**EVAPOTRANSPIRAÇÃO E PRODUTIVIDADE EM FEIJOEIRO
COMUM (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Goiano Precoce) SOB TRÊS
NÍVEIS DE POTENCIAL DA ÁGUA DO SOLO**

LUIZ CARLOS PAVANI

Orientador: Prof. Dr. ANTONIO SANCHEZ DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada à Escola Superior
de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Univer-
sidade de São Paulo, para obtenção do
título de Mestre em Irrigação e Drenagem,

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro, 1985

Obrigado Senhor Deus,
pelo infinito amor que
dedicas a cada filho Teu,
e que sustenta a nossa vida.

"Conhecereis a verdade e a verdade
vos libertará"

Jesus

Obrigado Irmão, Amigo e Mes
tre Jesus de Nazaré, pelos exemplos
e ensinamentos da Verdade Universal
e pela paciência com que aguardas que
cada homem, séculos após séculos ,
acorde para ela.

Aos meus pais, *Sr. Aristides* e *Sra. Idalina*, meu amor e gratidão por me permitirem a graça do nascimento e pela luta abnegada pelos seus filhos.

Aos meus irmãos, *Valter*, *Ari* e *Sueli*, meu amor e gratidão pela afinidade que nos une e pelo convívio fraterno e amigo.

À *Maria do Carmo*, esposa e companheira, meu amor e gratidão pela família que estamos construindo.

Aos nossos filhos *Ismael* e *Luciana*, meu amor e gratidão por terem vindo ao nosso meio e nos aceito como pais.

À *D^a Nenê*, minha gratidão e admiração pelo exemplo e pela força com que venceu os obstáculos mais penosos da sua jornada atual.

"Compreendo certo apego dos homens aos bens materiais, às pátrias, ou mesmo à terra onde moram. Somente não compreendo a falta de esforço para se libertarem destes entraves que os prendem à mesma Terra, e os escravizam como seres inconscientes da Vida Maior. A nossa dependência deve ser somente a Deus, porque saímos d'Ele e vivemos n'Ele, e Ele sabe nos conduzir como filhos do coração".

"Não existe carência de nada, nesse paraíso em que morais. A carência que existe é de Amor, de Fraternidade e Honestidade".

JESUS

"A finalidade da ciência não pode cingir-se à multiplicação de comodidades.

A ciência pela ciência nada vale. Seu único valor é tornar-se meio de elevação da vida. Vossa ciência traz consigo um pecado original: o de se ter dirigido apenas à conquista do bem estar material. A verdadeira ciência deve possuir uma única finalidade: tornar melhores os homens. Eis o novo caminho a ser tomado. Esta é a minha ciência".

"Sua Voz" - Pietro Ubaldi

A G R A D E C I M E N T O S

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de J^aboticabal - UNESP, pela formação acadêmica e pós-universitária;

Ao Departamento de Engenharia Rural da F.C.A.V.J.-UNESP, pelo embasamento moral e científico a mim proporcionado e que dirigiu a minha formação;

Ao Departamento de Engenharia Rural da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", pela presteza e atenção dedicadas aos alunos do curso de pós-graduação em Irrigação e Drenagem a nível de Mestrado;

Ao Prof. Dr. Antonio Sanchez de Oliveira, pela confiança e orientação;

Aos Professores, colegas e amigos Antonio Francisco Ortolani, Mario Benincasa, Luiz Roberto Lopes, Rutênio José Latanze, Jorge de Lucas Junior, Jairo Augusto Campos de Araújo, Osvaldo Coan, João Antonio Galbiatti, Adhemar Pitelli Milani, Claudine Amaral, Luiz Antonio Daniel, Luiz Carlos Beduschi e Walter Politano, do Departamento de Engenharia Rural da F.C.A.V.J. , pela luta incansável para que pudéssemos criar condições de pesquisa e, pelo convívio agradável no dia a dia do nosso trabalho comum e pelo respeito que dedicam aos que galgam ainda os primeiros degraus da carreira;

Aos Professores e amigos Mario Benincasa e Margarida Maria Pereira Benincasa pela seriedade e honestidade com que conduzem a orientação de nossa vida científica desde os tempos da graduação e pela confiança que depositam em nosso trabalho;

Aos colegas e amigos Antonio Francisco Ortolani, Rutênio José

Latanze e Jorge de Lucas Junior pelo apoio sempre pronto em todos os momentos desta pesquisa, principalmente quando presei estar ausente;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural da F.C.A.V.J. pela dedicação e amizade demonstradas: Sr. Osvaldo Lino de Faria, Sr. João Alves, Juscelino Alexandre Ferreira, Sr. Mario da Silva Pereira e Sr. Adilson Callegari do Setor de Irrigação; Sra. Miriam Rosangela Ignácio Flório e Sr. Aléssio Manoel de Simoni pelos serviços de Secretaria; Sra. Izilda Maria de Carvalho Máximo, Sra. Rita de Cassia V. Casaletti e Srta. Elizabeth de Fátima Gírio pelos serviços de desenho; Sr. João Irano e Sr. Antonio A. Ferreira do Setor de Máquinas ; Técnico Agrícola Antonio Carlos Sanches pelos serviços topográficos; Sr. José Pelis, Sr. José Nivaldo Vendramin, Sr. Luiz Mario Vendramin pelos serviços de apoio; Luiz José Antonichelli, Vicente de Paula Ribeiro e Hipólito Tavares Filho pelos serviços de laboratório;

Ao Professor Manoel Evaristo Ferreira pelo apoio que tornou possível a datilografia desta Dissertação em tempo hábil;

À Sra. Célia Regina Francisco Muniz pela excelência dos trabalhos datilográficos;

À Sra. Esperança Palomares Ulian e Srta. Ana Carmem Basso pelo apoio nas amostragens;

Aos Professores Euclides Braga Malheiros e Clovis Alberto Volpe do Departamento de Ciências Exatas da F.C.A.V.J., respectivamente pelo apoio no tratamento estatístico dos dados e pela cessão dos dados meteorológicos da época do ensaio;

Ao Professor Euridice Sachi do Departamento de Solos e Adubos da F.C.A.V.J. pelo auxílio na caracterização físico-hídrica do

sólo utilizado;

Aos Professores Nilson Augusto Villa Nova e Luiz Roberto Angelucci pelas sugestões que contribuíram para a melhoria na qualidade da dissertação e pelo incentivo;

Ao Departamento de Desenvolvimento Agropecuário da Poliolefinas nas pessoas dos Eng^{OS}. Agr^{OS}. Carlos E.M. Siqueira e Paulo R. Antunes O. Souza pela cessão do filme plástico para as coberturas dos evapotranspirômetros;

A todos aqueles que de alguma forma colaboraram para que os nossos esforços resultassem neste trabalho;

Meus mais sinceros agradecimentos porque sózinho eu nada faria, portanto divido com todos vocês as alegrias deste trabalho.

Í N D I C E

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	05
3. MATERIAL E MÉTODOS	14
3.1. Caracterização da área experimental	14
3.2. Estação evapotranspirométrica	18
3.2.1. Descrição dos evapotranspirômetros	21
3.2.2. Descrição do sistema de drenagem e coleta da água dos evapotranspirômetros	24
3.2.3. Descrição do sistema regulador do nível freático (Reservatório da bôia)	25
3.2.4. Descrição do reservatório de medição	28
3.3. Colocação do solo nos evapotranspirômetros	33
3.4. Preparo e nivelamento da área circundante aos <u>e</u> vapotranspirômetros (Bordadura)	40
3.5. Estação evaporimétrica	40
3.5.1. Descrição do evaporímetro "classe A"	41
3.5.2. Descrição dos anemômetros	43
3.5.3. Descrição do pluviômetro	43
3.5.4. Outros equipamentos e dados climatolôgi - cos.....	44
3.5.4.1. Equipamentos instalados no <u>inte</u> rior da cultura	44

	Página
a. Anemômetros (A)	44
b. Tensiômetros (T)	45
c. Termômetro de solo	48
3.5.4.2. Outros dados climatológicos	51
a. Radiação solar global na hori zontal (Rs)	51
b. Temperatura (T), umidade rela tiva do ar (UR) e insolação (n).	51
3.6. Caracterização dos tratamentos	52
3.6.1. Definição dos termos ET _m e ET _r	52
3.6.2. Caracterização dos tratamentos	52
3.7. Delineamento estatístico	56
3.8. Condução do ensaio	56
3.8.1. Cultura utilizada	56
3.8.2. Preparo da área para adubação e semeadura	57
3.8.3. Tratamento fitossanitário, desbastes e a dubação de cobertura	59
3.8.3.1. Tratamento fitossanitário	60
3.8.3.2. Desbastes	60
3.8.3.3. Adubação de cobertura	61
3.9. Irrigações nas plantas da área circundante (Bor dadura)	63
3.10. Parâmetros de avaliação dos efeitos dos trata - mentos	64

3.10.1. Índice de Área Foliar (IAF)	64
3.10.2. Número máximo de folhas	68
3.10.3. Número máximo, número final e redução percentual do número de vagens por plan ta	68
3.10.4. Número médio de grãos por vagem e por planta	69
3.10.5. Peso médio de grãos por planta e peso médio de 100 grãos	69
3.10.6. Produtividade relativa	71
3.10.7. Evapotranspiração relativa	71
3.11. Relações entre evaporação e evapotranspiração .	71
3.11.1. Relações entre ECA, Es e ETm	71
3.11.2. Determinação do coeficiente de cultura (Kc)	72
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	74
4.1. Temperatura do solo	74
4.1.1. Período de 08 a 12 de julho de 1985	75
4.1.2. Período de 05 a 09 de agosto de 1985	78
4.1.3. Período de 02 a 06 de setembro de 1985 ..	84
4.2. Potencial matricial da água do solo	88
4.3. Índice de área foliar (IAF)	102
4.4. Relações entre evapotranspiração e evaporação ..	107
4.5. Parâmetros de produtividade	128
4.6. Relação entre evapotranspiração e produtividade	137

	Página
5. CONCLUSÕES	141
6. LITERATURA CITADA	146
APÊNDICE	151

EVAPOTRANSPIRAÇÃO E PRODUTIVIDADE EM FEIJOEIRO COMUM
(*Phaseolus vulgaris* L. cv. Goiano Precoce) SOB TRÊS NÍVEIS DE
POTENCIAL DA ÁGUA DO SOLO

LUIZ CARLOS PAVANI

Dr. Antonio Sanchez de Oliveira
- Orientador -

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a produtividade da cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Goiano Precoce), sob três condições de evapotranspiração. Duas dessas condições foram determinadas pela variação da umidade do solo, a 10 cm de profundidade, equivalentes a potenciais matriciais mínimos de -0,3 e -0,6 atm, os quais foram atingidos em duas fases distintas do ciclo da cultura e que resultaram em condições de evapotranspiração real (ETr-0,3 e ETr-0,6). Para o tratamento referente a ETr-0,3 a primeira fase em que o valor de -0,3 atm de potencial matricial foi atingido, correspondeu ao florescimento máximo (entre 42 e 47 dias após a emergência) e a segunda fase, ao estágio médio de enchimento de grãos e início do decréscimo da área foliar (entre 62 e 70 dias após a emergência). Com relação ao ETr-0,6 a primei

ra vez em que a tensão de água no solo atingiu o valor de $-0,6$ atm foi entre 47 e 52 dias após a emergência, que correspondeu à fase de florescimento máximo e início do estágio de enchimento dos grãos; a segunda fase ocorreu entre 77 e 87 dias após a emergência, portanto já no final do ciclo, quando os frutos já se encontravam em estágio avançado de maturação.

A terceira condição de evapotranspiração, foi aquela que ocorreu com potenciais matriciais mínimos constantes de $-0,04$ atm a 10 cm de profundidade do solo, condição esta considerada como de evapotranspiração máxima (ET_m). A manutenção deste valor de potencial matricial foi possível através da ascensão capilar de água provida por um lençol freático a nível constante, situado 52 cm abaixo da superfície do solo dos evapotranspirômetros. Além desses três tratamentos houve mais um, em que as condições foram de evaporação máxima de um solo sem cobertura vegetal (Es), constantemente suprido de água da mesma forma que aquele com cultura sob condição de evapotranspiração máxima.

O ensaio se desenvolveu no período de 17 de junho a 26 de setembro de 1985, e durante esse tempo foram levantados diariamente dados de potencial matricial da água no solo, de temperatura do solo, de evaporação do tanque "classe A", do total de vento a 2,0 m e 0,40 m sobre grama e a 0,40 m sobre a cultura, do total de radiação solar global que chega na superfície terrestre na horizontal. Foram obtidos também durante o ciclo a variação do índice de área foliar e da produtividade

de folhas e vagens assim como a produtividade final de grãos.

A cultura utilizada foi a do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Goiano Precoce) e as seguintes conclusões se evidenciaram, entre outras, como as mais importantes, em função dos resultados obtidos e para as condições do ensaio:

- O maior consumo de água da cultura se verificou no período de floração e enchimento dos grãos, onde os valores decendiais do coeficiente de cultura estimado (K_c -estimado) foram os mais elevados e dependentes da variação do índice de área foliar (IAF) da cultura.

- Os valores médios da evapotranspiração real, no ciclo para variações de até -0,3 atm e -0,6 atm de tensão da água do solo, foram 3,57 e 3,29 mm/dia, respectivamente, enquanto que em condições de máxima demanda de água este valor foi de 5,10 mm/dia.

- As diferenças médias de evapotranspiração entre os tratamentos, provocaram uma redução de 57% e 53% na produtividade de grãos dos tratamentos sob condições de evapotranspiração real a -0,3 e -0,6 atm de tensão da água do solo, respectivamente.

- Produtividade relativa (Y_r/Y_m) e evapotranspiração relativa (E_{Tr}/E_{Tm}) se correlacionaram linear e positivamente, com valores de coeficiente de correlação e determinação próximos de 1,0 ($R = 0,9660$ e $R^2 = 0,9332$), mostrando a dependência estreita da produção de grãos com a variação na taxa de

evapotranspiração.

- O tratamento sob condição de evapotranspiração máxima foi visivelmente superior aos outros dois tratamentos de evapotranspiração real, em todos os parâmetros de crescimento e produtividade analisados, assim como os tratamentos de evapotranspiração real não diferiram significativamente entre si, em nenhum dos parâmetros avaliados.

- Os valores decendiais de Kc-estimado foram sempre superiores aos do Kc-FAO proposto, no período entre 3º e o 9º decêndio da cultura.

EVAPOTRANSPIRATION AND PRODUCTIVITY IN COMMON BEAN
(*Phaseolus vulgaris* L. cv. Goiano Precoce) UNDER THREE LEVELS
OF SOIL WATER POTENTIAL

LUIZ CARLOS PAVANI

Dr. Antonio Sanchez de Oliveira

- Adviser -

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate the productivity of the common bean crop (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Goiano Precoce), under three evapotranspiration conditions. Two of which were determined by the variation in soil moisture at 10 cm depth, equivalent at minimum matric potentials from - 0.3 atm and - 0.6 atm which were reached in two distinct phasis of the crop cycle that resulted in real evapotranspiration conditions (ETr - 0.3 e ETr - 0.6). To the treatment related to ETr - 0.3 the first phase in which the value of - 0.3 atm was reached, come up to the maximum flowering (between 42 and 47 . days after emergence) and the second phase, come up to the middle stage of the grain filling and start of leaf area decrease (between 62 and 70 days after

emergence). In relation to $E_{Tr} - 0.6$ the first time that soil water tension reached the value of -0.6 atm occurred between 47 and 52 days after emergence, which come up to the maximum flowering phase and start of grain filling stage; the second phase occurred between 77 and 87 days after emergence, therefore at the end of the cycle, at advanced maturation stage of the fruits.

The third condition of evapotranspiration, occurred with constant minimum matric potentials from -0.04 atm at 10 cm depth, a condition considerate as of maximum evapotranspiration (E_{Tm}). The maintenance of this value of matric potential was possible by capillary rising of water from a water table of constant level, situated at 52 cm from the soil surface inside of the evapotranspirometer. In addition to these three treatments there was one more in which the conditions were of maximum evapotranspiration of a bare soil (E_s) constantly provided with water in the same manner of with crop under condition of maximum evapotranspiration.

The trial was conducted from June, 17 to September, 25, 1985 and during this period data of soil matric potential, soil temperature, "class A" pan evaporation, total wind at 2.00 m and 0.40 m above grass and at 0.40 m above the crop, total solar radiation reaching the earth's surface horizontally, were collected daily. Leaf area index (LAI) was evaluated at variable intervals of 3, 4 and 7 days; production of leaves was evaluated at same intervals of LAI and pods and

grains were evaluated at the end of the experimental period.

The results obtained allowed the following conclusions:

- The higher water consumption was verified during flowering and grain filling periods, where the values of the estimated crop coefficient (estimated K_c) for each 10-day period were higher and dependent on the variation of the crop LAI.

- Average values of the actual evapotranspiration cycle, for changes up to -0.3 atm and up to -0.6 atm of soil water tension, were 3.57 and 3.29 mm/day, respectively, while in conditions of maximum demand of water this value was 5.10 mm/day.

- Average differences of evapotranspiration among the treatments resulted in a reduction of 57% and 53% on the grain yield in the treatments under conditions of actual evapotranspiration up to -0.3 atm and -0.6 atm of soil water tension, respectively.

- Relative yield (Y_r/Y_m) and relative evapotranspiration (E_{Tr}/E_{Tm}) were linearly and positively correlated ($R = 0.9660$ and $R^2 = 0.9332$), showing a close dependence of grain yield with evapotranspiration rate.

- The treatment under maximum evapotranspiration conditions was clearly better than the other two treatments of actual evapotranspiration, in all growth and productivity parameters analysed. No significant differences were found

between the two treatments of real evapotranspiration in all parameters analysed.

- The values of estimated K_c for each 10 - day period were always higher than the K_c proposed by FAO, in the period between the third and the ninth 10 - day period of the crop.

1. INTRODUÇÃO

Dos processos dinâmicos que acontecem no sistema solo-planta-atmosfera, um dos mais importantes é o de transferência de água do solo e da planta para a atmosfera, processo esse conhecido como evapotranspiração.

A intensidade com que esse processo ocorre em uma área cultivada depende não só dos fatores físicos inerentes ao solo e ao clima, mas também dos fatores biológicos da própria planta. A grandeza com que cada um desses fatores interfere nesse processo, pode determinar o sucesso ou insucesso econômico da cultura.

Uma aplicação prática e fundamental do conhecimento desse processo está no campo da irrigação, uma vez que esta técnica pode ser definida como a de aplicação artificial

de água às plantas, com o fim precípuo de devolver à cultura a quantidade de água perdida no processo, num dado período de tempo, de tal forma que não aconteça déficit de evapotranspiração que venha a causar danos ao pleno crescimento, desenvolvimento e produtividade da cultura, por afetar o processo fotossintético indiretamente.

Assim sendo, é de importância relevante o conhecimento, para as diversas culturas e climas, da variação do consumo de água do sistema solo-planta, ao longo do ciclo das culturas, assim como dos processos biológicos afetados quando há uma deficiência ou um excesso de água no meio radicular, em cada período fenológico característico.

As variáveis que interagem no processo são em grande número e algumas de difícil medição, pela complexidade, dificuldade de importação e preços elevados dos equipamentos necessários, o que na maioria das vezes, limita as pesquisas onde esses instrumentos são necessários. Uma alternativa que se apresenta é a de se estudarem relações que determinem coeficientes para estimativa da evapotranspiração, utilizando-se equipamentos mais simples e baratos, mesmo que de menor precisão, mas que possam ter um uso mais generalizado. Os benefícios seriam de maior monta do que os possíveis erros devidos à menor precisão dos dados levantados.

Muitas vezes, na realidade de um país com as proporções e carências do Brasil, por exemplo, é preferível que se tenham dados para as nossas condições, com um grau de

precisão aceitável, do que não tê-los por não ser possível obter esses dados com maior precisão e, em consequência, acabar cometendo erros maiores ao se tomarem como verdadeiros dados obtidos em condições diferentes das nossas e que acabam se generalizando no uso, sem maiores critérios.

Para o estudo de evapotranspiração, sabe-se pela ampla literatura a respeito, que o ideal é poder contar com lisímetros de precisão, que podem fornecer dados com alto nível de confiabilidade num tempo tão curto como 10 minutos, como é o caso de alguns lisímetros dotados de sensores eletrônicos em seu interior. No entanto, qual é o custo e a complexidade de instalação de um lisímetro desse? Quantos existem em funcionamento no mundo? Quantos existem em funcionamento no Brasil? Sob este ponto de vista, equipamentos mais simples, de fácil manejo e leitura, de fácil instalação e de custo mais baixo, ao terem seu uso mais generalizado pelas diversas regiões do país, podem trazer um grande benefício ao desenvolvimento mais racional da irrigação, proporcionando condições para que a eficiência do uso de água seja melhorada, resultando em maiores produtividades e maior economia de energia.

Sob o aspecto da necessidade de se conhecer as relações entre evapotranspiração e produtividade de culturas, conhecimento este básico necessário à irrigação e da possibilidade deste estudo se desenvolver em um equipamento que apresente características de facilidade de manejo e obtenção de dados, fácil instalação e baixo custo, quando comparados com os lisí

metros de precisão, é que se propôs a presente pesquisa com a cultura do feijoeiro, cujo grão é alimento básico tradicional no Brasil, e também por ser uma cultura que permite altos rendimentos sob irrigação, quando manejada adequadamente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A necessidade do conhecimento das relações que regem a transferência de água de uma superfície vegetada para a atmosfera, tem sido, há muito, objeto da atenção de pesquisadores. Dentre eles, THORNTHWAITE (1948) foi o que primeiro introduziu o termo evapotranspiração e evapotranspiração potencial, enquanto que PENMAN (1956) definiu a evapotranspiração potencial como sendo o processo de transferência de água para a atmosfera, na unidade de tempo, de uma superfície totalmente coberta por vegetação verde, de porte baixo, em pleno desenvolvimento e sem restrição de água no solo.

Uma vez que o tipo de vegetação e a altura da cobertura não foram definidas, outras conceituações específicas foram apresentadas posteriormente. DOORENBOS e PRUITT (1977) ,

para as mesmas condições definidas por PENMAN (1956), mas sendo a cobertura vegetal de gramínea, com 8 a 15 cm de altura, denominaram de evapotranspiração de referência (ET_o) a esta nova condição. Da mesma forma, DOORENBOS e KASSAM (1979), apresentaram a terminologia evapotranspiração máxima (ET_m), designando-a como sendo a condição definida por PENMAN (1956), somente que a cobertura vegetal é uma cultura agrônômica, em qualquer fase do seu ciclo de desenvolvimento, onde as condições de umidade do solo e de manejo agrônômico não sejam restritivas ao ótimo crescimento e desenvolvimento desta cultura.

A determinação da evapotranspiração ou demanda evaporativa de uma cultura é, sem dúvida, de grande importância para o planejamento do manejo de água em áreas irrigadas, não só no aspecto físico e biológico como também no da engenharia aplicada, uma vez que as obras e equipamentos hidráulicos são basicamente dimensionados levando-se em conta esse parâmetro.

Uma vez que os fatores que interagem no processo da evapotranspiração são complexos e exigem equipamentos sofisticados, caros e de difícil manuseio principalmente para aplicações em irrigação, têm-se, ultimamente, dado ênfase ao estudo de métodos que, embora deixem a desejar na precisão das suas medidas para pequenos intervalos de tempo como 1 dia, são de fácil acesso e baratos. Segundo BLAD (1983), dos métodos climatológicos que existem com este fim, os que utilizam tanques de evaporação (evaporímetros), são os mais estudados pela facilidade de instalação e manutenção, pela praticida

de de manuseio e pelo baixo custo desses equipamentos, princi
palmente o tanque "classe A" (U.S.W.B.).

As medidas obtidas por evaporímetros, segundo FRITS
CHEN & SHAW (1961) são resultantes do complexo de fatores que afetam
a evapotranspiração. Apresentam, no entanto, diferenças na res
posta a estes fatores, em relação a uma superfície vegetada. Es
tas diferenças são devido a mudança nas características da co
bertura com o decorrer da estação de crescimento da vegetação;
à maior disponibilidade de água no evaporímetro, facilitando o
processo evaporativo e finalmente, a diferenças entre as duas
superfícies evaporantes, vegetadas e de água livre, nas caracte
rísticas de absorção de energia que influirão diferencialmente
na resultante do balanço energético.

Ainda esses autores concluíram que o tanque "clas
se A" pode ser usado para estimar a evapotranspiração, devendo
-se apenas, conhecer nas mesmas condições, as relações entre
perda d'água da cultura e do tanque.

FUCHS e STANHILL (1963) e DOSS et alii (1964) ,
estudaram a correlação entre a evapotranspiração e a evapora
ção do tanque "classe A", para diversas culturas, condição de
clima, solo e irrigação e encontraram estreita correlação en
tre esses dois parâmetros.

Mais recentemente, DOORENBOS e PRUITT (1977) e
DOOBENBOS e KASSAM (1979) apresentaram uma tabela para a deter
minação de um parâmetro denominado de coeficiente de tanque
(Kp), que multiplicado pelo valor da evaporação do tanque "clas

se A", estima a evapotranspiração de referência (ET_o). A partir dos valores de ET_o chega-se a estimativa da evapotranspiração máxima (ET_m), corrigindo a ET_o através de um fator denominado coeficiente de cultura (K_c). Enquanto o K_p depende apenas das variáveis físicas envolvidas no processo, tais como a velocidade do vento a 2,0 m de altura do solo (km/dia), umidade relativa média do ar (%) e as condições de contorno onde está instalado o tanque "classe A", o K_c varia com as variáveis que interagem no "continuum" solo-planta-clima, principalmente disponibilidade de água, condutibilidade hidráulica, espécie vegetal, fase fenológica do ciclo da cultura, disponibilidade de nutrientes, cobertura foliar, etc.

Utilizando-se desta metodologia, ENCARNÇÃO (1980), estudou a estimativa de ET_o através do método do tanque "classe A", com os métodos de Penman, de Radiação Solar e de Linacre, chegando à conclusão que os métodos de Penman e tanque "classe A" forneceram valores médios por pentadas, estatisticamente semelhantes, diferindo dos da Radiação Solar e Linacre que não diferiram entre si. Segundo este autor esta relação era esperada uma vez que o método de Penman foi desenvolvido tendo como modelo pequenos reservatórios de água, enquanto que os outros dois são aproximações simplistas do balanço de energia. Ainda neste trabalho o autor determina a ET_m através da medição direta em evapotranspirômetros de nível freático constante, comparando os valores de K_c obtidos pelos métodos já citados para a ET_o, para o feijoeiro, com os propostos por DOORENBOS e KASSAM

(1979). Conclue, por sua vez, que o método do tanque "classe A" foi o único que mostrou valores de K_c que não diferiram significativamente dos propostos.

SOUZA e SILVA (1985), desenvolveram trabalho semelhante, com evapotranspirômetros de nível freático constante, em Campina Grande, Paraíba, com a cultura do feijoeiro e obteve resultados concordantes com os obtidos por ENCARNÇÃO (1980) , em Piracicaba, São Paulo. A conclusão que mais evidenciou semelhança foi: "Os valores de K_c sugeridos por DOORENBOS e KASSAM (1979) foram inferiores aos obtidos por estimativas, sendo que o método do tanque "classe A" foi o que forneceu valores mais concordantes com aqueles".

A relação entre evapotranspiração e produção, a pesar de não ser de causa e efeito, diretamente, tem sido utilizada no desenvolvimento de modelos aperfeiçoados para predizer a utilização ótima de água.

Em um grande número de culturas, a relação entre transpiração e produção de matéria seca, segundo ARKLEY (1963), foi linear. Este tipo de correlação tem sido a base de modelos que predizem a produção em condições variadas de déficits de evapotranspiração, conforme afirma HANKS (1974), embora HALTERLEIN (1983), comente que o maior problema na aplicação prática desse modelos está na variabilidade sazonal da evapotranspiração e da produção das culturas sob um determinado regime de ãgua e também, devido ã necessidade de se conhecer a produção máxima de grãos ($y_{\text{máx.}}$) relacionada com a evapotranspiração mã

xima ($ET_{m\grave{a}x.}$) para lugar e época determinados e sem ter a água como fator limitante.

O conceito que relaciona a produção relativa ($Y_r/Y_{m\grave{a}x.}$) com a evapotranspiração relativa ($ET/ET_{m\grave{a}x.}$), segundo STEWART et alii (1975), tem sido utilizado para derivar muitas relações gerais e o conhecimento do grau dessas interrelações pode capacitar a uma predição quantitativa da produção obtida com um suprimento selecionado de água, para um determinado local e clima.

Com a cultura do sorgo granífero, HOWELL e HILER (1975) obtiveram como conclusão que a produção de grãos não esteve estreitamente correlacionada com a evapotranspiração, mas foi altamente dependente do tempo de déficit de evapotranspiração a que a cultura ficou submetida; por outro lado, STEWART et alii (1975), na cultura do milho, encontraram correlação linear significativa entre estes fatores, mas também concluíram que o tempo em que as plantas estiveram sob "stress" hídrico, foi importante no cálculo dos desvios da regressão.

SHOUSE et alii (1980 e 1981), estudando o uso de modelos para prever a evapotranspiração potencial e, respectivamente, estudando o efeito do déficit de água em *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (Caupi), encontraram um coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,70 para a correlação linear, entre evapotranspiração e produção acumulativa de matéria seca, enquanto que com a produção de grãos este coeficiente foi 0,92. Embora estas relações sejam estabelecidas comumente, GARRITY

et alii (1982), afirmam que a relação de evapotranspiração com a produção de grãos é consideravelmente mais complexa do que com a matéria seca, uma vez que a produção de grãos é mais sensível à redução da evapotranspiração durante determinados estágios de crescimento da planta, principalmente na floração e frutificação.

