

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

DISSERTAÇÃO

Avaliação do Crescimento, Necessidade Hídrica e Eficiência no Uso da Água pela Cultura do Pimentão (*Capsicum Annuum. L*), sob Manejo Orgânico nos Sistemas de Plantio com Preparo do Solo e Direto – Seropédica, RJ

João Batista Alves Pereira

2006



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO, NECESSIDADE HÍDRICA E
EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA PELA CULTURA DO PIMENTÃO
(*CAPSICUM ANNUUM. L.*), SOB MANEJO ORGÂNICO NOS SISTEMAS
DE PLANTIO COM PREPARO DE SOLO E DIRETO – SEROPÉDICA,
RJ**

JOÃO BATISTA ALVES PEREIRA

Sob a orientação do Professor
Daniel Fonseca de Carvalho

e Co-orientação do Pesquisador
José Guilherme Marinho Guerra

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção
do grau de **Mestre em ciências**
no curso de Pós-Graduação em
Fitotecnia

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

JOÃO BATISTA ALVES PEREIRA

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências** no Curso de Pós-graduação em Fitotecnia.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 21/02/2006

Daniel Fonseca de Carvalho (Dr.) UFRRJ
(Orientador)

Raul de Lucena Duarte Ribeiro (PhD.) UFRRJ

Elias Fernandes de Souza (Dr.) UENF

SUMÁRIO

	RESUMO	
	ABSTRACT	
1	1 INTRODUÇÃO	
2	2 REVISÃO DE LITERATURA	
2	2.1. Cultura do Pimentão	
3	2.2 Sistema de Produção Orgânico	
5	2.3 Manejo da Água	
5	2.3.1 Manejo da Água com Base nos dados Climáticos	
5	2.3.1.1. Evapotranspiração	
8	2.3.1.2. Coeficiente de cultivo	
10	2.3.2. Manejo da água baseado na variação de umidade do solo	
11	2.3.2.1. Características físico-hídricas	
12	2.3.2.2. Umidade e armazenamento da água	
12	2.3.2.2.1 TDR	
13	2.3.2.2.2 Tensiometria	
14	2.3.2.3 Balanço hídrico	
15	2.4 Análise de crescimento vegetal	
16	2.4.1. Método clássico	
16	2.4.1.1. Taxa de crescimento relativo .	
17	2.4.1.2. Taxa de crescimento da cultura	
17	2.4.1.3 Taxa de assimilação líquida	
17	2.4.2 Método funcional	
18	2.4.2.1 Função exponencial polinomial	
18	2.4.3 Índice de área foliar e duração de área foliar	
19	2.4.4 Razões de crescimento	
19	2.5 Modelos de ajuste de IAF e biomassa em função GDA	
20	2.6 Eficiência no uso da água	
22	3 MATERIAL E MÉTODOS	
22	3.1. Caracterização da área	
23	3.2. Pré-cultivos	
25	3.3. Cultura do pimentão	
26	3.4. Sistema de Irrigação	
28	3.5. Caracterização dos Tratamentos	
28	3.6 Balanço Hídrico do Solo	
28	3.6.1 Características Físico-hídricas do Solo	
29	3.6.2. Umidade e Armazenamento da Água	
30	3.6.2.1 TDR	
30	3.6.2.2 Tensiômetro	
31	3.6.3 Balanço Hídrico	
33	3.7. Coleta de Dados Climáticos	
33	3.6.1. Evapotranspiração de Referência	
33	3.6.2. Graus-dia Acumulados	
34	3.8 Análise de crescimento	
36	3.8.1. Método clássico	
37	3.8.2. Método funcional	
37	3.8.3. Duração de Área Foliar	
37	3.8.4. Razões de Crescimento	
38	3.9. Avaliação da Produção	
38	3.10. Coeficientes de Cultivo e Evapotranspiração da Cultura	
39	3.11. Modelos de ajuste da biomassa e IAF em função de GDA	
40	3.12. Eficiência no uso da água .	
41	4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	
41	4.1. Análise de Crescimento	
41	4.1.1 Método Clássico	
43	4.1.2 Método Funcional	
46	4.1.3 Duração da Área Foliar	
47	4.1.4 Razões de Crescimento	
47	4.1.4.1 Razão de Área Foliar	

47	4.1.4.2 Área Foliar Específica
48	4.1.4.3 Razão de Massa Foliar
49	4.1.4.4 Relação Raiz Parte Aérea
50	4.2 Avaliação da produção e Relações de Acúmulo de Biomassa
53	4.3 Necessidade Hídrica da Cultura
53	4.3.1 Estimativa da ETo
54	4.3.2. Manejo da Água baseado na Variação de Umidade no Solo
54	4.3.2.1 Características Físico-hídricas do Solo
55	4.3.2.2. Determinação de Umidade e Armazenamento de Água
55	4.3.2.2.1 TDR
57	4.3.2.2.2 Tensiômetro
59	4.3.3 Determinação da Evapotranspiração Efetiva da Cultura
60	4.3.4 Coeficientes de Cultivo e Evapotranspiração
60	4.3.4.1 Estimativa de Kc nos Sistemas de Plantio
62	4.3.4.2 Estimativa de ETc para a Cultura do Pimentão
62	4.3.4.2.1 Sistema de Plantio Convencional
66	4.3.4.2.2 Sistema de Plantio Direto
69	4.4 Eficiência do Uso da Água
72	4.5 IAF e Biomassa em Função de GDA
72	4.5.1 Cálculo do GDA
73	4.5.2 Estimativa de IAF e Biomassa em Função de GDA
76	5 CONCLUSÕES
76	6 CONSIDERAÇÕES FINAIS
77	7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS
85	ANEXOS

RESUMO

PEREIRA, João Batista Alves. Avaliação do crescimento, necessidade hídrica e eficiência no uso da água pela cultura do pimentão (*capsicum annuum. l*), sob manejo orgânico nos sistemas de plantio com preparo de solo e direto – Seropédica, RJ. 2006. 109p. (Dissertação, Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2006.

