,10)SDL
10 FORMAT(16X,12F5.1)
READ(13,20)SQ0
20 FORMAT(11X,12F6.1)
WRITE(*,1111)LAT,SDL(1,1),SQ0(12,31)
1111 FORMAT(' LATITUDE=',I2,' INSOLACAO JAN.1=',F5.1,
1 ' Q0 DEZ.31='F6.1)
WRITE(*,105)
105 FORMAT(' ENTRE COM O VALOR DE A (RADIACAO POR INSOLACAO) ')
READ(*,106) AVALUE
106 FORMAT(F5.3)
WRITE(*,107)
107 FORMAT(' ENTRE COM O VALOR DE B (RADIACAO POR INSOLACAO) ')
READ(*,106) BVALUE
WRITE(*,108)
108 FORMAT(' ENTRE COM O VALOR DA PRESSAO (F6.1) ')
READ(*,109) P1
109 FORMAT(F6.1)
WRITE(*,110)
110 FORMAT(' ENTRE COM O VALOR DE A (T.ENERG. POR PICHE) ')
READ(*,106) AVAL2
WRITE(*,111)
111 FORMAT(' ENTRE COM O VALOR DE B (RADIACAO POR INSOLACAO) ')
READ(*,106) BVAL2

```

```

      WRITE(*,1010)
1010 FORMAT(' NOME DO ARQUIVO COM OS DADOS DE ENTRADA ')
      READ(*,2000)DAILY
      OPEN(14,FILE=DAILY,STATUS='OLD')
      WRITE(*,1020)
1020 FORMAT(' NOME DO ARQUIVO DE SAIDA ')
      READ(*,2000)PEOUT
      WRITE(*,1025)
1025 FORMAT(' DATA PARA INICIO DOS CALCULOS (AAMDD) ')
      READ(*,1026)JDAT
1026 FORMAT(I6)
      OPEN(15,FILE=PEOUT,STATUS='NEW')
100 READ(14,30,END=1110)IDIA,IMES,IANO,ISUN,IMIN,IMAX,IS9,IS15,IS21,IU
19,IU15,IU21,IPVESP,IPDIA,IPPT
30 FORMAT(3I2,I4,8I5,2I3,I5)

```

C

```

      IDAT=(IANO*10000)+(IMES*100)+(IDIA)
      IF(IDAT.LT.JDAT) GO TO 100

```

C

```

      IF((IS9.EQ.777).OR.(IS15.EQ.777).OR.(IS21.EQ.777).OR.(IU9.EQ.777).
      =OR.(IU15.EQ.15).OR.(IU21.EQ.21).OR.(IPVESP.EQ.777).OR.(IPDIA.EQ.77
      =7).OR.(ISUN.EQ.777))THEN

```

```

        WRITE(15,51)IDIA,IMES,IANO,TMAX,TMIN

```

```

        GO TO 100

```

```

      ENDIF

```

```

      SUN=FLOAT(ISUN)/10.

```

```

      TMIN=FLOAT(IMIN)/10.

```

```

      TMAX=FLOAT(IMAX)/10.

```

```

      TS9=FLOAT(IS9)/10.

```

```

      TS15=FLOAT(IS15)/10.

```

```

      TS21=FLOAT(IS21)/10.

```

```

      TU9=FLOAT(IU9)/10.

```

```

      TU15=FLOAT(IU15)/10.

```

```

      TU21=FLOAT(IU21)/10.

```

```

      PICHE=(FLOAT(IPDIA)/10.)-(FLOAT(IPVESP)/10.)

```

```

      PREC=FLOAT(IPPT)/10.

```

C

C

```

      CALCULO DE UMIDADE

```

C

```

      EXP0=(A*TS9)/(B+TS9)

```

```

      TAS9=4.58*(10.**EXP0)

```

```

      EXP0=(A*TU9)/(B+TU9)

```

```

      TAU9=4.58*(10.**EXP0)

```

```

      AUX=(TS9-TU9)*P1*C

```

```

      PA=TAU9-AUX

```

```

      UR9=(PA/TAS9)*100.

```

C

```

      EXP0=(A*TS15)/(B+TS15)

```

```

      TAS15=4.58*(10.**EXP0)

```

```

      EXP0=(A*TU15)/(B+TU15)

```

```

      TAU15=4.58*(10.**EXP0)

```

```

      AUX=(TS15-TU15)*P1*C
      PA=TAU15-AUX
      UR15=(PA/TAS15)*100.
C
      EXP0=(A*TS21)/(B+TS21)
      TAS21=4.58*(10.**EXP0)
      EXP0=(A*TU21)/(B+TU21)
      TAU21=4.58*(10.**EXP0)
      AUX=(TS21-TU21)*P1*C
      PA=TAU21-AUX
      UR21=(PA/TAS21)*100.
      UR=(UR9+UR15+UR21*2)/4.
C
C
C
      CALCULO DE PENMAN
      IF(PICHE.LT.0.) THEN
        WRITE(15,53) IDIA, IMES, IANO, TMAX, TMIN, PICHE, UR, PREC
        GO TO 100
      ENDIF
      IF((UR.GT.100.).OR.(UR.LT.0.)) THEN
        WRITE(15,51) IDIA, IMES, IANO, TMAX, TMIN
        GO TO 100
      ELSE
        TMEAN=(TMAX+TMIN)/2.
        IF(TMEAN.LE.0.) THEN
          PENPI=0.
          WRITE(15,50) IDIA, IMES, IANO, TMAX, TMIN, PICHE, UR, PENPI, PREC
          GO TO 100
        ELSE
          IF(TMEAN.GT.40.) THEN
            WRITE(15,53) IDIA, IMES, IANO, TMAX, TMIN, PICHE, UR
            GO TO 100
          ENDIF
        ENDIF
      ENDIF
      DL=SDL(IMES, IDIA)
      Q0=SQ0(IMES, IDIA)
      ES=4.58*10**((7.5*TMEAN/(237.5+TMEAN)))
      VAP=ES*(UR/100.)
      DELTA=.332*TMEAN**.2455
      HEAT=(0.8*(Q0*(AVALUE+BVALUE*(SUN/DL))/59)-(10.7960+0.2075*TMEAN)*
      *(0.56-0.09*SQRT(VAP)))*(0.10+0.90*SUN/DL)
      PENPI=HEAT*DELTA+(AVAL2+BVAL2*PICHE)
      WRITE(15,50) IDIA, IMES, IANO, TMAX, TMIN, PICHE, UR, PENPI, PREC
50  FORMAT(3(I2,1X),2(F5.2,1X),3(F4.1,1X),F5.1)
      GO TO 100
51  FORMAT(3(I2,1X),2(F5.2,1X), '77.7 77.7 77.7 777.7')
53  FORMAT(3(I2,1X),2(F5.2,1X),2(F4.1,1X), '77.7',F5.1)
1110 STOP
      END

```