Um dos fatores que promovem a variação na evapotranspiração é a disponibilidade de água no solo. Durante períodos de deficiência de água no solo, de acordo com MILLAR e GARDNER (1972), o aumento da resistência estomática nas folhas, causa não somente redução na taxa de transpiração mas, o que é ainda mais importante, também na fotossíntese devido a uma consequente redução na troca de CO_2 . Quando o potencial da água do solo decresceu de - 0,28 para - 0,40bar, na cultura de feijoeiro, ocorreu uma diminuição de 47% na taxa de produção de matéria seca, como consequência do aumento da resistência estomática causada pelo fechamento dos estômatos, o que também resultou em grande redução na taxa de crescimento e na transpiração.

O efeito de regimes diferenciais de aplicação de água por irrigação em feijoeiros crescendo em lisímetros de pesagem, foi estudado por MAURER et alii (1969). As plantas que foram irrigadas quando o nível de umidade no solo atingiu 88% da água disponível, produziram maior número de vagens, foram maiores e apresentaram maior diâmetro do caule do que aquelas que só foram irrigadas quando a depleção de umidade do solo chegou a 60% e 32% da água disponível, sendo que as plantas que

se desenvolveram sob este último nível foram as menores e as que produziram menos.

Aplicações mais frequentes de água, mantendo o solo em condições de máximo potencial parece ser ideal para o desenvolvimento e produção do feijoeiro, desde que as condições de aeração no meio radicular não atinja nível crítico, conforme se pode deduzir dos trabalhos desenvolvidos por LEE et alii (1977), HOLSTALÁCIO e VÁLIO (1984a e 1984b) e SILVEIRA et alii (1984). Os primeiros pesquisadores observaram que o aumento na frequência de irrigação de uma para duas vezes por semana, promoveu maior produção de vagens, maior número de grãos por vagem e maior peso de plantas, enquanto que no trabalho de HOLSTALÁCIO e VÁLIO (1984a), a frequência diária produziu frutos com maior volume e maior peso seco, além do que os tratamentos irrigados nas frequências diárias, duas e uma vez por semana, produziram mais frutos e frutos com maior peso do que os tratamentos de estresse de água. Para outros parâmetros fisiológicos (1984b) o melhor tratamento foi aquele em que as plantas receberam suprimento de água duas vezes por semana, tanto no que se refere à área foliar máxima e peso total por planta como no peso seco de sementes e número de sementes por fruto. Concluíram ainda, que para obter uma produção de, pelo menos, 80% da produção potencial, não pode haver deficiência de água para a cultura do feijoeiro cv. Goiano Precoce da fase de pré-floração até a floração plena.

No terceiro trabalho citado (SILVEIRA et alii,

1984), a cultura de feijoeiro foi submetida a 3 lâminas de gua (2, 4 e 6 mm/dia) e 4 turnos de rega (1, 4, 7 e 10 dias). A produção de grãos cresceu com o aumento da lâmina d'água a plicada e as maiores produções foram conseguidas com a aplicação de 6 mm/dia em qualquer turno de réga.. O turno de rega de um dia foi o que proporcionou a maior produção de grãos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área experimental

A área experimental em que foi instalado e conduzido o ensaio, pertence ao Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal - UNESP, Estado de São Paulo, cujas coordenadas geográficas são: Latitude - $21^{\circ}15'22''$ Sul (S), Longitude - $48^{\circ}18'58''$ Oeste (W) e Altitude média de 575 metros. É uma área horizontal, conseguida por terraplenagem, possuindo seu eixo longitudinal no sentido leste-oeste.

O município de Jaboticabal apresenta precipitação pluviométrica anual média em torno de 1300 mm, sendo que 85% desse total ocorrem no período de outubro a março e os restantes 15% entre abril e setembro. Neste último período o ba

lanço hídrico mostra valores negativos para a diferença entre a precipitação e a evapotranspiração caracterizando uma deficiência hídrica no solo para a maioria das culturas.

A temperatura média anual encontra-se em torno de 19,7 °C, ocorrendo nos meses de junho e julho as médias mais baixas, 15,7 °C e 15,8 °C respectivamente, e nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro as médias mais altas, 22,1 °C, 22,3 °C e 22,1 °C. As temperaturas máximas e mínimas absolutas estão em torno de 35 °C e 3 °C.

O solo da área está enquadrado, dentro da caracterização feita por ALOISI e DEMATTE (1974), como um Latossol Vermelho-escuro fase arenosa (COMISSÃO DE SOLOS - 1960), Série Santa Tereza. Estes autores apresentaram as seguintes características gerais deste solo, para a camada de 0 - 35 centímetros de profundidade: a classe textural é barro argilo arenosa; a fração areia dominante é a areia fina que representa aproximadamente 40 - 45% da fração areia total; o teor de argila varia de 21 a 28%; o teor de limo é baixo (menor que 9%); o teor de $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$ varia de 1,10 a 2,50 e.mg/100 g; a saturação de bases varia de 24,58 a 26,40%.

O solo colocado dentro das caixas dos evapotranspirômetros foi retirado de área próxima, estando enquadrado na mesma classificação do solo da área. As características físico-hídricas do solo da área (bordadura) e do solo dos evapotranspirômetros podem ser vistas na Tabela 1 e as curvas características de retenção dos mesmos, no intervalo entre a satura

TABELA 01 - Valores de Umidade Volumétrica ($\theta\%$) dos solos dos evapotranspirômetros (E) e da área circundante (Bordadura - B), relativos aos pontos de potencial matricial variando da saturação (Sat.) a $-0,80$ atm, às profundidades de 10, 20 e 30 cm e Peso Específico Global (ρ_g), em g.cm^{-3} , nas mesmas profundidades.

Local	Profundidade (cm)	Umidade Volumétrica ($\theta\%$)							Peso Específico Global (ρ_g) ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	
		Potencial Matricial do Solo (ψ_m - atm)								
		Sat.	-0,02	-0,04	-0,06	-0,20	-0,33	-0,60		-0,80
Evapot. (E)	10	55,00	47,87	35,65	31,57	25,97	24,44	23,42	22,41	1,05
	20	56,53	44,81	34,63	30,55	25,46	24,44	23,42	22,41	1,04
	30	52,96	45,83	35,65	32,59	26,99	25,97	24,44	23,42	1,12
	Média ($\bar{E}$)	54,83	46,17	35,31	31,57	26,14	24,95	23,76	22,75	1,07
Bordad. (B)	10	51,69	43,29	36,67	33,61	29,03	26,48	25,46	23,42	1,21
	20	47,62	42,78	40,74	37,68	32,59	31,06	29,54	28,52	1,39
	30	45,83	40,74	37,68	35,65	31,57	30,55	29,54	28,01	1,27
	Média ($\bar{B}$)	48,38	42,27	38,36	35,65	31,06	29,36	28,18	26,65	1,29

FIGURA 01 - Curvas características de retenção do solo dos evapotranspirômetros e da área circundante (bordadura).

ção e - 0,8 atm, na Figura 1.

3.2. Estação evapotranspirométrica

O desenvolvimento do ensaio se deu em uma estação evapotranspirométrica (Figura 2), formada por 8 conjuntos evapotranspirométricos, cada um composto por um reservatório de medição (RM), um reservatório da bôia (B), um evapotranspirômetro propriamente dito (E) e um sistema de drenagem (C e CD).

Um detalhe em corte longitudinal de um conjunto evapotranspirométrico pode ser visto na Figura 3.

Os conjuntos estão dispostos em duas fileiras de 4, no sentido longitudinal da área (leste-oeste), ficando cada evapotranspirômetro distanciado de 2,0 m, um do outro, nas fileiras e entre fileiras, de 4,0 m.

Os reservatórios de medição ficam distanciados de 1,80 m dos evapotranspirômetros e permanecem ligados a estes por um reservatório de controle do nível do lençol freático dos evapotranspirômetros, denominado de reservatório da bôia (B). Cada reservatório da bôia está a 0,8 m do evapotranspirômetro e a 1,00 m do reservatório de medição.

O sistema de drenagem é composto por um dreno no fundo de cada evapotranspirômetro, o qual é ligado à caixa de drenagem (CD), através de uma tubulação de PVC. Cada caixa de drenagem é responsável pela coleta d'água de 4 evapotranspirômetros, sendo 2 de cada fileira que estão mais próximos. Pelo fundo das caixas de drenagem passa um dreno de manilha de

- E - Evapotranspiômetros D - Drenos CD - Caixa de Drenagem TR - Trilhos para cobertura
- RM - Reservatório de nível freático B - Reservatório da bóia para controle do nível freático
- Evapotranspiômetros em construção - - - - Limite da área com cultura

FIGURA 02 - Planta baixa da estação evapotranspirométrica.

cerâmica vitrificada, o qual conduz toda a água drenada dos e vapotranspirômetros para fora da área experimental.

Todos os evapotranspirômetros possuem coberturas móveis, acionadas manualmente em dois conjuntos de 4, que se movimentam de oeste para leste sobre trilhos (TR) locados para lealmente aos evapotranspirômetros, a uma distância de 0,5 m de cada lado dos mesmos. O teto foi construído com uma armação de cantoneira de ferro, onde foi encaixado um retângulo de ma deira de 3,5 m por 3,0 m no qual foi preso uma cobertura plás tica com 1,16 mm de espessura e transmitância de 81,7% na fai xa do visível (0,4 - 0,72 μ) conforme análise pela POLIOLEFINAS S.A.

Estas coberturas quando não utilizadas, isto é , quando não houve precipitação de qualquer espécie, ficaram re colhidas sobre os trilhos, na extremidade oeste da área, fican do a primeira das quatro coberturas a 6,5 m de distância do primeiro evapotranspirômetro e a última a 15,5 m.

A declividade do teto é de 9,7% no sentido da maior dimensão da cobertura (3,5 m), sendo a queda na direção da caixa de drenagem (CD) para o reservatório de medição (RM).

3.2.1. Descrição dos evapotranspirômetros

O evapotranspirômetro (E) é um tanque com 4,0 m² de superfície livre (2 m x 2 m) e profundidade média de 61,5 cm (Figura 4). Foi construído em fibra de vidro, com 3 mm de espessura, possuindo, internamente, nas paredes laterais, uma

ESCALA - 1:20

ESCALA - 1:50

FIGURA 04 - Detalhe em corte das partes da caixa do evapotranspirômetro, com a drenagem interna.

rugosidade bastante acentuada, para que ocorresse boa aderência do solo, minimizando o surgimento de uma superfície descontínua na interface solo-parede da caixa. Na parte de trás do tanque (A), rente ao fundo existe uma entrada de água (EN), constituída por um adaptador de polietileno de 3/4", soldado com fibra de vidro ao tanque a fim de que não ocorressem vazamentos. Junto ao centro da parte da frente (C), no fundo da caixa, pelo lado de dentro, foi colocada uma saída de água (D), adaptando-se uma válvula de pia, de PVC, com 3/4" de diâmetro, soldando-a ao fundo com o mesmo material da caixa. Da entrada (EN) à saída de água (D), existe uma queda de 3 cm no fundo; dessa forma, o evapotranspirômetro possui 2 declividades convergindo para um só ponto que é a saída de água (D): a declividade no sentido longitudinal, da entrada de água (EN) à saída (D), e a declividade no sentido transversal, das paredes laterais para a linha de centro do fundo da caixa.

A parede de trás da caixa (A), onde está a entrada de água tem em toda a sua extensão uma altura de 60 cm, enquanto que a parede da frente (C) possui uma altura de 60 cm nas arestas laterais e 63 cm no centro. O perímetro superior dos tanques foi reforçado por uma aba de fibra de vidro de 5 cm de largura, e 3 mm de espessura formando uma só peça com a caixa. Sobre o fundo das 8 caixas foi distribuída uniformemente uma camada de pedra brita nº 2, colocando-se a mesma quantidade em todas as caixas e sobre estas pedras foi assentado um quadrado de 2,10 m de lado de manta drenante de poliéster, conhecida comercialmente por geotextil "BIDIM", fabricado pela RHODIA S/A,

tipo OP-30 que apresenta as seguintes características gerais, segundo o catálogo do fabricante: massa por unidade de superfície - -300 g/m^2 ; espessura - 3,5 mm; resistência à ruptura - 80 kgf/5 cm; coeficiente de permeabilidade inicial médio - $2,2 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$; coeficiente de permeabilidade médio após ensaio com solo solto sobre a manta - $2,3 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$; coeficiente de permeabilidade após o ensaio com solo em suspensão - $1,5 \times 10^{-1} \text{ cm/s}$; densidade - 85 kg/m^3 ; resistência ao estouro - 30 kgf/cm^2 .

Esta manta foi colada às paredes da caixa, para que não houvesse passagem de solo pela interface BIDIM-parede. Juntamente com a camada de pedra brita nº 2, o conjunto drenante ficou com uma espessura média em torno de 2,5 cm, sobrando então uma altura média, para o solo acima do dreno, de 59 cm, tendo assim, cada caixa uma capacidade de $2,36 \text{ m}^3$.

3.2.2. Descrição do sistema de drenagem e coleta da água dos evapotranspirômetros

O sistema de drenagem (D) e coleta da água (caixa de drenagem - CD) é composto por uma tubulação de PVC de 19 mm de diâmetro, acoplada à válvula de saída dos evapotranspirômetros, a qual é responsável pela captação do excesso de água que drena do solo por força do potencial gravitacional. Esta água percola pelo solo, atravessa a manta "BIDIM" e as pedras, convergindo para a válvula de saída. Desta, a tubulação com 3% de declividade, conduz a água por sob o solo, até a caixa de drenagem onde é conectada a um registro de gaveta, situada

do a 40 cm do fundo e da parede lateral mais próxima. Cada caixa de drenagem tem 1,33 m de altura por 1,33 m de lado internamente, sendo sua construção em alvenaria de tijolos e tem como função, receber a água drenada dos 4 evapotranspirômetros que lhe estão adjacentes.

Essas caixas estão ligadas entre si por um dreno de manilha cerâmica vitrificada de 75 mm de diâmetro, que passa abaixo do fundo das caixas, sendo estas a ele ligadas por um "ralo". Este dreno é responsável pela descarga de toda água dos evapotranspirômetros, sendo sua declividade de leste para oeste, desaguando no sistema de escoamento de águas pluviais das dependências do Departamento de Engenharia Rural.

A coleta para medição do volume drenado dos evapotranspirômetros foi feita através de recipientes de plástico rígido transparente, com capacidade para 25 litros. Cada recipiente foi graduado individualmente, num total de 8, com uma proveta volumétrica de 1000 ml, sendo esta a escala de graduação dos recipientes de 25 litros. Volumes finais da drenagem menores que 1 litro, foram determinados com a proveta, obtendo-se dessa forma, até 10 ml de precisão (0,025 mm).

3.2.3. Descrição do sistema regulador do nível freático (Reservatório da bôia)

O sistema regulador do nível do lençol freático dos evapotranspirômetros (Figura 5), consiste de um reservatório de PVC branco, com 20 cm de diâmetro e 70 cm de altura onde foi colo

ESCALA 1:5

FIGURA 05 - Detalhe do reservatório de controle de nível do lençol freático (B).

cado um fundo, também em chapa de PVC, encaixado e colado ao tubo de forma a não permitir vazamento. Na parte superior foi colocada uma tampa construída também em chapa de PVC de 5,0 mm de espessura que encaixa no tubo. Nesta tampa foram feitos 2 o r i f i c i os, sendo um de 13 mm de diâmetro, por onde passa o tubo de 13 mm de diâmetro, de plástico resistente, (mangueira p a r a g ã s), que liga o reservatório medidor (RM) à bó i a do r e s e r v a t ó r i o controlador de nível e o outro, situado a 20 mm a t r â s do primeiro e a 50 mm do bordo da tampa, de 15 mm de diâmetro onde foi fixado a guia suporte da haste da bó i a. Esta guia foi confeccionada de um tarugo de alumínio com 15 mm de diâmetro e 30 mm de comprimento, sendo transpassado, no s e n t i d o do comprimento, por um furo de 5,5 mm, por onde passa a h a s t e da bó i a. Perpendicularmente a este furo, a 20 mm do lado s u p e r i o r da tampa, foi feito outro furo de 3,0 mm de diâmetro com rosca interna, onde foi colocado um parafuso de latão, tipo "borboleta", que tem a função de prender a haste à guia, na a l t u r a necessária para a bó i a. Dessa forma pode-se ter o lençol freático variando até a superfície do solo, quando necessário.

A haste da bó i a tem 5,0 mm de diâmetro e 80 cm de comprimento, tendo em uma das extremidades, o conjunto bó i a -válvula de agulha cônica, de carburador de automóvel, soldada a ela.

Para o ensaio em questão, a altura do lençol freático foi fixada em 8 cm, regulando-se as hastes e fixando-as à mesma altura através do parafuso "borboleta" da guia.

Na extremidade inferior do reservatório da bôia, a 3,0 cm do fundo foi colocado uma saída para água constituída de uma peça de metal de 5,0 cm de comprimento e diâmetro de 20 mm, na qual foi inserida uma mangueira plástica de 19,0 mm de diâmetro e 80 cm de comprimento, que foi presa a esta peça por uma braçadeira de aço galvanizado. A outra extremidade da mangueira foi ligada a entrada de água (EN) do evapotranspirômetro, presa por braçadeira, sendo aplicado nas duas conexões, borracha de silicone em pasta, para garantir a vedação perfeita do sistema.

Como o reservatório ficou assentado em nível com o fundo do evapotranspirômetro, sobre uma base de concreto de 30 cm x 30 cm, houve uma pequena declividade (3,0%) na mangueira, do reservatório para o evapotranspirômetro.

Para evitar-se uma eventual interrupção do fluxo de água para o evapotranspirômetro por estrangulamento da mangueira, em função da pressão do solo sobre ela, optou-se por revesti-la com outra mangueira de polietileno preto, de parede grossa e 25 mm de diâmetro.

3.2.4. Descrição do reservatório de medição

O reservatório de medição (Figura 6) foi construído com um tubo de PVC, branco, de 1,10 m de altura e 250 mm de diâmetro externo. Procedeu-se ao fechamento de uma de suas extremidades, com uma placa de PVC de 5,0 mm de espessura e 250 mm de lado, que foi encaixada e colada ao tubo de for

FIGURA 06 - Detalhe do reservatório de medição (RM) e do sistema de medição composto por uma canaleta graduada de 0 a 10 mm de água (cada graduação está a 8,7 cm da outra), com encaixe do zero do nãoio portátil que tem uma graduação de 0 a 1 mm, com precisão de leitura de 0,02 mm.

ma a não permitir vazamento de água. Na extremidade oposta foi colocada uma tampa, também em chapa de PVC de 5,0 mm de espesura, com as mesmas dimensões da chapa do fundo, mas sua fixação foi feita por encaixe, para poder ser removida quando do enchimento do reservatório.

Cada um dos 8 tubos foi previamente pintado na sua face externa, utilizando-se esmalte sintético preto, para que não houvesse passagem de luz através das suas paredes, pois tal fenômeno estava propiciando o crescimento de algas no seu interior que vieram a provocar o entupimento do sistema, em teste feito anteriormente. Constatado o efeito positivo da tinta preta no barramento da luz, aplicou-se, sobre a tinta preta, 2 demãos de esmalte sintético branco para que os tubos não aquecessem exageradamente a água no seu interior, fato que se verificou com os tubos quando ainda pintados de preto.

Após esta operação, a 3,0 cm do fundo foi aberto um orifício onde se procedeu ao rosqueamento e colagem de uma peça de metal de 5,0 cm de comprimento, por 13 mm de diâmetro externo, na qual foi encaixada, presa com uma braçadeira em aço galvanizado e vedada com pasta de borracha de silicone, uma mangueira de 13 mm de diâmetro externo e 10 mm de diâmetro interno, de cor azul, especial para gás, de alta resistência, que tem a função de levar a água do reservatório de medição até a válvula de agulha da bóia, no reservatório da bóia (B).

No lado oposto a esta saída d'água foi adaptado um tubo de vidro de 10 mm de diâmetro externo, 8 mm de diâmetro

interno e 93 cm de comprimento. Para que este tubo tivesse comunicação com o interior do reservatório foi construída uma conexão de metal que foi rosqueada ao reservatório através de um orifício de 13 mm de diâmetro. Esta conexão foi vazada internamente por um orifício em L, de 10,5 mm de diâmetro, no qual se fez o encaixe e a vedação do tubo de vidro com pasta de borracha de silicone, assim como a vedação da conexão do reservatório.

O tubo de vidro foi encaixado dentro de uma can toneira de alumínio de 12 mm x 90 cm, graduada pelo lado externo de 0 a 10 mm, variando de 1 em 1 mm em relação à área do evapotranspirômetro que é de $4,0 \text{ m}^2$. Como a área interna do reservatório, mais a área interna do tubo de vidro perfazem uma área de $0,046 \text{ m}^2$ ($\varnothing$ interno médio do reservatório = 0,2419 cm; $\varnothing$ interno médio do tubo de vidro = 0,8 cm), a relação entre essas áreas é de 1:86,96 que foi considerada 1:87, com erro da ordem de $-0,46 \times 10^{-3} \text{ mm}$, considerado desprezível; dessa forma, a área do reservatório é 87 vezes menor do que a do evapotranspirômetro, isto é: 1,0 mm de água evaporada, corresponde a 87,0 mm de abaixamento do nível d'água no reservatório, sendo por isso, possível ter uma escala ampliada de 87 vezes para a leitura.

Esta ampliação permitiu a construção de um nônio portátil, cujas subdivisões permitiram, dentro da escala de 0 a 1,0 mm, uma precisão de 0,02 mm, precisão esta igual a do parafuso micrométrico utilizado para a leitura de evaporação no tanque Classe "A".

Através da observação do detalhe A da Figura 5 , é possível notar que este nônio, que foi construído de uma cantoneira de alumínio com as mesmas dimensões externas da canaleta da escala principal, é encaixado no orifício retangular referente ao zero de cada graduação. Assim sendo, existe um orifício de encaixe no 0,0 mm, 1,0 mm, 2,0 mm, ..., e finalmente no 10,0 mm.

Este encaixe foi feito do nônio para a escala, a través de uma lingueta de alumínio de 3,0 mm de largura, presa ao nônio através de colagem e rebitagem e cuja face superior está no mesmo plano do zero do nônio. Com este nônio portátil, foram feitas as leituras da demanda máxima de água da cultura (ETm), dia a dia. O lado do nônio que possui a graduação, tem a metade da largura do lado que fazia a canaleta, exatamente para permitir a perfeita visualização do ponto máximo de concavidade do menisco d'água no interior do tubo de vidro.

Para melhorar a nitidez da linha do menisco, as paredes internas da canaleta de alumínio foram pintadas de branco, o que permitiu delinear perfeitamente a concavidade do mesmo.

O tubo de vidro foi fixado ao reservatório através de um suporte parafusado a este, 2,0 cm acima do zero da canaleta, construído em latão sextavado de 16 mm de diâmetro e 2,5 cm de altura, sendo transpassado por um orifício de 10,5mm

diâmetro, no sentido do comprimento da peça. Este orifício possui rosca interna na sua metade superior, na qual foi rosco

queado um parafuso também vasado por um orifício de 5 mm de diâmetro para permitir o deslocamento normal da água dentro do tubo de vidro. Este parafuso tem a extremidade, que fica em contato com a extremidade superior do tubo de vidro, plana com a finalidade de pressionar por igual o tubo de vidro para que a sua vedação na extremidade oposta, seja perfeita.

Ao lado e abaixo do zero da canaleta de alumínio, no tubo de PVC do reservatório, foi instalada uma pequena torneira de agulha cônica, que permitiu o ajuste do zero para a leitura da lâmina d'água evapotranspirada do dia seguinte.

Cada reservatório de medição foi colocado sobre uma base de alvenaria de tijolos, de 0,40 x 0,40 m de lado e 0,30 m de altura a partir do solo, tendo sido fixada a esta com 4 parafusos, um em cada extremidade externa do quadrado que forma o fundo do reservatório, para que mesmo vazios, estes reservatórios não caíssem pela ação do vento. Na Figura 7, pode-se ver 4 reservatórios instalados e em operação no ensaio.

3.3. Colocação do solo nos evapotranspirômetros

As caixas de fibra de vidro que constituíram os evapotranspirômetros, antes de serem preenchidas com solo, foram assentadas, centradas e niveladas dentro de caixas de alvenaria de tijolos, com as dimensões internas de 2,02 m x 2,02 m x 0,65 m, construídas no solo, em locais pré-determinados, obedecendo as distâncias e medidas já descritas para o conjunto evapotranspirométrico.

FIGURA 07 - Reservatórios de medição (RM) em funcionamento.

Após realizada esta operação, as entradas de água (EN) e as saídas (D) foram ligadas, respectivamente, aos reservatórios da bôia (B) e aos sistemas de drenagem externos aos evapotranspirômetros (D + CD). Um aspecto geral desta condição pode ser visto na Figura 8.

Em seguida, instalou-se o conjunto drenante no fundo das caixas (pedra brita nº 2 + "BIDIM") e logo após procedeu-se à instalação de um quadrado de madeira de 2,0 m x 2,0 m, encaixando-o internamente à caixa, a uma altura de 40 cm do fundo, o qual mantinha as paredes da caixas, retas. Dessa forma, foi possível colocar areia fina nos espaços entre os lados externos das caixas de fibra de vidro e as faces internas das paredes da caixa de alvenaria de tijolos, de modo a preenchê-los, dando firmeza às paredes dos evapotranspirômetros (Figura 8).

A operação que se deu a seguir, foi a de colocação do solo nas caixas. O solo utilizado, foi retirado de camada de 0 - 20 cm de uma área situada a aproximadamente 200 m da área experimental. Este solo pertence à mesma classificação do solo da área experimental (Latossol vermelho-escuro fase arenosa série Santa Tereza). Não foi possível a utilização da própria terra retirada dos buracos abertos para a colocação dos evapotranspirômetros, porque como decorreu um tempo relativamente grande (3 anos) entre a abertura desses buracos e o assentamento dos evapotranspirômetros, houve um espalhamento dessa terra por ação da chuva, não permitindo sua utilização.

FIGURA 08 - Caixa ainda vazia de um evapotranspirômetro, com o reservatório da bôia imediatamente atrás, recém-instalado.

O solo da outra área foi amontoado e homogeneizado, utilizando-se para esta operação de um trator com lâminna e caçamba hidráulica. Posteriormente, procedeu-se à eliminação dos torrões maiores, utilizando-se de uma peneira construídda com uma tela de aço com malha losangular de 1,5 cm de vão livre. Após o peneiramento, o solo foi levado às caixas e distribuído com pá dentro das mesmas, de forma a preencher por igual os quadrados formados pela estrutura interna da armação de madeira que sustentava as paredes dos evapotranspirômetros (Figura 9). Quando a terra atingia a armação, esta era retirada , pois, a própria pressão do solo contra as paredes, não permitia que estas sofressem deformação. Continuou-se, então, o enchimento até o bordo superior das caixas, e a seguir procedeu - se ao nivelamento da terra com os bordos das caixas (Figura 10).

Cada caixa, após repleta com solo, era submetida a uma intensa irrigação por aspersão, através da adaptação de um crivo fino de regador a uma mangueira plástica ligada a uma torneira da rede de água local. Esta operação teve por objetivo, promover uma acomodação homogênea do solo nas caixas. O molhamento se deu até que a drenagem se fizesse de maneira constante e houvesse uma lâmina d'água acumulada sobre a superfície do solo, após o que o fornecimento de água foi cortado. Em todas as caixas ocorreu uma acomodação, o que acarretou o rebaixamento do solo, possibilitando que se completasse novamente com mais solo e se fizesse o nivelamento, assim como a nova saturação e drenagem até que não houvesse mais rebaixamento do

FIGURA 09 - Caixa do evapotranspirômetro com o conjunto drenante (pedra brita nº 2 + "BIDIM") já instalado e com o quadrado de madeira para sustentação das paredes durante o enchimento.

FIGURA 10 - Caixa do evapotranspirômetro completamente cheia com solo.

nível do solo, denotando estabilidade.

3.4. Preparo e nivelamento da área circundante aos evapo transpirômetros (Bordadura)

Depois de cheios todos os 8 evapotranspirômetros que iriam ser utilizados, procedeu-se ao preparo do so
lo da área adjacente, revolvendo-o com enxadão nas áreas de acesso mais difícil e com uma enxada rotativa acopla
da a um microtrator "TOBATA" onde o espaço fosse suficiente para a manobra da máquina. Realizada esta operação, passou-se ao destorroamento das áreas onde foram formados torrões gran
des no solo, com a finalidade de se proceder ao nivelamento de toda a área.

O procedimento para o nivelamento constou da di
visão da área em quadrados de 2,0 m x 2,0 m, com linhas estica
das e niveladas com o bordo dos evapotranspirômetros. Foram re
movidos os excessos de terra das áreas com nível superior aos evapotranspirômetros, que foram preencher as áreas com cotas in
feriores.

3.5. Estação evaporimétrica

Foi instalada uma estação evaporimétrica, compos
ta por um evaporímetro "classe A" (tanque classe A), um anemô
metro a 40 cm de altura, outro anemômetro a 2,00 m de altura e um pluviômetro. Esta estação foi montada próxima à área experi
mental, distando desta aproximadamente de 100 m.

O solo da área da estação, na época de sua instalação (25/06) já apresentava cobertura da grama batatais (*Paspalum notatum* L.) em pleno desenvolvimento, embora com seu aspecto vegetativo prejudicado (Figura 11) em função de deficiência hídrica e da ocorrência de geadas (01 e 02/06).

3.5.1. Descrição do evaporímetro "classe A"

É um recipiente de formato cilíndrico, confeccionado em chapa de ferro galvanizada nº 22 AWG, com diâmetro de 1,20 m e 0,25 m de profundidade. Este recipiente foi assentado em um estrado de madeira, medindo 1,24 m x 1,24 m e 0,15 m de altura, pintado com esmalte sintético branco. O estrado foi assentado sobre 6 bases de concreto, niveladas entre si e com a superfície do solo; desse modo, o bordo superior do tanque ficou a 0,40 m da superfície do solo.

O tanque foi inicialmente cheio com água limpa até 5,0 cm abaixo do bordo superior, sendo que a cada variação entre 2,0 e 2,5 cm nessa altura promovia-se o seu reabastecimento até a altura inicial.