Este trabalho foi realizado na área experimental do SIPA (Sistema Integrado de produção Agroecológica), localizada no município de Seropédica-RJ, com o objetivo de avaliar o crescimento, as necessidades hídricas e a eficiência no uso da água pela cultura do pimentão (*Capsicum annuum. L*), nos sistemas de plantio convencional (PC) e direto (PD). O sistema convencional consistiu de preparo de solo com enxada rotativa acoplada a micro-trator e o plantio direto, na ocupação da área com pré-cultivo, utilizando o consórcio *Sorghum bicolor* e *Crotalaria acroleura*, os quais foram roçados por ocasião do transplante das mudas de pimentão, sem o preparo prévio do solo. Em ambos os tratamentos a cultura recebeu a mesma adubação de cova e tratos culturais permitidos pelo manejo agroecológico. Nos dois sistemas de plantio a cultura foi irrigada por aspersão, e a determinação das lâminas aplicadas, foi realizada através do monitoramento com TDR (Reflectometria no domínio do tempo), calibrado para as condições de solo da área experimental. As parcelas foram monitoradas também por tensiômetro no perfil de 50cm de profundidade. Foram realizadas coletas em intervalos de 14 dias com a finalidade de avaliar a área foliar e acúmulo de biomassa pelas partes da planta, durante todo o seu ciclo, sendo avaliado também a produção pela cultura nos dois sistemas de plantio. Por meio do ajuste do IAF e da biomassa acumulada pela planta nos dois sistemas de plantio em função de graus-dia acumulados (GDA), constatou-se que são necessários 1533 GDA para que a planta complete o seu ciclo produtivo, atingindo o máximo de biomassa acumulada aos 1059 e 1148 GDA, no PC e PD, respectivamente. Os sistemas de plantio não diferiram significativamente entre si com relação às taxas de crescimento e produtividade, entretanto o plantio direto proporcionou menor competição da vegetação espontânea com a cultura, reduzindo em 60 % a necessidade de mão-de-obra nas primeiras capinas. O PD aumentou a eficiência no uso da água (EUA), pela cultura, reduzindo em 47,5mm a lâmina aplicada durante o seu ciclo, em relação ao PC. O manejo da irrigação utilizando o TDR, proporcionou a EUA média de 4,4kg.m⁻³, acima dos valores 1,5 a 3,0kg.m⁻³ propostos por Doorenbos e Kassam (1994). Os Coeficientes de cultivo (Kc) recomendados para a cultura, foram avaliados juntamente com os calculados por várias metodologias propostas neste trabalho, verificando-se que os valores de Kc estimados em função dos ciclos de produção (ETc ciclo) e pela curva de Kc (ETc gráfico) estimados durante o ciclo da cultura, se mostraram mais adequados ao cálculo da evapotranspiração da cultura. A estimativa da evapotranspiração referência (ETo), pelo método do tanque classe “A”, possibilitou valores próximos aos estimados pelo modelo de Penman-Monteith recomendado pela FAO como padrão. Portanto o método do tanque classe “A” poderá ser utilizado na estimativa da ETo, em condições semelhantes a do experimento, quando não houver disponibilidade de dados climáticos para o uso do modelo de Penman-Monteith. O uso da tensiometria associado ao TDR no manejo de irrigação revelou ser uma prática indispensável, quando se almeja aumentar a eficiência no uso da água.

Palavras chave: Cultura do pimentão, análise de crescimento, necessidade hídrica, coeficientes de cultivo, eficiência do uso da água.

ABSTRACT

PEREIRA, João Batista Alves, Evaluation of the vegetal growth, hydric necessity and water use efficiency by bell pepper crop (*Capsicum annum. L.*) under organic management in system of seeding with prepare soil and no till cropping system. Seropédica: UFRRJ, 2006. 109p. (Dissertation, Master Science in Agronomy, Fitotecnia).

This work was conducted in the experimental area of SIPA (Integrated system of agro ecological production), at the county of Seropédica – RJ, with the aim of valuate the growth, the water needs, and the efficiency of the use of the water by the bell pepper culture (*Capsicum annum. L.*), at the conventional (PC) and the direct systems of soiling. The conventional system consisted of soil prepare with rotational hoe tied to a micro tractor, and the direct soiling, being done after the occupation of the area with a combination of *Sorghum bicolor* and *Crotalaria acroleura*, that was grazed at the transplantation of the bell pepper's seedlings without previous soil preparation. The same fertilization and cultural practices permitted by the agro ecological handling, was used in both systems. The two systems tested, received sprinkler irrigation, and the determination of the water's blade, was made by monitoring with TDR (Time Domain Reflectometry), calibrated for the soil conditions of the experimental area. The splits were also monitorated by a tensiometer at a 50 cm. deep. Collects were made at intervals of 14 days, with the aim of foliar area evaluation, biomass accumulation by the parts of the plant, along the entire cycle, being also evaluated the crop production at the two systems of soiling. By the adjustment of the IAF (Foliar Area Indices) and the biomass accumulated by the plant at the two systems of planting in function of accumulated day-degree (GDA), was verified that 1533 GDA was necessary to complete the productive cycle, reaching the top of accumulated biomass at 1059 and 1148 GDA, at PC and PD respectively. There were no differences between the systems of planting, in respect of the growth rate and the productivity, however the PD system gave less competition between spontaneous vegetation and the bell pepper crop, reducing in 60% the necessity of hand labor at the firsts weddings. The PD system raise the efficiency of the use of water (EUA) by the crop reducing in 47,5 mm. the blade applied during its cycle, in relation of PC. The irrigation handling using TDR, provide an meaning EUA of 4,4 Kg.m⁻³, above the means of 1,5 to 3,0Kg.m⁻³, recommended by Doorenbos & Kassam (1994). The culture coefficients (Kc) recommended for the bell pepper crop, were evaluated together with the calculated coefficients using some methodologies proposed in this work, and was noted that the estimated Kc's values of the production cycles (ETc cycle) and by the Kc curve (graphic ETc) estimated during the culture cycle, were more appropriated for the calculation of the evapotranspiration of the crop. The estimation of reference evapotranspiration (ETo), by the pan class A method, made possible means close to those estimated by the Penman-Monteith model witch is recommended by FAO as standard. Therefore, the pan class A method, can be utilized in the estimated ETo, at same conditions of the experiment when there are no data of climate for the Penman-Monteith model use. Associated tensiometry and TDR for irrigation management, showed to be an essential practice when looking for raising the efficiency of the use of water.