```

          DATIN(CULT)=IDATINI
C
WRITE(*,'(A\)' )'          DIA JULIANO DE FLORESCIMENTO ==> '
READ(*,'(F6.0)' )DATFLO
C
WRITE(*,'(A\)' )'          DIA JULIANO FINAL    ==> '
READ(*,'(F6.0)' )IDATFIM
DATFN(CULT)=IDATFIM
C
WRITE(*,305)
WRITE(*,'(A\)' )' DURACAO TOTAL DO CICLO EM DIAS (DTC) ==> '
READ(*,'(F6.0)' )DTC
C
C
C
C
WRITE(*,305)
WRITE(*,'(A\)' )' FASE 1 DO CICLO DA CULTURA (F6.3) ==> '
READ(*,'(F6.3)' )FASE1
FASE1=0.167
C
WRITE(*,'(A\)' )' FASE 2 DO CICLO DA CULTURA (F6.3) ==> '
READ(*,'(F6.3)' )FASE2
FASE2=0.444
C
WRITE(*,'(A\)' )' FASE 3 DO CICLO DA CULTURA (F6.3) ==> '
READ(*,'(F6.3)' )FASE3
FASE3=0.722
C
WRITE(*,305)
WRITE(*,'(A\)' )'          VALOR DE K1 (F4.2) ==> '
READ(*,'(F4.2)' )K1
K1=0.35
C
WRITE(*,'(A\)' )'          VALOR DE K3 (F4.2) ==> '
READ(*,'(F4.2)' )K3
K3=1.10
C
WRITE(*,305)
WRITE(*,'(A\)' )'          COEFIC.DA EQUACAO - VALOR DE C ==> '
READ(*,'(F8.6)' )C
C=-0.123
C
WRITE(*,'(A\)' )'          COEFIC.DA EQUACAO - VALOR DE E ==> '
READ(*,'(F8.6)' )E
E=2.7425
C
WRITE(*,'(A\)' )'          COEFIC.DA EQUACAO - VALOR DE F ==> '
READ(*,'(F8.6)' )F
F=3.191
C
WRITE(*,'(A\)' )'          COEFIC.DA EQUACAO - VALOR DE G ==> '
READ(*,'(F8.6)' )G

```

```

      G=2.8907
C
      WRITE(*,309)
309  FORMAT(// ' ARQUIVOS UTILIZADOS  ')
      WRITE(*,310)
310  FORMAT(' ===== ' )

      WRITE(*,'(A\)' )' NOME DO ARQUIVO DE ENTRADA  ==> '
      READ(*,'(A)' )ENTRADA
      WRITE(*,'(A\)' )' NOME DO ARQUIVO DE SAIDA  ==> '
      READ(*,'(A)' )SAIDA
C
      OPEN(15,FILE=SAIDA,STATUS='NEW')
C
C   coeficientes da equacao P=EXP(A1+A2*ETM)
C   para os 5 grupos de culturas
C
      A1(1)=-0.3756096
      A1(2)=-0.1133844
      A1(3)=0.02749
      A1(4)=0.02749
      A1(5)=0.1049037
      A1(6)=0.1049037
      A2(1)=-0.1639593
      A2(2)=-0.1518743
      A2(3)=-0.1334409
      A2(4)=-0.1334409
      A2(5)=-0.1164660
      A2(6)=-0.1164660
C
      ARMAZI=CADIN(CULT)
      ANEGAI=0.0
      ARMAX=ARMAZI
      ANEGX=ANEGAI
      NDSECO=0
      DACUM=0.
      EACUM=0.
      EXC=0.
      ARM=0.
      K=0
      J=0
C
C   ... Arquivo com os dados agrometeorologicos
C
      OPEN(10,FILE=ENTRADA,STATUS='OLD')
15  READ(10,20,END=230)ID,IM,IA,ETP,PREC
20  FORMAT(I2,2I3,22X,F5.1,F6.1)
      J=J+1
      IRRIG=0.
      IF(J.EQ.1) THEN
          ETPANT=ETP

```

```

ENDIF
IF(ETP.EQ.77.7) THEN
  ETP=ETPANT
ELSE
  ETPANT=ETP
ENDIF

```

C

```

IF(CULT.EQ.1)GOTO 30
IDATK=JULIAN(IM, ID, IA)
IF(MOD(IA,4).EQ.0) THEN
  IDATI(CULT)=DATIN(CULT)+1.
  IDATF(CULT)=DATFN(CULT)+1.
  IDATFL=DATFLO+1.
ELSE
  IDATI(CULT)=DATIN(CULT)
  IDATF(CULT)=DATFN(CULT)
  IDATFL=DATFLO
ENDIF

```

C rotina para virada do ano (dia inicial menor que dia final)

```

D=0.
IF(IDATK.GE.IDATI(CULT)) THEN
  D=((IDATK-IDATI(CULT))/DTC)
ELSE
  D=((365.-IDATI(CULT)+IDATK)/DTC)
ENDIF
IF(IDATK.EQ.IDATI(CULT)) THEN
  ARMAZI=ARMAX
  ANEGAI=ANEGX
ENDIF

```

```

IF(D.GT.1.) GO TO 15

```

C

```

IF(D.LT.FASE1) THEN
  KC=K1
ELSE
  IF(D.LT.FASE2) THEN
    KC=C+(E*D)
  ELSE
    IF(D.LT.FASE3) THEN
      KC=K3
    ELSE
      KC=F-(G*D)
    ENDIF
  ENDIF
ENDIF
ETM=ETP*KC

```

C

C

```

IF(IDATK.EQ.IDATI(CULT)) GOTO 25
IF((IDATK.GE.IDATFL).OR.(IDATK.LT.IDATI(CULT))) GOTO 30
AIK=D*DTC

```



```

        IF (IDATFL.GT.IDATI(CULT)) THEN
          COEF=ALOG(CADF(CULT)/CADIN(CULT))/(IDATFL-IDATI(CULT))
        ELSE
          COEF=ALOG(CADF(CULT)/CADIN(CULT))/(365-IDATI(CULT)+IDATFL)
        ENDIF
        AFUNC=EXP(AIK*COEF)
        CAD(CULT)=CADIN(CULT)*AFUNC
        GOTO 35
25  CAD(CULT)=CADIN(CULT)
    GOTO 35
30  CAD(CULT)=CADF(CULT)
    IF (CULT.EQ.1.0) ETM=ETP
35  P(CULT)=EXP(A1(CULT)+A2(CULT)*ETM)
    IF (P(CULT).GT.1.0) THEN
      P(CULT)=1.0
    ENDIF
    ARMCRI=(1.-P(CULT))*CAD(CULT)
    CADI=CAD(CULT)
    PI=P(CULT)
    CADXP=CADI*PI

```

C

```

    IF ((PREC-ETM).LE.0) THEN
      GO TO 40
    ELSE
      ARM=ARMAZI+(PREC-ETM)
    ENDIF
    ARMAZE=ARM
    IF (ARM.LE.ARMCRI) THEN
      GO TO 90
    ELSE
      ANTN=CADI-ARM
    ENDIF
    IF (ANTN.LT.0) ANTN=0.0
    GO TO 100
40  ANTN=ANEGAI+ABS(PREC-ETM)
50  IF (ANTN.GE.CADXP) THEN
      GO TO 90
    ELSE
      ARM=CADI-ANTN
      ARMAZE=ARM
      GO TO 100
    ENDIF
90  IRRIG=ANTN
    ARM=CADI
    ANTN=0.
100 IF (ARM.GT.CADI) ARM=CADI

```

C