As medidas de evaporação foram efetuadas diariamente às 7:00 horas da manhã, utilizando-se de um micrômetro de gancho com precisão de 0,02 mm, assentado sobre um poço tranquilizador que foi instalado dentro do tanque, sendo nivelado a este por três parafusos calantes. Os valores de evaporação, em milímetros, foram obtidos por diferença entre duas leituras consecutivas. A localização do tanque na área escolhida para a

FIGURA 11 - Estação evaporimétrica próxima da área do ensaio.

estação, foi de modo a se ter um raio mínimo de 10 m de grama em relação ao centro do tanque. A distância máxima entre o centro do tanque e o limite externo de uma superfície contínua de grama na área foi de 25 m. A evaporação obtida nesse tanque: convencionou-se representar por ECA.

3.5.2. Descrição dos anemômetros

Os anemômetros instalados na estação a 0,40 m e 2,00 m de altura, são de fabricação R. FUESS, modelo B 890, com 3 conchas e integrador com precisão de até 0,001 km, tendo -se, porém, considerado apenas até 0,01 km de precisão, nas medidas feitas, ou seja, foram registrados somente os números do visor.

Os valores totais, em km/dia, foram obtidos por diferenças entre duas leituras de dois dias consecutivos, sendo que as leituras eram feitas as 7:30 horas da manhã. A esses valores estabeleceu-se representar por U_{40G} e $U_{200G'}$, respectivamente.

3.5.3. Descrição do pluviômetro

O pluviômetro instalado na estação foi do tipo "Ville de Paris", em aço inoxidável, cuja leitura era feita através de uma proveta graduada em milímetros, em função da área de interceptação do equipamento.

O pluviômetro foi fixado a uma viga de peroba enterrada no solo, nivelada e pintada de branco, de modo a ficar com a sua superfície de captação a 1,50 m do solo. As lei

turas foram feitas, quando possível, sempre que cessava a chuva, ou então, quando chovia à noite, às 7:30 horas do dia seguinte, diariamente. Os dados levantados são apresentados sob a representação P (mm).

3.5.4. Outros equipamentos e dados climatológicos

Foram instalados, no interior da cultura, sendo 3 anemômetros a 40 cm de altura e 9 conjuntos de 3 tensiômetros de manômetro de mercúrio, além de se proceder à leitura de temperatura do solo em 5 profundidades diferentes e em 5 horários ao longo do dia.

Foram levantados também os seguintes dados climatológicos com equipamentos instalados fora da área: Radiação global (Rs) na horizontal; Temperatura máxima, mínima e média diária do ar ($T_{\max}$; $T_{\min}$; $T_{\text{med.}}$), em $^{\circ}\text{C}$; Umidade relativa mêdia do ar (UR-%) e insolação (n-horas).

3.5.4.1. Equipamentos instalados no interior da cultura

a) Anemômetros (A)

Os anemômetros, semelhantes em marca e modelo aos instalados na estação evaporimétrica, foram posicionados em 3 pontos da área a 40 cm de altura, respectivamente, 2 nas laterais e 1 no centro, no sentido longitudinal (Leste-Oeste), entre a linha de plantas central e a da sua direita, de Leste pa

ra Oeste. Os anemômetros das duas laterais foram posicionados na linha que passa pelo centro dos dois evapotranspirômetros o postos, no sentido Norte-Sul, em cada extremidade da área; o anemômetro central foi posicionado entre os 4 evapotranspirôme tros centrais.

Na Figura 12, pode ser visto, em primeiro plano, o anemômetro instalado na extremidade leste da área cultivada.

As leituras foram feitas às 7:30 da manhã, diã riamente, semelhantemente aos da estação evaporimétrica. Os da dos de total de vento que passou pela cultura em um dia, em km, são apresentados em valores médios e representados pela sigla U_{40C} .

b) Tensiômetros (T)

Com a finalidade de controlar as variações de tensão da água no solo dos evapotranspirômetros e no solo da bordadura (potencial matricial da água do solo - Ψ_m), foram ins talados 9 conjuntos de 3 tensiômetros de manômetro de mercúrio, a 10, 20 e 30 cm de profundidade, sendo 8 conjuntos nos evapo transpirômetros e 1 na bordadura.

Dentro dos evapotranspiromêtros os tensiômetros foram colocados de maneira a ficarem sempre próximos à borda das caixas, para que fosse possível realizar a operação de re tirada das bolhas de ar formadas no interior dos mesmos. Nos evapotranspirômetros com cultura, o tensiômetro de 20 cm de profundidade foi instalado próximo à segunda planta da linha central das caixas, ficando a aproximadamente 30

FIGURA 12 Anemômetro no interior
da cultura.

cm da borda. O tensiômetro de 10 cm de profundidade foi instalado mais interiormente e a 30 cm na parte mais externa, distanciado de 10 cm em relação ao de 20 cm de profundidade, no mesmo alinhamento.

Nas caixas somente com solo, sem cultura, os tensiômetros foram instalados nas mesmas posições daqueles das caixas com cultura.

Na bordadura, a instalação foi feita de forma semelhante, na linha central da área, a 1,5 m dentro da área cultivada, no lado leste da mesma.

As leituras das alturas das colunas de mercúrio foram feitas diariamente, as 7:30 horas da manhã, com régua milimetrada, tomando-se como zero o limite superior do mercúrio na cuba onde estavam mergulhados os tubos de vidro dos manômetros de cada tensiômetro. Essas leituras foram convertidas em potencial matricial da água do solo (Ψ_m), através da seguinte equação:

$$\Psi_m = (-12,6 h + h_1 + h_2)/1033 \text{ (atm)}, \text{ onde:}$$

h = altura da coluna de mercúrio no tubo de vidro (cm.c.Hg)

h_1 = altura do nível de mercúrio na cuba em relação à superfície do solo (cm.c.a.)

h_2 = profundidade onde está situada a porção mediana da cápsula porosa do tensiômetro (cm.c.a.)

1033 = fator de transformação da unidade centímetro de coluna de água para a unidade atmosfera (1033 cm.c.a. = 1 atm).

A Figura 13 mostra um detalhe da posição dos ten
siômetros dentro da caixa, junto às plantas, assim como, a has
te onde estava fixada a cuba de mercúrio, na qual se inseriam
as extremidades dos tubos de vidro que funcionaram como manô
metros.

Uma visão geral da localização dos ten
siômetros e dos anemô
metros no interior da área experimental é mostrada
na Figura 14.

c) Termômetro de solo

As variações térmicas ocorridas no solo dos evapo
trans
pirometros foram avaliadas através de um termômetro digital portátil, com
com precisão de $0,1^{\circ}\text{C}$ e sensor de par termoeletrico de NiCr. - Ni (tipo
K), com medição na faixa de -70°C a $+199,9^{\circ}\text{C}$.

O sensor estava inserido em um tubo de aço inoxidável em
cuja ponta cortada em bixel para penetração no solo, estava soldada a jun
ção NiCr. - Ni. Este tubo de aço inoxidável possuía um comprimento de 200
mm e diâmetro de 3 mm e estava preso a uma haste rígida que permitia o ma
nuseio do sensor. Do interior desta haste saía o cabo com os terminais que
vinham do sensor, o qual era conectado ao equipamento de leitura digital
com visor de cristal líquido. O sensor era móvel, inserindo-o no solo às
profundidades desejadas toda vez que foram feitas as tomadas de temperatu
ra.

Foram realizadas leituras na superfície do solo das cai
xas (spf) e às profundidades de 2,5, 5,0, 10,0 e 20,0 cm, diaria
mente, nos seguintes horários: 7:00, 10:00, 13:00, 15:00 e 18:00 hs.

FIGURA 13 - Tensiômetros instalados dentro do evapotranspirômetro, a 10, 20 e 30 cm de profundidade.

FIGURA 14 - Vista de cima da área com a distribuição dos tratamentos e localização dos tensiômetros e anemômetros.

3.5.4.2. Outros dados climáticos

a) Radiação solar global na horizontal (R_s)

A 50 m da área do ensaio foi instalado um Pironômetro, marca Eppley, modelo 8 - 48, acoplado a um registrador Speedomax, marca Leeds & Northrup, modelo H, com 1 canal, para medição do total de radiação solar global que incidiu sobre a área, na horizontal, diariamente, em $\text{cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. O sensor foi instalado sobre uma plataforma horizontal de alumínio e esta foi fixada nessa posição em um mastro de ferro, de tal forma que a cúpula de vidro do sensor ficasse a 1,50 m da superfície do solo, que estava vegetado com grama batatais (*Paspalum notatum* L.) em pleno desenvolvimento vegetativo. Os sinais enviados pelo sensor do piranômetro, em mV, eram recebidos pelo registrador que transformava-os em cal.cm^{-2} , cujos valores eram registrados em um papel gráfico que ao final do dia, por integração da curva, fornecia o total de radiação global incidente recebido.

b) Temperatura (T), umidade relativa do ar (UR) e insolação (n)

A fim de complementar as informações climatolôgicas (micro e mesoclimatológicas) obtidas por medições feitas na área ou muito próxima dela, também foram coletados os dados diários de temperatura máxima ($T_{\text{máx.}}$), mínima ($T_{\text{mín.}}$) e média ($T_{\text{méd.}}$) e umidade relativa média do ar (UR), assim como dados de insolação. Esses dados foram levantados pela estação agroclimatológica da Faculdade, situada a 300 m, aproximadamente, da

área do ensaio, sendo estes parâmetros climáticos normalmente levantados por esta estação.

3.6. Caracterização dos tratamentos

3.6.1. Definição dos termos ET_m e ET_r

Para a caracterização dos tratamentos, serão definidos os seguintes termos:

ET_m (Evapotranspiração máxima ou demanda climática ideal de água) - é a taxa de máxima evapotranspiração de uma cultura sem problemas fitossanitários, crescendo em uma área extensa sob condições ótimas de manejo agrônômico e de irrigação. Refere-se às condições em que a água disponível no solo seja adequada para um crescimento e desenvolvimento irrestrito da planta (DOORENBOS e KASSAM, 1979 - FAO);

ET_r (Evapotranspiração real ou atual) - demanda de água por uma cultura qualquer com ($ET_r < ET_m$) ou sem restrição de água no solo ($ET_r = ET_m$), em qualquer fase do seu desenvolvimento (VILLA NOVA, BARBIERI e SCARDUA, 1980).

3.6.2. Caracterização dos tratamentos

As relações estudadas nesse ensaio foram levantadas em função de 4 tratamentos que foram definidos como:

1. ET_m; A cultura se desenvolveria nos evapotranspirômetros reservados para este tratamento, segundo as condições

ções definidas para ETm. Para isso, foi mantido, nesses evapotranspirômetros um lençol freático constante, com 8 cm de altura a partir do fundo, o qual manteve a superfície do solo permanentemente umedecida, por ascensão capilar da água através dos microporos do solo, mantendo com ar o espaço poroso restante, ou seja, os macroporos. Dessa forma, a água evaporada e transpirada pelo sistema solo-planta, em função do "continuum" estabelecido entre a superfície evaporante e o lençol freático no fundo da caixa, proporcionava um abaixamento momentâneo do nível deste lençol; uma vez que o nível freático no evapotranspirômetro era mantido pela bôia no reservatório (B), esta sofria um abaixamento, provocando a abertura parcial da válvula de agulha, deixando passar água do reservatório medidor (RM) para o reservatório da bôia (B) e deste para o lençol freático dentro do evapotranspirômetro.

Saindo água do reservatório medidor, ao final de 24 horas, fazia-se a leitura do total evapotranspirado, através da escala graduada de zero a 10 mm na canaleta de alumínio do reservatório e do nônio portátil com precisão de 0,02 mm, conforme já mostrado no item 3.2.4. e Figura 6.

2. e 3. ETr-0,3 e ETr-0,6; nesse tratamento a cultura se desenvolveria nos evapotranspirômetros, sob as condições definidas para ETr, ou seja, haveria uma variação no conteúdo de umidade do solo até que o tensiômetro a 10 cm de profundidade acusasse uma leitura efetuada às 7:00 hs da manhã, de

- 0,3 atm e - 0,6 atm, respectivamente.

Como ponto de partida, procurou-se manter todos os evapotranspirômetros com umidade do solo semelhante até 19/7, quando então os tratamentos puderam ser iniciados diferencialmente. Isto foi feito, adaptando-se um conjunto de irrigação por aspersão à área, onde só foi possível colocar 2 aspersores na linha central, longitudinalmente, a 3,0 m das extremidades e a 12,0 m do outro, muito mais com o objetivo de controlar o efeito das geadas que ocorreram nesse período, principalmente nos dias 7, 8, 9 e 13/7, onde as temperaturas mínimas do ar, dentro do abrigo termométrico chegaram a 4,3, 5,3, 5,3 e 7,6 °C, respectivamente.

Após o desbaste final das plantas, que se realizou em 17/7 e passado o risco momentâneo das geadas, os tratamentos foram instalados, iniciando-se em 19/7.

Os tratamentos ETm receberam água através do reservatório de medição que através da bôia, mandava água para o interior do evapotranspirômetro, que estando com o registro da caixa de drenagem (CD) fechado, formou um lençol freático que em contato com o solo foi fornecendo umidade ao mesmo até que se estabelecesse o equilíbrio entre a altura do lençol freático no evapotranspirômetro e o nível d'água no reservatório da bôia, fechando a válvula de agulha.

Os tratamentos ETr (- 0,3 e - 0,6) também receberam água via lençol freático, somente que o volume de água colocado, até que toda a superfície do solo estivesse igualmente

te umedecida, foi medido.

Quando se verificou que a umidade havia atingido toda a superfície do solo dos evapotranspirômetros ETr, foi procedida a drenagem das caixas, abrindo-se os registros respectivos nas caixas de drenagem (CD) e coletando-se essa água em recipientes com capacidade de 25 litros, até que a drenagem cessasse por completo.

Durante o processo de drenagem, os volumes coletados foram medidos de 25 em 25 litros e no final, as leituras foram feitas com uma proveta de 1000 ml, graduada de 10 em 10 ml.

O mesmo procedimento foi adotado toda vez que os tensiômetros acusaram valores próximos a - 0,3 atm para o ETr-0,3, ou a - 0,6 atm para o ETr-0,6. Dessa forma, foi possível obter a ETr média de cada período compreendido entre duas irrigações sub-superficiais, através da seguinte expressão do balanço hídrico:

$$ETr \text{ média} = \frac{Vc - Vd}{D \times A} \text{ (mm dia}^{-1}\text{); onde:}$$

Vc - volume de água colocado no evapotranspirômetro, em litros.

Vd - volume de água drenado do evapotranspirômetro, em litros.

D - duração do período entre duas irrigações, em dias.

A - área da superfície de solo dos evapotranspirômetros (4,0 m²).

Toda a água drenada somente foi devida à irrigaç

ção uma vez que, as poucas chuvas que ocorreram durante o expe rimento foram interceptadas e desviadas dos evapotranspirôme - tros pelas coberturas que foram colocadas sobre eles, quando estas aconteceram.

4. Es; este tratamento consistiu em manter o solo do evapotranspirômetro sem cultura, durante todo o ensaio e sem variação do teor de umidade, através do controle do ní vel do lençol freático, semelhante ao tratamento ETm, para a medição diária da evaporação.

3.7. Delineamento estatístico

Para a análise estatística dos dados levantados foi adotado um delineamento inteiramente casualizado com repe tições dentro da parcela, segundo STEEL e TORRIE (1960).

Como os tratamentos eram quatro, sorteou - se ao acaso a distribuição dos tratamentos entre os oito eva potranspirômetros, cuja disposição pode ser vista na Fi gura 14.

Cada planta amostrada foi considerada uma repe tição dentro de cada evapotranspirômetro.

3.8. Condução do ensaio

3.8.1. Cultura utilizada

A cultura utilizada no ensaio foi a do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.), cv Goiano Precoce. Este culti

var apresenta-se com hábito de crescimento determinado e ciclo variando entre 75 e 90 dias dependendo das condições ambientais da época em que está sendo cultivado. Possui folhas grandes , altura média de 40 cm, vagens pequenas (10 a 12 cm no máximo) e com poucos grãos chegando no máximo a quatro.

A coloração da vagem é amarelo-creme quando está madura e amarelo-palha quando está seca e os grãos são grandes, arredondados, pesando em média, 0,3 g cada um. O tegumento do grão é liso e brilhante conferindo-lhe um aspecto atrativo.

Este cultivar já não é plantado comercialmente, em função da sua baixa produtividade e baixa resistência a doenças como o mosaico (virus) e oídio (fungo).

3.8.2. Preparo da área para adubação e semeadura

A área delimitada para o ensaio (Figura 14), foi de 216 m^2 (18 m x 12 m), deixando-se um espaço igual ao do tamanho das caixas (2 m), do limite da área ao bordo das caixas.

Depois que as oito caixas estavam preparadas e que a área de bordadura estava preparada e nivelada com o bordo superior das caixas, procedeu-se à divisão da área, no sentido longitudinal, de 0,40 m em 0,40 m. Nas faces leste e oeste da área foram colocadas estacas de 0,40 m em 0,40 m a partir da linha que passava pelo centro das caixas, de tal modo que nos 12 m de largura foram demarcadas 30 linhas com 18 m de comprimento.

Foram esticadas linhas de barbante unindo as estacas da mesma linha de tal forma que foi possível se proceder à abertura manual dos sulcos que iriam receber o adubo mineral.

Os sulcos tiveram, aproximadamente, 10 cm de profundidade, sendo que foram abertos com um sulcador tipo bico de pato, adaptado a um cabo de madeira, o que possibilitou a realização manual dessa operação.

Estando abertos os sulcos, se procedeu à distribuição do adubo no interior deles, aplicando-se na área 27 kg do fertilizante granulado de formulação 02 - 30 - 10 (NPK), quantidade esta equivalente a 500 kg/ha.

Para que a distribuição do fertilizante fosse feita a mais homogênea possível, manualmente, dividiu-se os 27 kg em doses de 100 g, equivalentes a 2 m de sulco, ~~coincidindo~~ com a dimensão dos sulcos nas caixas. Essas doses foram acondicionadas em sacos plásticos e distribuídas em cada sulco das caixas e fora delas e com o auxílio de trenas esticadas dentro dos sulcos, distribuiu-se a quantidade de cada saquinho ao longo de 2 m de sulco.

Terminada esta tarefa, procedeu-se à cobertura com terra, do adubo dentro do sulco, de tal forma a desaparecer o sulco, após o que, com uma colher de pedreiro se procedeu ao nivelamento da terra de cada sulco.

As operações de demarcação, abertura dos sulcos, adubação, enchimento e nivelamento dos sulcos foram realizadas nos dias 14 e 15 de junho.

No dia 17 de junho se procedeu à sementeira da cultura. Para isso, a primeira operação efetuada foi o umedecimento do solo na linha dos sulcos com um pequeno regador, para que as sementes fossem introduzidas facilmente no solo.

Inicialmente procedeu-se à sementeira dentro das caixas dos evapotranspirômetros, colocando-se 3 sementes de feijão sobre o solo, a cada 10 cm, as quais foram introduzidas em seu interior a 4 cm de profundidade, com um pequeno tubo de alumínio de 10 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento, no qual se procedeu a uma marcação com uma fita adesiva a 4 cm de uma das extremidades.

Os orifícios deixados nos lugares onde foram introduzidos os grãos, foram preenchidos com terra peneirada e posteriormente umedecidos.

Terminada a sementeira nas caixas, a mesma operação foi realizada na área circundante.

Da sementeira até a emergência total das plântulas (29/6), a área toda foi irrigada diariamente, aplicando-se por aspersão 1500 litros de água, que não foram distribuídos uniformemente, principalmente nas laterais, em virtude da impossibilidade de se instalar mais dois aspersores na área. No entanto, a umidade mesmo nas áreas onde caía uma menor quantidade de água, foi suficiente para que a emergência das plântulas se desse de forma bastante uniforme e no mesmo dia.

3.8.3. Tratamento fitossanitário, desbastes e adubação de cobertura.

3.8.3.1. Tratamento fitossanitário

Para que as plantas tivessem seu crescimento e desenvolvimento sem problemas de doenças e pragas, foi feito , junto ao Departamento de Defesa Fitossanitária da Faculdade um programa de aplicação de defensivo, principalmente contra insetos vetores das viroses conhecidas como "mosaico" do feijoeiro. Este programa constou de pulverizações semanais do produto comercial conhecido como Ortho-Hamidop, na dosagem de 20 ml por 15 litros da solução, desde o momento em que se verificasse o aparecimento, na superfície do solo, do epicótilo da plântula, ou seja, quando esta se encontrasse entre a germinação e emergência no estágio conhecido como "joelho".

3.8.3.2. Desbastes

Conforme já descrito, para que fosse garantido um bom "stand" da cultura após a emergência, a sementeira foi abundante, de tal forma que se recorreu ao desbaste das plântulas excedentes para que a população efetiva fosse aquela correspondente a uma planta a cada 20 cm na linha e 40 cm entre linhas de cultura.

Inicialmente seria feito um só desbaste, cortando-se as plantas excedentes ao nível do solo, por ocasião da primeira amostragem para medição da área foliar (09/7). Por ter havido uma queda de folhas durante a noite do dia 01 pra o dia 02/7, devido, provavelmente, a algum inseto migrador que não

pode ser identificado, decidiu-se realizar esta operação, em duas etapas, afim de ainda poder contar com plantas em perfeito estado, mesmo se ocorresse outra queda de folhas.

Após o dia 03/7, intensificou-se a aplicação do inseticida que já estava sendo utilizado, uma vez que sua ação sistêmica na planta se estendia também a insetos cortadores. Dessa forma, sob orientação do Departamento de Defesa Fitossanitária, passou-se a aplicar o produto 2 vezes por semana, não se verificando mais a queda de folhas.

No dia 09/7 foi realizado o primeiro desbaste, eliminando-se as plantas que haviam perdido folhas e aquelas com menor vigor e defeituosas, ficando assim 2 a 3 plantas a cada 20 cm nas linhas.

O segundo desbaste foi realizado no dia 17/7, deixando-se somente 1 planta a cada 20 cm, ficando nas caixas, 10 plantas por linha, totalizando 50 plantas na caixa toda, o que foi mantido até a colheita, uma vez que não ocorreu morte de nenhuma planta após este desbaste.

3.8.3.3. Adubação de cobertura

Foi feita uma adubação de cobertura à base de adubo nitrogenado no dia 24/7, por se verificar que a cultura apresentava tanto dentro quanto fora dos evapotranspirômetros, um amarelecimento das suas folhas. Dessa forma, aplicou-se a 10 cm do caule das plantas, o equivalente a 200 kg.ha^{-1} de sulfato de amônia, correspondente a 40 kg.ha^{-1} de nitrogênio. Pa

FIGURA 15 - Vista geral da area do ensaio na época da adubação de cobertura.

ra cada 2 m de linha de plantas foi aplicado 16 g do fertilizante, distribuídos manualmente.

3.9. Irrigações nas plantas da área circundante (Bordadura)

As irrigações foram feitas, até 18/7, da maneira como foi descrito em 3.6.2., ou seja através de 2 aspersores na linha central da área, acoplados a uma haste de subida de 2,0 m de comprimento, ficando dessa forma em plano superior ao das coberturas.

A partir da emergência das plântulas (29/6), as irrigações com os aspersores, foram espaçadas, ocorrendo às segundas, quartas e sextas - feiras, com exceção dos dias em que houve risco de perda do ensaio pela ocorrência de geadas, quando, então, a aspersão de água antes do nascer do sol foi uma medida para que as plantas não fossem prejudicadas. Esta técnica propiciou um perfeito controle da geada na área, não permitindo a sua formação sobre as folhas das plantas de feijoeiro.

Por outro lado, como a distribuição da água foi desuniforme, por só haver 2 aspersores em funcionamento, e por ocorrer deriva das gotas formadas próximas aos aspersores, por ação do vento, indo estas caírem somente sobre os evapotranspi^radores localizados na linha de direção do vento, foi decidido que a partir do início dos tratamentos (19/7), a irrigação se faria manual, com regadores e controlada pelo tensiômetro de 10 cm de profundidade da bordadura.

O momento de se proceder à irrigação ficou con

vencionado como sendo aquele em que este tensiômetro acusasse uma leitura próxima a $- 0,6$ atm, limite este máximo de déficit hídrico no solo avaliado nos evapotranspirômetros (ETr $- 0,6$).

A quantidade de água colocada em cada linha de plantas da bordadura, foi determinada distribuindo-se, sobre a linha onde estavam instalados os tensiômetros na bordadura, volumes parciais de água, de forma a mais homogênea possível, para as condições do método, tal que resultasse no abaixamento da coluna de mercúrio no tensiômetro de 10 cm, para valores entre $- 0,1$ e $- 0,2$ atm. Nas demais linhas foram aplicados volumes proporcionais aos seus comprimentos, em relação ao comprimento da linha com os tensiômetros.

3.10. Parâmetros de avaliação dos efeitos dos tratamentos

3.10.1. Índice de Área Foliar (IAF)

O IAF expressa a relação entre a superfície foliar e a superfície do solo disponível à planta.

Para a estimativa do IAF ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, foram feitas medições da área foliar em oito plantas de cada evapotranspirômetro, sendo cada planta considerada uma repetição, para efeito de análise estatística. Essas plantas foram sorteadas aleatoriamente, ficando quatro plantas em cada linha reservada para amostragem (A), conforme pode ser visto na Figura 16. Cada uma das oito plantas, em cada evapotrans

A-LINHAS DE AMOSTRAGEM
 B-LINHAS DE BORDADURA
 P-LINHAS DE PRODUÇÃO
 N-PLANTAS SORTEADAS
 PARA AMOSTRAGEM
 T₁-TENSÍÔMETRO a 10cm DE
 PROFUNDIDADE
 T₂-TENSÍÔMETRO a 20cm DE
 PROFUNDIDADE
 T₃-TENSÍÔMETRO a 30cm DE
 PROFUNDIDADE
 • PLANTA DE FEIJOEIRO

ESCALA - 1:20

FIGURA 16 - Vista da superfície dos evapotranspirômetros com a localização das plantas numeradas para acompanhamento do desenvolvimento da área foliar.

pirômetro recebeu uma plaqueta de alumínio numerada, pois as medições foram feitas sempre nas mesmas plantas, e em todas as folhas e folíolos com mais de 3 cm de comprimento (Figura 17).

A estimativa da área foliar em cada instante, foi feita através da medição do comprimento das lâminas de folhas e folíolos na região da nervura central e da largura das mesmas no local onde esta apresentava a maior dimensão. O valor da superfície de cada lâmina foliar, foi estimado fazendo-se o produto do comprimento pela largura e por um fator de correção que foi de 0,70 quando a folha era cordiforme (folhas primárias), e 0,59 quando o folíolo mensurado era elíptico (demais pares de folhas).

As medições foram realizadas com réguas de material plástico, com precisão de 1 mm e as amostragens, a partir de 09/7, foram feitas às terças e sexta-feiras. Somente as amostragens em 23/8 e 30/8 é que ocorreram com um intervalo de 7 dias, uma vez que, neste período, ocorreu estabilidade no número de folhas das plantas e uma pequena variação na área foliar. A amostragem seguinte, a de 03/9, já voltou a obedecer o intervalo inicial, visto que entre essas duas últimas amostragens citadas, ocorreu um amarelecimento acentuado das folhas nos tratamentos ETr - 0,3 e ETr - 0,6, denotando rápido processo de senescência desses órgãos.

A metodologia de estimativa da área foliar, assim como os fatores de correção utilizados, foram aqueles apre

FIGURA 17 Detalhe das plantas dos evapotranspirô-
metros com plaquetas numeradas, para
medição da área foliar.

sentados por BENINCASA et alii (1976).

O somatório da área de cada lâmina foliar resultou na área foliar total de cada planta, que dividido pelo espaçamento reservado para a planta (0,40 m x 0,20 m), forneceu o IAF.

3.10.2. Número máximo de folhas

Ao número total de folhas primárias mais folíolos que formam as folhas trifoliadas do feijoeiro, chamou-se , genericamente, de número de folhas.

Em cada amostragem, para medição da área foliar, concomitantemente era contado o número de folhas das oito plantas amostradas.

Sabendo-se que o feijoeiro possui um ciclo definido, sendo chamado de planta de ciclo anual, naturalmente emitiria um número de folhas que atingiria um máximo. Dessa forma, o objetivo da contagem em questão, foi de avaliar se tratamentos induziriam uma modificação nessa característica da planta que é definida pelo seu potencial genético. Dessa forma, poder-se-ia conferir até que ponto o fator ambiental água, dentro dos limites estipulados pelos tratamentos, poderia influir na manifestação fenotípica das plantas desse cultivar de feijoeiro.

3.10.3. Número máximo, número final e redução percentual do número de vagens por planta

A partir do momento em que se diferenciaram as primeiras vagens nas plantas numeradas, juntamente com a área foliar e a contagem do número de folhas, foi feito o levantamento do número de vagens por planta, até que este atingiu um número máximo, a partir do qual iniciou o processo de aborto de algumas vagens. Da mesma forma, por ocasião da colheita das vagens com grãos, contou-se o número final de vagens para cada tratamento.

3.10.4. Número médio de grãos por vagem e por planta

O número médio de grãos por vagem e por planta foi determinado após a colheita onde, de todas as 50 plantas de cada evapotranspirômetro, foram retiradas as vagens com grãos e de cada planta foi determinado o número de vagens e o número de grãos.

Para efeito de análise estatística foram consideradas 48 plantas de cada evapotranspirômetro, uma vez que no evapotranspirômetro nº 3 do tratamento ETm, havia uma planta de outro cultivar e outra com "mosaico". Dessa forma, nos demais evapotranspirômetros foram sorteadas, ao acaso, 2 plantas, as quais não foram computadas.

3.10.5. Peso médio de grãos por planta e peso médio de 100 grãos

Após a retirada e contagem das vagens e dos grãos de feijão de cada planta, procedeu-se à pesagem desses grãos ,

em balança elétrica com precisão de 0,01 g. Depois dessa opera
ção, juntou-se os grãos colhidos de todas as plantas de cada
tratamento em separado, tomando de cada um 9 amostras de 100
grãos, de forma aleatória. Essas amostras foram pesadas em ba
lança elétrica de 0,01 g, após o que foram levadas à estufa de
aeração forçada, a 105 °C por 24 horas, para se determinar o
teor médio de umidade dos grãos, em base úmida, para cada tra
tamento. Depois de 24 horas, as amostras foram retiradas da es
tufa, acondicionadas em dessecadores com sílica gel, para que
esfriassem sem absorverem umidade do ambiente. Após o resfria
mento as amostras foram novamente pesadas, utilizando-se da
mesma balança já mencionada.