Key words: bell pepper crop, growth analyze, hydric necessity, crop coefficients, water use efficiency.

1 INTRODUÇÃO

Em virtude da baixa disponibilidade dos recursos hídricos, sobretudo em regiões áridas onde a água é o fator limitante, o objetivo no manejo de irrigação deve ser a obtenção de máxima produção por unidade de água aplicada (Bernardo, 1995).

A agricultura irrigada é considerada o ramo de atividade que mais consome água no planeta, sendo a ela atribuída o uso de 72% da água doce total consumida. No Brasil estima-se que este consumo é de 63%.

Associado ao uso adequado do recurso hídrico, a busca por manejos que viabilizem a produção ecologicamente correta e sustentável de alimentos tem sido uma constante preocupação pelos vários segmentos da sociedade envolvidos com a pesquisa, ensino, extensão e produção.

Do ponto de vista agrônomico, a sustentabilidade pode ser alcançada com o uso de práticas conservacionistas de solo e água (Pavan & Chaves, 1994), bem como com a utilização dos sistemas orgânicos de produção, que dispensa o emprego de insumos sintéticos, como fertilizantes, pesticidas, reguladores de crescimento e aditivos alimentares para os animais. Este tipo de manejo é caracterizado pela adoção de práticas de rotação de cultivos, reciclagem de resíduos orgânicos, adubos verdes, manejo e controle biológico, contribuindo para a obtenção de alimentos de melhor qualidade e para a manutenção da fertilidade e da vida microbiana (Penteado, 2000).

No Estado do Rio de Janeiro, durante o ano de 2004, a cultura do pimentão ocupou 1871,3 ha, com uma produção de 56.828 toneladas e produtividade média de 30,4 ton.ha⁻¹. Os maiores produtores foram os municípios de Paty do Alferes, Cambuci, São José de Ubá e Duas Barras (EMATER-RIO, 2004).

Os dados disponíveis sobre a cultura não distinguem as contribuições individuais dos sistemas de produção orgânico e convencional. No entanto, independentemente do sistema de produção, a água é um dos elementos imprescindíveis para o desenvolvimento das plantas, tornando-se fundamental o seu uso com máxima eficiência.

Para um eficiente manejo da água de irrigação, é fundamental o conhecimento da disponibilidade de água no solo para as plantas, sendo quantificada em função da demanda de água da planta e da atmosfera e pela intensidade de fluxo de água do solo para a raiz (Reichardt, 1985).

Um dos parâmetros fundamentais para a estimativa da lâmina d'água é a evapotranspiração que compreende a perda de água de uma superfície úmida (solo e planta) somada à transpiração das plantas, a qual é controlada pela disponibilidade de energia, pelo poder evaporante do ar e pela água disponível do solo às plantas (Pereira et al., 1997).

É necessário conhecimento minucioso de certas definições, quando se trata da quantificação da evapotranspiração e do requerimento de água das culturas. Mensurações históricas têm sido realizadas sob diferentes condições e os dados resultantes assumem diferentes conceitos. Comparações e interpretações de dados de evapotranspiração, dependem sobretudo de um uso acurado das definições. Por exemplo, um incorreto conhecimento das definições, pode levar a um intercâmbio de dados e métodos de estimativa não compatíveis com as condições locais (Jensen, 1990).

A estimativa correta da evapotranspiração favorece o planejamento e manejo adequado dos sistemas de irrigação, minimizando os custos na aquisição dos equipamentos,

bem como os impactos negativos da aplicação excessiva de água. Dentre esses impactos, podem ser citadas as perdas de solo e água, provenientes do escoamento superficial em áreas declivosas, fato observado com frequência em diversas regiões do Estado do Rio Janeiro.

A extensão do efeito da água no crescimento das raízes e da planta como um todo depende de como esta é aplicada, da permeabilidade do solo regularmente umedecido, das condições físicas relacionadas ao movimento da água para a planta, além da necessidade hídrica da planta nos diferentes estádios fenológicos (Marsh, 1968).

O uso de sistemas de irrigação capazes de aumentar a eficiência no uso da água pelas plantas, com base nas reais necessidades hídricas da cultura irrigada, contribuem para o uso racional dos escassos recursos hídricos disponíveis no planeta. Associado ao manejo agroecológico, que promove uma cobertura do solo com efeitos significativos na redução das perdas de água por evaporação, estima-se um aumento na oferta de alimentos, preservando os recursos naturais..

Em função do exposto, desenvolveu-se este trabalho com o objetivo de avaliar o crescimento, as necessidades hídricas e a eficiência no uso da água pela cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.), em seus diferentes estádios fenológicos, manejada agroecologicamente em plantio direto (com pré-cultivos) e com preparo convencional do solo (sem pré- cultivos).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Cultura do Pimentão

A espécie *Capsicum annuum* é uma solanácea tipicamente de origem americana, ocorrendo formas silvestres desde o sul dos Estados Unidos até o norte do Chile (Filgueira, 2000). A planta desenvolve e produz melhor sob temperaturas relativamente elevadas ou amenas, sendo intolerante a baixas temperaturas e à geada. Diferenças entre as temperaturas noturnas e diurnas de 6°C favorecem a cultura (Filgueira, 2000). Segundo Doorenbos & Kassam (1994), o pimentão desenvolve satisfatoriamente em climas com temperaturas diurnas entre 18 e 27°C e noturnas entre 15 e 18°C, sendo que as temperaturas noturnas inferiores provocam maior ramificação e floração enquanto que as altas induzem à floração precoce, sendo este efeito mais pronunciado quando a intensidade de luz aumenta. Baixas temperaturas são limitantes principalmente durante a germinação, emergência e desenvolvimento das mudas, sendo necessário que nestas condições sejam produzidas em estufa ou casa de vegetação.