```

    ANEGAI=ANTN
    ARMAZI=ARM

```

C

```

    WRITE(15,300) ID,IM,IA,IRRIG,ETM

```

```
300 FORMAT(3I3,2F6.1)
GO TO 15
```

```
C
```

```
C.....TERMINO DO CALCULO
```

```
C
```

```
230 STOP
END
```

```
FUNCTION JULIAN(IM, ID, IA)
```

```
C calcula dias julianos para os argumentos mes,dia,ano
```

```
DIMENSION INCR(12),LNCR(12),MRANGE(12)
```

```
LOGICAL LEAPYR
```

```
DATA INCR /0,31,59,90,120,151,181,212,243,273,304,334/
```

```
DATA LNCR /0,31,60,91,121,152,182,213,244,274,305,335/
```

```
DATA MRANGE/31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
```

```
JULIAN=0
```

```
LEAPYR=MOD(IA,4).EQ.0
```

```
IF(LEAPYR)THEN
```

```
MRANGE(2)=29
```

```
JULIAN=LNCR(IM)+ID
```

```
ELSE
```

```
MRANGE(2)=28
```

```
JULIAN=INCR(IM)+ID
```

```
ENDIF
```

```
RETURN
```

```
END
```

APENDICE 3

Tabela 16 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H_m , mm) e evapotranspiração máxima (ET_m , mm) para feijão de outono em Cambará, no ciclo total

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)							
ANO	01/abr	10/abr	20/abr	30/abr	10/mai	20/mai	31/mai
71	73	42	44	0	0	44	87
72	85	45	46	44	39	43	0
73	74	45	45	42	0	0	48
74	62	29	0	0	47	93	92
75	107	81	77	77	80	48	93
76	34	0	0	45	50	45	43
77	86	81	52	47	47	95	129
78	96	113	77	50	90	40	79
79	75	73	47	49	48	42	77
80	76	79	50	44	94	46	94
81	92	81	30	78	47	90	131
82	69	65	26	0	0	0	47
83	0	0	0	41	40	82	143
84	99	91	90	132	129	167	156
85	49	90	71	51	104	88	88
86	20	48	49	90	90	123	118
87	32	0	0	0	50	47	92
88	0	0	0	50	46	94	133
MED	63	53	39	47	55	66	92
ET _m NO CICLO TOTAL							
ANO	01/abr	10/abr	20/abr	30/abr	10/mai	20/mai	31/mai
71	172	158	151	147	151	160	178
72	170	167	162	158	158	161	168
73	188	172	165	155	150	150	153
74	188	175	161	156	156	162	176
75	199	184	172	159	162	167	182
76	169	155	148	145	149	155	166
77	157	145	141	145	156	175	198
78	179	167	159	156	161	167	178
79	173	165	157	150	153	160	171
80	181	170	162	157	159	165	176
81	192	177	165	159	163	171	188
82	184	169	159	154	153	155	166
83	156	147	143	149	154	166	185
84	186	183	181	182	185	192	197
85	172	161	152	146	152	162	179
86	182	175	172	170	173	178	180
87	152	140	137	140	147	158	177
88	150	143	140	143	151	163	183
MED	175	164	157	154	157	165	178

Tabela 17 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H_m) e evapotranspiração máxima (ET_m) para feijão de outono em Camará, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H) NO PERIODO CRITICO							
ANO	01/abr	10/abr	20/abr	30/abr	10/mai	20/mai	31/mai
71	73	42	44	0	0	0	44
72	37	45	46	44	39	43	0
73	0	45	45	42	0	0	0
74	36	0	0	0	0	47	47
75	77	81	31	0	0	0	0
76	34	0	0	45	50	0	43
77	33	51	52	0	0	42	40
78	72	34	0	50	44	40	41
79	0	0	47	49	48	42	36
80	30	48	50	44	43	0	47
81	92	81	30	0	0	45	44
82	69	36	0	0	0	0	0
83	0	0	0	0	40	35	44
84	43	43	46	86	88	116	84
85	49	38	0	0	52	41	46
86	0	0	0	47	44	77	79
87	32	0	0	0	0	0	46
88	0	0	0	0	0	46	43
MED	38	30	22	23	25	32	38
ET _m NO PERIODO CRITICO							
ANO	01/abr	10/abr	20/abr	30/abr	10/mai	20/mai	31/mai
71	81	80	66	63	59	69	74
72	73	79	79	77	74	68	70
73	81	79	76	71	67	71	69
74	94	82	71	63	65	70	76
75	97	91	79	72	68	68	70
76	76	67	63	66	64	65	72
77	74	59	54	52	62	76	89
78	82	69	62	67	75	77	76
79	77	73	70	69	71	69	67
80	83	79	74	70	67	68	78
81	97	88	73	64	64	77	77
82	87	77	69	67	68	67	76
83	74	56	55	58	69	78	83
84	87	82	81	80	84	91	90
85	83	75	66	62	64	66	73
86	78	71	75	80	82	83	79
87	66	60	55	55	59	70	83
88	67	60	59	59	67	72	79
MED	81	74	68	67	68	72	77

Tabela 18 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H_s , mm) e evapotranspiração máxima (ET_m , mm) para feijão das águas em Cascavel, no ciclo total.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)					
ANO	01/set	10/set	20/set	30/set	10/out
73	31	61	88	90	81
74	106	152	125	152	105
75	62	55	54	47	52
76	88	49	54	82	103
77	106	79	67	23	91
78	132	98	105	111	116
79	90	111	81	130	115
80	95	60	60	64	54
81	41	34	64	64	63
82	28	28	29	21	0
83	30	30	55	88	95
84	111	76	49	21	76
85	133	131	171	172	216
86	153	136	103	109	102
87	83	87	59	78	53
88	109	183	174	174	183
MED	87	86	83	89	94
ET _m NO CICLO TOTAL					
ANO	01/set	10/set	20/set	30/set	10/out
73	260	276	294	301	308
74	278	288	293	300	307
75	242	247	255	261	264
76	255	265	280	285	286
77	260	263	264	268	275
78	274	284	291	301	301
79	249	259	264	263	268
80	244	253	264	270	274
81	239	248	256	256	262
82	228	235	236	241	247
83	228	244	264	276	286
84	258	266	269	276	277
85	281	302	316	331	344
86	260	269	277	283	286
87	238	251	265	274	284
88	278	290	306	312	309
MED	254	265	275	281	286

Tabela 19 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H_m) e evapotranspiração máxima (ET_m , mm) para feijão das águas em Cascavel, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPL. (H) NO PERIODO CRITICO					
ANO	01/set	10/set	20/set	30/set	10/out
73	31	29	23	60	58
74	57	83	82	99	76
75	32	29	54	26	21
76	30	27	22	50	75
77	106	79	47	0	0
78	99	78	56	25	52
79	63	83	81	53	51
80	58	28	60	30	23
81	26	0	29	64	63
82	0	28	29	21	0
83	30	30	27	56	29
84	111	76	49	0	23
85	51	23	80	113	153
86	82	85	75	109	53
87	53	55	59	52	53
88	55	61	60	113	155
MED	55	50	52	54	55
ET _m NO PERIODO CRITICO					
ANO	01/set	10/set	20/set	30/set	10/out
73	120	129	130	148	152
74	117	125	136	149	148
75	109	115	135	132	120
76	121	119	131	137	140
77	126	129	132	124	117
78	137	128	132	129	143
79	115	127	128	126	129
80	115	117	124	127	130
81	104	112	126	127	125
82	109	123	124	104	107
83	106	110	120	126	134
84	135	125	126	117	132
85	127	127	145	160	174
86	118	126	137	144	133
87	107	110	116	130	139
88	121	124	138	150	160
MED	118	122	130	133	136

Tabela 20 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) para feijão das águas em Londrina, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)							
ANO	10/ago	20/ago	30/ago	10/set	20/set	30/set	15/out
58	139	102	131	153	90	125	99
59	180	167	162	162	205	193	146
61	104	100	61	62	92	103	62
62	38	72	100	127	123	153	156