Os pesos obtidos antes de se levar à estufa (Pe
so úmido - Pu) e depois de secos (Peso seco - Ps) permitiram
que fossem calculados os teores de umidade dos grãos, através
da expressão:

$$U = \frac{Pu - Ps}{Pu} \times 100 (\%)$$

Para que os resultados do peso de 100 grãos não
fossem influenciados por teores diferentes de umidade, os dados
obtidos através da expressão foram corrigidos para 15% de umi
dade, utilizando-se da expressão que se segue:

$$P_{UN} = \frac{Ps}{1 - \frac{UN\%}{100}} \quad \text{onde:}$$

P_{UN} = peso dos grãos com umidade desejada (g)

P_s = peso dos grãos em estufa a 105°C por 24 horas (g)

UN = umidade desejada (%)

Dessa forma, peso médio de grãos por planta e peso médio de 100 grãos de cada tratamento, foram comparados estatisticamente, com valores corrigidos para um mesmo teor de umidade.

3.10.6. Produtividade relativa

A produtividade relativa refere-se à relação entre o peso de grãos por planta dos tratamentos $ETr - 0,3$ e $ETr - 0,6$ (Y_r) e o peso de grãos por planta do tratamento ETm (Y_m).

3.10.7. Evapotranspiração relativa

Da mesma forma que a produtividade relativa, a evapotranspiração relativa é a relação entre a evapotranspiração medida em cada tratamento que sofreu défice hídrico no solo ($ETr - 0,3$ e $ETr - 0,6$) e a evapotranspiração máxima (ETm).

3.11. Relações entre evaporação e evapotranspiração

3.11.1. Relações entre ECA, E_s e ETm

Com as medições de evapotranspiração máxima (ETm), evaporação do solo sem deficiência hídrica (E_s) e de evapora

ção do tanque "classe A" (ECA) ao longo do ciclo da cultura, a partir de 23/7, estabeleceu-se por períodos decendiais (10 dias), contando-se os decêndios a partir da emergência das plântulas, relações entre ECA e Es, ECA e ETm e Es e ETm.

3.11.2. Determinação do coeficiente de cultura (Kc)

O coeficiente de cultura (Kc) é o coeficiente que relaciona a evapotranspiração máxima (ETm) de uma cultura qualquer em qualquer fase do seu desenvolvimento e sem deficiência hídrica no solo, com a evapotranspiração de referência (ETo), segundo DOORENBOS e PRUITT (1977).

A evapotranspiração de referência (ETo), segundo estes mesmos autores, é a taxa de evapotranspiração de uma superfície extensa com cobertura vegetal de gramíneas verdes de altura uniforme (podendo variar entre 8 e 15 cm), em crescimento ativo, onde não há escassez de água no solo para o crescimento e desenvolvimento pleno dessa gramínea.

Como a ETm foi medida diariamente, de forma direta, a ETo foi estimada através do método do evaporímetro "classe A" (DOORENBOS e PRUITT, 1977). Esse método relaciona ECA com ETo, através de um coeficiente de tanque (Kp), o qual é determinado através de dados como a umidade relativa média diária (UR %), total de vento (Km/dia), se o tanque "classe A" está sobre área com vegetação baixa ou sobre solo sem vegetação e qual o tamanho da bordadura de grama ou de solo nú da área em que está o tanque "classe A" (Apêndice 01).

Dessa forma, a determinação do K_c fica explícita nas seguintes expressões:

a) $ET_o = K_p \times ECA \text{ (mm/dia)}$

b) $K_c = \frac{ET_m}{ET_o} \text{ (mm/dia)}$

Os valores de K_c foram estimados diariamente (K_c - estimado) , a partir de 23/7 e são apresentados por médias decendias, uma vez que, segundo DOORENBOS e PRUITT (1977), os valores de ECA, para terem consistência, só podem ser formados com médias de períodos de no mínimo 10 dias. Estes valores foram também comparados com os valores decendiais de K_c propostos por estes autores, para a cultura do feijão (seco). Os valores propostos em função dos estágios de desenvolvimento da cultura podem ser vistos no Apêndice 01. .

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Serão apresentados e discutidos em forma de Tabelas e Figuras, concomitantemente, os dados médios levantados no ensaio. Os valores originais, encontram-se em Apêndice.

4.1. Temperatura do solo

Com a finalidade de caracterizar o efeito dos tratamentos sobre a componente térmica do solo, são apresentados nas Tabelas 02 a 05 e nas Figuras 18 a 20 os valores e as curvas correspondentes a três períodos característicos do ciclo da cultura do feijoeiro, que foram: 08 a 12 de julho de 1985 - semana imediatamente anterior à de instalação dos tratamentos, o que ocorreu em 19 de julho; 05 a 09 de agosto de 1985 - período escolhido como o representativo do desenvolvimento vegeta

tivo das plantas onde não houve nenhuma irrigação nos ETr e finalmente, 02 a 06 de setembro de 1985, onde já havia ocorrido um decréscimo acentuado da área foliar da cultura em todos os tratamentos.

Os dados relativos aos demais períodos, com exceção desses três já citados, são apresentados nos Apêndices 02 a 10.

4.1.1. Período de 08 a 12 de julho de 1985

Com relação ao período imediatamente anterior à instalação dos tratamentos de níveis de água no solo (08 a 12 de julho), observa-se da análise das Tabelas 02 e 03 que os valores médios dos tratamentos em cada profundidade e horário, não apresentaram grande diferença. Este fato se evidencia ao observarmos os desvios máximos absolutos mostrados na Tabela 03, onde os maiores desvios ocorreram às 15:00 horas e desses, 1,4 °C foi o maior. Essa análise, mostra que havia uma estabilidade térmica entre as 8 caixas dos evapotranspirômetros, demonstrando que o processo utilizado para enchimento delas proporcionou uma boa uniformidade de distribuição e arranjo das partículas até aquele momento.

A Figura 18 mostra o comportamento térmico médio dos solos dos evapotranspirômetros a Spf, 2,5, 5,0, 10,0 e 20,0 cm de profundidade. Saliente-se que esta média incluiu também o tratamento Es, isto é, sem cultura, uma vez que as temperaturas encontradas nesse tratamento, no período em questão, não foram consideradas diferentes das temperaturas dos tratamentos

TABELA 02 - Temperatura média do solo nos evapo-
transpirômetros, em °C, à superfície
(Spf), 2,5, 5,0, 10,0 e 20,0 cm de
profundidade antes do início dos trata-
mentos de níveis de água no solo.

Período: 08 a 12 de julho de 1985.

UNIDADES	Horários					Profundi- dades
	07:00	10:00	13:00	15:00	18:00	
01-05	8,5	20,0	26,9	27,1	16,5	Spf
02-06	8,7	20,0	27,5	26,0	15,9	
03-08	8,9	20,2	27,1	24,9	15,7	
04-07	8,6	20,0	27,0	24,8	16,7	
Média	8,7	20,0	27,1	25,7	16,2	
01-05	8,3	18,6	26,0	25,9	16,4	2,5
02-06	8,4	18,6	26,4	25,0	16,1	
03-08	8,5	19,1	26,4	23,9	15,9	
04-07	8,2	19,0	26,4	24,3	16,9	
Média	8,3	18,8	26,3	24,8	16,3	
01-05	9,3	15,2	23,0	23,7	17,3	5,0
02-06	9,3	15,4	23,0	22,2	17,1	
03-08	9,4	15,6	23,0	21,9	16,9	
04-07	9,0	15,6	23,3	22,9	18,2	
Média	9,2	15,4	23,1	22,7	17,4	
01-05	11,7	12,8	17,3	19,6	17,7	10,0
02-06	11,1	13,0	17,8	19,1	17,7	
03-08	11,5	13,0	18,0	18,6	17,5	
04-07	11,4	13,2	18,2	19,4	18,9	
Média	11,4	13,0	17,8	19,2	17,9	
01-05	14,9	13,9	14,6	15,8	16,7	20,0
02-06	14,9	14,2	14,9	15,9	16,7	
03-08	14,6	13,9	14,8	15,7	16,5	
04-07	14,7	14,1	15,0	16,1	17,3	
Média	14,8	14,0	14,8	15,9	16,8	

TABELA 03 Temperatura média do solo nos evapotranspirômetros, em °C, à superfície (Spf), 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade, antes do início dos tratamentos e desvios máximos absolutos em relação a média em cada hora rio.

Período: 08 a 12 de julho de 1985.

Profundidades e desvios (d)	Horários			
	07:00	10:00	13:00	15:00 18:00
Spf	8,7	20,0	27,1	25,7 16,2
d	0,2	0,2	0,4	1,4 0,5
2,5	8,3	18,8	26,3	24,8 16,3
d	0,2	0,3	0,3	1,1 0,9
5,0	9,2	15,4	23,1	22,7 17,4
d	0,2	0,2	0,2	1,0 0,8
10,0	11,4	13,0	17,8	19,2 17,9
d	0,3	0,2	0,4	0,6 1,0
20,0	14,8	14,0	14,8	15,9 16,8
d	0,2	0,2	0,2	0,2 0,5

FIGURA 18 - Temperatura média nos evapotranspirômetros às várias profundidades.

(Período: 08 a 12 de julho de 1985)

com cultura. Desse fato pode-se inferir, que até o momento da análise, a cobertura vegetal ainda não havia produzido sombreamento suficiente, ao ponto de ocasionar um efeito diferencialmente marcante no balanço de energia do solo nas caixas relativas aos tratamentos ETm e ETr quando confrontados com os Es.

4.1.2. Período de 05 a 09 de agosto de 1985

No período de 05 a 09 de agosto, período este em que a cobertura vegetal se apresentava bastante desenvolvida, observa-se pela Tabela 04 e Figuras 19a e 19b, que o tratamento sem cobertura vegetal (Es), apresentou valores superiores aos tratamentos com cobertura vegetal (ETm e ETr), excessão feita ao horário das 7:00 horas onde, de um modo geral, as temperaturas foram inferiores, mostrando que a cobertura vegetal proporcionou uma condição microclimática que condicionou um maior armazenamento de calor no solo durante a noite e durante o dia, a interceptação de grande parte da radiação solar direta incidente sobre a área, impediu um maior aquecimento do solo, impedindo em consequência, um aquecimento maior das camadas mais superficiais, principalmente. Dessa forma, a amplitude de variação de temperatura entre a superfície (Spf) e 20,0 cm de profundidade, foi menor nos tratamentos com cobertura vegetal (ETm e ETr), principalmente nos horários em que o solo esteve mais aquecido, o que aconteceu entre 13:00 e 15:00 horas.

Analisando-se conjuntamente o comportamento térmico dos solos, para cada profundidade, observa-se que na

TABELA 04 - Temperatura média do solo, em $^{\circ}\text{C}$, em cada tratamento, à superfície (Spf), 2,5, 5,0, 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 05 a 09 de agosto de 1985.

Tratamento	Profundidade (cm)	Horários				
		07:00	10:00	13:00	15:00	18:00
ETr-0,6	Spf	11,7	21,1	30,1	28,8	18,2
	2,5	12,1	18,4	27,6	26,8	19,1
	5,0	13,0	16,3	23,7	24,6	20,1
	10,0	15,0	15,2	19,4	21,0	20,3
	20,0	17,2	16,1	17,0	17,7	18,7
ETr-0,3	Spf	12,4	21,7	25,1	24,9	18,1
	2,5	12,1	19,3	24,5	23,6	19,1
	5,0	12,6	17,5	22,6	22,5	20,1
	10,0	14,4	16,1	19,5	20,4	20,2
	20,0	16,5	16,8	17,5	17,0	18,8
ETm	Spf	12,7	20,1	24,3	23,5	17,6
	2,5	12,3	17,7	22,3	22,2	18,5
	5,0	12,9	16,2	20,6	20,9	19,2
	10,0	14,4	15,3	18,0	19,1	19,2
	20,0	16,3	16,3	16,7	17,1	17,9
Es	Spf	11,6	23,3	30,6	29,7	17,9
	2,5	11,3	21,3	29,5	29,4	19,3
	5,0	12,2	18,2	26,9	27,5	20,9
	10,0	14,4	15,5	21,4	23,2	21,5
	20,0	17,0	16,3	17,5	18,5	19,5

FIGURA 19a - Temperatura média do solo, em °C, em cada tratamento, à superfície, 2,5, 5,0, 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 05 a 09 de agosto de 1985.

FIGURA 19b - Temperatura média do solo, em °C, em cada tratamento, à superfície, 2,5, 5,0, 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 05 a 09 de agosto de 1985.

superfície (Spf), as 7:00 horas, o tratamento ETm é o que apresenta a maior temperatura, seguido pelo ETr -0,3, depois o ETr -0,6 e finalmente o Es, ocorrendo por volta das 8:00 hs uma inversão entre o ETm e o Es, passando este último a apresentar a maior temperatura e o ETm a menor. Pode-se concluir daí que no tratamento ETm, em função do balanço de energia (radiação incidente menor), houve menor armazenamento de calor no solo e também ocorreu menor perda de calor do solo para o ar nesse tratatamento do que no Es e no ETr. A cobertura vegetal proporcionou na superfície, um comportamento proporcional aos tratamentos de níveis de água no solo, uma vez que a sequência decrescente de temperatura do solo às 7:00 hs é exatamente a sequência decrescente de nível de umidade para os tratamentos com cultura, isto é, ETm, ETr -0,3 e ETr -0,6, sugerindo um efeito proporcional da quantidade de água na camada superficial com o aquecimento ou resfriamento do solo.

Após as 10:00 horas e até as 15:00 horas, pode-se observar que a sequência decrescente que se estabeleceu foi Es, ETr -0,6, ETr -0,3 e ETm. Uma vez que o tratamento Es é igual ao ETm com relação à umidade do solo, a posição oposta entre esses tratatamentos, mostra o efeito da cobertura vegetal sobre o balanço de energia no solo, funcionando como atenuador para as grandes variações de temperatura na superfície. Esse comportamento se mantém para as demais profundidades do solo, chegando a difereenças de 6,3 °C entre Es e ETm, 5,5 °C entre Es e ETr - 0,3 e 0,5 °C entre Es e ETr - 0,6, na superfície, as 13:00 horas.

A 20,0 cm de profundidade, onde a estabilidade térmica é maior, as diferenças foram menores e da ordem de 0,8 °C entre Es e ETm; não houve diferença entre Es e ETr - 0,3 e foi

de $0,5^{\circ}\text{C}$ entre Es e ETr - $0,6$, no mesmo horário.

O resfriamento que ocorreu na camada de 0 a $10,0$ cm de profundidade, das 15:00 para as 18:00 horas, foi acentuadamente maior no tratamento Es seguido em ordem pelo ETr - $0,6$, ETr - $0,3$ e ETm.

Analizando-se, de uma forma global, o comportamento dos quatro tratamentos com relação à temperatura do solo e relacionando este parâmetro com a variação do IAF e dos níveis de água no solo, pode-se observar que a cobertura vegetal foi um fator mais importante do que a umidade no balanço térmico do solo, nesse período de 05 a 09 de agosto, quando as plantas se encontravam em pleno desenvolvimento vegetativo.

O comportamento sempre oposto entre Es e ETm, a testa a importância da cobertura vegetal no balanço térmico, o que conseqüentemente deverá influir também no balanço hídrico, uma vez que temperaturas maiores no solo, principalmente na superfície, concorrem para que haja maior perda de água do solo para a atmosfera, por evaporação, uma vez que há maior disponibilidade de energia (calor latente) durante o dia, para que esse processo se realize com maior intensidade.

A influência da cobertura vegetal também se verificou na camada de $2,5$ a $10,0$ cm, pois o Es continuou apresentando maior variação da temperatura ao longo do dia, sempre com valores maiores após as 10:00 horas. Houve uma redução gradual nas diferenças entre os tratamentos com o aumento da profundidade, assim como um afastamento da curva do ETr - $0,6$ do Es, na mesma proporção que ocorria uma aproximação

das curvas entre os tratamentos com cultura. Esta aproximação foi devida principalmente, a uma redução mais acentuada da temperatura no ETr - 0,6, do que nos dois outros tratamentos.

Ao que parece, como a umidade do solo, com a profundidade, tende a se igualar entre os tratamentos, as curvas de temperatura também tendem a se igualar nos tratamentos com cultura, uma vez que o efeito da cobertura vegetal se faz sentir mais fortemente nas camadas mais superficiais do solo, conforme se verifica da análise conjunta dos gráficos da Figura 19.

4.1.3. Período de 02 a 06 de setembro de 1985

Este período caracterizou uma fase já de adiantada senescência de grande parte dos órgãos foliares, que caíam ao solo por ação do vento, principalmente.

O comportamento geral dos tratamentos (Tabela 05 e Figuras 20a e 20b) é semelhante ao do período de 05 a 09 de agosto, somente que existe maior aproximação das curvas dos tratamentos com cobertura vegetal (ETm e ETr) com a do solo sem cultura (Es), mostrando que a cobertura vegetal já havia decrescido sensivelmente. Entre o ETm e os ETr, observou-se influência mais efetiva da cobertura do ETm sobre a temperatura do solo em todas as profundidades, demonstrando que o tratamento ETm apresentava-se vegetativamente superior aos dois outros tratamentos (ETr).

Nesse período as amplitudes de variação de temperatura do solo foram menores, devido a temperatura das 7:00 horas

TABELA 05 - Temperatura média do solo, em $^{\circ}\text{C}$, em cada tratamento, à superfície (Spf), 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 02 a 06 de setembro de 1985.

Tratamento	Profundidade (cm)	Horários				
		07:00	10:00	13:00	15:00	18:00
ETr-0,6	Spf	16,2	20,8	26,2	26,4	20,4
	2,5	16,4	19,7	25,0	25,1	21,6
	5,0	16,9	18,7	23,1	23,7	22,5
	10,0	17,8	18,3	20,8	21,7	22,7
	20,0	19,4	19,1	19,4	20,0	21,2
ETr-0,3	Spf	16,8	20,8	25,8	25,5	20,2
	2,5	16,7	19,9	24,9	24,8	21,1
	5,0	17,1	19,1	23,5	24,0	22,0
	10,0	18,2	19,1	21,6	22,5	22,4
	20,0	19,7	19,5	20,2	20,7	21,1
ETm	Spf	16,4	19,9	23,6	23,4	19,1
	2,5	16,3	18,8	22,1	22,1	19,6
	5,0	16,7	18,1	20,9	21,3	19,9
	10,0	17,5	17,8	19,5	20,1	20,1
	20,0	18,6	18,4	18,7	19,1	19,5
Es	Spf	16,3	21,5	27,0	26,3	19,5
	2,5	15,7	20,6	26,4	25,8	20,2
	5,0	16,2	19,1	24,4	24,8	21,3
	10,0	17,3	18,2	21,3	22,6	22,0
	20,0	18,9	18,7	19,4	20,1	20,9

FIGURA 20a - Temperatura média do solo, em $^{\circ}\text{C}$, em cada tratamento, à superfície, 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 02 a 06 de setembro de 1985.

FIGURA 20b - Temperatura média do solo, em °C, em cada tratamento, à superfície, 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 02 a 06 de setembro de 1985.

ser maior que as do período de 05 a 09 de agosto, assim como as temperaturas das 13:00 e das 15:00 horas foram inferiores as do período analisado anteriormente.

4.2. Potencial matricial da água do solo

Os valores diários do potencial matricial da água do solo às profundidades de 10, 20 e 30 cm, nos evapotranspirômetros e na área cultivada fora dos evapotranspirômetros (bordadura), podem ser vistos nas Tabelas 06 a 15, assim como, a representação gráfica da variação desse potencial a 10 cm de profundidade, pode ser observada na Figura 21.

Houve uma uniformidade no potencial da água do solo das caixas dos evapotranspirômetros de todos os tratamentos, até os 21 dias após a emergência das plântulas (19/07), quando então os tratamentos foram realmente instalados.

Nesse período, assim como durante todo o ensaio, o comportamento do solo dos evapotranspirômetros relativos aos tratamentos ETr, foi diferente do solo da bordadura quanto à velocidade com que ocorreram as variações de potencial da água, principalmente por serem os evapotranspirômetros um sistema fechado, onde todo o volume de solo contido dentro das caixas foi, de início, sujeito a uma completa uniformização da umidade e onde praticamente só existiu fluxo de água no sentido vertical ascendente, não sofrendo os processos normais de infiltração e redistribuição espacial e temporal da água que ocorreram, provavelmente, na bordadura.

O decréscimo diário de umidade do solo nos ETr , após o início dos tratamentos, ocorreu de forma lenta até que o potencial atingisse valores entre - 0,15 e - 0,20 atm, quando então as variações foram mais acentuadas. Na bordadura, em nenhum momento o potencial a 10 cm de profundidade atingiu valores tão altos como os dos evapotranspirômetros, sendo que o valor mais alto atingido foi - 0,10 atm. Quando se encontrava a potenciais elevados, estes estiveram sempre na faixa de - 0,10 a - 0,20 atm. Posteriormente, ocorria rápido decréscimo atingindo, em um intervalo de 4 a 6 dias, os valores extremos de - 0,60 atm.

Nos evapotranspirômetros mantidos com lençol freático constante (ETm e Es), não houve ao longo do ensaio, variação sensível dos potenciais a 10, 20 e 30 cm, indicando que havia um suprimento constante de água às camadas superficiais. Os valores de potencial estiveram sempre muito elevados, com valores de - 0,04, - 0,03 e - 0,02 atm de tensão, após o início dos tratamentos. Esses valores e a constância com que eles aconteceram foram verificados tanto sob condição de taxas menores de perda de água para a atmosfera, o que ocorreu com o Es, como para taxas maiores, no ETm, mostrando a eficiência do sistema empregado em manter o solo em condições de não restringir o desenvolvimento normal da planta, assim como, de manter condições para que a demanda máxima de água se estabelecesse , somente em função das características próprias do vegetal e da sua relação com os fatores climáticos que determinaram a deman

da atmosférica em um dado período de tempo.

A Tabela 06 e a Figura 21 mostram com evidência, que houve uma defasagem entre o momento em que os evapotranspi_rômetros do mesmo tratamento atingiram os valores característi_cos de tensão. Para o ETr - 0,3 esta defasagem aconteceu somen_te na segunda vez em que a tensão chegou a valores em torno de - 0,3 atm, com uma defasagem de 5 dias entre E₂ (evapotranspi_rômetro nº 2) e o E₆ (evapotranspirômetro nº 6) enquanto que no ETr - 0,6 a defasagem já foi de 3 dias na primeira vez e de 8 dias na segunda, entre o E₁ e o E₅ (evapotranspirômetros n^{os} 1 e 5).

Tal fato demonstra a dificuldade de se conseguir condições homogêneas de desenvolvimento da cultura sob uma mes_ma condição de manejo, mesmo com todos os cuidados que se pos_sa tomar e numa área tão pequena quanto a área dos evapotrans_pirômetros (4 m²).

Várias hipóteses podem ser levantadas que pode_riam justificar tal comportamento, como por exemplo um arranja_mento interno gradual do solo, não detectável visualmente, de forma diferencial em cada caixa, principalmente nas camadas su_perficiais (Spf a 10 cm de profundidade), que estiveram sujei_tas a um processo mais intenso de umedecimento e secamento.

Nos evapotranspirômetros dos tratamentos, ETr, nos primeiros 4 a 5 dias após o fornecimento e drenagem da água, a superfície do solo se mantinha umedecida mesmo durante o dia ; gradativamente, porém, este umedecimento foi se verificando so

TABELA 06 - Valores diários do Potencial Matricial da Água do Solo, medidos com tensiômetros de manômetro de mercúrio, a 10 centímetros de profundidade, nos tratamentos ETr-0,6 e ETr-0,3 e na bordadura (Bor.).

Potencial Matricial da Água do Solo a 10 centímetros de profundidade (-atm)																	
Dia	Local dos Tensiômetros					Dia	Local dos Tensiômetros					Dia	Local dos Tensiômetros				
	E ₁	E ₅	E ₂	E ₆	Bor.		E ₁	E ₅	E ₂	E ₆	Bor.		E ₁	E ₅	E ₂	E ₆	Bor.
01/7	0,07	0,06	0,08	0,06	0,25	30/7	0,06	0,06	0,06	0,06	0,43	28/8	0,07	0,08	0,21	0,11	0,33
02	0,07	0,05	0,07	0,05	0,16	31	0,07	0,06	0,07	0,06	0,59	29	0,07	0,09	0,21	0,12	0,39
03	0,07	0,06	0,08	0,06	0,20	01/8	0,07	0,07	0,07	0,07	0,12	30	0,07	0,10	0,42	0,14	0,09
04	0,04	0,05	0,06	0,05	0,15	02	0,07	0,07	0,07	0,07	0,18	31	0,08	0,11	0,05	0,17	0,15
05	0,07	0,06	0,07	0,06	0,20	03	0,08	0,08	0,08	0,08	0,32	01/9	0,08	0,12	0,04	0,20	0,19
06	0,08	0,06	0,08	0,06	0,18	04	0,08	0,08	0,08	0,08	0,61	02	0,07	0,11	0,03	0,21	0,20
07	0,08	0,06	0,08	0,06	0,19	05	0,08	0,08	0,08	0,09	0,10	03	0,08	0,13	0,05	0,24	0,21
08	0,07	0,05	0,08	0,06	0,19	06	0,09	0,09	0,09	0,09	0,11	04	0,03	0,15	0,05	0,36	0,27
09	0,06	0,05	0,06	0,05	0,12	07	0,09	0,09	0,09	0,10	0,14	05	0,08	0,16	0,05	0,04	0,30
10	0,07	0,06	0,06	0,06	0,15	08	0,10	0,10	0,11	0,12	0,21	06	0,08	0,18	0,06	0,03	0,39
11	0,07	0,06	0,07	0,06	0,11	09	0,10	0,12	0,12	0,15	0,11	07	0,09	0,21	0,06	0,05	0,16
12	0,08	0,06	0,08	0,06	0,15	10	0,10	0,15	0,17	0,20	0,19	08	0,09	0,28	0,07	0,05	0,22
13	0,06	0,06	0,06	0,05	0,12	11	0,14	0,20	0,29	0,35	0,36	09	0,10	0,37	0,07	0,05	0,38
14	0,08	0,06	0,08	0,06	0,16	12	0,14	0,26	0,37	0,46	0,58	10	0,10	0,43	0,07	0,05	0,45
15	0,08	0,07	0,08	0,06	0,22	13	0,17	0,33	0,05	0,06	0,14	11	0,10	0,48	0,07	0,05	0,13
16	0,07	0,06	0,06	0,05	0,21	14	0,19	0,45	0,04	0,04	0,25	12	0,11	0,52	0,07	0,06	0,15
17	0,08	0,06	0,08	0,06	0,26	15	0,24	0,56	0,05	0,05	0,44	13	0,11	0,59	0,07	0,06	0,22
18	0,08	0,07	0,08	0,06	0,31	16	0,33	0,06	0,06	0,05	0,59	14	0,15	0,04	0,09	0,06	0,26
19	0,08	0,07	0,09	0,06	0,43	17	0,43	0,03	0,06	0,06	0,15	15	0,18	0,03	0,09	0,07	0,34
20	0,05	0,04	0,06	0,04	0,61	18	0,66	0,05	0,06	0,06	0,30	16	0,21	0,04	0,09	0,06	0,11
21	0,05	0,03	0,04	0,04	0,11	19	0,05	0,05	0,07	0,06	0,51	17	0,26	0,05	0,10	0,06	-
22	0,04	0,03	0,04	0,04	0,19	20	0,04	0,06	0,07	0,07	0,62	18	0,31	0,05	0,10	0,07	-
23	0,05	0,05	0,05	0,05	0,31	21	0,05	0,06	0,08	0,07	0,18	19	0,39	0,05	0,11	0,07	-
24	0,05	0,05	0,05	0,05	0,42	22	0,05	0,06	0,09	0,07	0,26	20	0,54	0,05	0,11	0,07	-
25	0,04	0,05	0,06	0,05	0,52	23	0,05	0,06	0,09	0,07	0,11	21	0,60	0,05	0,12	0,07	-
26	0,05	0,05	0,06	0,06	0,60	24	0,06	0,07	0,10	0,08	0,12	22	0,04	0,05	0,14	0,08	-
27	0,05	0,06	0,06	0,06	0,12	25	0,06	0,07	0,11	0,08	0,20	23	0,04	0,06	0,16	0,08	-
28	0,06	0,06	0,06	0,06	0,17	26	0,06	0,07	0,13	0,09	0,30						
29	0,06	0,06	0,06	0,06	0,26	27	0,06	0,07	0,17	0,10	0,35						

E = evapotranspirômetro

E₁ e E₅ = ETr-0,6E₂ e E₆ = ETr-0,3

— momento de adição de água nos ETr-0,3

--- momento de adição de água nos ETr-0,6

FIGURA 21 - Variação diária do potencial matricial da água do solo (ψ_m), em atm, a 10 cm de profundidade para os tratamentos ETr-0,3 e ETr-0,6 e para a bordadura. A seta ($\downarrow$) indica o dia em que se iniciaram os tratamentos.

TABELA 07 Valores diários do potencial matricial da água do solo em atmosferas, medidos com tensiômetros de coluna de mercúrio às profundidades de 20 e 30 centímetros, no evapotranspirômetro nº 1 ($E_1 = E_{Tr}-0,6$).