Segundo Filgueira (2000), o pimentão é uma planta de dias curtos facultativa, pois floresce e frutifica em qualquer comprimento de dia, porém, florescimento, frutificação e maturação dos frutos são mais precoces em dias curtos, favorecendo a produtividade.

Bons rendimentos com a cultura do pimentão são obtidos em condições de precipitação de 600 a 1200 mm bem distribuídos durante o período de crescimento. Precipitações intensas durante a floração provocam queda de flores e o mau estabelecimento dos frutos. Solos com pH entre 5,5 e 6,8, com textura média e boa drenagem oferecem condições ótimas ao desenvolvimento da planta.

Os cultivares mais recomendados são os híbridos Magali e Martha, ambos resistentes ao mosaico Y, sendo a segunda tolerante também à podridão-do-colo causado pelo fungo *Phytophthora capsici* (Filgueira, 2000).

A irrigação torna-se imprescindível à produção de pimentão, sendo também limitantes outros fatores, relacionados ao clima, ao solo ou à própria planta. Porém, como toda cultura, o pimentão requer um manejo de irrigação com quantidades adequadas de água, que possibilitem a máxima receita líquida. Para isso, é necessário o uso de funções de produção, as quais podem ser expressas apenas considerando a água e a produtividade como fatores variáveis. Os sistemas de irrigação por gotejamento são os mais indicados, sendo, no entanto, os sistemas por aspersão, são os mais utilizados pelo seu menor custo.

A aplicação de água com déficit ou em excesso e a falta de drenagem são os maiores problemas relacionados à irrigação. A esse fato deve-se dar atenção, procurando-se realizar o manejo racional da irrigação, visando minimizar o consumo de energia, maximizar a eficiência de uso da água e a manter favoráveis as condições de umidade do solo e de sanidade das plantas. Além disso, é importante associar técnicas que realmente incrementem a produtividade e a qualidade de frutos e, ao mesmo tempo, possibilitem a redução de custos.

Marouelli et al. (1996) apresentam as tensões de água no solo que se deve promover para obter-se a produtividade máxima em diversas hortaliças; ressaltando, todavia, que estes valores devem ser adotados com reserva, caso a irrigação seja por gotejamento. Neste caso, as culturas irrigadas apresentam melhor desempenho quando submetidas a tensões inferiores àquelas consideradas satisfatórias para outros sistemas.

2.2 Sistema Orgânico De Produção

A revolução verde foi o modelo de produção iniciado na década de 60, baseado nas práticas de mecanização, irrigação, correção e fertilização do solo, uso de agrotóxicos no controle de pragas e doenças e o desenvolvimento de variedades de plantas e raças de animais melhorados para a obtenção de altas produtividades resultando em prejuízo da diversidade genética. Se por um lado este modelo proporcionou aumentos significativos nos rendimentos das culturas e criações, por outro ocasionou degradação ambiental. Contrapondo-se a revolução verde, surge o movimento da agricultura alternativa e a agroecologia, com adoção de práticas que buscam a produção de alimentos saudáveis, livres de resíduos tóxicos e com qualidade ecológica, priorizando a harmonia entre o homem e o meio ambiente (Neves et al. 2004).

Estudos realizados em vários países, tal como o conduzido por Delate et al. (2003) em Iowa nos Estados Unidos da América do Norte contrariam o paradigma de que o sistema convencional de produção possibilita maior produtividade das culturas em relação ao sistema orgânico. Estes autores avaliaram os sistemas de produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.), orgânico e convencional durante três anos. No sistema orgânico foi utilizado composto orgânico certificado e culturas em cobertura, e no convencional foram utilizados fertilizantes sintéticos. A partir deste estudo estes autores concluíram que o crescimento do pimentão, produtividade e número de frutos comercializáveis foram iguais em ambos os sistemas, quando o composto foi aplicado na dosagem de N igual ao fertilizante sintético, correspondente a 120 kg de N.ha⁻¹. Estes autores também observaram que a altura da planta, o número de folhas e frutos também foi igual em ambos os sistemas em dois dos três anos de estudo. A perda de peso pós-colheita dos frutos armazenados à 10°C, foi igual nos dois sistemas de produção. O número de frutos danificados por pragas e doenças, foi igual nos dois sistemas em dois dos três anos avaliados, ocorrendo maior população de insetos benéficos no sistema orgânico em somente um ano de estudo.

A agricultura orgânica se desenvolveu por meio dos trabalhos de compostagem e adubação orgânica realizados por Howard na Índia, entre 1925 e 1930, e foram divulgados

por Lady Balfour na Inglaterra e Rodale nos EUA. No Brasil, o movimento expandiu-se a partir da criação da Associação de Agricultura Orgânica em 1989 (Freitas, 1999).

O sistema de produção orgânica dispensa o emprego de insumos sintéticos, como fertilizantes, pesticidas, reguladores de crescimento e aditivos alimentares para os animais. Adota práticas de rotação de cultivos, reciclagem de resíduos orgânicos, adubos verdes, rochas minerais, manejo e controle biológico. Procura manter a fertilidade e a vida microbiana do solo para suprir a nutrição das plantas e sua sanidade (Penteado, 2000).

Entre as práticas empregadas no manejo agroecológico, destaca-se o uso de cobertura morta, apresentando inúmeras vantagens descritas por vários autores.