63	102	65	63	0	32	115	134
64	106	99	97	135	125	95	123
65	100	125	128	168	93	121	95
66	110	98	102	100	130	128	94
67	132	135	158	121	90	95	103
68	170	170	211	187	126	159	151
69	131	132	69	65	91	92	96
70	42	65	102	164	200	187	116
71	138	174	171	190	186	182	140
72	36	64	99	98	114	116	98
73	70	101	127	135	129	98	85
74	102	128	125	161	128	94	62
75	107	60	89	60	27	28	35
76	93	125	124	88	81	51	77
77	164	128	95	114	107	80	91
78	166	185	178	180	210	179	159
79	102	85	86	79	54	84	117
80	70	128	157	155	147	145	103
81	152	115	109	153	112	61	54
82	100	123	92	59	58	23	0
83	87	100	123	103	150	166	85
84	163	183	184	147	194	146	110
85	240	189	234	229	220	242	243
86	138	132	158	207	191	141	104
87	66	73	97	154	151	143	156
88	185	147	172	155	173	208	217
MED	118	119	127	130	128	125	110

Tabela 21 - Valores de evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para feijão das águas em Londrina, no ciclo total.

ET _m NO CICLO TOTAL							
ANO	10/ago	20/ago	30/ago	10/set	20/set	30/set	15/out
58	281	301	316	328	333	334	334
59	281	301	316	328	333	334	334
61	281	301	316	328	333	334	334
62	281	301	316	328	333	334	334
63	281	301	316	328	333	334	336
64	281	301	316	328	333	334	334
65	281	301	316	328	333	334	334
66	281	301	316	328	333	334	334
67	281	301	316	328	333	334	336
68	281	301	316	328	333	334	334
69	281	301	316	328	333	334	334
70	281	301	316	328	333	334	334
71	281	301	316	328	333	334	336
72	281	301	316	328	333	334	334
73	281	301	316	328	333	334	334
74	281	301	316	328	333	334	334
75	281	301	316	328	333	334	328
76	263	287	305	318	330	332	324
77	283	298	304	306	306	305	308
78	297	318	332	347	355	361	358
79	267	285	299	311	315	314	321
80	267	291	312	326	338	339	334
81	277	288	298	308	315	314	321
82	273	287	295	305	304	302	303
83	257	275	289	310	326	332	345
84	294	311	328	340	342	343	340
85	310	332	350	373	384	396	407
86	284	307	330	336	337	334	326
87	264	279	297	314	328	339	352
88	297	310	319	330	346	355	351
MED	280	299	314	326	333	335	336

Tabela 22 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) para feijão das águas em Londrina, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H) NO PERIODO CRITICO							
ANO	10/ago	20/ago	30/ago	10/set	20/set	30/set	15/out
58	37	71	98	95	90	62	32
59	107	97	101	128	123	95	124
61	104	100	61	0	32	66	31
62	0	0	33	94	91	122	90
63	35	35	35	0	0	33	64
64	71	67	68	61	32	62	89
65	67	65	67	94	59	90	61
66	73	62	66	63	58	97	94
67	103	99	97	95	64	61	36
68	103	104	66	92	93	125	120
69	67	67	35	65	31	57	63
70	0	0	29	63	126	154	91
71	34	66	98	124	153	122	92
72	0	0	65	98	82	59	63
73	70	69	62	95	60	67	60
74	68	68	63	91	67	94	62
75	67	0	30	60	27	0	35
76	64	91	91	62	56	51	53
77	97	96	95	84	52	58	30
78	90	122	117	122	125	83	101
79	36	60	57	79	54	26	59
80	33	59	85	95	147	90	76
81	124	59	56	57	81	61	54
82	70	34	33	59	58	23	0
83	61	68	91	58	83	106	85
84	91	98	116	115	113	92	55
85	133	132	147	121	138	136	127
86	62	97	89	114	107	141	80
87	66	35	34	90	88	78	92
88	98	121	65	59	93	122	130
MED	68	68	72	81	79	81	72

Tabela 23 - Valores de evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para feijão das águas em Londrina, no período crítico.

ET _m NO PERÍODO CRÍTICO							
ANO	10/ago	20/ago	30/ago	10/set	20/set	30/set	15/out
58	126	137	150	157	162	162	158
59	126	137	150	157	162	162	158
61	126	137	150	157	162	162	158
62	126	137	150	157	162	162	158
63	126	137	150	157	162	162	158
64	126	137	150	157	162	162	158
65	126	137	150	157	162	162	158
66	126	137	150	157	162	162	158
67	126	137	150	157	162	162	158
68	126	137	150	157	162	162	158
69	126	137	150	157	162	162	158
70	126	137	150	157	162	162	158
71	126	137	150	157	162	162	158
72	126	137	150	157	162	162	158
73	126	137	150	157	162	162	158
74	126	137	150	157	162	162	158
75	126	137	150	157	162	162	158
76	114	137	145	148	157	162	158
77	126	134	153	156	155	140	130
78	144	155	166	162	164	164	177
79	114	133	150	152	150	149	159
80	115	132	153	155	164	165	167
81	133	121	123	140	157	167	153
82	121	119	134	156	156	143	138
83	116	128	138	144	152	155	167
84	134	139	160	166	168	161	162
85	145	154	163	163	181	185	197
86	133	141	152	161	169	178	154
87	121	130	131	139	149	166	169
88	143	156	143	149	153	164	173
MED	127	137	148	155	161	162	159

Tabela 24 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H_s , mm) e evapotranspiração máxima (ET_m , mm) para feijão das águas em Paranavaí, no ciclo total.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)								
ANO	01/jul	10/jul	20/jul	30/jul	10/ago	20/ago	30/ago	15/set
75	175	192	184	135	128	101	138	119
76	93	72	106	92	65	84	115	156
77	136	100	145	140	189	158	169	145
78	98	157	167	192	180	191	224	264
79	129	126	112	133	151	170	187	162
80	97	73	72	127	133	128	164	218
81	206	214	228	182	140	152	143	159
82	132	128	134	117	147	127	113	131
83	126	146	113	125	125	152	150	193
84	155	147	129	163	211	198	221	189
85	175	206	199	215	222	216	234	290
86	97	97	128	144	158	195	214	242
87	128	121	86	114	145	184	153	191
88	216	275	277	241	231	208	199	243
MED	140	147	148	151	159	162	173	193
ET _m NO CICLO TOTAL								
ANO	01/jul	10/jul	20/jul	30/jul	10/ago	20/ago	30/ago	15/set
75	257	267	273	282	292	305	316	326
76	215	224	240	253	269	296	316	342
77	228	238	254	276	302	321	332	339
78	234	253	275	303	326	348	362	387
79	237	245	258	279	294	314	329	347
80	206	219	235	259	287	312	334	355
81	260	273	281	289	294	306	317	333
82	227	242	260	277	299	316	323	330
83	215	222	234	249	270	292	307	341
84	225	238	254	280	302	318	334	347
85	238	258	280	298	316	339	357	391
86	215	232	250	271	292	314	338	354
87	228	239	254	262	283	298	317	348
88	270	288	308	319	331	345	356	372
MED	232	246	261	278	297	316	331	351

Tabela 25 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H_m) e evapotranspiração máxima (ET_m) para feijão das águas em Paranavaí, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H) NO PERIODO CRITICO								
ANO	01/jul	10/jul	20/jul	30/jul	10/ago	20/ago	30/ago	15/set
75	123	124	119	116	67	19	60	103