Potencial Matricial da Água do Solo (-atm)								
Data	Profundidade (cm)		Data	Profundidade (cm)		Data	Profundidade (cm)	
	20	30		20	30		20	30
01/7	0,06	0,04	30/7	0,05	0,04	28/8	0,06	0,05
02	0,06	0,05	31	0,06	0,05	29	0,06	0,05
03	0,06	0,05	01/8	0,06	0,05	30	0,06	0,05
04	0,06	0,05	02	0,06	0,05	31	0,06	0,05
05	0,06	0,05	03	0,06	0,05	01/9	0,06	0,05
06	0,06	0,05	04	0,06	0,05	02	0,06	0,05
07	0,06	0,05	05	0,06	0,05	03	0,06	0,05
08	0,06	0,05	06	0,07	0,06	04	0,07	0,06
09	0,05	0,05	07	0,07	0,06	05	0,07	0,06
10	0,06	0,05	08	0,07	0,06	06	0,07	0,06
11	0,06	0,05	09	0,08	0,07	07	0,07	0,06
12	0,06	0,05	10	0,08	0,07	08	0,08	0,06
13	0,06	0,05	11	0,09	0,07	09	0,08	0,06
14	0,06	0,05	12	0,09	0,08	10	0,08	0,06
15	0,06	0,06	13	0,10	0,08	11	0,09	0,07
16	0,06	0,05	14	0,10	0,09	12	0,09	0,08
17	0,06	0,05	15	0,12	0,09	13	0,10	0,08
18	0,07	0,05	16	0,14	0,10	14	0,10	0,08
19	0,07	0,06	17	0,17	0,12	15	0,10	0,08
20	0,04	0,02	18	0,22	0,14	16	0,10	0,08
21	0,03	0,02	19	0,03	0,02	17	0,11	0,09
22	0,03	0,02	20	0,03	0,02	18	0,12	0,10
23	0,04	0,03	21	0,04	0,03	19	0,12	0,10
24	0,04	0,02	22	0,04	0,03	20	0,13	0,10
25	0,03	0,02	23	0,04	0,03	21	0,14	0,10
26	0,04	0,03	24	0,05	0,04	22	0,03	0,02
27	0,05	0,04	25	0,05	0,04	23	0,03	0,02
28	0,05	0,04	26	0,05	0,04			
29	0,05	0,04	27	0,05	0,04			

TABELA 08 - Valores diários do potencial matricial da água do solo em atmosferas, medidos com tensiômetros de coluna de mercúrio às profundidades de 20 e 30 centímetros, no evapotranspirômetro nº 5 ($E_5 = E_{Tr-0,6}$).

Potencial Matricial da Água do Solo (-atm)								
Data	Profundidade (cm)		Data	Profundidade (cm)		Data	Profundidade (cm)	
	20	30		20	30		20	30
01/7	0,05	0,04	30/7	0,05	0,04	28/8	0,07	0,06
02	0,05	0,04	31	0,06	0,05	29	0,07	0,06
03	0,05	0,04	01/8	0,05	0,04	30	0,08	0,06
04	0,05	0,04	02	0,06	0,05	31	0,09	0,07
05	0,05	0,04	03	0,06	0,05	01/9	0,09	0,07
06	0,05	0,04	04	0,06	0,05	02	0,08	0,07
07	0,05	0,04	05	0,06	0,05	03	0,10	0,08
08	0,05	0,04	06	0,07	0,06	04	0,10	0,09
09	0,05	0,04	07	0,07	0,06	05	0,11	0,09
10	0,05	0,04	08	0,08	0,07	06	0,12	0,12
11	0,05	0,04	09	0,09	0,07	07	0,13	0,10
12	0,05	0,04	10	0,10	0,08	08	0,13	0,11
13	0,05	0,04	11	0,10	0,09	09	0,13	0,11
14	0,05	0,04	12	0,11	0,09	10	0,16	0,12
15	0,05	0,04	13	0,13	0,11	11	0,17	0,13
16	0,05	0,04	14	0,16	0,12	12	0,19	0,14
17	0,05	0,04	15	0,21	0,14	13	0,20	0,15
18	0,05	0,04	16	0,04	0,03	14	0,04	0,02
19	0,05	0,04	17	0,02	0,01	15	0,04	0,02
20	0,03	0,02	18	0,04	0,03	16	0,04	0,03
21	0,03	0,01	19	0,04	0,03	17	0,04	0,03
22	0,02	0,01	20	0,04	0,03	18	0,04	0,03
23	0,03	0,03	21	0,05	0,04	19	0,04	0,03
24	0,04	0,03	22	0,05	0,04	20	0,04	0,03
25	0,04	0,03	23	0,05	0,04	21	0,04	0,03
26	0,04	0,03	24	0,06	0,05	22	0,04	0,03
27	0,05	0,04	25	0,06	0,05	23	0,05	0,04
28	0,05	0,04	26	0,06	0,05			
29	0,05	0,03	27	0,06	0,05			

TABELA 09 - Valores diários do potencial matricial da água do solo em atmosferas, medidos com tensiômetros de coluna de mercúrio às profundidades de 20 e 30 centímetros, no evapotranspirometro nº 2 ($E_2 = E_{Tr}-0,3$).

Potencial Matricial da Água do Solo (-atm)								
Data	Profundidade (cm)		Data	Profundidade (cm)		Data	Profundidade (cm)	
	20	30		20	30		20	30
01/7	0,06	0,05	30/7	0,05	0,04	28/8	0,09	0,06
02	0,06	0,05	31	0,05	0,04	29	0,10	0,08
03	0,06	0,05	01/8	0,05	0,04	30	0,12	0,10
04	0,05	0,04	02	0,05	0,04	31	0,03	0,02
05	0,06	0,04	03	0,05	0,04	01/9	0,02	0,01
06	0,06	0,05	04	0,06	0,05	02	0,02	0,03
07	0,06	0,05	05	0,06	0,05	03	0,04	0,03
08	0,06	0,05	06	0,06	0,05	04	0,04	0,03
09	0,05	0,04	07	0,07	0,05	05	0,04	0,03
10	0,05	0,04	08	0,07	0,06	06	0,04	0,03
11	0,06	0,05	09	0,07	0,06	07	0,04	0,04
12	0,06	0,05	10	0,08	0,07	08	0,05	0,04
13	0,06	0,05	11	0,09	0,08	09	0,05	0,04
14	0,06	0,05	12	0,10	0,08	10	0,05	0,04
15	0,07	0,06	13	0,03	0,02	11	0,05	0,04
16	0,06	0,05	14	0,03	0,02	12	0,05	0,04
17	0,06	0,05	15	0,04	0,03	13	0,05	0,05
18	0,06	0,05	16	0,04	0,03	14	0,06	0,05
19	0,06	0,05	17	0,04	0,04	15	0,06	0,05
20	0,04	0,03	18	0,05	0,04	16	0,06	0,05
21	0,02	0,02	19	0,05	0,04	17	0,06	0,05
22	0,03	0,02	20	0,05	0,04	18	0,06	0,05
23	0,04	0,03	21	0,05	0,04	19	0,06	0,05
24	0,04	0,03	22	0,06	0,05	20	0,06	0,05
25	0,04	0,03	23	0,06	0,05	21	0,06	0,05
26	0,04	0,03	24	0,06	0,05	22	0,07	0,06
27	0,04	0,03	25	0,07	0,05	23	0,07	0,06
28	0,04	0,03	26	0,07	0,06			
29	0,05	0,04	27	0,08	0,06			

TABELA 10 - Valores diários do potencial matricial da água do solo em atmosferas, medidos com tensiômetros de coluna de mercúrio às profundidades de 20 e 30 centímetros, no evapotranspirômetro nº 6 ($E_6 = E_{Tr}-0,3$).

Potencial Matricial da Água no Solo (-atm)								
Data	Profundidade (cm)		Data	Profundidade (cm)		Data	Profundidade (cm)	
	20	30		20	30		20	30
01/7	0,05	0,04	30/7	0,05	0,04	28/8	0,08	0,06
02	0,05	0,04	31	0,05	0,04	29	0,10	0,07
03	0,05	0,04	01/8	0,05	0,04	30	0,10	0,08
04	0,04	0,04	02	0,06	0,04	31	0,10	0,08
05	0,05	0,04	03	0,06	0,05	01/9	0,11	0,09
06	0,05	0,04	04	0,06	0,05	02	0,11	0,09
07	0,05	0,04	05	0,06	0,05	03	0,12	0,10
08	0,05	0,04	06	0,07	0,05	04	0,13	0,10
09	0,04	0,04	07	0,07	0,06	05	0,03	0,02
10	0,04	0,04	08	0,08	0,06	06	0,03	0,01
11	0,05	0,04	09	0,09	0,07	07	0,04	0,03
12	0,05	0,04	10	0,10	0,07	08	0,04	0,03
13	0,05	0,04	11	0,11	0,08	09	0,04	0,03
14	0,05	0,04	12	0,12	0,08	10	0,04	0,03
15	0,05	0,04	13	0,03	0,03	11	0,04	0,03
16	0,05	0,04	14	0,03	0,02	12	0,05	0,04
17	0,05	0,04	15	0,04	0,03	13	0,05	0,04
18	0,05	0,04	16	0,04	0,03	14	0,05	0,04
19	0,05	0,04	17	0,05	0,03	15	0,05	0,04
20	0,03	0,02	18	0,05	0,04	16	0,05	0,04
21	0,03	0,02	19	0,05	0,04	17	0,05	0,04
22	0,03	0,02	20	0,05	0,04	18	0,06	0,05
23	0,04	0,03	21	0,06	0,05	19	0,06	0,05
24	0,05	0,03	22	0,06	0,05	20	0,06	0,05
25	0,04	0,03	23	0,06	0,05	21	0,06	0,05
26	0,04	0,03	24	0,06	0,05	22	0,07	0,06
27	0,04	0,03	25	0,07	0,05	23	0,07	0,06
28	0,06	0,04	26	0,07	0,05			
29	0,05	0,04	27	0,07	0,06			

TABELA 11 - Valores diários do potencial matricial da água do solo em atmosferas, medidos com tensiômetros de coluna de mercúrio às profundidades de 20 e 30 centímetros, na área com cultura fora dos evapotranspirômetros (Bor.= bordadura).

Potencial Matricial da Água do Solo (-atm)								
Data	Profundidade (cm)		Data	Profundidade (cm)		Data	Profundidade (cm)	
	20	30		20	30		20	30
01/7	0,19	0,16	27/7	0,11	0,11	22/8	0,29	0,24
02	0,16	0,16	28	0,15	0,13	23	0,08	0,07
03	0,17	0,16	29	0,20	0,15	24	0,11	0,11
04	0,15	0,15	30	0,30	0,15	25	0,17	0,15
05	0,17	0,15	31	0,35	0,19	26	0,27	0,20
06	0,17	0,16	01/8	0,11	0,10	27	0,32	0,25
07	0,17	0,16	02	0,16	0,13	28	0,44	0,33
08	0,17	0,15	03	0,24	0,16	29	0,55	0,39
09	0,12	0,13	04	0,50	0,21	30	0,10	0,09
10	0,13	0,14	05	0,10	0,10	31	0,15	0,15
11	0,11	0,12	06	0,08	0,08	01/9	0,19	0,19
12	0,13	0,13	07	0,12	0,11	02	0,21	0,20
13	0,12	0,12	08	0,19	0,15	03	0,25	0,21
14	0,14	0,13	09	0,11	0,09	04	0,31	0,27
15	0,16	0,15	10	0,18	0,15	05	0,40	0,30
16	0,18	0,15	11	0,34	0,23	06	0,51	0,39
17	0,20	0,16	12	0,48	0,29	07	0,16	0,16
18	0,21	0,17	13	0,15	0,16	08	0,29	0,22
19	0,24	0,13	14	0,25	0,21	09	0,49	0,38
20	0,30	0,18	15	0,40	0,27	10	0,60	0,45
21	0,10	0,10	16	0,47	0,32	11	0,13	0,13
22	0,12	0,11	17	0,15	0,13	12	0,19	0,15
23	0,22	0,19	18	0,27	0,15	13	0,26	0,22
24	0,28	0,22	19	0,39	0,22	14	0,31	0,26
25	0,33	0,23	20	0,45	0,27	15	0,49	0,34
26	0,37	0,25	21	0,18	0,18	16	0,11	0,11

TABELA 12 - Valores diários do potencial matricial da água do solo em atmosferas, medidos com tensiômetros de coluna de mercúrio às profundidades de 10, 20 e 30 centímetros, no evapotranspirômetro nº 3 ($E_3 = ET_m$).

Potencial Matricial da Água do Solo (-atm)											
Data	Profundidade (cm)			Data	Profundidade (cm)			Data	Profundidade (cm)		
	10	20	30		10	20	30		10	20	30
01/7	0,07	0,05	0,04	30/7	0,04	0,03	0,02	28/8	0,04	0,03	0,02
02	0,06	0,05	0,04	31	0,04	0,03	0,02	29	0,04	0,03	0,02
03	0,06	0,05	0,04	01/8	0,04	0,03	0,02	30	0,04	0,03	0,02
04	0,05	0,05	0,04	02	0,04	0,03	0,02	31	0,04	0,03	0,02
05	0,06	0,05	0,04	03	0,04	0,03	0,02	01/9	0,04	0,03	0,02
06	0,06	0,05	0,04	04	0,04	0,03	0,02	02	0,04	0,03	0,02
07	0,07	0,06	0,04	05	0,04	0,03	0,02	03	0,04	0,03	0,02
08	0,06	0,05	0,04	06	0,04	0,03	0,02	04	0,04	0,03	0,02
09	0,06	0,05	0,04	07	0,04	0,03	0,02	05	0,04	0,03	0,02
10	0,06	0,05	0,04	08	0,04	0,03	0,02	06	0,04	0,03	0,02
11	0,06	0,05	0,04	09	0,04	0,03	0,02	07	0,04	0,03	0,02
12	0,06	0,05	0,04	10	0,04	0,03	0,02	08	0,04	0,03	0,02
13	0,06	0,05	0,04	11	0,04	0,03	0,02	09	0,04	0,03	0,02
14	0,06	0,05	0,04	12	0,04	0,03	0,02	10	0,04	0,03	0,02
15	0,07	0,05	0,04	13	0,04	0,03	0,02	11	0,04	0,03	0,02
16	0,06	0,05	0,04	14	0,04	0,03	0,02	12	0,04	0,03	0,02
17	0,06	0,05	0,04	15	0,04	0,03	0,02	13	0,04	0,03	0,02
18	0,07	0,06	0,04	16	0,04	0,03	0,02	14	0,04	0,03	0,02
19	0,05	0,03	0,02	17	0,04	0,03	0,02	15	0,04	0,03	0,02
20	0,04	0,03	0,02	18	0,04	0,03	0,02	16	0,04	0,03	0,02
21	0,04	0,03	0,02	19	0,04	0,03	0,02	17	0,04	0,03	0,02
22	0,04	0,03	0,02	20	0,04	0,03	0,02	18	0,04	0,03	0,02
23	0,04	0,03	0,02	21	0,04	0,03	0,02	19	0,04	0,03	0,02
24	0,04	0,03	0,02	22	0,04	0,03	0,02	20	0,04	0,03	0,02
25	0,04	0,03	0,02	23	0,04	0,03	0,02	21	0,04	0,03	0,02
26	0,04	0,03	0,02	24	0,04	0,03	0,02	22	0,04	0,03	0,02
27	0,04	0,03	0,02	25	0,04	0,03	0,02	23	0,04	0,03	0,02
28	0,04	0,03	0,02	26	0,04	0,03	0,02				
29	0,04	0,03	0,02	27	0,04	0,03	0,02				

TABELA 13 - Valores diários do potencial matricial da água do solo em atmosferas, medidos com tensiômetros de coluna de mercúrio às profundidades de 10, 20 e 30 centímetros, no evapotranspirômetro nº 8 ($E_8 = ET_m$).

Potencial Matricial da Água do Solo (-atm)											
Data	Profundidade (cm)			Data	Profundidade (cm)			Data	Profundidade (cm)		
	10	20	30		10	20	30		10	20	30
01/7	0,07	0,06	0,05	30/7	0,04	0,03	0,02	28/8	0,04	0,03	0,02
02	0,06	0,05	0,04	31	0,04	0,03	0,02	29	0,04	0,03	0,02
03	0,07	0,05	0,04	01/8	0,04	0,03	0,02	30	0,04	0,03	0,02
04	0,06	0,05	0,04	02	0,04	0,03	0,02	31	0,04	0,03	0,02
05	0,07	0,05	0,04	03	0,04	0,03	0,02	01/9	0,04	0,03	0,02
06	0,07	0,06	0,05	04	0,04	0,03	0,02	20	0,04	0,03	0,02
07	0,07	0,06	0,05	05	0,04	0,03	0,02	03	0,04	0,03	0,02
08	0,06	0,06	0,05	06	0,04	0,03	0,02	04	0,04	0,03	0,02
09	0,06	0,05	0,04	07	0,04	0,03	0,02	05	0,04	0,03	0,02
10	0,06	0,05	0,04	08	0,04	0,03	0,02	06	0,04	0,03	0,02
11	0,07	0,06	0,05	09	0,04	0,03	0,02	07	0,04	0,03	0,02
12	0,07	0,06	0,05	10	0,04	0,03	0,02	08	0,04	0,03	0,02
13	0,06	0,06	0,05	11	0,04	0,03	0,02	09	0,04	0,03	0,02
14	0,07	0,06	0,05	12	0,04	0,03	0,02	10	0,04	0,03	0,02
15	0,07	0,06	0,05	13	0,04	0,03	0,02	11	0,04	0,03	0,02
16	0,07	0,06	0,05	14	0,04	0,03	0,02	12	0,04	0,03	0,02
17	0,07	0,06	0,05	15	0,04	0,03	0,02	13	0,04	0,03	0,02
18	0,08	0,06	0,05	16	0,04	0,03	0,02	14	0,04	0,03	0,02
19	0,08	0,07	0,06	17	0,04	0,03	0,02	15	0,04	0,03	0,02
20	0,04	0,03	0,02	18	0,04	0,03	0,02	16	0,04	0,03	0,02
21	0,04	0,03	0,02	19	0,04	0,03	0,02	17	0,04	0,03	0,02
22	0,04	0,03	0,02	20	0,04	0,03	0,02	18	0,04	0,03	0,02
23	0,04	0,03	0,02	21	0,04	0,03	0,02	19	0,04	0,03	0,02
24	0,04	0,03	0,02	22	0,04	0,03	0,02	20	0,04	0,03	0,02
25	0,04	0,03	0,02	23	0,04	0,03	0,02	21	0,04	0,03	0,02
26	0,04	0,03	0,02	24	0,04	0,03	0,02	22	0,04	0,03	0,02
27	0,04	0,03	0,02	25	0,04	0,03	0,02	23	0,04	0,03	0,02
28	0,04	0,03	0,02	26	0,04	0,03	0,02				
29	0,04	0,03	0,02	27	0,04	0,03	0,02				

TABELA 14 - Valores diários do potencial matricial da água do solo em atmosferas, medidos com tensiômetros de coluna de mercúrio às profundidades de 10, 20 e 30 centímetros, no evapotranspirômetro nº 4 ($E_4 = E_s$).

Potencial Matricial da Água do Solo (-atm)											
Data	Profundidade (cm)			Data	Profundidade (cm)			Data	Profundidade (cm)		
	10	20	30		10	20	30		10	20	30
01/7	0,06	0,05	0,04	30/7	0,04	0,03	0,02	28/8	0,04	0,03	0,02
02	0,06	0,05	0,04	31	0,04	0,03	0,02	29	0,04	0,03	0,02
03	0,06	0,05	0,04	01/8	0,04	0,03	0,02	30	0,04	0,03	0,02
04	0,05	0,04	0,04	02	0,04	0,03	0,02	31	0,04	0,03	0,02
05	0,06	0,05	0,04	03	0,04	0,03	0,02	01/9	0,04	0,03	0,02
06	0,06	0,05	0,04	04	0,04	0,03	0,02	02	0,04	0,03	0,02
07	0,06	0,05	0,04	05	0,04	0,03	0,02	03	0,04	0,03	0,02
08	0,05	0,05	0,04	06	0,04	0,03	0,02	04	0,04	0,03	0,02
09	0,05	0,04	0,04	07	0,04	0,03	0,02	05	0,04	0,03	0,02
10	0,05	0,04	0,04	08	0,04	0,03	0,02	06	0,04	0,03	0,02
11	0,06	0,05	0,04	09	0,04	0,03	0,02	07	0,04	0,03	0,02
12	0,06	0,05	0,04	10	0,04	0,03	0,02	08	0,04	0,03	0,02
13	0,05	0,05	0,04	11	0,04	0,03	0,02	09	0,04	0,03	0,02
14	0,06	0,05	0,04	12	0,04	0,03	0,02	10	0,04	0,03	0,02
15	0,06	0,06	0,04	13	0,04	0,03	0,02	11	0,04	0,03	0,02
16	0,05	0,05	0,04	14	0,04	0,03	0,02	12	0,04	0,03	0,02
17	0,06	0,05	0,04	15	0,04	0,03	0,02	13	0,04	0,03	0,02
18	0,06	0,05	0,04	16	0,04	0,03	0,02	14	0,04	0,03	0,02
19	0,07	0,05	0,04	17	0,04	0,03	0,02	15	0,04	0,03	0,02
20	0,05	0,04	0,03	18	0,04	0,03	0,02	16	0,04	0,03	0,02
21	0,05	0,03	0,02	19	0,04	0,03	0,02	17	0,04	0,03	0,02
22	0,04	0,03	0,02	20	0,04	0,03	0,02	18	0,04	0,03	0,02
23	0,04	0,03	0,02	21	0,04	0,03	0,02	19	0,04	0,03	0,02
24	0,04	0,03	0,02	22	0,04	0,03	0,02	20	0,04	0,03	0,02
25	0,04	0,03	0,02	23	0,04	0,03	0,02	21	0,04	0,03	0,02
26	0,04	0,03	0,02	24	0,04	0,03	0,02	22	0,04	0,03	0,02
27	0,04	0,03	0,02	25	0,04	0,03	0,02	23	0,04	0,03	0,02
28	0,04	0,03	0,02	26	0,04	0,03	0,02				
29	0,04	0,03	0,02	27	0,04	0,03	0,02				

TABELA 15 - Valores diários do potencial matricial da água do solo em atmosferas, medidos com tensiômetros de coluna de mercúrio às profundidades de 10, 20 e 30 centímetros, no evapotranspirômetro nº 7 ($E_7 = E_s$).

Potencial Matricial da Água do Solo (-atm)											
Data	Profundidade (cm)			Data	Profundidade (cm)			Data	Profundidade (cm)		
	10	20	30		10	20	30		10	20	30
01/07	0,08	0,07	0,06	30/7	0,04	0,03	0,02	28/8	0,04	0,03	0,02
02	0,06	0,06	0,05	31	0,04	0,03	0,02	29	0,04	0,03	0,02
03	0,07	0,06	0,05	01/8	0,04	0,03	0,02	30	0,04	0,03	0,02
04	0,06	0,06	0,05	02	0,04	0,03	0,02	31	0,04	0,03	0,02
05	0,07	0,06	0,05	03	0,04	0,03	0,02	01/9	0,04	0,03	0,02
06	0,08	0,07	0,05	04	0,04	0,03	0,02	02	0,04	0,03	0,02
07	0,08	0,07	0,06	05	0,04	0,03	0,02	03	0,04	0,03	0,02
08	0,07	0,07	0,06	06	0,04	0,03	0,02	04	0,04	0,03	0,02
09	0,06	0,06	0,05	07	0,04	0,03	0,02	05	0,04	0,03	0,02
10	0,07	0,06	0,05	08	0,04	0,03	0,02	06	0,04	0,03	0,02
11	0,08	0,06	0,05	09	0,04	0,03	0,02	07	0,04	0,03	0,02
12	0,08	0,07	0,05	10	0,04	0,03	0,02	08	0,04	0,03	0,02
13	0,07	0,06	0,05	11	0,04	0,03	0,02	09	0,04	0,03	0,02
14	0,08	0,07	0,05	12	0,04	0,03	0,02	10	0,04	0,03	0,02
15	0,08	0,07	0,06	13	0,04	0,03	0,02	11	0,04	0,03	0,02
16	0,07	0,06	0,05	14	0,04	0,03	0,02	12	0,04	0,03	0,02
17	0,08	0,07	0,06	15	0,04	0,03	0,02	13	0,04	0,03	0,02
18	0,09	0,07	0,06	16	0,04	0,03	0,02	14	0,04	0,03	0,02
19	0,09	0,08	0,06	17	0,04	0,03	0,02	15	0,04	0,03	0,02
20	0,04	0,03	0,02	18	0,04	0,03	0,02	16	0,04	0,03	0,02
21	0,04	0,03	0,02	19	0,04	0,03	0,02	17	0,04	0,03	0,02
22	0,04	0,03	0,02	20	0,04	0,03	0,02	18	0,04	0,03	0,02
23	0,04	0,03	0,02	21	0,04	0,03	0,02	19	0,04	0,03	0,02
24	0,04	0,03	0,02	22	0,04	0,03	0,02	20	0,04	0,03	0,02
25	0,04	0,03	0,02	23	0,04	0,03	0,02	21	0,04	0,03	0,02
26	0,04	0,03	0,02	24	0,04	0,03	0,02	22	0,04	0,03	0,02
27	0,04	0,03	0,02	25	0,04	0,03	0,02	23	0,04	0,03	0,02
28	0,04	0,03	0,02	26	0,04	0,03	0,02				
29	0,04	0,03	0,02	27	0,04	0,03	0,02				

mente pela manhã, enquanto que no decorrer do dia, com o aumento da radiação solar e do vento e com a diminuição da umidade relativa do ar, ocorria um secamento dessa superfície demonstrando que se estabelecia uma defasagem entre a demanda atmosférica e a velocidade com que a água evapora da superfície do solo era reposta por ascensão capilar da umidade das camadas mais profundas do solo. Tal defasagem foi se acentuando de tal forma, que depois de 10 dias não mais se verificava visualmente o umedecimento da superfície do solo, em hora nenhuma do dia ou da noite.

Por essas observações, verificou-se que as variações hídricas ocorridas na camada mais superficial (Spf a 10 cm de profundidade) foram importantes no comportamento geral do sistema e que equipamentos mais sensíveis com sensores de menor tamanho que as cápsulas dos tensiômetros seriam necessários para que pudessem ser detectadas variações em camadas menores, como entre a Spf e 5,0 cm e entre 5,0 e 10,0 cm de profundidade.

4.3. Índice de área foliar (IAF)

Os efeitos dos tratamentos sobre o desenvolvimento da cultura foi altamente significativo conforme pode ser observado ao se analisar a Tabela 16 e a Figura 22. Dessa análise, nota-se que por ocasião do início dos tratamentos (19/7), aos 21 dias após a emergência, as plantas dos três tratamentos se apresentaram com um desenvolvimento semelhante da superfície foliar, correspondente em média a 25% da área da superfície

TABELA 16 - Valores médios do Índice de Área Foliar (IAF) do feijoeiro, para cada tratamento, dos 11 aos 77 dias após a emergência.

Datas das amostragens Dias após a emergência	Índice de Área Foliar (I.A.F.)			D.M.S. (Tukey-5%)
	ETm	ETr-0,3	ETr-0,6	
09/7 - 11	0,11 a*	0,11 a	0,11 a	0,012
12/7 - 14	0,13	0,14	0,13	-
16/7 - 18	0,19	0,20	0,17	-
19/7 - 21	0,25 a	0,27 a	0,23 a	0,075
23/7 - 25	0,37	0,39	0,33	-
26/7 - 28	0,47	0,52	0,43	-
30/7 - 32	0,57	0,62	0,48	-
02/8 - 35	0,82	0,87	0,69	-
06/8 - 39	1,36	1,25	1,08	-
09/8 - 42	1,70	1,51	1,30	-
13/8 - 46	2,14 a	1,66 a	1,44 a	0,922
16/8 - 49	2,36 a	1,73 a	1,46 a	1,008
23/8 - 56	2,63 a	1,49 ab	1,35 b	1,160
30/8 - 63	2,14 a	1,08 b	0,94 b	1,051
03/9 - 67	1,55 a	0,32 b	0,46 b	0,324
06/9 - 70	1,13	0,24	0,36	-
10/9 - 74	0,43	0,10	0,05	-
13/9 - 77	0,28 a	0,03 b	0,04 b	0,161
Valores Máximos	2,65 a	1,75 ab	1,48 b	1,123

* Médias seguidas de letras iguais não diferem significativamente entre si.

FIGURA 22 - Variação do índice de área foliar (IAF), com o de desenvolvimento da cultura, para os tratamentos ETm, ETr-0,3 e ETr-0,6. A seta (†) indica o início dos tratamentos.

cie de solo disponível a cada planta que foi de 800 cm^2 . A análise estatística dos valores de IAF mostraram que as diferenças não foram significativas.

Esta resposta quanto à homogeneidade da cobertura vegetal nesse período, está relacionada às condições também homogêneas de umidade e temperatura do solo, conforme pode ser visto, através dos dados de IAF, neste período, de temperatura do solo no período de 08 a 12 de julho (Tabela 02) e de potencial matricial para o mesmo período (Tabelas 06 a 13 e Figura 21).

No período de 05 a 09 de agosto, imediatamente anterior à primeira irrigação dos ETr - 0,3, o que se deu em 12 de agosto (24 dias após o início dos tratamentos), já se observa um maior desenvolvimento em área foliar das plantas ETm, cujo valor total em 09 de agosto, foi 1,70 contra 1,51 e 1,30 dos ETr - 0,3 e - 0,6, respectivamente, embora, conforme pode ser inferido da análise da Tabela 16, os valores de IAF entre esses tratamentos não fossem significativamente diferentes.

Analisando-se conjuntamente com a temperatura do solo (Tabela 04 e Figura 19) e o potencial matricial da água do solo a 10 cm de profundidade (Tabela 06 e Figura 21), no mesmo período, observa-se que, embora a análise estatística mostrasse diferença não significativa para a área foliar dos três tratamentos, houve uma diferença acentuada na temperatura das camadas superficiais do solo (Spf e 2,5 cm) nos diferentes tratamentos, diferença esta que decresceu com o aumento da

profundidade.