Segundo Creagur & Katchur (1975), a cobertura morta protege o solo das adversidades do clima, e os materiais mais utilizados são as palhas, serragens e materiais sintéticos tais como plásticos, papéis e metais.

Esta prática reduz a velocidade das enxurradas, promovendo menores perdas de água e solo (Alves et al., 1995), reduz também as perdas de água por evaporação e as oscilações de temperatura no solo, dependendo da insolação e a umidade do mesmo (Bragagnolo et al., 1990).

Segundo Carter e Johnson (1988), o emprego da cobertura morta além das vantagens descritas anteriormente, conserva a água no solo e reduz as perdas de nutrientes por lixiviação. Outras vantagens são o controle de plantas invasoras (Moura Neto, 1993) e a melhoria das qualidades físicas e químicas do solo (Fialho et al., 1991).

Queiroga et al. (2002), avaliou o efeito da raspa de madeira, palha de sorgo, palha de vagem de caupi, palha de capim elefante, palha de milho, palha de carnaúba e a testemunha sem a cobertura, sobre as características dos frutos e produção de pimentão (*Capsicum annuum*), nas condições de clima semi-árido, concluindo que apesar das características dos frutos e a produção terem sido afetadas pela cobertura morta, tendo a palha de carnaúba se mostrado aparentemente superior às demais coberturas, os tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. No entanto os autores consideram que o tratamento com palha de carnaúba foi o mais adequado, por existir em abundância na região.

A escolha do material a ser utilizado como cobertura morta, deve estar condicionado a compatibilidade com clima, solo e planta, não oferecendo quaisquer riscos ao meio ambiente, e principalmente a sua disponibilidade no local de produção, para que seja viabilizado economicamente o seu uso.

Segundo Primavesi (1979), a cobertura morta é uma medida de conservação do solo, tendo como efeitos mais importantes o aumento de infiltração da água e a proteção do solo contra impactos das gotas da chuva. Isoladamente nem sempre promove o aumento da produção, conforme constatado por Queiroga et al (2002), avaliando o efeito da cobertura morta na cultura do pimentão.

Resultados obtidos na área do SIPA (Sistema integrado de produção agroecológica) localizado no município de Seropédica-RJ, demonstram que o pré-cultivo de *Crotalaria juncea* pode substituir integralmente a adubação orgânica em cobertura, normalmente feita com esterco de cama de aviário (Neves et al., 2004).

Oliveira et al. (2000) avaliaram a influência do pré-cultivo com *C. juncea* e do pousio na produtividade de alface, e observaram que a leguminosa contribuiu marcadamente, demonstrando ser adequada para programas de rotação de culturas com hortaliças. Silva et al. (2000), estudando a produção de brócolis e repolho em sistema orgânico, com plantio

direto sem a utilização de herbicida, sobre a palhada de *C. juncea*, sorgo ou milheto, concluiu que esta técnica de cultivo se mostrou adequada à produção das hortaliças.

2.3 Manejo de Água

2.3.1 Manejo de água com base nos dados climáticos

Para realização do manejo da água via clima é necessário se conhecer o consumo de água pelas culturas (E_{Tc}), que representa a lâmina que deve ser aplicada ao solo para manter o crescimento e a produtividade em condições ideais (Pereira et al., 1997). Segundo Doorenbos & Kassam (1979), a E_{Tc} é o resultado do produto da evapotranspiração de referência (E_{To}) e coeficiente da cultura (K_c). Portanto, a determinação do consumo de água por uma cultura é dependente do conhecimento da evapotranspiração de referência, que diz respeito às condições climáticas do local da sua implantação, e também das características fisiológicas e morfológicas que lhe são peculiares, representadas através do seu coeficiente de cultivo.

2.3.1.1 Evapotranspiração

A evaporação da água é um fenômeno físico que propicia a mudança de estado da água da fase líquida para a gasosa diretamente de uma superfície líquida (mar, lago, rio, etc) ou úmida (planta, solo). Quando esta mudança se dá através das plantas recebe o nome de transpiração. No caso de solos parcialmente vegetados estes processos ocorrem simultânea e interdependentemente, daí a utilização do termo evapotranspiração (Berlato & Molion, 1981).

A evapotranspiração pode ser determinada ou estimada de diferentes maneiras. De acordo com Miranda et al. (2001), ela pode ser mensurada utilizando métodos diretos ou estimada por meio de informações climáticas. No primeiro grupo, entre outros, estão incluídos os diferentes tipos de lisímetros e o balanço de água no solo; enquanto no segundo, estão enquadrados os métodos teóricos e empíricos, como os de Penman (1948), Thornthwaite (1948), Blaney & Criddle (1950), Jensen & Haise (1963), Priestley & Taylor (1972), Hargreaves (1977) e evaporímetros como o tanque “Classe A” (Sentelhas, 2003), dentre outros.

Thornthwaite (1948) definiu a evapotranspiração potencial (E_{tp}) como a quantidade de água utilizada por uma extensa área vegetada, em crescimento ativo, sob condições ótimas de umidade do solo. A evapotranspiração de referência (E_{to}) foi definida por Doorenbos & Pruitt (1977) como sendo a água utilizada por uma extensa superfície de grama, em crescimento ativo, com altura de 0,08 a 0,15 m, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água. Referida definição da E_{to} é coincidente com a da E_{tp} proposta por Thornthwaite (1948). Já Jensen (1973) propôs como cultura referencial a alfafa e definiu como evapotranspiração de referência a que se verifica em uma área sem deficiência hídrica, com bordadura mínima de 100 m plantada com a referida cultura sendo que a alfafa deve apresentar um porte de 30 a 50 cm de altura. A evapotranspiração real (E_{tr}) é aquela que ocorre em uma superfície vegetada, independente de sua área e das condições de umidade do solo (Thornthwaite, 1948; Pruitt et al., 1972; Villa Nova & Reichardt, 1989; Pereira, 1992).