76	45	52	67	44	22	24	45	93
77	107	50	69	73	72	92	149	101
78	98	79	73	68	110	136	160	97
79	75	104	72	67	45	86	124	92
80	25	73	47	49	88	90	118	102
81	106	126	136	146	102	62	18	77
82	57	79	107	90	68	22	48	109
83	126	95	69	44	64	68	85	101
84	54	99	78	72	86	99	153	100
85	77	77	95	124	137	151	125	102
86	22	46	76	73	112	86	106	131
87	80	79	66	42	49	119	94	105
88	122	142	135	130	139	149	106	97
MED	80	87	86	81	83	86	99	101
ET _m NO PERIODO CRITICO								
ANO	01/jul	10/jul	20/jul	30/jul	10/ago	20/ago	30/ago	15/set
75	124	133	138	132	123	125	145	161
76	104	106	102	101	115	138	147	164
77	111	103	107	115	134	148	165	170
78	109	105	114	129	158	169	179	175
79	118	121	113	119	124	143	160	162
80	94	105	105	107	119	139	164	174
81	118	122	140	148	141	130	129	155
82	97	111	131	128	132	134	154	168
83	112	110	100	102	119	131	145	161
84	96	103	111	125	139	146	166	165
85	109	111	128	136	147	158	164	175
86	92	96	117	126	137	141	151	167
87	106	111	114	116	128	140	139	155
88	128	139	140	148	156	169	158	171
MED	108	113	119	124	134	144	155	166

Tabela 26 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para feijão das águas em Pato Branco, no ciclo total.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)							
ANO	01/set	10/set	20/set	30/set	10/out	20/out	05/nov
79	76	73	108	72	44	71	73
80	43	80	44	44	35	0	0
81	38	75	35	32	30	43	114
82	0	0	0	40	40	39	74
83	0	0	36	36	66	65	30
84	83	68	96	68	109	104	186
85	136	146	154	165	205	202	182
86	114	81	74	35	31	64	75
87	31	40	71	73	112	158	73
88	150	154	157	153	138	134	90
MED	67	72	77	72	81	88	90
ET _m NO CICLO TOTAL							
ANO	01/set	10/set	20/set	30/set	10/out	20/out	05/nov
79	265	276	282	287	301	311	320
80	255	265	277	288	290	293	298
81	279	288	293	295	301	313	328
82	240	248	249	261	272	288	305
83	255	271	288	299	310	321	318
84	276	283	289	293	301	314	328
85	308	327	343	361	372	371	371
86	269	283	291	305	311	316	314
87	263	283	302	315	327	332	322
88	306	320	336	342	340	329	304
MED	272	284	295	304	313	319	321

Tabela 27 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para feijão das águas em Pato Branco, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H) NO PERIODO CRITICO							
ANO	01/set	10/set	20/set	30/set	10/out	20/out	05/nov
79	40	73	36	72	44	35	36
80	43	36	44	44	35	0	0
81	38	36	35	32	30	0	38
82	0	0	0	0	40	39	30
83	0	0	0	36	30	65	30
84	83	68	30	38	69	104	105
85	65	35	70	129	140	136	94
86	73	43	74	35	31	0	75
87	31	0	36	73	70	108	73
88	71	37	78	153	108	102	38
MED	44	33	40	61	60	59	52
ET _m NO PERIODO CRITICO							
ANO	01/set	10/set	20/set	30/set	10/out	20/out	05/nov
79	120	123	128	141	147	129	138
80	113	119	119	134	137	138	135
81	123	136	145	135	141	132	143
82	119	125	113	101	117	120	142
83	117	120	123	138	148	152	146
84	138	132	121	120	138	150	143
85	132	147	163	173	176	168	177
86	119	129	146	141	148	133	155
87	118	118	143	152	159	158	149
88	130	144	154	167	166	167	159
MED	123	129	136	140	148	145	147

Tabela 28 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para feijão das águas em Ponta Grossa, no ciclo total.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)						
ANO	10/set	20/set	30/set	10/out	20/out	05/nov
71	140	155	138	131	62	67
72	41	43	79	81	46	37
73	36	36	71	79	39	37
74	79	79	72	99	34	33
75	0	0	0	0	39	37
76	78	40	41	35	0	0
77	31	71	39	37	73	103
78	105	73	80	76	79	164
79	38	70	41	82	41	116
80	73	114	111	110	101	59
81	37	35	64	30	77	74
82	0	0	0	0	36	37
83	80	68	136	78	114	74
84	67	36	70	80	71	100
85	65	104	138	168	161	103
86	107	69	68	27	34	36
87	70	106	103	112	105	111
88	190	188	210	172	139	68
MED	69	71	81	78	69	70
ET _m NO CICLO TOTAL						
ANO	10/set	20/set	30/set	10/out	20/out	05/nov
71	288	299	303	306	305	301
72	235	244	253	260	267	271
73	239	251	260	265	262	260
74	243	245	249	255	258	265
75	220	230	241	248	260	271
76	269	280	288	287	282	272
77	255	256	263	270	275	284
78	280	285	286	286	290	294
79	261	265	269	277	285	287
80	251	266	278	282	283	280
81	258	264	268	273	275	278
82	243	245	249	257	264	270
83	260	276	288	299	313	318
84	261	268	272	279	286	289
85	294	309	324	336	337	334
86	272	272	276	276	276	278
87	263	275	287	303	314	315
88	288	305	311	306	298	283
MED	260	269	276	281	285	286

Tabela 29 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para feijão das águas em Ponta Grossa, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPL. (H) NO PERIODO CRITICO						
ANO	10/set	20/set	30/set	10/out	20/out	05/nov
71	108	113	106	98	32	34
72	0	43	36	35	46	37
73	0	36	35	38	39	37
74	79	43	72	62	34	33
75	0	0	0	0	39	37
76	39	40	41	35	0	0
77	31	71	39	0	37	103
78	33	41	40	38	79	78
79	38	31	41	39	0	74
80	33	76	72	79	101	27
81	0	35	64	30	36	36
82	0	0	0	0	0	37
83	37	36	93	78	72	74
84	67	36	0	39	71	60
85	33	65	102	134	99	74
86	74	69	68	27	0	36
87	39	69	103	71	36	73
88	102	104	137	101	105	35
MED	40	50	58	50	46	49
ET _m NO PERIODO CRITICO						
ANO	10/set	20/set	30/set	10/out	20/out	05/nov
71	137	143	146	142	143	135
72	113	118	115	118	119	124
73	107	115	120	131	127	122
74	107	112	118	116	113	123
75	106	105	105	108	117	123
76	126	132	134	134	138	127
77	123	124	111	112	117	138
78	131	129	132	132	136	130
79	116	117	127	134	122	128
80	118	119	120	131	137	136
81	116	132	133	130	124	126
82	121	111	106	112	114	126
83	116	130	142	143	139	140
84	119	116	115	127	137	131
85	126	142	155	163	157	162
86	128	141	130	126	112	130
87	110	126	131	145	140	145
88	131	146	153	154	153	124
MED	119	125	127	131	130	132

Tabela 30 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H, mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para feijão da seca em Pato Branco, no ciclo total.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)						
ANO	10/dez	20/dez	01/jan	10/jan	20/jan	30/jan
79	120	85	137	151	122	83
80	36	89	79	77	77	44
81	109	132	43	94	80	87
82	79	49	75	112	145	121
83	0	0	31	26	44	44
84	118	84	45	46	45	35
85	38	0	102	71	65	44
86	0	38	0	0	0	0
87	82	101	88	126	126	83
88	0	0	80	93	88	129
MED	58	58	68	80	79	67
ET _m NO CICLO TOTAL						