O fato dos tensiômetros a 10 cm de profundidade, não apresentarem valores que possam ser considerados diferentes (- 0,11 e - 0,13 atm no dia 09 de agosto), entre o ETr - 0,3 e o ETr - 0,6 (Tabela 06), mas que foram diferentes do ETm (- 0,04 atm; Tabelas 12 e 13) mostra a importância da camada superficial do solo, acima dos 10 cm, uma vez que o efeito combinado da maior superfície foliar com a maior umidade da superfície, que se mantinha constantemente suprida de água, levou a menores valores de temperatura do solo nas camada compreendida entre a Spf e 5,0 cm.

O efeito da maior cobertura foliar sobre a temperatura dessa camada mais superficial, fica mais evidente ao comparar-se os dois tratamentos ETr. O ETr - 0,3 com valor de IAF 16% maior que o ETr - 0,6, produziu um efeito atenuador também maior sobre a temperatura do solo, modificando o balanço energético do sistema solo-planta, de forma diferencial entre esses tratamentos.

Estatisticamente, as diferenças entre IAF dos tratamentos, só se evidenciaram aos 56 dias após a emergência da cultura, quando o ETm atingiu o ponto máximo de crescimento em área foliar, enquanto que os ETr já estavam em fase decrescente, tendo se verificado que os máximos para estes tratamentos ocorreram aos 49 dias. Ocorreu, então, uma defasagem de 7 dias entre os valores máximos de IAF, mostrando que as condições microclimáticas estabelecidas com o suprimento à demanda

máxima de água pela cultura (ET_m), levou a um alongamento do ciclo das plantas desse tratamento em relação aos ETr.

Dos 63 aos 77 dias após a emergência, o tratamento ET_m diferiu significativamente dos ETr e estes não diferiram entre si nem nesse período e nem nos demais períodos analisados.

Apesar dos valores máximos de IAF entre ET_m e ETr ocorrerem em épocas diferentes, quando comparados entre si mostraram que o ET_m diferiu significativamente apenas do ETr - 0,6. Os tratamentos ETr não diferiram entre si.

4.4. Relações entre evapotranspiração e evaporação

São apresentados nas Tabelas 17 a 20 e na Figura 23, respectivamente, os valores diários medidos da evaporação do tanque "classe A" (ECA), da evaporação do solo das caixas sem cultura (Es) e da evapotranspiração máxima ou demanda máxima de água da cultura (ET_m); valores médios decendiais de radiação solar global (Rs), temperatura do ar (T_{máx.}, T_{mín.} e T_{méd.}), total de vento, umidade relativa do ar (UR) e de precipitação (P); valores médios decendiais de ECA), ETo, ET_m e Es e finalmente a Figura 23 mostra a representação gráfica da variação decendial desses parâmetros, com exceção da ETo que foi estimada através da ECA.

Da análise desses dados constata-se que o ensaio se desenvolveu sob condição de baixíssima precipitação, uma vez que em 90 dias de ensaio choveu apenas 3,3 mm, de mé

TABELA 17 - Valores de Evaporação do Tanque "classe A" (ECA), do solo dos evapotranspirômetros sem cobertura vegetal (Es-média) e dos evapotranspirômetros com cultura de feijoeiro (ETm-média) em milímetros de água por dia, no período de 23/7 a 26/9 de 1985.

Data	ECA (mm.dia ⁻¹)	Es média (mm.dia ⁻¹)	ETm média (mm.dia ⁻¹)	Data	ECA (mm.dia ⁻¹)	Es média (mm.dia ⁻¹)	ETm média (mm.dia ⁻¹)
23/7	5,20	3,47	3,77	25/8	5,90	3,03	5,56
24	7,18	3,71	4,10	26	5,74	2,72	5,73
25	4,46	2,92	3,24	27	7,70	3,49	7,23
26	5,98	3,13	3,19	28	9,50	4,43	7,43
27	4,78	3,11	3,47	29	5,98	3,20	5,25
28	5,06	3,32	3,54	30	8,54	3,36	5,48
29	5,01	3,06	3,66	31	2,16	1,93	2,97
30	5,28	3,26	4,01	01/9	2,84	1,59	1,96
31	5,72	3,37	4,32	02	8,24	4,77	5,81
01/8	7,14	3,54	4,72	03	4,60	2,67	3,94
02	8,18	3,98	5,52	04	5,24	2,35	3,80
03	5,68	3,48	4,78	05	6,36	3,95	5,91
04	2,96	2,65	3,90	06	6,58	2,87	4,27
05	6,30	3,45	5,39	07	8,62	4,90	7,07
06	5,12	3,47	5,09	08	6,88	4,69	6,80
07	7,10	3,46	5,17	09	9,18	4,75	6,74
08	5,92	3,24	5,02	10	8,66	4,70	6,98
09	6,18	3,37	5,35	11	7,70	4,73	6,48
10	6,54	3,45	5,71	12	8,44	4,80	6,52
11	5,24	3,74	4,82	13	8,62	4,37	6,10
12	6,30	3,62	4,54	14	9,50	4,89	6,55
13	6,66	3,77	5,14	15	8,28	4,80	5,96
14	6,32	3,69	5,96	16	8,08	4,67	5,55
15	7,28	3,81	6,80	17	8,08	4,80	5,65
16	8,44	4,50	5,76	18	9,20	4,91	5,42
17	6,68	3,60	6,23	19	8,86	4,51	4,99
18	6,46	3,41	6,84	20	9,96	5,13	5,45
19	6,26	3,44	6,57	21	12,56	6,27	6,08
20	8,80	3,46	6,76	22	9,48	5,64	5,48
21	6,04	3,12	5,71	23	7,00	3,79	3,97
22	2,22	1,69	1,96	24	7,84	4,67	4,41
23	6,32	3,55	5,46	25	9,18	5,35	5,01
24	5,94	3,71	5,85	26	9,12	5,54	5,30

TABELA 18 - Valores médios decendiais do total de Radiação Solar Global (Rs) recebida por uma superfície horizontal na latitude de 21°15'22" Sul, em calorias por centímetro quadrado e por dia, e das Temperaturas máximas (Tmax.) , mínimas (Tmin.) e médias (Tméd.) do ar, em graus centígrados.

Decêndios	Radiação Solar Global (cal.cm ⁻² .dia ⁻¹) Rs	Temperatura do Ar (°C)		
		Tmáx.	Tmín.	Tméd.
1º- 29/6 a 08/7	305,04	26,1	11,9	17,9
2º- 09/7 a 18/7	367,22	25,3	9,8	16,5
3º- 19/7 a 28/7	379,44	24,9	9,6	16,8
4º- 29/7 a 07/8	378,81	29,6	13,5	21,1
5º- 08/8 a 17/8	413,24	28,5	11,4	19,6
6º- 18/8 a 27/8	346,09	29,9	11,7	21,5
7º- 28/8 a 06/9	312,42	29,4	16,9	22,0
8º- 07/9 a 16/9	402,87	31,9	15,9	23,5
9º- 17/9 a 26/9	416,87	33,4	17,4	24,5

TABELA 19 - Valores médios decendiais de Vento, totais diários, em quilômetros, a 40 centímetros de altura no interior da cultura (U_{40C}) e sobre grama (U_{40G}) e a 2 metros de altura sobre grama (U_{200G}); da Umidade Relativa do Ar (UR), em porcentagem e do Deficit de Saturação ($e_s - e_a$), em milímetros de mecúrio. Totais de Precipitação Pluvial (P), por decêndio, em milímetros.

Decêndios	Total de Vento (km.dia ⁻¹)			Umidade Rela tiva do Ar (%)	Déficit de Sa turação (mmHg)		Precipitação (mm)
	U_{40C}	U_{40G}	U_{200G}		$e_s - e_a$	P	
19-29/6 a 08/7	38,77	50,28	82,21	64,93	5,39	0,7	
29-09/7 a 18/7	49,86	64,34	122,16	56,61	6,11	0,0	
39-19/7 a 28/7	34,34	55,45	98,65	54,02	6,60	0,0	
49-29/7 a 07/8	19,86	47,52	79,63	48,85	9,58	0,0	
59-08/8 a 17/8	21,75	63,59	106,68	52,30	8,16	0,0	
69-18/8 a 27/8	17,56	53,83	99,28	50,25	9,57	1,2	
79-28/8 a 06/9	34,28	86,51	165,10	63,06	7,33	1,0	
89-07/9 a 16/9	38,00	64,97	112,81	43,90	12,18	0,0	
99-17/9 a 26/9	59,31	83,93	140,96	45,70	12,52	0,4	

TABELA 20 - Valores médios decendiais das Lâminas d'água evapora das através do Tanque Evaporimétrico "classe A" (ECA), dos evapotranspirômetros com cultura de feijoeiro sem restrição de água (ETm), dos evapotranspirômetros sem cultura e sem restrição de água (Es) e da Evapotranspiração de referência ou potencial (ETo) estimada pelo método do Tanque "classe A".

Decêndios	Lâmina d'água evaporada (mm)			
	ECA	ETo	ETm	Es
1º- 29/6 a 08/7	3,84	2,88	-	-
2º- 09/7 a 18/7	5,38	4,01	-	-
3º- 19/7 a 28/7	5,18	3,89	> 3,55*	3,28*
4º- 29/7 a 07/8	5,85	4,39	< 4,66	3,37
5º- 08/8 a 17/8	6,56	4,86	< 5,53	3,56
6º- 18/8 a 27/8	6,14	4,55	< 5,77	3,16
7º- 28/8 a 06/9	6,00	4,46	< 4,68	3,11
8º- 07/9 a 16/9	8,40	5,91	> 6,48	4,73
9º- 17/9 a 26/9	9,13	6,50	> 5,18	5,06

* Média de 6 valores.

FIGURA 23 - Variação decenal do déficit de saturação de vapor ($e_s - e_a$), temperatura do ar ($T_{máx.}$, $T_{méd.}$, $T_{mín.}$), da radiação solar global (R_s), vento (U), evaporação (ECA, ET_m e E_s) e da precipitação (P).

dia umidade relativa do ar ($40 < UR\% < 70$), de temperatura máxima variando de $24,9^{\circ}\text{C}$, no 3º decêndio, a $33,4^{\circ}\text{C}$ no decêndio final quando ocorreu o segundo menor valor de umidade relativa ($45,70\%$) e os maiores valores de temperatura mínima ($17,4^{\circ}\text{C}$), média ($24,5^{\circ}\text{C}$) e de radiação solar global ($416,87 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$), assim como os maiores valores de demanda atmosférica de água representada pela evaporação do tanque "classe A", que chegou a valores tão altos como $9,96 \text{ mm}$ de evaporação no dia 20/9 e $12,56 \text{ mm}$ no dia 21/9.

O menor valor médio decendial de ECA ocorreu no 1º decêndio e foi de $3,84 \text{ mm}$. Observa-se que neste período houve condições de menor radiação solar que nos demais ($305,04 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) e também, de temperaturas relativamente baixas e umidade relativa mais alta ($64,93\%$). A partir do 2º decêndio, os valores médios da ECA foram sempre superiores a $5,00 \text{ mm/dia}$, chegando no 8º e 9º decêndio a $8,40$ e $9,13 \text{ mm/dia}$ de evaporação, respectivamente.

A partir do 3º decêndio são comparados os valores médios de ECA, E_{Tm} e E_s . As variações ocorridas no comportamento das curvas desses tratamentos de evaporação, do 3º ao 9º decêndio (30º ao 90º dia após a emergência), mostram uma interação dos componentes de clima determinantes do processo evaporativo e que compõem o balanço de energia, tais como a radiação solar global (R_g), o déficit de saturação de vapor ($e_s - e_a$), o vento (U) e a temperatura do ar (T).

Observa-se que as curvas de ECA e E_s apresentam

uma conformação bastante semelhante à da curva de radiação solar global (R_g). Dessa forma pode-se inferir da análise das Tabelas 18 a 20 e da Figura 23, que a radiação solar teve um efeito relativamente mais pronunciado no processo evaporativo, vindo a seguir o déficit de saturação, vento e temperatura média do ar, nesta ordem.

As condições climáticas foram favoráveis à alta demanda evaporativa da atmosfera, uma vez que o período do ensaio se caracterizou por baixíssimo índice pluviométrico que totalizou uma lâmina equivalente a 3,3 mm de água e déficits de saturação de vapor elevados principalmente a partir do 4º até o 9º decêndio quando os déficits foram de 9,58; 8,16; 9,57; 7,33; 12,18 e 12,52 mmHg.

Ao se analisar o comportamento da curva de ET_m , observa-se que no início (3º decêndio) e no final do ciclo da cultura (9º decêndio) esta apresentou valores próximos aos de E_s . Isto explica-se porque, no 3º decêndio, a cobertura vegetal estava exercendo um efeito pequeno, sendo a transpiração desta uma pequena contribuição à evaporação direta do solo, predominante nesta fase, para o processo evapotranspirativo enquanto que no 9º decêndio, a cobertura vegetal já estava quase que completamente inativa pela senescência dos seus órgãos.

Na Tabela 17, vê-se que a partir de 21/9 e até o dia 26, os valores de ET_m foram menores do que os de E_s , mostrando que nessa fase a cultura, já completamente inativa, funcionava muito mais como uma barreira à evaporação direta do so

lo das caixas de Es, a superfície das caixas no tratamento de ETm era fisicamente mais rugosa, de tal forma que representou um fator de atenuação a ação do vento, formando um microclima com UR maior que do ambiente externo, aumentando a resistência à difusão do vapor d'água da superfície do solo do ETm para a atmosfera acima da cultura.

A Figura 23 mostra claramente que do 3º para o 6º decêndio a ETm tendeu a aumentar de Es para ECA, na medida em que o IAF cresceu até o máximo; posteriormente, até o 9º decêndio, ocorreu o inverso, na proporção em que o IAF decresceu. Esta relação entre IAF e evapotranspiração é concordante com os resultados obtidos por DENMEAD & McILROY (1970), BRUN et alii (1972) e LUEBS et alii (1975), para as culturas de trigo, soja, sorgo grãoífero e cevada.

A relação entre ECA, Es e ETm foi analisada através de regressão polinomial e o resultado dessa análise com os valores de R (coeficiente de correlação linear), R^2 (coeficiente de determinação) e as equações que melhor ajustam as curvas à distribuição dos pontos, está mostrado na Tabela 21, assim como as curvas relativas às equações podem ser vistas nas Figuras 24, 25 e 26.

Observa-se que ECA e Es mostraram estar correlacionados significativamente, de forma linear, com um coeficiente de correlação linear (R) igual 0,8822 enquanto que o coeficiente de determinação (R^2) foi de 0,7782, significando que 77,82% das variações entre esses dois parâmetros são explicadas pela equação de regressão encontrada. Era de se esperar que a correlação entre ECA e Es fosse linear, uma vez

Tabela 21 - Equações resultantes da análise de regressão polinomial entre os valores de Evaporação do Tanque "Classe A" (ECA), Evaporação do solo, dos evapotranspirômetros sem cultura (Es) e Evapotranspiração máxima (ETm), para ajuste das curvas mais representativas das correlações entre os valores desses parâmetros.

X	-	Y	R	R ²	Equações - Y = f(X)
ECA	-	Es	0,8822	0,7782	Es = 0,8296988 + 0,4287142 . ECA
ECA	-	ETm	-	0,5282	ETm = -0,3057474+1,248634.ECA-0,05993430.ECA ²
Es	-	ETm	-	0,4901	ETm = -2,843615 +3,559714 . Es - 0,3573476.Es ²

R - Coeficiente de correlação linear

R² - Coeficiente de determinação

FIGURA 24 - Representação gráfica da equação de regressão linear para ajuste dos pontos entre a evaporação do solo sem cultura (ES) e do tanque "classe A" (ECA).

FIGURAS 25 e 26 - Curvas representativas da regressão quadrática entre ETm e ECA (25) e ETm e Es (26).

que estes foram afetados igualmente somente pelas condições físicas do meio como radiação solar, umidade relativa, vento e temperatura. A equação Es como uma função de ECA, sendo que grau 1 é representada genericamente pela expressão $y = a + bx$ e sendo b menor do que 1, mostra que ECA foi afetado com mais intensidade do que Es por esses elementos de clima, em função das características próprias de instalação e do meio circundante em cada condição de ECA e Es. Enquanto o tanque "classe A" estava colocado sobre solo gramado, sofrendo, por isso, com grande intensidade, a ação direta das componentes da radiação solar, do vento e da temperatura em todo o seu contorno, as caixas com solo sem cultura (Es), estavam enterradas e por isso tinham em exposição direta aos elementos climáticos citados, somente a superfície superior e esta superfície sempre esteve em plano inferior ao da cultura, sendo portanto mais protegida em todo o seu perímetro, contra a ação do vento, além do sombreamento natural da cultura sobre o solo das caixas, principalmente nas primeiras e últimas horas do dia.

Uma idéia do efeito da cultura sobre o vento, por exemplo, pode-se ter retornando à Figura 23 ao se compararem as curvas de total de vento a 40 cm de altura sobre grama (ao lado do tanque "classe A" - U_{40G}) e à mesma altura sobre cultura (no interior da área cultivada - U_{40C}). Os valores deste último foram sempre inferiores.

Na medida em que se correlacionou ECA e Es com ETm, observou-se que a regressão polinomial resultou do 2º grau

e que os coeficientes de determinação diminuíram. Para a relação ECA - ETm o R^2 foi 0,5282 enquanto que para Es - ETm foi 0,4901, mostrando que os desvios foram maiores, pois a distribuição dos pontos em torno das curvas de ajuste não se mostrou tão homogênea quanto da relação ECA-Es.

Analisando-se mais detidamente a curva da relação ECA - ETm (Figura 26), observa-se que há maior consistência entre os dados de ETm entre 1,9 e 4,0 mm/dia com os de Es entre 1,9 e 3,0 mm/dia, aproximadamente. Neste intervalo pode-se dizer que os dados se correlacionam linearmente e estão relacionados principalmente à fase inicial de desenvolvimento da cultura (3º decêndio), onde já foi visto que a área foliar (IAF) ainda não promovia uma cobertura eficiente do solo.

O resultado da diminuição dos valores de ETm no final do ciclo da cultura é caracterizada nas curvas quadráticas pela inversão destas após terem alcançado o ponto de máximo.

A Tabela 22 apresenta os valores por decêndio, do coeficiente de cultura proposto por DOORENBOS e KASSAM (1979) para o feijoeiro, chamado de Kc-FAO, do coeficiente de cultura estimado, assim como os índices Es/ECA, ETm/ECA, ETm/Es e do índice de área foliar (IAF), do 3º ao 9º decêndio. A variação desses valores pode ser visualizado graficamente na Figura 27.

Os valores de Kc-estimado foram sempre maiores que os propostos por DOORENBOS & KASSAM (1979). Resultados semelhantes foram encontrados por ENCARNÇÃO (1980), em

TABELA 22 - Valores médios por decêndio, a partir do 3º decêndio, dos Coeficientes de Cultura propostos pela FAO (1979)* e estimados através do Tanque Classe A (Kc-FAO e Kc-Estimado), dos índices Es/ECA, ETm/ECA e ETm/Es e do Índice de Área Foliar (IAF).

Decêndios	Dias Após a Emergência	Kc-FAO*	Kc-Estimado (ETm/ETo)	Es		ETm		IAF
				ECA	ECA	ECA	Es	
3º- 19/07 a 28/07	21 a 30	0,58	0,89	0,60	0,65	1,09	0,43	
4º- 29/07 a 07/08	31 a 40	0,74	1,11	0,58	0,80	1,39	0,97	
5º- 08/08 a 17/08	41 a 50	0,86	1,15	0,54	0,84	1,56	2,03	
6º- 18/08 a 27/08	51 a 60	0,98	1,27	0,51	0,94	1,82	2,56	
7º- 28/08 a 06/09	61 a 70	1,09	1,12	0,52	0,79	1,52	1,74	
8º- 07/09 a 16/09	71 a 80	0,61	1,10	0,56	0,77	1,37	0,67	
9º- 17/09 a 26/09	81 a 90	0,28	0,81	0,55	0,57	1,02	-	

DOOREMBOS e KASSAM (1979)

FIGURA 27 - Variação decennial do coeficiente de cultura estimado (Kc-estimado) e proposto (Kc-FAO) e dos índices ES/ECA, ETm/ECA, ETm/Es e do índice de área foliar (IAF).

Piracicaba, SP, com evapotranspirômetros de nível freático cons
tante e com a mesma espécie e cultivar estudado neste ensaio ,
e concluiu ainda, que os valores maiores de Kc-estimado em relaç
ção ao Kc-FAO porposto, podem ter acontecido por problemas de
advecção local que determinou valores mais elevados de ETm em
todo o período. BLAD (1983) comenta que advecção local é com
um em áreas onde a irrigação é praticada, porque campos irrigad
os tendem a ser menos quentes e mais úmidos do que a áreas adj
acentes não irrigadas, havendo portanto transferência horizonta
l de calor dessas áreas não irrigadas para as irrigadas aume
ntando a perda d'água destes e que em climas áridos a sub-húm
idos a advecção de calor sensível pode contribuir com mais de
50% da energia consumida na evapotranspiração.

SOUZA e SILVA (1985), utilizando-se do mesmo tipo
de evapotranspirômetro usado neste ensaio e por ENCARNAÇÃO
(1980), também com a cultura do feijoeiro, na Paraíba, encontr
ou valores de Kc mais próximos dos propostos pela FAO, embora
ainda fossem maiores. Nada mencionaram com relação à energia
advectoria.

A época de ocorrência do valor máximo de Kc entre
o proposto e o estimado não coincidiram, posto que o máximo
estimado aconteceu durante o 6º decêndio (18 a 27/8 - 51 a
60 dias após a emergência) e o máximo proposto, durante o 7º
decêndio (28/8 a 06/9 - 61 a 70 dias após a emergência). O compo
rtamento da curva de Kc-estimado teve o mesmo padrão da curva
de IAF, coincidindo inclusive a ocorrência dos valores máximo

mos de ambos os parâmetros no 6º decêndio.

Os valores de K_c -estimado sofreram menor varia
ção entre o mínimo e o máximo no período analisado do que os
do K_c -FAO, propostos. Como estes valores propostos pela FAO, a
través de DOORENBOS e KASSAM (1979), foram obtidos de trabalhos
desenvolvidos pelos mais diversos pesquisadores em localidades
também diversas e em condições variadas, é possível que estes
valores não representem uma condição em que o solo sempre está
com umidade acima da capacidade de campo, sem que a cultura so
fra restrição ao seu desenvolvimento. Sob essa condição, os
resultados indicam que mesmo o Es mostrou uma alta taxa de eva
poração, de tal forma que no 3º e 9º decêndios, se considerás-
semos os valores de Es em vez dos valores de E_{Tm} para o cálculo de um no
vo K_c , ainda assim, os resultados seriam superiores aos propo
tos (K_c -FAO) nesses períodos. É possível que energia advectiva
de áreas adjacentes à área cultivada tenha contribuído com es
ses altos valores, mas também é possível que as próprias condi
ções climáticas reinantes durante o ensaio, tenham concor
rido para que tanto a evaporação direta do solo das cai
xas dos Es, quanto a evapotranspiração nas caixas de E_{Tm} ,
ocorressem a altas taxas, uma vez que a superfície do solo em
ambas as condições permanecia umedecida constantemente a ní
veis acima do considerado como capacidade de campo, por ascen
ção capilar da água do lençol freático. Novos ensaios devem ser
conduzidos em outras condições climáticas durante o ano, para
que os resultados sejam comparados.

Os índices representados pela relação E_s/ECA , apresentaram pequena variação ao longo do experimento, variando entre 0,51 e 0,60, confirmando a relação linear estreita existente entre estes dois parâmetros.

O índice relativo a ET_m/ECA mostrou o mesmo padrão de variação apresentado pelo K_c -estimado, embora com valores menores, o que é lógico uma vez que o K_c é resultado da relação ET_m/ET_o e o ET_o foi estimado utilizando-se dos valores medidos de ECA . Os valores desse índice variaram de 0,57 a 0,94, enquanto que os do K_c -estimado variaram de 0,31 a 1,27.

O índice ET_m/E_s , mostrou um padrão de variação semelhante ao da relação ET_m/ECA e ao K_c -estimado somente que, os valores absolutos resultantes dessa relação foram maiores.

Os valores mais altos de K_c -estimado, de ET_m/ECA e ET_m/E_s ocorreram entre o 5º e o 7º decêndios, período este que compreendeu a fase de aparecimento dos primeiros frutos até o amadurecimento destes. Deve-se observar que devido às características fisiológicas do feijoeiro, ao mesmo tempo em que existem frutos se desenvolvendo, novas flores estão sendo emitidas de tal modo que este período compreendeu também a floração em sua maior intensidade.

Os valores de evapotranspiração real (E_{Tr}) nos tratamentos submetidos à variação de umidade do solo estão mostrados na Tabela 23. O valor de $E_{Tr} - 0,3$ na primeira avaliação foi de 3,19 mm/dia contra 3,41 mm/dia do $E_{Tr} - 0,6$. Aparentemente parecem valores contraditórios, uma vez que, exist

TABELA 23 - Valores da evapotranspiração real (ETr) e da evapotranspiração máxima (ETm), média de cada período (ETr e ETm) e para cada tratamento (ETr média, ETm média), em milímetros de água por dia, e da relação ETr/ETm média.

Tratamentos	Evapot. nº	Períodos	D (dias)	V (litros)	ETr* (mm.dia ⁻¹)	ETr média-l (mm.dia ⁻¹)	ETm (mm.dia ⁻¹)	ETm média-l (mm.dia ⁻¹)	ETr / ETm	ETr/ETm média
ETr - 0,3	2	20/7 a 13/8	24	290,67	3,03	3,19	4,48	4,48	0,68	0,72
ETr - 0,3	6	20/7 a 13/8	24	322,71	3,36		4,48		0,75	
ETr - 0,6	1	20/7 a 19/8	30	384,73	3,20	3,41	4,88	4,78	0,66	0,72
ETr - 0,6	5	20/7 a 16/8	27	390,08	3,61		4,68		0,77	
					3,57	3,29	4,99	5,20		
ETr - 0,3	2	14/8 a 01/9	19	299,77	3,94	3,94	5,55	5,49	0,71	0,72
ETr - 0,3	6	14/8 a 05/9	23	362,16	3,94		5,43		0,73	
ETr - 0,6	1	20/8 a 22/9	34	370,74	2,73	3,18	5,56	5,61	0,49	0,57
ETr - 0,6	5	17/8 a 14/9	29	421,59	3,63		5,65		0,64	

D = duração dos períodos V = volume d'água retido pelo solo após cessada a drenagem

A = área da superfície do solo dentro do evapotranspirômetro (m²)

$$*ETr = \frac{V}{A \times D} \text{ (mm.dia}^{-1}\text{)}$$

tindo mais água disponível no solo no $E_{Tr} - 0,3$ era de se esperar um valor médio maior. No entanto observa-se que a relação média E_{Tr}/E_{Tm} para ambos os tratamentos E_{Tr} se mantém constante em 0,72. Isto quer dizer que o valor de $E_{Tr} - 0,6$ foi maior do que o de $E_{Tr} - 0,3$ nesse primeiro período porque nos períodos do $E_{Tr} - 0,6$ (20/7 a 19/8 e 20/7 a 16/8) também a E_{Tm} média foi maior, passando de 4,48, no período de avaliação do $E_{Tr} - 0,3$ para 4,78 mm/dia no de $E_{Tr} - 0,6$, indicando que houve um incremento na demanda atmosférica que provocou um aumento proporcional da evapotranspiração real e máxima, nesse período.

Nos períodos posteriores de avaliação da E_{Tr} , dois processos distintos aconteceram para que o valor de $E_{Tr} - 0,3$ fosse maior (3,94 mm/dia) que o do $E_{Tr} - 0,6$ (3,18 mm/dia), apesar do valor médio de E_{Tm} do período relativo ao $E_{Tr} - 0,3$ ter sido menor (5,49 mm/dia) do que o do $E_{Tr} - 0,6$ (5,61 mm/dia). A explicação decorre do fato de que, como a diferença de tempo entre a ocorrência de valores de tensão da água do solo de $-0,6$ atm e $-0,3$ atm foi relativamente grande (10 dias em média), abrangeu um período que para o $E_{Tr} - 0,3$ ainda coincidiu com uma atividade significativa da área foliar das plantas, de tal forma que a razão E_{Tr}/E_{Tm} manteve o mesmo valor constante dos períodos anteriores (0,72). Isto não aconteceu com o $E_{Tr} - 0,6$ porque a maior parte do período abrangido (20/8 a 22/9 e 17/8 a 14/9, aconteceu já em plena senescência das plantas onde a atividade de transpiração já havia diminuído muito. Dessa forma, como as condições de E_{Tm} levaram a um alongamento no ciclo

das plantas submetidas a esse tratamento, a relação E_{Tr}/E_{Tm} caiu para 0,57.

No cômputo geral, considerando a média dos dois períodos de avaliação da E_{Tr} , a evapotranspiração média do $E_{Tr} - 0,3$ foi de 3,57 mm/dia contra 3,29 mm/dia do $E_{Tr} - 0,6$, enquanto que os valores de E_{Tm} foram 4,99 e 5,2 mm/dia de evapotranspiração média, respectivamente, resultando em 5,10 mm/dia de evapotranspiração máxima média do ciclo da cultura.

4.5. Parâmetros de produtividade

Os parâmetros de produtividade (Tabela 24) analisados pelo teste de Tuckey a 5% de significância, mostraram a superioridade do tratamento E_{Tm} sobre os E_{Tr} . Com relação ao número máximo de vagens/planta, as médias não diferiram entre si, no entanto o E_{Tm} apresentou uma diferença média de 3,4 e 7,7 vagens a mais que o $E_{Tr} - 0,3$ e o $E_{Tr} - 0,6$, respectivamente.