Penman (1956) definiu evapotranspiração potencial como “a quantidade de água utilizada na unidade de tempo por uma cultura de porte baixo e verde, cobrindo totalmente a superfície, com altura uniforme e sem deficiência hídrica”. Culturas de porte baixo estão implícitas nesta definição; no entanto, Penman (1956) aplicou esse conceito apenas para

gramas de porte baixo. A evapotranspiração de culturas irrigadas pode ser de 10 a 30 % maior do que a ocorrida em superfície gramada.

O conceito de evapotranspiração da cultura (E_c) foi introduzido por Doorenbos & Pruitt (1977), caracterizando-a como sendo a evapotranspiração de uma cultura agrônômica, livre de doenças, desenvolvendo-se em uma área cultivada de um ou mais hectares, sob condições otimizadas de solo, incluindo água e fertilidade.

Jensen et al. (1990) afirmaram que na prática a estimativa da evapotranspiração de uma cultura específica (E_c) envolve o cálculo da evapotranspiração potencial (E_p) de uma cultura de referência, aplicando-se, posteriormente, coeficientes de cultivo (K_c). Outras formas de se estimar a evapotranspiração potencial (E_p) são possíveis, por exemplo, o uso da evaporação de uma superfície livre de água. Contudo, a taxa de evaporação de tanques varia com o tamanho do tanque e com as condições de contorno. O mesmo autor sugere que a E_o pode ser definida como “a taxa com que a água, se disponível, é removida da superfície do solo e das plantas, de uma cultura específica, arbitrariamente chamada de cultura de referência”. A E_o é normalmente expressa como taxa de calor latente por unidade de área ou lâmina de água evaporada. A E_o é equivalente a evapotranspiração potencial com uma especificação adicional de que ela representa a evapotranspiração de uma cultura com umidade do solo ideal e cobertura total da área.

Na ausência de medidas diretas, como as obtidas por meio dos lisímetros, a evapotranspiração pode ser estimada por medidas indiretas utilizando diferentes metodologias, agrupadas, segundo Pereira et al. (1997), em cinco categorias: empíricas, aerodinâmico, balanço de energia, combinados e correlações dos turbilhões.

Os métodos empíricos tais como o do tanque Classe A, de Thornthwaite, de Camargo, de Makink; da radiação solar, de Hargreaves-Samani etc., são, normalmente, resultantes de correlações entre a evapotranspiração medida em condições padronizadas e os elementos meteorológicos medidos em postos também padrões. O método aerodinâmico é um método micrometeorológico com embasamento físico-teórico da dinâmica dos fluidos e transporte turbulento. O método de balanço de energia representa a contabilidade das interações dos diversos tipos de energia com a superfície. Os métodos combinados retratam os efeitos do balanço de energia com aqueles do poder evaporante. O método dos turbilhões baseia-se nos deslocamentos vertical da atmosfera e conseqüente transporte das suas propriedades.

Os métodos indiretos se caracterizam pelo uso de equações empíricas ou modelos matemáticos, que necessitam de dados climático-fisiológicos para a sua aplicação. De acordo com MELLO (1998), apresentam inúmeros problemas de precisão, principalmente pelo fato de terem sido desenvolvidos para condições climáticas diferentes daquelas onde normalmente são aplicados.

SENTELHAS (2001) apresenta como métodos mais empregados, quer pela simplicidade ou pelo grau de confiabilidade, os de Thornthwaite, Camargo, Hargreaves-Samani, Priestley-Taylor e Penman-Monteith. Além desses, muitos outros métodos são apresentados na literatura, mas em virtude de suas condições empíricas ou semi-empíricas, não são tão utilizados como a maioria dos que foram citados, exatamente por terem sido desenvolvidos para condições climáticas e agrônômicas específicas, não tendo assim, validade para condições distintas.

ALLEN et al. (1998) comentam que, em maio de 1990, a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura), reuniu vários pesquisadores da Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem e da Organização Mundial de Meteorologia, a fim de rever as metodologias empregadas na estimativa das necessidades hídricas dos cultivos. Como

resultado, os maiores especialistas no assunto recomendaram o método de Penman-Monteith como padrão na estimativa da ETo. Este método, denominado PM-FAO 56, foi selecionado por apresentar resultados que muito se aproximam da evapotranspiração da grama em diferentes localidades, por representar as condições físicas presentes no processo e por incorporar tanto parâmetros fisiológicos como aerodinâmicos. Para estimativas da ETo por este método, são necessários dados de temperatura do ar, umidade relativa, radiação e velocidade do vento, diários, semanais, decendiais ou mensais.

De acordo com MEDEIROS (2002), diversos trabalhos científicos têm mostrado que o desempenho do método de PM na estimativa da ETo é satisfatório, quando comparado com medidas lisimétricas. No entanto, muitas vezes o emprego deste método torna-se restrito em virtude da disponibilidade de dados meteorológicos, favorecendo o uso de métodos mais simples. Apesar disto, diversos autores apresentam alternativas para o uso da equação PM-FAO 56 em situações de não disponibilidade de alguns desses dados. Por exemplo, dados de radiação podem ser estimados a partir da diferença de temperatura do ar, e a umidade relativa pode ser estimada a partir da temperatura mínima do ar. Esses procedimentos devem ser validados para as diferentes condições locais, ou seja, a estimativa de ETo obtida com dados incompletos deve ser comparada a outras estimativas obtidas quando existe disponibilidade de todas as variáveis necessárias. PEREIRA et al. (2002b) compararam medidas lisimétricas com estimativas de ETo obtidas a partir de dois conjuntos independentes de dados meteorológicos: um automatizado, contendo todas as variáveis exigidas pelo modelo PM-FAO 56, e outro convencional, sem medida direta do saldo de radiação e da velocidade do vento a 2m acima da superfície. Os autores concluíram que os dados fornecidos pelas duas estações meteorológicas comprovam a adequação do modelo proposto pela FAO e que este deve ser utilizado mesmo em situações de dados incompletos.