ANO	10/dez	20/dez	01/jan	10/jan	20/jan	30/jan
79	311	303	291	273	251	230
80	292	286	290	277	259	242
81	317	302	283	277	267	249
82	302	290	289	278	265	251
83	301	292	274	261	242	224
84	315	299	276	261	239	222
85	314	294	278	262	244	224
86	293	290	273	255	236	220
87	290	283	283	274	265	244
88	256	253	282	273	260	240
MED	299	289	282	269	253	234

Tabela 31 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H_m) e evapotranspiração máxima (ET_m , mm) para feijão da seca em Pato Branco, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO (H) NO PERIODO CRITICO						
ANO	10/dez	20/dez	01/jan	10/jan	20/jan	30/jan
79	75	38	31	49	47	83
80	36	47	79	30	77	44
81	109	37	43	43	36	44
82	79	49	0	49	89	75
83	0	0	0	0	0	44
84	118	84	0	46	45	35
85	38	0	0	47	42	44
86	0	0	0	0	0	0
87	42	40	41	84	126	83
88	0	0	37	45	88	80
MED	50	29	23	39	55	53
ET _m NO PERIODO CRITICO						
ANO	10/dez	20/dez	01/jan	10/jan	20/jan	30/jan
79	148	140	137	122	118	109
80	140	131	132	122	122	119
81	155	135	125	126	127	125
82	146	138	118	128	126	120
83	131	133	120	119	110	116
84	160	136	140	134	116	99
85	142	140	119	117	115	107
86	127	118	122	117	109	101
87	124	125	129	132	138	124
88	109	108	124	128	130	128
MED	138	130	127	124	121	115

Tabela 32 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H_s , mm) e evapotranspiração máxima (ET_m , mm) para feijão da seca em Ponta Grossa, no ciclo total.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)						
ANO	10/dez	20/dez	01/jan	10/jan	20/jan	30/jan
71	0	0	29	0	0	0
72	0	37	0	0	42	42
73	36	36	37	37	37	38
74	68	33	70	73	0	0
75	43	42	32	34	0	0
76	83	79	36	0	49	40
77	121	70	74	76	33	0
78	154	120	68	97	67	89
79	38	0	68	89	76	40
80	75	87	0	0	42	42
81	77	43	83	123	87	129
82	39	39	0	0	0	0
83	120	115	35	35	0	0
84	77	45	105	100	104	32
85	0	0	30	0	0	0
86	37	40	0	48	44	45
87	84	99	82	79	115	114
88	0	40	87	77	75	71
MED	58	51	46	48	43	38
ET _m NO PERIODO CRITICO						
ANO	10/dez	20/dez	01/jan	10/jan	20/jan	30/jan
71	267	261	257	245	230	214
72	266	261	255	249	241	231
73	268	264	250	242	227	216
74	279	278	255	243	233	215
75	271	265	271	263	249	230
76	269	264	254	244	229	215
77	297	290	255	245	230	210
78	289	283	279	268	256	239
79	271	264	268	257	242	225
80	274	266	257	248	236	224
81	269	256	261	253	246	231
82	257	249	244	234	221	206
83	312	301	235	223	209	193
84	272	261	283	266	240	221
85	282	267	247	235	221	206
86	265	264	253	242	232	221
87	278	267	256	248	238	221
88	249	244	262	254	242	225
MED	274	267	258	248	235	219

Tabela 33. - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para feijão da seca em Ponta Grossa, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H) NO PERIODO CRITICO						
ANO	10/dez	20/dez	01/jan	10/jan	20/jan	30/jan
71	0	0	0	0	0	0
72	0	0	0	0	0	42
73	36	36	37	37	37	38
74	36	33	70	73	0	0
75	0	42	32	34	0	0
76	44	39	36	0	0	40
77	37	70	74	76	0	0
78	117	120	68	55	39	39
79	38	0	37	36	76	40
80	75	40	0	0	0	42
81	77	43	38	45	42	83
82	39	39	0	0	0	0
83	41	77	35	35	0	0
84	77	45	105	68	75	0
85	0	0	0	0	0	0
86	37	0	0	0	0	45
87	0	46	37	79	115	114
88	0	40	45	77	38	71
MED	36	37	34	34	23	31
ET _m NO PERIODO CRITICO						
ANO	10/dez	20/dez	01/jan	10/jan	20/jan	30/jan
71	125	111	114	109	102	104
72	123	116	113	112	123	112
73	125	136	122	113	110	99
74	127	133	132	118	103	93
75	128	120	130	127	118	113
76	117	128	121	116	107	101
77	135	148	129	127	111	96
78	139	138	133	124	115	109
79	127	121	128	117	111	106
80	123	128	116	109	111	111
81	126	125	124	124	114	104
82	122	117	113	108	99	96
83	138	139	105	103	96	95
84	130	125	145	136	116	95
85	129	119	108	107	100	100
86	123	107	110	109	109	108
87	121	114	114	118	128	112
88	116	106	106	115	115	123
MED	126	124	120	116	110	104

APÊNDICE 4

Tabela 34 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para trigo em Cambará, no ciclo total.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)						
ANO	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai
71	88	59	29	76	124	138
72	101	106	107	78	64	57
73	129	86	56	32	79	75
74	95	68	101	67	94	137
75	149	122	148	99	103	141
76	75	49	67	45	84	74
77	106	101	104	97	118	161
78	182	141	157	106	135	166
79	93	141	103	72	76	110
80	134	99	91	108	77	120
81	111	148	133	141	139	199
82	99	78	68	80	50	46
83	49	0	41	97	145	134
84	143	159	182	209	191	224
85	91	81	77	123	156	122
86	117	144	117	136	156	141
87	53	22	75	50	97	144
88	19	0	52	99	146	182
MED	102	89	95	95	113	132
ET _m NO CICLO TOTAL						
ANO	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai
71	250	234	226	225	233	248
72	248	235	231	231	234	242
73	276	252	236	226	221	222
74	273	254	243	236	239	247
75	284	264	251	247	249	266
76	246	232	223	220	223	233
77	241	228	227	231	243	258
78	267	248	239	235	238	246
79	257	238	231	227	231	242
80	263	247	240	238	240	250
81	280	259	250	245	250	263
82	265	248	235	230	229	237
83	241	226	220	223	235	248
84	275	267	265	266	267	274
85	252	235	229	229	235	247
86	273	258	250	248	247	255
87	233	219	211	214	223	239
88	232	216	213	218	231	250
MED	258	242	234	233	237	248

Tabela 35 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para trigo em Cambará, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPL. (H) NO PERIODO CRITICO						
ANO	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai
71	44	0	0	0	0	44
72	44	83	38	45	38	0
73	45	45	36	0	0	0
74	0	0	0	0	47	47
75	78	74	81	49	0	0
76	0	0	46	45	39	43
77	51	53	0	0	43	43
78	34	0	46	87	48	40
79	0	49	47	42	45	36
80	39	48	43	0	0	45
81	38	41	36	47	48	85
82	0	0	0	36	0	0
83	0	0	0	42	44	89
84	43	90	47	83	86	125
85	39	0	49	46	39	43
86	0	49	49	85	80	47
87	0	0	0	0	48	46
88	0	0	0	0	46	87
MED	25	29	29	34	36	46
ET _m NO PERIODO CRITICO						
ANO	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai
71	84	69	67	64	75	78
72	84	83	83	77	74	75
73	84	79	75	72	75	73
74	87	75	68	69	74	81
75	96	85	76	73	72	74
76	71	69	71	66	71	77
77	64	58	55	67	80	96
78	74	68	73	80	80	82
79	79	74	75	75	73	72
80	84	78	75	72	74	84
81	93	75	69	71	81	83
82	83	72	72	73	71	80
83	61	61	62	76	82	89