O número final de vagens por planta foi afetado pelos níveis diferenciais de evapotranspiração, uma vez que a média do E_{Tm} foi significativamente maior que dos E_{Tr} , enquanto estes não diferiram entre si. Da mesma forma, no E_{Tm} a redução percentual média do número de vagens foi menor do que nos tratamentos em que houve variação na umidade do solo, não ocorrendo diferença entre $E_{Tr} - 0,3$ e $E_{Tr} - 0,6$ para este parâmetro. Outros parâmetros foram afetados da mesma forma, como o número médio de grãos por vagem que também foi estatisticamente maior no E_{Tm} , assim como o peso médio de 100 grãos e o peso médio de

TABELA 24 - Parâmetros de produtividade do feijoeiro. Valores médios de cada tratamento comparados estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Número máximo de vagens/planta (Nº)		Número Final de vagens/planta (Nº)		Redução Percentual do número de vagens/planta (%)		Número máximo de folhas/planta (Nº)			
	$\sqrt{x}$ - (originais)	$\sqrt{x}$ - (originais)	$\sqrt{x}$ - (originais)	$\sqrt{x}$ - (originais)	(originais)	(originais)	$\sqrt{x}$ - (originais)	$\sqrt{x}$ - (originais)		
ETm	5,98-(36,31) a*		3,81-(14,70) a		57,12 a		7,24-(53,25) a			
ETr - 0,3	5,62-(32,00) a		3,08-(9,73) b		65,17 b		6,74-(46,00) ab			
ETr - 0,6	5,31-(28,63) a		2,93-(8,83) b		64,16 b		6,40-(41,37) b			
D.M.S. (Tukey-5%)	1,18		0,43		6,35		0,68			
Tratamentos	Número médio de grãos/vagem (Nº)		Peso médio de 100 grãos (g)		Peso médio de grãos/planta (g)		Produtividade média de grãos (kg/ha)		Produtividade relativa (Yr/Ym)	
	- originais -	- originais -	- originais -	- originais -	- originais -	- originais -	- originais -	- originais -	(Yr/Ym)	(Yr/Ym)
ETm	2,88 a		34,43 a		14,46 a		1.807,21 a		1,00	
ETr - 0,3	2,39 b		28,62 b		6,77 b		845,90 b		0,47	
ETr - 0,6	2,43 b		29,84 b		6,25 b		781,25 b		0,43	
D.M.S. (Tukey-5%)	0,13		3,98		2,36		295,59		-	

*Não há diferença significativa entre as médias com letras iguais.

Yr = produtividade média dos tratamentos ETr.

Ym = produtividade média dos tratamentos ETm.

grãos por planta.

Outro fator afetado pelos tratamentos foi o número máximo de folhas por planta. Para este parâmetro o ETm diferiu apenas do ETr - 0,6 e este não diferiu do ETr - 0,3.

Os valores médios de peso de grãos por planta (g) e da produtividade de grãos (kg/ha) do tratamento ETm, foram estatisticamente diferentes dos ETr e as médias desses últimos não diferiram entre si.

As condições de evapotranspiração em função do déficit de umidade no solo nos tratamentos ETr - 0,3 e ETr - 0,6, foram suficientes para terem provocado uma produtividade relativa de 47% e 43% respectivamente, de onde se infere que houve uma redução de 53% na produção nas condições do ETr - 0,3 e de 57% para o ETr - 0,6.

Analisando-se conjuntamente estes parâmetros observa-se que processos morfogênicos e fisiológicos da cultura foram afetados pelos tratamentos, uma vez que caracteres definidos geneticamente e que completam a morfologia externa das plantas, como o número máximo de folhas e o número de grãos por vagem, foram afetados de forma significativa, assim como a eficiência de translocação e a quantidade de fotossintatos produzidos nas folhas e translocados para os grãos, como resposta a um desenvolvimento foliar significativamente maior proporcionado pelo ETm, conforme se verificou quando da análise da variação do IAF.

A análise dos dados de número de plantas por

classes de distribuição dos parâmetros de produtividade apresentados nas Tabelas 25 a 28 e nas Figuras 28 a 31, deixam evidente a influência dos tratamentos. Verifica-se que, de um modo geral, os tratamentos ETr apresentaram um comportamento semelhante enquanto que no ETm houve um deslocamento da maior concentração do número de plantas para as classes de valores maiores. Para o número final de vagens com grãos por planta (Tabela 25 e Figura 28), os tratamentos ETr - 0,3 e ETr - 0,6 tiveram a maior concentração de plantas nas classes de 6 a 15 vagens enquanto que no ETm isto aconteceu nas classes de 11 a 20, além de apresentar 7% das plantas na classe de 21 a 25 vagens, enquanto que os ETr não apresentaram plantas nesta classe.

Quanto ao número de grãos por planta (Tabela 26 e Figura 29), a distribuição é semelhante, salientando-se apenas que o ETr - 0,6 apresentou 21% das suas plantas na classe de 1 a 15 grãos/planta, contra 13% do ETr - 0,3 e apenas 2% do ETm. No extremo oposto, o ETm mostrou 36% das plantas na classe de 46 a 60 grãos/planta, enquanto que o ETr - 0,3 teve apenas 1 planta e o ETr - 0,6 nenhuma. A maior concentração de plantas do tratamento ETm ocorreu nas classes de 31 a 60; nos ETr - 0,3 e - 0,6 a maior concentração foi nas classes de 16 a 30 e no ETr - 0,6 de 1 a 30, mostrando que este parâmetro de produtividade foi afetado pelo grau de deficiência de evapotranspiração ocorrida em função dos tratamentos.

Outro parâmetro bastante influenciado pelos tratamentos foi o número médio de grãos por vagem (Tabela 27 e Fi

TABELA 25 - Número de plantas por classe de distribuição, relativo ao Número Final de Vagens Com Grãos por planta.

Classes de distribuição Número de vagem/planta (Nº)	Número de plantas		
	Tratamentos		
	ETm	ETr-0,3	ETr-0,6
1 a 5	2	5	11
6 a 10	13	63	62
11 a 15	43	30	27
16 a 20	34	2	0
21 a 25	7	0	0

TABELA 26 - Número de plantas por classe de distribuição, relativo ao Número de Grãos de feijão por planta.

Classes de distribuição Número de Grãos /planta (Nº)	Número de plantas		
	Tratamentos		
	ETm	ETr-0,3	ETr-0,6
1 a 15	2	13	21
16 a 30	12	70	69
31 a 45	47	16	10
46 a 60	36	1	0
61 a 75	2	0	0

TABELA 27 Número de plantas por classe de distribuição, rela
tivo ao Número Médio de Grãos de feijão por vagem.

Classes de distribuição	Número de plantas		
	Tratamentos		
	ETm	ETr-0,3	ETr-0,6
Número médio de grãos/ vagem (Nº)			
1,0 a 1,5	0	0	3
1,6 a 2,0	3	20	22
2,1 a 2,5	11	49	35
2,6 a 3,0	58	24	32
3,1 a 3,5	27	7	8

TABELA 28 - Número de plantas por classe de distribuição, rela
tivo ao Peso de Grãos de feijão por planta, a 15%
de umidade.

Classes de distribuição	Número de plantas		
	Tratamentos		
	ETm	ETr-0,3	ETr-0,6
Peso de grãos/planta (g)			
0 a 5,00	2	21	32
5,01 a 10,00	10	69	63
10,01 a 15,00	44	10	5
15,01 a 20,00	35	0	0
20,1 a 25,00	8	0	0

FIGURAS 28 e 29 - Número de plantas por classe de distribuição para o número de vagens com grãos (28) e número de grãos por planta (29).

FIGURAS 30 e 31 - Número de plantas por classe de distribuição para o número médio de grãos por vagem (30) e peso de grãos por planta a 15% de umidade (31).

gura 30). Observa-se que os tratamentos ETr apresentaram um maior número de plantas (93 e 89) distribuído entre as classes de 1,6 a 3,0 grãos por vagem; o ETm apresentou 85% das plantas nas classes de 2,6 a 3,5 grãos por vagem. Em relação ao peso de grãos por planta (Tabela 28 e Figura 31), o tratamento ETr - 0,6 apresentou uma concentração de 95% das plantas nas classes de 0 a 10,00 g/planta, contra 90% do ETr - 0,3 nestas mesmas classes. O ETm mostrou um deslocamento para classes de valores mais altos, com 79% das plantas nas classes de 10,01 a 20,00 g/planta e 8% na classe de 20,01 a 25,00 g/planta, enquanto que os ETr não apresentaram plantas já nas classes de 15,01 a 25,00 g.

Inferese dessas análises que as plantas dos tratamentos ETr - 0,3 e ETr - 0,6, foram muito afetadas nos seus aspectos morfológicos e fisiológicos, em função das condições de déficit de evapotranspiração impostas pela menor disponibilidade de água na zona radicular das plantas. Este comportamento parece estar ligado às condições climáticas reinantes durante o ensaio que condicionaram a altas taxas de demanda atmosférica de água que puderam ser supridas somente pelas plantas do ETm. Mesmo quando as variações ocorrem até um nível de - 0,3 atm, considerado como capacidade de campo para a maioria dos solos, nos conceitos estáticos da física de solo tradicional e também como condição de umidade ótima para os processos evaporativos a nível potencial, as taxas de exigência atmosférica de água foram mais altas de que as taxas de reposição de água do

solo ao sistema radicular e deste até os estômatos, de tal forma que estes pudessem manter-se abertos o suficiente para que os processos fotossintéticos não fossem diminuídos pela maior resistência imposta ao fluxo de CO_2 para o interior das células das folhas.

4.6. Relação entre evapotranspiração e produtividade

Na Tabela 25 é apresentado o resultado da análise de correlação e regressão para os dados médios por evapotranspirômetro, entre a evapotranspiração relativa (ETr/ETm) e a produtividade relativa (Yr/Ym).

Esta análise mostrou alto coeficiente de correlação linear ($R = 0,9660$) e alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,9332$), o qual significa que 93,32% das variações ocorridas na análise realizada, são explicados pela equação do tipo $y = a + bx$ encontrada, onde y representa a produtividade relativa e x a evapotranspiração relativa.

A representação gráfica desta equação, com a distribuição dos pontos ao longo da reta de ajuste, é mostrada na Figura 32, de onde se observa a consistência dos dados dessa regressão.

Nas condições do ensaio, esta análise mostrou que houve uma estreita correlação entre a taxa de evapotranspiração e a produção de grãos, complementando as discussões já feitas por ocasião das análises dos demais parâmetros levantados.

Da análise conjunta do ensaio e em função do com

TABELA 29 - Análise de Correlação e Regressão Linear entre a Produtividade relativa (Y) de cada evapotranspirômetro em relação à média do tratamento ETm e a evapo- transpiração relativa (X), tomando-se o valor médio dos períodos para cada evapotranspirômetro, conforme a Tabela 23.

Tratamentos	Evapot. nº	Produtividade de grãos por planta (g)	Produtividade relativa (Yr/Ym)	Evapotranspiração relativa (X) (ETr/ETm)
ETm	-	(Ym) 14,46 (média)	1,00	1,00
Etr -0,3	2	<div> <div>7,00</div> <div>(Yr)</div> <div>5,29</div> <div>7,21</div> </div>	0,48	0,70
	6		0,45	0,74
	1		0,37	0,58
Etr -0,6	5		0,50	0,71
Correlação Linear		R	R ²	Equação Regressão
$\frac{Y_r}{Y_m} \times \frac{E_{Tr}}{E_{Tm}}$		0,9660**	0,9332	Y = -0,5974 + 1,5683 X

FIGURA 32 - Representação gráfica da equação de regressão linear para estimativa da produtividade relativa (Y_r/Y_m), em função da evapotranspiração relativa (E_{Tr}/E_{Tm}).

portamento da cultura sob uma condição de alta umidade do solo (ET_m) sem que a aeração do meio radicular fosse prejudicada, pode-se dizer que o manejo de irrigação de uma cultura de feijão, com o objetivo de explorar a sua produtividade potencial, deve ser feito, dentro das condições que cada método permita, de maneira a atender a demanda máxima diária de água da cultura. Sistemas de irrigação que permitam uma aplicação diária de água na área cultivada, suprimindo a ET_m, mas a uma intensidade tal que a aeração do solo não seja prejudicada, deverão trazer como resultado uma alta produtividade de grãos.

5. CONCLUSÕES

Nas condições em que se desenvolveu o ensaio, as seguintes conclusões se evidenciaram em função da análise dos resultados obtidos:

- No período de máximo desenvolvimento vegetativo, próximo à ocorrência do IAF máximo, a temperatura do solo da camada entre a superfície e 10 cm de profundidade, em função de valores diferentes de IAF entre os tratamentos, foram mais afetados pelos diferentes graus de cobertura do solo pela cultura, do que devido a diferença nos teores de umidade do solo dos tratamentos.

- As condições de ETm resultaram em valores maio

res de IAF do que as de ETr a partir do 18º dia após o início da aplicação dos tratamentos de níveis de água, mas o IAF do tratamento ETm só diferiu estatisticamente dos valores de ETr a partir do 35º dia após o início dos tratamentos, quando o ETm atingiu o valor máximo deste índice, mantendo esta significância até o final do ciclo. Em nenhuma das avaliações de IAF os tratamentos ETr diferiram significativamente entre si.

- Os valores de Es correlacionaram-se linear e positivamente com os valores de ECA, enquanto que os de ETm com ECA e ETm com Es mostraram correlação curvilínea quadrática, com coeficientes de determinação (R^2) inferiores ao da relação Es com ECA.

- Os valores decendiais de Kc-estimado foram sempre superiores aos do Kc-FAO proposto, no período entre o 3º e o 9º decêndio.

- Os padrões das variações ao longo do ciclo da cultura dos índices ETm/ECA e ETm/Es, ocorreram semelhantemente às variações do Kc-estimado e foram, da mesma forma que este, dependentes da variação do IAF durante o ciclo da cultura.

- Sob condição de nenhum déficit hídrico (ETm), o maior consumo de água da cultura se verificou no período de floração e enchimento dos grãos, onde os valores decendiais do Kc-estimado foram os mais elevados.

- A variação da umidade do solo nos evapotranspirômetros, a valores de potencial matricial da água do solo de até - 0,30 atm e -0,60 tam, a 10 cm de profundidade, foram

condicionantes para que ocorresse a evapotranspiração real, com valores médios inferiores ao do tratamento ETm em que as condições de umidade do solo resultaram em valores de potencial da água de - 0,04 atm por todo o ciclo da cultura, proporcionando condições para que se verificasse a demanda máxima de água pela cultura.

- Durante a fase ativa das folhas, compreendida entre 20% e 80% do ciclo da cultura, aproximadamente, a relação média ETr/ETm apresentou um valor constante igual a 0,72, enquanto que na fase de senescência acentuada (80% a 100% do ciclo), esta relação caiu para 0,57.

- As diferenças entre os valores médios dos tratamentos para o número máximo de vagens por planta, não foram estatisticamente diferentes embora o ETm tenha produzido, em média, 3,4 a 7,7 vagens a mais que o ETr - 0,3 e ETr - 0,6, respectivamente.

- O número máximo de folhas por plantas foi significativamente reduzido no tratamento ETr - 0,6, somente.

- O tratamento ETm apresentou médias sempre superiores estatisticamente aos tratamentos ETr para os seguintes parâmetros de produtividade: número final de vagens e redução percentual do número de vagens por planta, número de grãos por vagem, peso de 100 grãos, peso de grãos por planta e produtividade de grãos.

- As diferenças médias de evapotranspiração entre os tratamentos ETr - 0,3, ETr - 0,6 e ETm, provocaram uma

redução de 53% e 57% na produtividade média de grãos de ETr - 0,3 e ETr - 0,6, respectivamente, em relação à produtividade média do ETm, que foi a máxima.

- A diferença de evapotranspiração durante o desenvolvimento da cultura, não foi suficiente para que as plantas dos tratamentos ETr - 0,3 e ETr - 0,6 apresentassem diferenças significativas estatisticamente para qualquer dos parâmetros analisados neste trabalho.

- O número de plantas por classe de distribuição para os parâmetros de produtividade analisados, mostrou que, de maneira geral, o ETm concentrou o maior número de plantas sempre em classes de maiores valores do que os ETr, de onde se pode inferir que as condições de crescimento e produção foram maximizadas no tratamento ETm, onde as condições de umidade do solo foram suficientes para atender à demanda climática de água da atmosfera, aos níveis exigidos pelos fatores ambientais que predominaram durante o desenvolvimento do ensaio.

- A concentração entre produtividade relativa (Y_r/Y_m) e evapotranspiração relativa (E_{Tr}/E_{Tm}) foi linear e positiva, apresentando valores altos de coeficiente de regressão linear ($R = 0,9660$) e determinação ($R^2 = 0,9332$), mostrando que a produção de grãos neste ensaio, foi estreitamente influenciada pelas diferentes taxas de evapotranspiração.

- O sistema utilizado de medição da máxima demanda climática de água pela cultura (ETm), com evapotranspirômetros a nível freático constante, apresentou bons resulta

dos para as condições climáticas condicionadas pela época em que se desenvolveu o ensaio, sendo necessárias pesquisas com a mesma cultura e com outras, em épocas distintas do ano que vão se traduzir em condições ambientais diferentes, para que novas avaliações do comportamento do sistema possam ser realizadas e confrontadas entre si.

6. LITERATURA CITADA

- ALOISI, R. e J.L.I. DEMATTE, 1974. Levantamento dos solos da Faculdade de Medicina Veterinária e Agronomia de Jaboticabal. Ci., 2(2): 123-136.
- ARKELEY, R.J., 1963. Relationship between plant growth and transpiration. Hil., 34: 559-584.
- BENINCASA, M.M.P.; M. BENINCASA; R.J. LATANZE e M.T.G. JUNQUETTI, 1976. Método não destrutivo para a estimativa da área foliar de *Phaseolus vulgaris* L. (Feijoeiro). Ci., 4(1):43-48.
- BERLATO, M.A. e L.C.B. MOLION, 1981. Evaporação e evapotranspiração. Instituto de Pesquisas Agronômicas, Porto Alegre, Boletim Técnico 7: 3-95.

- BLAD, B.L., 1983. Athmosferic demand for water. In: TEARE, I.D. e M.M. PEET, 1983. Crop water relations, New York, John Wiley & Sons, Inc., p. 1-44.
- BRUN, L.J.; E.T. KANEMASU e W.L. POWERS, 1972. Evapotranspirations from soybean and sorghum fields. Agron. J., 64: 145-148.
- DENMEAD, O.T. e I.C. McILROY, 1970. Measurements of non potencial evaporation from wheat. Agric. Meteorol., 7:285-302.
- DOORENBOS, J. e W.O. PRUITT, 1977. Las necesidades de água de los cultivos. Estudio FAO: Riego y Drenaje nº 24. Organización de Las Naciones Unidas para La Agricultura y La Alimentación (FAO), Roma: p. 1-194.
- _____ e A.H. KASSAM, 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper nº 33. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome: p. 1-193.
- DOSS, B.D.; O.L. BENNETT e D.A. ASHLEY, 1964. Moisture use by forage species as realeted to pan evaporation and net radiation. Soil Sci., 98(5): 322-327.
- ENCARNAÇÃO, C.R.F., 1980. Estudo da demanda de água do feijoeiro (*Phaseolus vulagris* L.) cv. Goiano Precoce. Piracicaba, ESALQ/USP, 62 p. (Dissertação de Mestrado).
- FRITSCHEN, L.J. e R.H. SHAW, 1961. Evapotranspiration for corn as related to pan evaporation. Agron. J., 53: 149-150.

- FUCHS, M. e G. STANHILL, 1963. The use of class A evaporation pan data to estimate the irrigation water requirement of the cotton crop. Israel J. Agric. Res., 13(2): 63-78.
- GARRITY, D.P.; D.G. WATTS; C.Y. SULLIVAN e J.R. GILLEY, 1982. Moisture deficits and grain sorghum performance. Evapotranspiration-yield relationships. Agron. J., 74: 815-820.
- HALTERLEIN, A.J. Bean. In: TEARE, I.D. e M.M. PEAT, 1983. Crop water relations. New York, John Wiley & Sons, Inc., p. 158-185.
- HANKS, R.J., 1974. Model for predicting plant yield as influenced by water use. Agron. J., 66: 660-665.
- HOSTALÁCIO, S. e I.F.M. VÁLIO, 1984a. Desenvolvimento dos frutos de feijão em diferentes regimes de irrigação. Pesq. Agropec. Bras., 19(1): 53-57.
- _____ e _____, 1984b. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano Precoce, em diferentes regimes de irrigação. Pesq. Agropec. Bras., 19(2): 211-218.
- HOWELL, T.A. e E.A. HILER, 1975. Optimization of water use efficiency under high frequency irrigation.
- I - Evapotranspiration and yield relationship. Trans. ASAE, 18: 873-878.

- LEE, J.M., P.E. READ e D.W. DAVIS, 1977. Effect of irrigation on interlocular cavitation on yield in snap bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 102(3): 276-278.
- LUEBS, R.E.; A.E. LAAG e P.A. NASH, 1975. Evapotranspiration of dryland barley with different plant spacing patterns. Agron. J., 67: 339-343.
- MAURER, A.R.; D.P. ORMROD e N.J. SCOTT, 1969. Effect of five water regimes on growth and composition of snap beans. Can. J. Plant Sci., 49: 271-278.
- MILLAR, A.A. e W.R. GARDNER, 1972. Effect of the soil and plant water potentials on the dry matter production of snap bean. Agron. J., 64: 559-562.
- PENMAN, H.L. 1956. Evaporation: an introductory survey. Neth. J. Agric. Sci., 4: 9-29.
- SHOUSE, P.; W.A. JURY e L.H. STOLZY, 1980. Use of deterministic and empirical models to predict potential evapotranspiration in an advective environment. Agron. J., 72:994-998.
- _____; S. DASBERG; W.A. JURY e L.H. STOLZY, 1981. Water deficit effects on water potential, yield and water use of cowpeas. Agron. J., 73: 333-336.
- SILVEIRA, P.M.; S. STEINMETZ; C.M. GUIMARÃES; H. AIDAR e J.R. P. CARVALHO, 1984. Lâminas de água e turnos de rega na cul

tura do feijoeiro de inverno. Pesq. Agropec. Bras., 19(2): 219-223.

SOUZA, J.L. e M.A.V. SILVA, 1985. Evapotranspiração em cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: Resumos do 4º Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Londrina, PR. Fundação ÍAPAR e Fundação CARGILL, p. 24-32.

STEEL, R.G.D. e J.H. TORRIE, 1960. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw Hill-Book Company, Inc. 481 p.

STEWART, J.I.; R.D. MISRA; W.O. PRUITT e R.M. HAGAN, 1975. Irrigating corn and grain sorghum with a deficient water suply. Trans. ASAE, 18(2): 270-279.

THORNTHWAITE, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. R., 38: 55-94.

VILLA NOVA, N.A.; V. BARBIERI e R. SCARDUA, 1980. Evapotranspiração e Evaporação: Principais métodos de estimativa climatológica segundo as recomendações da FAO (1979). Piracicaba, ESALQ/USP. Departamento de Física e Meteorologia: 22 p. (mimeografafo).

APÊNDICE

Apêndice Q1 - Coeficiente de tanque (Kp) para o evaporímetro "Classe A", para diferentes coberturas do solo, níveis de umidade relativa média (UR) e ventos durante 24 horas e Coeficiente de cultura (Kc) para o feijoeiro, em função do estágio de desenvolvimento.

Vento km/dia	Tanque colocado em área cultivada com vegetação baixa				Tanque circundado por área de solo não vegetado e seco			
	Tamanho da bordadura (grama) m	Umid. Rel. Média %			Tamanho da bordadura (solo nú) m	Umid. Rel. Média %		
		baixa <40	média 40-70	alta >70		baixa <40	média 40-70	alta >70
Leve <175	1	.55	.65	.75	1	.7	.8	.85
	10	.65	.78	.85	10	.6	.7	.8
	100	.7	.8	.85	100	.55	.65	.75
	1000	.75	.85	.85	1000	.5	.6	.7
Moderado 175 - 425	1	.5	.6	.65	1	.65	.75	.8
	10	.6	.7	.75	10	.55	.65	.7
	100	.65	.75	.8	100	.5	.6	.65
	1000	.7	.8	.8	1000	.45	.55	.6
Forte 425-700	1	.45	.5	.6	1	.6	.65	.7
	10	.55	.6	.65	10	.5	.55	.65
	100	.6	.65	.7	100	.45	.5	.6
	1000	.65	.7	.75	1000	.4	.45	.55
Muito forte > 700	1	.4	.45	.5	1	.5	.6	.65
	10	.45	.55	.6	10	.45	.5	.55
	100	.5	.6	.65	100	.4	.45	.5
	1000	.55	.6	.65	1000	.35	.4	.45

Cultura	Coeficientes de cultura (Kc)					Período total de crescimento
	Estágios de desenvolvimento da cultura					
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	
Feijão						
verde	0.3 - 0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
seco	0.3 - 0.4	0.7 -0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7 - 0.8

* Compilado de DOOREMBOS & KASSAM (1979).

Apêndice 02 - Temperatura média do solo, em °C, em cada tratamento, à superfície (Spf); 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 02 a 05 de julho de 1985.

Tratamento	Profundidade (cm)	Horários				
		07:00	10:00	13:00	15:00	18:00
ETr-0,6	Spf	12,3	23,3	28,7	27,7	19,4
	2,5	12,2	21,7	27,2	26,3	19,6
	5,0	13,0	18,8	24,5	24,0	20,4
	10,0	14,9	16,4	19,8	21,0	20,2
	20,0	17,2	16,8	17,0	18,0	19,5
ETr-0,3	Spf	12,3	23,6	28,8	27,6	19,5
	2,5	12,1	22,4	28,1	26,7	20,2
	5,0	12,9	19,4	24,9	24,7	21,1
	10,0	14,8	16,5	20,3	21,4	21,3
	20,0	17,1	16,9	17,1	18,2	19,6
ETm	Spf	12,5	23,8	28,0	26,2	20,0
	2,5	12,2	22,3	28,0	26,2	20,0
	5,0	12,9	19,4	24,9	24,5	20,9
	10,0	14,7	16,5	20,3	21,4	21,2
	20,0	17,1	16,7	17,1	18,4	19,5
Es	Spf	12,2	23,6	29,1	27,8	19,5
	2,5	12,2	22,5	28,6	26,9	20,3
	5,0	13,0	19,5	25,8	25,2	21,4
	10,0	14,8	16,8	21,3	22,1	22,0
	20,0	17,2	17,0	17,9	18,6	20,0

Apêndice 03 - Temperatura média do solo, em °C, em cada tratamento, à superfície (Spf); 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 08 a 12 de julho de 1985.

Tratamento	Profundidade (cm)	Horários				
		07:00	10:00	13:00	15:00	18:00
ETr-0,6	Spf	8,5	20,0	26,9	27,1	16,5
	2,5	8,3	18,6	26,0	25,9	16,4
	5,0	9,3	15,2	23,0	23,7	17,3
	10,0	11,7	12,8	17,3	19,6	17,7
	20,0	14,9	13,9	14,6	15,8	16,7
ETr-0,3	Spf	8,7	20,0	27,5	26,0	15,9
	2,5	8,4	18,6	26,4	25,0	16,1
	5,0	9,3	15,4	23,0	22,2	17,1
	10,0	11,1	13,0	17,8	19,1	17,7
	20,0	14,9	14,2	14,9	15,9	16,7
ETm	Spf	9,8	20,2	27,1	24,9	15,7
	2,5	8,5	19,1	26,4	23,9	15,9
	5,0	9,4	15,6	23,0	21,9	16,9
	10,0	11,5	13,0	18,0	18,6	17,5
	20,0	14,6	13,9	14,8	15,7	16,5
Es	Spf	8,6	20,0	27,0	24,8	16,7
	2,5	8,2	19,0	26,4	24,3	16,9
	5,0	9,0	15,6	23,3	22,9	18,2
	10,0	11,4	13,2	18,2	19,4	18,9

Apêndice 04 - Temperatura média do solo, em °C, em cada tratamento, à superfície (Spf); 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 15 a 19 de julho de 1985.

Tratamento	Profundidade (cm)	Horários				
		07:00	10:00	13:00	15:00	18:00
ET _r -0,6	Spf	8,6	19,5	28,3	28,1	14,8
	2,5	8,5	17,7	27,0	27,0	15,6
	5,0	9,7	14,5	22,7	24,1	16,8
	10,0	12,0	12,7	17,1	19,4	17,5
	20,0	14,7	13,8	14,1	15,1	16,3
ET _r -0,3	Spf	8,8	21,0	29,3	27,7	14,5
	2,5	8,4	19,4	28,0	26,7	15,4
	5,0	9,3	15,8	23,7	23,8	16,9
	10,0	11,6	13,0	18,0	19,6	17,7
	20,0	14,6	14,0	14,8	15,5	16,7
ET _m	Spf	8,8	20,7	27,2	26,0	14,6
	2,5	8,5	18,9	25,9	24,4	15,7
	5,0	9,4	15,5	22,2	21,9	16,6
	10,0	11,5	13,0	17,2	18,4	17,4
	20,0	14,3	13,8	14,3	15,2	16,2
Es	Spf	8,7	20,6	28,1	26,9	15,6
	2,5	8,3	18,8	26,9	25,6	16,7
	5,0	9,4	15,4	23,1	23,3	18,3
	10,0	11,7	12,9	17,7	19,3	19,0
	20,0	14,6	14,0	14,5	15,6	17,2

Apêndice 05 - Temperatura média do solo, em °C, em cada tratamento, à superfície (Spf); 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 22 a 26 de julho de 1985.

Tratamento	Profundidade (cm)	Horários				
		07:00	10:00	13:00	15:00	18:00
ETr-0,6	Spf	8,8	18,7	26,5	25,5	14,6
	2,5	8,4	16,8	25,2	24,0	15,4
	5,0	9,5	13,9	21,8	22,3	16,8
	10,0	11,8	12,4	17,1	18,8	17,5
	20,0	14,7	13,7	14,3	15,6	16,4
ETr-0,3	Spf	8,9	19,5	27,6	25,4	14,9
	2,5	8,6	17,1	26,5	24,1	15,6
	5,0	9,5	14,4	22,8	22,1	17,0
	10,0	11,7	12,9	17,5	18,9	17,7
	20,0	14,7	14,0	14,8	15,7	16,6
ETm	Spf	9,4	18,6	25,3	23,8	14,7
	2,5	8,9	16,5	23,8	22,5	15,7
	5,0	9,9	14,0	21,0	20,5	16,9
	10,0	11,7	12,4	17,0	17,9	17,4
	20,0	14,6	13,8	14,8	15,4	16,4
Es	Spf	9,0	19,7	26,4	25,0	14,8
	2,5	8,4	17,8	25,5	24,2	16,1
	5,0	9,3	15,0	22,5	22,1	17,7
	10,0	11,7	12,7	17,7	18,9	18,6
	20,0	14,7	14,1	14,9	15,7	17,1

Apêndice 06 - Temperatura média do solo, em $^{\circ}\text{C}$, em cada tratamento, à superfície (Spf); 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 29 de julho a 02 de agosto de 1985.