Cruz (2004) comparou valores de ETo obtidos através dos modelos Penman-Monteith (PM), Hargreaves-Samani (HS) e Tanque Classe "A", com valores obtidos em lisímetros de pesagem nas condições climáticas do município de Seropédica-RJ, e constatou que o modelo de PM foi o que proporcionou melhor ajuste em relação a ETo determinada diretamente pelo lisímetro.

Com relação aos tanques de evaporação, o tanque classe "A" é o mais utilizado no Brasil. Apresenta área de aproximadamente 1,15 m² e deve ser instalado sobre uma superfície gramada em um estrado de madeira. Segundo SENTELHAS (2001), sua simplicidade de manuseio é contraposta a algumas desvantagens como a super exposição às condições ambientais, a facilidade de acesso de animais e ao fato da evaporação ocorrer também no período noturno, fato que dificulta sua correlação com métodos tradicionais de estimativa de ETo.

A evaporação diária no tanque é obtida pela diferença de leituras em dois dias consecutivos. Tradicionalmente, a leitura é feita utilizando um parafuso micrométrico acoplado a um gancho, a fim de se obter melhor precisão do nível d'água no tanque. No entanto, VILLA NOVA & SENTELHAS (1999) apresentaram um sistema alternativo de medida que, acoplado ao tanque Classe A, possibilita efetuar um balanço entre a água evaporada do tanque e a precipitação. Os autores concluíram que, dada a facilidade oferecida na obtenção das leituras, não exigindo a presença de pessoal treinado, o tanque medidor também é um pluviômetro, permitindo a leitura em condições de dias com chuvas leves sem a necessidade de dados pluviométricos.

No método do Tanque Classe A, a ETo é obtida pela multiplicação da evaporação por um coeficiente (kp) tabelado (sempre menor do que 1), que é função da umidade relativa

média do local, velocidade do vento e do tamanho e do tipo da bordadura que circunda o tanque (DOORENBOS & PRUITT, 1977).

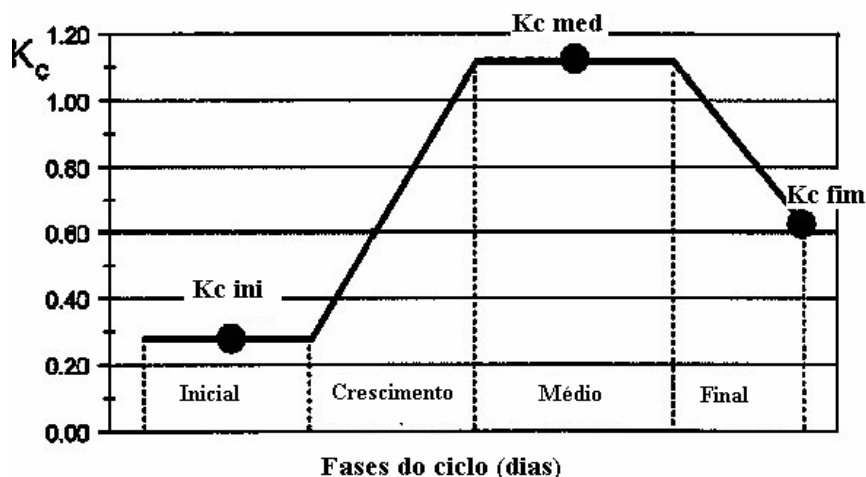
Dalmago et al. (2003) determinaram a evapotranspiração máxima E_{tm} , utilizando a lisimetria, para a cultura do pimentão (Híbrido VIDI F1) conduzida em estufa e plantada em camalhões recobertos com filme PEBD de cor preta. Estes autores observaram valores de E_{tm} diária de $0,5 \text{ mm.dia}^{-1}$, na fase inicial até os 20 dias após o transplante (DAT), aumentando até os 54 DAT quando atingir a máxima E_{tm} de $3,6 \text{ mm.dia}^{-1}$. Após este período, ocorreu decréscimo progressivo da E_{tm} , até apresentar valores próximos a $1,0 \text{ mm.dia}^{-1}$, no final do experimento que ocorreu aos 112 DAT. A E_{tm} total foi de 136 mm com média diária de 1,21 mm. O baixo valor da E_{tm} registrado neste experimento pode ser explicado pelo curto período de duração do experimento e sua condução em estufa. Bezerra e Mesquita (2000) obtiveram E_{tm} total média de 395,0 mm, na cultura do pimentão com a cultivar Califórnia, no período de 90 DAT, conduzido nos meses de julho á setembro em cultivo de campo do nordeste brasileiro.

2.3.1.2 Coeficiente de cultivo - K_c

O coeficiente de cultivo utilizado na estimativa da E_{tc} , resultante da razão entre E_{to} e E_{tc} , considera condições ideais, sem limitações locais para o desenvolvimento da cultura, ou redução da evapotranspiração devido a restrições na água do solo, densidade de plantio, doenças, vegetação espontânea, insetos ou salinidade. Segundo Pires et al. (2001), a E_{tc} difere da E_{to} principalmente quanto as diferenças de cobertura do solo, propriedade do dossel vegetativo e resistência aerodinâmica entre a grama e as culturas. Para uma mesma cultura, o K_c varia em função estágio de desenvolvimento, podendo atingir valor maior que 1 quando a mesma estiver em pleno desenvolvimento. Outras características como o espaçamento entre as plantas, a altura, área foliar e rugosidade da folhagem também influenciam na variação deste coeficiente. Além das características da cultura o K_c é influenciado intensamente pela umidade da superfície evaporante, sendo que, a maioria das curvas de K_c , se aplicam as culturas bem supridas por água. (Sedyama et al, 1998).