84	86	86	83	91	98	97
85	79	69	65	68	71	79
86	76	81	83	89	89	84
87	65	58	60	64	76	87
88	65	62	64	70	76	85
MED	79	72	71	73	77	82

Tabela 36 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para trigo em Cascavel, no ciclo total.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)							
ANO	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai	21/mai	31/mai
73	0	39	36	33	29	22	23
74	56	60	54	37	79	74	93
75	0	0	39	60	90	119	124
76	22	0	0	39	32	27	91
77	87	83	81	67	70	59	85
78	127	124	99	77	91	61	97
79	42	45	46	31	26	26	0
80	38	47	27	60	57	32	28
81	63	57	57	94	74	145	129
82	36	18	15	0	0	0	79
83	0	0	0	0	43	42	76
84	0	42	24	34	30	26	100
85	44	45	45	70	108	100	123
86	63	63	37	28	24	22	26
87	0	0	0	0	0	44	69
88	0	0	47	42	84	125	113
MED	36	39	38	42	52	58	79
ET _m NO CICLO TOTAL							
ANO	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai	21/mai	31/mai
73	203	200	198	196	201	209	215
74	201	194	188	192	196	209	228
75	199	198	199	208	221	233	246
76	165	159	157	163	174	182	198
77	196	195	195	199	205	219	232
78	219	210	202	200	203	209	221
79	166	163	160	164	173	181	194
80	192	185	183	183	188	195	204
81	190	185	184	189	196	211	228
82	180	166	159	162	167	182	198
83	142	135	134	142	151	164	178
84	181	178	176	175	180	191	203
85	174	169	168	174	181	193	210
86	169	164	163	165	172	184	195
87	155	150	152	158	167	181	196
88	143	140	143	154	172	190	215
MED	180	174	173	176	184	196	210

Tabela 37 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H, mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para trigo em Cascavel, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPL. (H) NO PERIODO CRITICO							
ANO	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai	21/mai	31/mai
73	0	0	0	33	29	0	0
74	0	0	0	37	37	32	31
75	0	0	0	0	32	65	29
76	0	0	0	39	32	0	29
77	44	0	0	41	32	33	64
78	37	29	29	41	33	36	36
79	0	0	0	31	0	0	0
80	0	32	32	0	36	32	28
81	0	0	0	40	36	102	62
82	0	0	0	0	0	0	35
83	0	0	0	0	0	0	0
84	0	0	0	34	30	0	35
85	0	45	45	32	38	38	67
86	0	42	42	0	0	0	0
87	0	0	0	0	0	0	28
88	0	0	0	0	43	42	77
MED	5	9	9	20	24	24	32
ET _m NO PERIODO CRITICO							
ANO	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai	21/mai	31/mai
73	61	58	58	80	77	68	66
74	62	57	57	63	61	70	73
75	65	61	61	66	77	85	85
76	43	48	48	53	59	68	72
77	58	49	49	66	82	82	83
78	65	64	64	64	64	74	77
79	53	54	54	51	52	64	67
80	63	61	61	51	66	71	80
81	50	49	49	65	65	83	78
82	50	45	45	44	56	59	66
83	38	37	37	48	49	49	59
84	57	52	52	65	64	65	67
85	52	53	53	55	59	69	74
86	54	56	56	56	55	67	63
87	43	47	47	58	65	61	66
88	42	44	44	49	53	61	73
MED	53	52	52	58	63	68	72

Tabela 38 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H, mm) para trigo em Londrina, no ciclo total.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)						
ANO	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai
58	65	56	29	73	96	84
59	104	125	122	130	122	117
61	71	90	80	126	170	127
62	90	105	77	96	92	82
63	168	178	141	161	164	154
64	69	37	32	79	74	117
65	0	0	42	35	47	45
66	100	106	70	37	79	121
67	156	170	134	99	117	128
68	104	111	83	125	117	121
69	96	54	58	76	98	89
70	96	61	88	76	120	89
71	0	0	0	48	45	93
72	98	73	72	37	31	31
73	74	0	42	85	46	92
74	56	51	78	73	91	87
75	72	59	30	29	73	41
76	51	27	67	85	82	74
77	100	108	100	98	117	128
78	152	148	127	101	120	114
79	98	118	78	84	76	108
80	98	73	72	40	75	70
81	115	82	107	98	114	158
82	104	78	46	84	53	49
83	23	0	0	49	92	134
84	142	162	119	154	155	193
85	53	81	48	92	121	162
86	96	71	93	83	122	113
87	27	0	0	86	74	91
88	0	0	50	103	94	135
MED	83	74	69	85	96	105

Tabela 40 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H, mm) para trigo em Londrina, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPL. (H) NO PERIODO CRITICO						
ANO	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai
58	37	0	0	46	46	40
59	0	47	45	83	46	86
61	46	38	0	46	46	83
62	38	0	0	46	45	82
63	88	47	40	46	90	84
64	46	37	0	0	0	43
65	0	0	42	0	0	45
66	0	48	46	0	0	0
67	80	41	0	47	47	38
68	48	40	0	47	88	46
69	42	0	0	0	0	44
70	45	37	0	0	44	46
71	0	0	0	0	0	45
72	0	47	48	37	0	0
73	46	0	42	0	0	43
74	0	0	0	0	45	45
75	45	0	0	0	0	0
76	0	0	42	41	37	42
77	46	46	0	0	44	41
78	0	49	81	45	42	40
79	0	47	45	84	44	35
80	0	48	48	40	0	40
81	41	0	0	0	45	44
82	0	0	0	34	0	0
83	0	0	0	0	0	45
84	42	84	45	81	80	42
85	0	0	48	46	79	43
86	0	45	45	83	44	84
87	0	0	0	39	0	46
88	0	0	0	0	47	44
MED	23	23	21	30	32	44

Tabela 41 - Valores de lâmina de evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para trigo em Londrina, no período crítico.

ET _m NO PERÍODO CRÍTICO						
ANO	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai
58	75	70	68	69	72	78
59	75	70	68	69	72	78
61	75	70	68	69	72	78
62	75	70	68	69	72	78
63	75	70	68	69	72	78
64	75	70	68	69	72	78
65	75	70	68	69	72	78
66	75	70	68	69	72	78
67	75	70	68	69	72	78
68	75	70	68	69	72	78
69	75	70	68	69	72	78
70	75	70	68	69	72	78
71	75	70	68	69	72	78
72	75	70	68	69	72	78
73	75	70	68	69	72	78
74	75	70	68	69	72	78
75	75	70	68	69	72	78
76	67	66	69	66	71	77
77	75	70	65	70	74	84
78	75	68	70	73	76	79
79	76	73	73	70	69	68
80	77	72	69	66	67	76
81	84	69	64	70	78	79
82	80	68	67	66	66	73
83	57	55	54	68	72	78
84	81	80	76	75	82	81
85	74	69	68	66	70	77
86	71	74	72	74	75	75
87	64	60	60	62	72	81
88	61	58	60	63	66	72
MED	74	69	68	69	72	78

Tabela 42 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H_{sup}) e evapotranspiração máxima (ET_m) para trigo em Paranavaí, no ciclo total.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)						
ANO	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai
75	121	77	126	131	146	154
76	88	50	83	88	79	101
77	140	168	134	154	141	174
78	252	234	176	203	167	203
79	149	150	127	165	146	191
80	178	131	161	134	110	102
81	168	194	139	152	173	195
82	147	136	73	56	64	28
83	35	19	49	62	128	169
84	148	170	182	188	179	190
85	92	117	141	161	118	161
86	152	147	112	134	156	156
87	67	81	90	84	113	160
88	84	85	100	124	173	199
MED	130	126	121	131	135	156
ET _m NO CICLO TOTAL						