Tratamento	Profundidade (cm)	Horários				
		07:00	10:00	13:00	15:00	18:00
ET _r -0,6	Spf	11,4	21,1	27,4	27,6	17,8
	2,5	11,2	18,5	25,0	25,8	18,6
	5,0	12,1	15,9	22,5	24,1	19,5
	10,0	13,9	14,1	18,3	20,7	19,7
	20,0	15,4	15,0	15,7	16,8	17,9
ET _r -0,3	Spf	12,0	20,8	26,4	25,2	18,4
	2,5	11,5	18,1	24,4	24,0	19,1
	5,0	12,0	16,1	22,3	22,7	19,8
	10,0	13,6	14,7	18,7	20,0	19,8
	20,0	15,8	15,5	16,6	16,9	17,9
ET _m	Spf	11,9	19,8	26,0	24,0	17,5
	2,5	11,5	17,2	24,2	22,7	18,5
	5,0	12,0	15,5	21,1	21,7	19,3
	10,0	13,6	14,3	18,3	19,3	19,2
	20,0	15,6	15,3	15,9	15,3	17,5
Es	Spf	11,4	22,9	29,6	28,3	18,2
	2,5	11,1	20,9	28,3	27,5	19,4
	5,0	11,8	17,4	24,9	25,6	20,6
	10,0	13,7	14,8	19,8	21,8	20,9
	20,0	16,1	15,3	16,2	17,3	18,6

Apêndice 07 - Temperatura média do solo, em $^{\circ}\text{C}$, em cada tratamento, à superfície (Spf); 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 12 a 16 de agosto de 1985.

Tratamento	Profundidade (cm)	Horários				
		07:00	10:00	13:00	15:00	18:00
ETr-0,6	Spf	10,7	18,3	27,1	26,6	17,8
	2,5	11,0	16,2	25,0	25,4	19,1
	5,0	12,1	14,9	22,6	24,7	20,2
	10,0	14,2	14,4	18,8	20,6	20,3
	20,0	16,7	15,8	17,1	17,5	18,6
ETr-0,3	Spf	11,6	19,5	24,5	24,2	17,1
	2,5	11,4	17,7	23,3	23,2	18,3
	5,0	12,1	16,0	21,7	22,4	19,5
	10,0	14,0	15,2	18,9	20,3	19,8
	20,0	16,5	16,5	17,4	18,1	18,5
ETm	Spf	11,4	18,0	22,2	22,2	16,0
	2,5	11,5	16,0	20,2	20,2	17,2
	5,0	12,1	14,7	18,8	19,4	17,8
	10,0	13,5	14,2	17,0	17,9	17,9
	20,0	15,6	15,4	16,1	16,5	17,0
Es	Spf	10,6	22,3	29,8	28,9	16,8
	2,5	9,9	20,4	28,6	28,3	18,1
	5,0	10,8	17,1	25,7	26,6	19,8
	10,0	13,0	14,6	20,4	22,4	20,9
	20,0	16,0	15,5	16,8	17,9	18,9

Apêndice 08 - Temperatura média do solo, em °C, em cada tratamento, à superfície (Spf); 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 19 a 23 de agosto de 1985.

Tratamento	Profundidade (cm)	Horários				
		07:00	10:00	13:00	15:00	18:00
ET _r -0,6	Spf	14,4	20,5	25,0	25,1	19,4
	2,5	14,5	18,8	23,7	24,2	20,0
	5,0	15,4	17,6	22,0	23,2	20,8
	10,0	16,7	17,0	19,8	21,2	21,1
	20,0	18,4	18,2	18,4	19,2	20,1
ET _r -0,3	Spf	15,0	21,2	24,2	24,1	19,6
	2,5	14,8	19,6	23,1	23,2	20,0
	5,0	15,2	18,4	22,0	22,5	20,7
	10,0	16,3	17,4	20,0	20,8	20,9
	20,0	17,9	17,9	18,4	18,9	19,5
ET _m	Spf	14,7	19,8	22,5	22,4	18,3
	2,5	14,5	18,0	21,2	21,3	19,0
	5,0	15,0	17,0	20,1	20,6	19,5
	10,0	15,9	16,6	18,5	19,3	19,4
	20,0	17,3	17,2	17,7	18,1	18,5
E _s	Spf	14,0	23,1	27,8	26,6	18,7
	2,5	13,8	21,3	27,4	26,6	20,1
	5,0	14,2	19,1	25,0	25,7	21,5
	10,0	15,8	17,1	21,2	22,8	22,2
	20,0	17,8	17,6	18,4	19,3	20,4

Apêndice 09 - Temperatura média do solo, em °C, em cada tratamento, à superfície (Spf); 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 26 a 30 de agosto de 1985.

Tratamento	Profundidade (cm)	Horários				
		07:00	10:00	13:00	15:00	18:00
ETr-0,6	Spf	16,3	22,6	28,1	28,3	23,1
	2,5	16,1	20,4	25,7	26,7	23,5
	5,0	16,6	19,1	24,0	25,4	23,9
	10,0	17,7	18,2	21,3	22,7	23,5
	20,0	19,2	18,7	19,1	20,1	21,5
ETr-0,3	Spf	17,3	24,1	28,9	23,7	24,0
	2,5	17,1	22,7	27,5	27,6	24,6
	5,0	17,4	20,8	25,3	26,2	24,8
	10,0	18,2	19,3	22,4	23,8	24,2
	20,0	19,3	19,2	20,1	20,5	21,7
ETm	Spf	16,8	22,4	25,7	26,2	22,4
	2,5	16,3	20,0	23,8	24,6	22,2
	5,0	16,5	18,8	22,3	23,3	22,1
	10,0	17,3	18,0	20,1	21,4	21,5
	20,0	18,5	18,2	18,5	19,2	19,9
Es	Spf	16,3	24,8	30,9	29,9	23,0
	2,5	15,6	23,3	29,8	29,3	23,9
	5,0	15,9	20,9	27,4	27,6	24,6
	10,0	17,4	18,7	23,2	24,8	24,6
	20,0	19,0	18,7	19,5	20,6	21,9

Apêndice 10 - Temperatura média do solo, em °C, em cada tratamento, à superfície (Spf); 2,5; 5,0; 10,0 e 20,0 cm de profundidade.

Período: 09 a 13 de setembro de 1985.

Tratamento	Profundidade (cm)	Horários				
		07:00	10:00	13:00	15:00	18:00
ETr-0,6	Spf	15,9	25,3	34,1	34,1	23,9
	2,5	15,9	23,1	32,8	32,8	26,2
	5,0	16,9	21,0	29,6	29,6	28,0
	10,0	18,7	19,8	25,0	25,0	28,0
	20,0	20,9	20,6	21,5	21,5	24,8
ETr-0,3	Spf	16,6	24,0	29,9	30,2	23,5
	2,5	15,8	22,3	28,5	28,9	25,3
	5,0	16,2	20,5	26,3	27,5	26,6
	10,0	17,5	19,3	23,2	24,9	27,0
	20,0	20,0	19,9	20,8	21,5	23,9
ETm	Spf	16,3	22,7	25,7	25,5	21,0
	2,5	15,3	20,5	24,0	24,2	21,7
	5,0	15,8	18,9	22,5	23,2	22,4
	10,0	16,8	18,2	20,5	21,5	22,6
	20,0	18,5	18,7	19,2	19,5	21,2
Es	Spf	15,5	25,6	32,2	31,7	20,9
	2,5	14,4	24,0	30,9	30,6	22,3
	5,0	14,9	20,8	25,7	28,1	23,8
	10,0	16,5	18,4	23,3	24,8	24,7
	20,0	18,8	18,8	19,8	20,7	22,7

Apêndice 11 - Área foliar média por planta, em centímetros quadrados, para cada evapotranspirômetro.

Data	Área foliar por planta (cm ²)					
	ETr - 0,6		ETr - 0,3		ETm	
	E ₁	E ₅	E ₂	E ₆	E ₃	E ₈
09/7	84,83	83,85	82,64	93,75	83,41	87,41
12/7	98,54	103,55	100,44	118,78	101,45	107,63
16/7	122,62	145,30	145,08	167,95	156,73	142,35
19/7	159,96	205,88	192,62	235,67	213,38	192,74
23/7	231,46	298,04	283,06	348,13	310,78	276,85
26/7	296,36	386,05	371,06	452,94	401,25	350,03
30/7	313,34	458,31	431,58	565,65	487,66	480,45
02/8	464,96	639,89	614,96	772,75	752,28	652,19
06/8	768,77	962,44	932,82	1068,53	1284,12	1043,68
09/8	920,82	1153,31	1136,44	1375,24	1616,32	1305,30
13/8	1014,52	1289,83	1271,30	1387,07	2053,74	1637,76
16/8	1030,51	1314,87	1319,87	1451,13	2262,99	1815,88
23/8	914,40	1239,15	1164,85	1219,47	2537,89	2016,80
30/8	591,16	912,08	887,08	839,45	2103,08	1573,62
03/9	337,33	398,90	276,47	233,64	1372,22	1318,35
06/9	226,61	350,75	168,56	215,19	872,19	1109,01
10/9	61,68	20,63	129,75	25,72	587,21	139,84
13/9	35,57	29,20	33,74	10,79	177,48	314,23

Apêndice 12 - Análise de variância dos valores de IAF para os principais períodos do desenvolvimento da cultura.

Fatores de variação (F.V.)		IAF-1ª Amostragem (09/7)	IAF anterior ao início dos tratamentos (19/7)	IAF - (13/8)	IAF máximo dos ETr (16/8)	IAF máximo do ETm (23/8)
Trat.	Q.M.	0,0001	0,0050	2,0554	3,3668	7,8846
	F	0,48 NS	0,065 NS	1,78 NS	2,44 NS	4,32*
Evapot. d. trat.	Q.M.	0,0003	0,0077 Δ	1,1530 Δ	1,3776 Δ	1,8230 Δ
	F	1,43 NS	3,08*	3,91*	3,89*	4,15*
Resíduo	Q.M.	0,0002	0,0025	0,2950	0,3538	0,4397
C.V. (%)		41,60	35,48	61,44	63,39	74,16
Fatores de variação (F.V.)		IAF máximo dos tratamentos	IAF-(30/8)	IAF-(03/9)	IAF -última amostragem (13/9)	
Trat.	Q.M.	6,0048	6,8858	7,2996	0,3313	
	F	3,52*	4,60*	51,44**	9,39**	
Evapot. d. trat.	Q.M.	1,7082 Δ	1,4969 Δ	0,1527	0,0211	
	F	3,96*	6,78**	1,08 NS	0,60 NS	
Resíduo	Q.M.	0,4317	0,2209	0,1419	0,0353	
C.V. (%)		66,70	88,27	48,41	124,69	

NS não significativo

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Δ Quadrado Médio (Q.M.) utilizado para determinação do valor de F e dos valores do coeficiente de variação (C.V.).

Apêndice 13 - Valores de evaporação do tanque "classe A" (ECA), evaporação do solo dos evapotranspirômetros sem cultura (Es) e de evapotranspiração máxima (ETm) dos evapotranspirômetros, em milímetros de água por dia, no período de 23/7 a 26/9 de 1985.

Data	ECA (mm.dia ⁻¹)	Es (mm.dia ⁻¹)		ETm (mm.dia ⁻¹)		Data	ECA (mm.dia ⁻¹)	Es (mm.dia ⁻¹)		ETm (mm)	
		E ₄	E ₇	E ₃	E ₈			E ₄	E ₇	E ₃	E ₈
23/7	5,20	3,44	3,50	3,74	3,80	25/8	5,90	2,96	3,10	5,81	5,31
24	7,18	3,50	3,92	4,05	4,16	26	5,74	2,65	2,78	5,96	5,50
25	4,46	2,17	3,66	2,48	3,99	27	7,70	3,45	3,53	7,49	6,96
26	5,98	3,11	3,15	3,12	3,26	28	9,50	4,22	4,63	7,68	7,17
27	4,78	3,06	3,16	3,32	3,61	29	5,98	3,16	3,24	5,38	5,12
28	5,06	3,33	3,30	3,60	3,48	30	8,54	3,30	3,41	5,66	5,30
29	5,01	3,12	2,99	3,53	3,78	31	2,16	1,87	1,98	3,02	2,92
30	5,28	3,31	3,20	3,92	4,09	01/9	2,84	1,44	1,73	1,92	2,00
31	5,72	3,38	3,35	4,18	4,46	02	8,24	4,56	4,98	5,80	5,82
01/8	7,14	3,52	3,55	4,46	4,98	03	4,60	2,51	2,82	3,92	3,95
02	8,18	3,91	4,04	5,17	5,87	04	5,24	2,32	2,38	3,61	3,98
03	5,68	3,43	3,52	4,59	4,97	05	6,36	3,86	4,04	6,31	5,51
04	2,96	2,66	2,64	3,60	3,99	06	6,58	2,79	2,94	4,40	4,14
05	6,30	3,47	3,43	4,84	5,94	07	8,62	4,68	5,12	7,19	6,95
06	5,12	3,44	3,50	4,87	5,30	08	6,88	4,56	4,82	5,93	6,66
07	7,10	3,47	3,44	5,09	5,24	09	9,18	4,64	4,86	6,81	6,66
08	5,92	3,24	3,23	4,94	5,09	10	8,66	4,58	4,82	6,99	6,97
09	6,18	3,36	3,38	5,10	5,59	11	7,70	4,63	4,82	6,58	6,38
10	6,54	3,45	3,45	5,70	5,72	12	8,44	4,72	4,88	6,66	6,38
11	5,24	3,74	3,74	4,78	4,86	13	8,62	4,32	4,42	6,19	6,00
12	6,30	3,63	3,61	4,30	4,78	14	9,50	4,79	4,98	6,57	6,52
13	6,66	3,64	3,89	5,06	5,25	15	8,28	4,72	4,88	5,30	6,02
14	6,32	3,64	3,74	5,74	6,17	16	8,08	4,64	4,70	5,46	5,64
15	7,28	3,67	3,94	6,30	7,29	17	8,08	4,79	4,80	5,50	5,80
16	8,44	4,50	2,25	5,94	5,55	18	9,20	4,79	5,02	5,24	5,60
17	6,68	2,84	4,36	6,34	6,11	19	8,86	4,48	4,54	4,92	5,06
18	6,46	3,82	2,99	6,96	6,72	20	9,96	4,98	5,28	5,24	5,66
19	6,26	3,48	3,40	6,68	6,46	21	12,56	5,82	6,72	5,80	6,36
20	8,80	3,51	3,40	7,02	6,50	22	9,48	5,44	5,84	5,26	5,70
21	6,04	3,10	3,14	5,92	5,49	23	7,00	3,66	3,92	4,10	3,84
22	2,22	1,33	2,04	2,54	1,38	24	7,84	4,52	4,82	4,22	4,60
23	6,32	3,81	3,28	5,22	5,70	25	9,18	5,13	5,56	4,78	5,24
24	5,94	3,60	3,82	5,99	5,70	26	9,12	5,31	5,77	5,05	5,54

Apêndice 14 - Dados meteorológicos de Jaboticabal, SP. Latitude de $21^{\circ}15'22''$ S, Longitude de $48^{\circ}18'58''$ W e Altitude de 575 m, para o mês de julho de 1985.

Dia	R _s (cal.cm ⁻² .dia ⁻¹)	T _{max.} (°C)	T _{min.} (°C)	T _{med.} (°C)	UR (%)	P (mm)	n horas
1	326,77	28,2	11,9	19,8	55,0	-	7,6
2	322,28	27,0	11,7	18,9	68,7	-	8,1
3	304,77	29,0	15,1	20,7	65,2	-	7,7
4	323,07	30,9	14,0	21,4	59,2	-	8,6
5	331,27	29,9	16,5	21,4	59,2	0,7	8,5
6	66,25	19,8	16,4	15,4	97,2	-	0,0
7	385,12	19,0	4,3	10,8	62,2	-	9,6
8	380,79	24,6	5,3	14,4	52,7	-	9,2
9	362,69	27,4	5,3	16,7	45,0	-	9,6
10	340,66	29,2	10,2	19,4	53,0	-	8,2
11	355,83	22,4	11,7	14,6	66,5	-	9,2
12	360,38	24,6	13,1	15,9	61,2	-	9,4
13	378,26	24,6	7,6	15,5	56,0	-	9,7
14	357,57	24,7	9,3	16,2	58,0	-	9,7
15	378,06	24,8	9,9	16,6	59,0	-	9,8
16	377,03	25,0	10,1	16,8	57,2	-	9,8
17	380,31	24,5	10,4	16,2	55,5	-	9,7
18	381,36	25,6	10,4	17,3	54,7	-	9,9
19	382,55	23,4	9,9	16,0	58,7	-	9,8
20	378,17	24,0	9,4	16,3	55,7	-	9,8
21	385,26	25,6	9,7	17,2	53,7	-	9,8
22	375,50	26,3	9,8	11,5	49,5	-	9,8
23	360,78	26,3	9,5	17,0	57,5	-	9,4
24	372,96	25,8	9,4	16,8	56,0	-	9,5
25	389,53	23,8	9,2	15,9	55,5	-	9,8
26	373,99	23,0	8,3	16,1	53,7	-	8,8
27	377,80	24,0	9,6	16,4	50,2	-	9,9
28	397,81	26,9	10,8	18,5	49,7	-	9,9
29	371,77	28,8	10,4	19,6	45,2	-	9,9
30	387,05	30,1	10,3	20,0	49,7	-	9,6
31	372,54	31,8	15,2	22,4	46,2	-	8,6
Média	356,07	25,8	10,5	17,3	57,0	-	-
Total	11.038,18	-	-	-	-	0,7	278,9

Apêndice 15 - Dados meteorológicos de Jaboticabal, SP. Latitude de $21^{\circ}15'22''$ S, Longitude de $48^{\circ}18'58''$ W e Altitude 575 m, para o mês de agosto de 1985.

Dia	R_s (cal.cm ⁻² .dia ⁻¹)	$T_{max.}$ (°C)	$T_{min.}$ (°C)	$T_{med.}$ (°C)	UR (%)	P (mm)	n (horas)
1	383,29	30,5	13,9	22,2	52,2	-	9,7
2	376,26	30,6	13,6	21,6	51,5	-	8,4
3	388,70	27,1	12,7	20,2	49,5	-	9,2
4	309,10	28,0	14,8	20,7	57,7	-	4,8
5	404,78	29,8	14,6	21,6	51,0	-	9,2
6	396,13	28,5	14,8	20,7	42,0	-	9,7
7	398,44	30,3	14,4	21,8	43,5	-	9,4
8	388,08	30,4	14,0	21,6	44,7	-	9,3
9	389,73	30,6	13,8	21,9	45,2	-	9,3
10	396,13	30,8	13,7	22,3	46,0	-	8,6
11	368,50	24,6	14,5	16,7	73,0	-	6,5
12	453,31	21,2	6,2	13,8	61,2	-	9,4
13	433,10	26,0	6,0	16,3	61,7	-	9,4
14	431,65	29,4	11,0	20,3	52,0	-	9,7
15	422,60	31,0	11,8	21,0	44,5	-	9,7
16	423,79	31,0	11,8	20,9	41,7	-	9,6
17	425,50	29,8	11,5	21,2	53,0	-	9,8
18	327,56	31,1	11,6	22,1	40,5	-	9,9
19	384,26	32,7	11,5	22,7	41,5	-	8,1
20	354,01	32,9	11,5	23,7	46,5	-	6,7
21	335,37	31,2	11,4	23,0	51,5	-	6,7
22	147,33	19,4	11,2	16,1	82,2	1,2	0,9
23	458,20	23,5	11,4	16,3	58,7	-	10,5
24	468,11	28,9	8,4	18,5	51,2	-	9,9
25	362,75	32,4	8,6	22,0	37,2	-	8,3
26	293,59	33,0	12,8	24,4	41,7	-	2,4
27	329,73	33,7	18,8	26,1	51,5	-	5,0
28	412,98	32,5	18,8	23,8	55,2	-	8,6
29	381,96	32,7	13,4	23,3	56,7	-	7,1
30	319,80	33,2	19,4	26,1	52,0	-	3,1
31	194,72	32,4	19,4	25,0	59,2	-	0,8
Média	372,89	29,6	12,9	21,2	51,5	-	-
Total	11.559,46	-	-	-	-	1,2	239,7

Apêndice 16 - Dados meteorológicos de Jaboticabal, SP. Latitude de $21^{\circ}15'22''$ S, Longitude de $48^{\circ}18'58''$ W e Altitude de 575 m, de 1 a 26 de setembro de 1985.

Data	Rs (cal.cm ⁻² .dia ⁻¹)	T _{max.} (°C)	T _{min.} (°C)	T _{med.} (°C)	UR (%)	P (mm)	n (horas)
1	126,30	25,2	19,2	20,9	80,5	0,2	0,1
2	423,51	24,4	14,9	18,0	65,0	-	8,2
3	271,22	26,7	14,2	19,2	64,5	0,1	1,7
4	268,71	27,7	15,9	20,8	66,5	0,7	3,1
5	403,93	31,9	17,2	23,2	60,5	-	7,4
6	321,08	27,6	16,2	20,1	70,5	-	4,3
7	339,87	28,4	13,0	20,0	57,2	-	10,1
8	288,76	29,6	14,0	21,0	47,5	-	9,4
9	467,56	28,9	14,0	21,1	48,5	-	10,2
10	481,88	30,7	14,0	22,2	47,5	-	10,2
11	463,64	31,0	14,0	22,5	45,5	-	9,1
12	476,33	32,3	16,3	24,2	38,7	-	10,0
13	427,58	33,8	17,6	25,3	41,2	-	8,7
14	358,77	35,1	18,2	26,5	37,0	-	8,7
15	351,75	34,4	18,4	25,6	39,2	-	8,8
16	432,59	34,9	19,0	26,2	36,7	-	8,3
17	443,12	36,0	19,4	27,3	33,7	-	8,5
18	435,49	35,9	20,0	25,9	53,2	-	8,2
19	425,90	35,4	17,0	25,8	49,7	-	7,9
20	303,22	35,5	19,3	26,1	43,2	-	4,3
21	453,11	31,4	16,1	22,1	56,0	-	10,4
22	342,88	33,2	12,2	22,3	45,0	0,4	10,2
23	327,60	31,9	18,0	23,7	47,0	-	4,8
24	429,63	29,5	17,4	22,7	45,0	-	8,3
25	491,98	31,9	17,4	24,2	44,2	-	9,9
26	515,78	33,6	17,2	24,6	40,0	-	9,8
Média	387,42	31,4	16,5	23,1	50,1	-	-
Total	10.072,89	-	-	-	-	1,4	200,6

Apêndice 17 - Determinação dos valores diários do coeficiente de cultura, estimados através do método do tanque "classe A" (DOORENBOS e PRUITT, 1977).

Dias após a emerg.	Data	U _{200 G} (km/dia)	$\overline{UR}$ (%)	ECA (mm/dia)	Kp	ET _o (mm/dia)	ET _n (mm/dia)	Kc
21	19/7	108,65	58,7	4,90	0,75	3,68	-	-
22		103,05	55,7	5,54	0,75	4,16	-	-
23		58,00	53,7	3,70	0,75	2,78	-	-
24		65,79	49,5	5,02	0,75	3,77	-	-
25		135,70	57,5	5,20	0,75	3,90	3,77	0,97
26		145,81	56,0	7,18	0,75	5,39	4,10	0,76
27		133,45	55,5	4,46	0,75	3,35	3,24	0,97
28		84,39	53,7	5,98	0,75	4,49	3,19	0,71
29		77,52	50,2	4,78	0,75	3,59	3,47	0,97
30	28/7	74,13	49,7	5,06	0,75	3,80	3,54	0,93
31		46,98	45,2	5,01	0,75	3,76	3,66	0,97
32		72,13	49,7	5,28	0,75	3,96	4,01	1,01
33		66,25	46,2	5,72	0,75	4,29	4,32	1,01
34		89,86	52,2	7,14	0,75	5,36	4,72	0,88
35		150,40	51,5	8,18	0,75	6,14	5,52	0,90
36		102,23	49,5	5,68	0,75	4,26	4,78	1,12
37		54,56	57,7	2,96	0,75	2,22	3,90	1,76
38		71,09	51,0	6,30	0,75	4,73	5,39	1,14
39		70,79	42,0	5,12	0,75	3,84	5,09	1,33
40	07/8	72,21	43,5	7,10	0,75	5,33	5,17	0,97
41		59,08	44,7	5,92	0,75	4,44	5,02	1,13
42		62,11	45,2	6,18	0,75	4,64	5,35	1,15
43		105,33	46,0	6,54	0,75	4,91	5,71	1,16
44		179,66	73,0	5,24	0,70	3,67	4,82	1,31
45		116,72	61,2	6,30	0,75	4,73	4,54	0,96
46		176,76	61,7	6,66	0,70	4,66	5,14	1,10
47		100,28	52,0	6,32	0,75	4,74	5,96	1,26
48		101,86	44,5	7,28	0,75	5,46	6,80	1,25

continua ...

Apêndice 17 - continuação

49		107,39	41,7	8,44	0,75	6,33	5,76	0,91
50	17/8	57,62	53,0	6,68	0,75	5,01	6,23	1,24
51		79,58	40,5	6,46	0,75	4,85	6,84	1,41
52		67,51	41,5	6,26	0,75	4,70	6,57	1,40
53		85,90	46,5	8,80	0,75	6,60	6,76	1,02
54		102,87	51,5	6,04	0,75	4,53	5,71	1,26
55		164,55	82,2	2,22	0,75	1,67	1,96	1,18
56		165,78	58,7	6,32	0,75	4,74	5,46	1,15
57		68,77	51,2	5,94	0,75	4,46	5,85	1,31
58		43,93	37,2	5,90	0,65	3,84	5,56	1,45
59		49,39	41,7	5,74	0,75	4,31	5,73	1,33
60	27/8	164,56	51,5	7,70	0,75	5,78	7,23	1,25
61		218,72	55,2	9,50	0,70	6,65	7,43	1,12
62		85,92	56,7	5,98	0,75	4,49	5,25	1,17
63		80,42	52,0	8,54	0,75	6,41	5,48	0,85
64		94,85	59,2	2,16	0,75	1,62	2,97	1,83
65		201,13	80,5	2,84	0,75	2,13	1,96	0,92
66		318,45	65,0	8,24	0,70	5,77	5,81	1,01
67		181,10	64,5	4,50	0,70	3,22	3,94	1,22
68		146,06	66,5	5,24	0,75	3,93	3,80	0,97
69		121,17	60,5	6,36	0,75	4,77	5,91	1,24
70	06/9	203,17	70,5	6,58	0,75	4,94	4,27	0,86
71		198,40	57,2	8,62	0,70	6,03	7,07	1,17
72		124,30	47,5	6,88	0,75	5,16	6,80	1,32
73		144,64	48,5	9,18	0,75	6,89	6,74	0,98
74		122,36	47,5	8,66	0,75	6,50	6,98	1,07
75		111,65	45,5	7,70	0,75	5,78	6,48	1,12
76		78,05	38,7	8,44	0,65	5,49	6,52	1,19
77		76,05	41,2	8,62	0,75	6,47	6,10	0,94
78		110,60	37,0	9,50	0,65	6,18	6,55	1,06
79		90,88	39,2	8,28	0,65	5,38	5,96	1,11
80	16/9	71,12	36,7	8,08	0,65	5,25	5,55	1,06
81		79,99	33,7	8,08	0,65	5,25	5,65	1,08

continua ...

Apêndice 17 - continuação

82		174,63	53,2	9,20	0,75	6,90	5,42	0,79
83		68,75	49,7	8,86	0,75	6,65	4,99	0,75
84		159,72	43,2	9,96	0,65	6,47	5,45	0,84
85		284,28	56,0	12,56	0,70	8,79	6,08	0,69
86		147,78	45,0	9,48	0,75	7,11	5,48	0,77
87		189,29	47,0	7,00	0,60	4,20	3,97	0,94
88		98,18	45,0	7,84	0,75	5,88	4,41	0,75
89		97,04	44,2	9,18	0,75	6,89	5,01	0,73
90	26/9	109,89	40,0	9,12	0,75	6,84	5,30	0,77

Apêndice 18 - Análise de variância dos parâmetros de produtividade.

Fatores de variação (F.V.)	Número máximo de vagens/planta ($\sqrt{x}$)	Número Final de vagens/planta ($\sqrt{x}$)	Redução percentual do número de vagens/planta (dados originais)	Número máximo de folhas por planta ($\sqrt{x}$)
Trat.	Q.M.	1,7932	307,4598	2,8461
	F	4,35*	12,82**	4,57*
Evapot. d. trat.	Q.M.	1,8845 Δ	1,6231 Δ	1,1993
	F	4,57*	7,84**	1,89 NS
Resíduo	Q.M.	0,4123	0,2071	0,6230
C.V. (%)		24,3593	38,9070	16,1228
			11,8939	
Fatores de variação (F.V.)	Número médio de grãos por vagem (dados originais)	Peso médio de 100 grãos (g) (dados originais)	Peso médio de grãos por planta (g) (dados originais)	
Trat.	Q.M.	7,2648	183,7526	2028,4491
	F	46,96**	15,13**	41,65**
Evapot. d. trat.	Q.M.	0,3026	12,1446 Δ	48,7035 Δ
	F	1,96 NS	21,48**	6,67**
Resíduo	Q.M.	0,1547	0,5653	7,2045
C.V. (%)		15,3203	11,3285	76,2018

NS Não significativo

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Δ Quadrado Médio (Q.M.) utilizado para determinação do valor de F e dos valores do Coeficiente de Variação (C.V.).