ANO	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai
75	268	255	250	252	261	281
76	246	236	232	232	242	254
77	293	282	279	277	279	284
78	312	293	283	276	276	282
79	281	265	263	262	270	284
80	288	269	259	254	251	257
81	294	275	265	261	265	275
82	280	261	247	241	240	247
83	245	229	222	223	234	244
84	276	269	266	265	266	272
85	266	251	244	243	250	260
86	276	257	248	246	245	252
87	255	242	237	241	249	262
88	247	231	229	235	251	274
MED	273	258	252	251	256	266

Tabela 43 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para trigo em Paranavaí, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPL. (H) NO PERIODO CRITICO						
ANO	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai
75	56	57	54	29	78	56
76	0	0	31	28	36	54
77	87	81	29	52	45	78
78	56	66	61	88	79	53
79	53	86	91	60	43	32
80	57	60	58	32	80	60
81	85	52	32	32	42	62
82	52	31	24	0	0	28
83	0	0	0	0	43	56
84	62	87	59	86	81	87
85	24	32	86	61	0	59
86	0	31	61	88	82	85
87	33	30	27	31	0	81
88	0	31	32	60	85	86
MED	40	46	46	46	50	63
ET _m NO PERIODO CRITICO						
ANO	21/mar	01/abr	11/abr	21/abr	01/mai	11/mai
75	84	82	81	83	81	87
76	70	68	71	70	77	88
77	97	90	81	87	92	104
78	92	82	87	94	96	96
79	89	87	92	90	87	84
80	94	87	83	76	78	85
81	97	79	74	78	88	90
82	87	74	72	72	75	86
83	63	59	59	78	84	90
84	85	87	83	91	98	95
85	81	77	77	76	79	86
86	78	83	83	84	85	82
87	73	68	73	76	89	101
88	71	68	72	77	82	90
MED	83	78	78	81	85	90

Tabela 44 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para trigo em Pato Branco, no ciclo total.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)							
ANO	01/mai	11/mai	21/mai	01/jun	11/jun	21/jun	01/jul
79	0	0	0	37	32	30	0
80	0	0	0	0	0	0	0
81	48	87	131	105	143	112	134
82	0	0	0	46	46	46	42
83	0	0	39	42	41	40	35
84	0	0	0	50	51	51	94
85	0	0	45	83	130	93	84
86	0	0	0	46	48	49	85
87	0	41	36	33	76	69	85
88	108	110	152	174	224	196	229
MED	16	24	40	62	79	69	79
ET _m NO CICLO TOTAL							
ANO	01/mai	11/mai	21/mai	01/jun	11/jun	21/jun	01/jul
79	206	219	233	256	278	300	321
80	214	223	236	254	270	288	308
81	231	248	266	287	311	333	353
82	208	220	235	256	275	296	317
83	173	187	206	225	249	274	299
84	205	217	235	256	283	306	330
85	217	228	243	267	290	313	344
86	195	202	219	238	258	280	306
87	202	216	232	251	268	288	309
88	211	232	257	285	310	338	367
MED	206	219	236	257	279	302	325

Tabela 45 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H_{supl}) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para trigo em Pato Branco, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPL. (H) NO PERIODO CRITICO							
ANO	01/mai	11/mai	21/mai	01/jun	11/jun	21/jun	01/jul
79	0	0	0	0	0	0	0
80	0	0	0	0	0	0	0
81	48	46	45	75	84	83	72
82	0	0	0	0	46	46	42
83	0	0	39	42	41	40	0
84	0	0	0	0	51	51	44
85	0	0	45	47	48	42	47
86	0	0	0	0	48	49	85
87	0	41	36	0	49	45	44
88	56	55	94	98	133	128	84
MED	10	14	26	26	50	48	42
ET _m NO PERIODO CRITICO							
ANO	01/mai	11/mai	21/mai	01/jun	11/jun	21/jun	01/jul
79	75	77	93	95	102	122	115
80	78	87	86	89	95	100	118
81	87	87	99	105	121	135	144
82	66	77	89	103	118	122	118
83	51	61	82	97	95	111	110
84	69	67	68	86	104	119	133
85	80	85	93	96	106	113	123
86	69	68	75	87	94	107	115
87	74	85	88	92	103	107	113
88	71	83	99	114	124	135	140
MIN	51	61	68	86	94	100	110

Tabela 46 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para trigo em Ponta Grossa, no ciclo total.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H)							
ANO	21/mai	01/jun	11/jun	21/jun	01/jul	11/jul	21/jul
71	88	130	124	117	156	195	182
72	0	0	0	36	33	0	0
73	45	46	45	38	35	0	0
74	51	104	92	134	124	157	149
75	51	47	47	41	39	34	34
76	33	70	69	84	81	80	73
77	81	120	82	79	71	71	100
78	0	93	86	111	107	117	117
79	0	0	0	0	0	39	41
80	0	0	0	0	0	44	37
81	118	151	122	110	99	96	55
82	48	48	95	95	88	77	68
83	83	79	79	72	66	64	76
84	0	50	45	98	125	115	142
85	132	161	160	151	183	140	211
86	83	85	85	84	113	117	106
87	42	81	79	67	35	102	93
88	135	135	126	162	139	211	214
MED	55	78	74	82	83	92	94
ET _m NO CICLO TOTAL							
ANO	21/mai	01/jun	11/jun	21/jun	01/jul	11/jul	21/jul
71	239	260	282	307	331	355	378
72	227	238	250	264	280	297	315
73	212	223	236	251	269	288	307
74	224	242	258	276	296	314	330
75	217	228	242	256	272	287	301
76	239	256	274	292	311	333	354
77	253	270	289	305	324	340	353
78	228	248	272	296	319	342	366
79	215	235	256	278	298	321	341
80	212	226	242	260	280	300	320
81	246	263	281	298	316	338	353
82	222	239	258	279	299	316	335
83	223	236	252	269	290	310	331
84	225	241	262	282	301	322	345
85	254	274	294	313	338	362	384
86	222	241	260	284	308	334	354
87	243	262	277	294	311	330	348
88	246	268	285	308	332	356	381
MED	230	247	265	284	304	324	344

Tabela 47 - Valores de lâmina de irrigação suplementar (H,mm) e evapotranspiração máxima (ET_m, mm) para trigo em Ponta Grossa, no período crítico.

LAMINA DE IRRIGACAO SUPLEMENTAR (H) NO PERIODO CRITICO							
ANO	21/mai	01/jun	11/jun	21/jun	01/jul	11/jul	21/jul
71	88	91	91	79	34	34	39
72	0	0	0	0	0	0	0
73	45	46	45	0	0	0	0
74	51	53	0	46	88	120	83
75	0	47	47	41	0	0	0
76	33	43	43	39	42	43	43
77	46	41	42	43	39	36	68
78	0	42	0	36	77	117	117
79	0	0	0	0	0	0	41
80	0	0	0	0	0	0	37
81	37	83	87	77	39	32	0
82	0	0	46	95	88	38	0
83	42	79	79	40	0	0	0
84	0	0	45	46	81	74	71
85	132	80	124	79	87	76	73
86	42	0	45	46	83	34	33
87	42	0	47	35	0	25	25
88	92	93	85	36	39	40	76
MED	36	39	46	41	39	37	39
ET _m NO PERIODO CRITICO							
ANO	21/mai	01/jun	11/jun	21/jun	01/jul	11/jul	21/jul
71	93	101	105	112	120	133	134
72	83	88	95	97	98	98	110
73	74	80	90	88	99	104	113
74	81	86	94	103	115	126	124
75	78	87	93	98	99	100	110
76	93	92	97	107	107	125	129
77	92	93	100	112	122	121	139
78	80	80	88	105	125	142	159
79	82	83	83	102	110	130	146
80	79	82	82	85	100	108	126
81	90	97	120	126	127	115	117
82	79	88	106	118	113	119	121
83	88	96	95	100	96	105	120
84	66	77	91	106	122	129	144
85	103	106	116	122	124	135	137
86	76	85	95	103	117	126	136
87	92	95	105	107	111	118	125
88	94	114	115	123	121	125	132
MED	85	90	98	106	112	120	129