Os efeitos da variação das condições climáticas são incorporados na estimativa da E_{to} . Por isso, o K_c varia predominantemente com as características específicas da cultura e as práticas culturais adotadas que afetam o desenvolvimento (Allen et al. 1998). Este fato tem justificado a transferência de valores padrões de K_c entre locais e climas. Doorenbos e Pruitt, (1977), ressaltam que é indispensável a coleta de dados no local, para culturas irrigadas, de preferência sobre o período vegetativo e desenvolvimento da cultura.

O ciclo da cultura é dividido em quatro estádios de desenvolvimento, os quais descrevem os seguintes períodos fenológicos: $K_{c_{ini}}$ (início do estabelecimento da cultura, nº de dias correspondente aos primeiros 10% do desenvolvimento vegetativo da cultura), $K_{c_{méd}}$ (pleno desenvolvimento da cultura, nº de dias correspondentes a 70-80% de desenvolvimento vegetativo) e $K_{c_{final}}$ (período de maturação). Allen et al. (1998) recomendam a confecção da curva de K_c conforme apresentada na Figura 1.



Fonte: Allen et al. (1998)

Figura 1 - Curva do coeficiente de cultura (Kc).

Segundo Doorenbos & Kassam (1994), o coeficiente de cultivo para a cultura do pimentão é 0,4 logo após o transplante; 0,95 a 1,1 durante o período de cobertura plena e para o pimentão verde, 0,8 a 0,9 no momento da colheita. O estágio mais sensível da cultura à escassez de água é o início da floração, não devendo exceder de 25% o esgotamento de água no solo na zona radicular. O solo próximo às raízes deverá ser mantido com 80% ou mais de água útil. As raízes podem chegar a 1,0 m de profundidade, porém em condições irrigadas, concentram-se na camada superior de 0,3m de profundidade (Filgueira, 2000). Normalmente, a absorção de água ocorre na primeira camada de 0,5 a 1,0m de profundidade. Para níveis ótimos de rendimento, o esgotamento de água no solo não deve exceder 30 a 40% da água total disponível.

Os valores de Kc obtidos devem ser ajustados segundo a frequência e método de irrigação (equação 1) e ou condições climáticas (equação 2).

$$Kc_{ini} = 1,42 - 0,09 \cdot ET_0 - 0,11 \cdot IE + 0,004 \cdot ET_0^2 + 0,003 \cdot IE^2 + 0,0003 \cdot ET_0 \cdot IE \quad (1)$$

$$Kc = Kc_{tab} + [0,04(U_2 - 2) - 0,004(UR - 45)] \cdot \left(\frac{h}{3}\right)^{0,3} \quad (2)$$

em que:

IE - intervalo entre eventos de umedecimento do solo (chuva ou irrigação em dias);

Kc_{tab} - Kc tabelado;

U_2 - Velocidade do vento média diária, a 2 m de altura em m/s (para intervalo de variação de 1 a 6 m/s).

UR - Umidade relativa do ar em % (para intervalo de variação de 20 a 80 %).

h - Altura da cultura, m.

A Equação 2 é utilizada para a estimativa do $Kc_{méd}$ e do Kc_{final} , devendo ser utilizados os Kc_{tab} correspondentes.

Apesar da existência de valores tabelados e equações de ajuste para correção destes valores, a variação na taxa de desenvolvimento da cultura devido à mudança de local e variações climáticas entre anos sucessivos, pode alterar a curva da cultura, devendo ser monitorada as suas principais fases de desenvolvimento. Para solucionar esta dificuldade, alguns autores têm relacionado o Kc ao estágio de desenvolvimento da cultura, no lugar de tempo decorrido ou percentual. A relação do Kc com graus-dia acumulados, necessários ao crescimento da cultura, com a ETo acumulada ou a combinação de métodos, tem sido utilizada como tentativa para solucionar as incertezas relativas à duração das fases. Entretanto, os critérios mais recomendados são: a) graus-dia acumulados; b) estágio de crescimento observado, possibilitando ajustar o Kc em condições anormais ocorridas durante a fase de crescimento; e c) dias após o plantio (Sediyama et al., 1998). Segundo últimos autores, os valores de Kc baseados nos graus-dia acumulados, eliminam parcialmente os efeitos sazonais do meio ambiente sobre o desenvolvimento da planta, em relação aos baseados somente no tempo ou percentagem da duração normal da estação de crescimento.

Para culturas com 100% de cobertura vegetal, a evapotranspiração reflete principalmente as perdas por transpiração, pois os valores de evaporação da água no solo são relativamente baixos. Após as irrigações ou chuvas na fase inicial da cultura, o efeito predominante é o da evaporação direta da água no solo. Quando a cultura apresenta baixa porcentagem de cobertura vegetal, o valor do Kc é fortemente influenciado pelo intervalo de irrigações ou pelas chuvas ocasionais. O Kc inicial será alto quando a superfície do solo é totalmente molhada por irrigação ou precipitação pluviométrica e baixo quando a superfície do solo é seca (Pires et al., 2001).

Dalmago et al (2003) estimaram os valores de coeficiente de cultivo para a cultura do pimentão conduzido em estufa, considerando os subperíodos de desenvolvimento da cultura, e obtiveram valores médios de Kc iguais a 0,04 para o subperíodo do transplante até a primeira bifurcação da haste principal, de 0,13 da primeira bifurcação até o início da floração (IF), e 0,66 de IF até o início da colheita (IC), e 1,06 do IC até o final da colheita. Com exceção dos valores de Kc encontrados para a fase inicial, os resultados obtidos são semelhantes aos obtidos por Doorenbos e Kassam (1994) em condições de campo.

Miranda et al. (2005) conduziram experimento nas condições do nordeste brasileiro, com o objetivo de determinar a ETc e Kc para a cultura da pimenta (*Capsicum frutescens* L.), através de lisimetria, obtendo ETc total de 888 mm durante 300 dias de ciclo da cultura, com valor máximo de 5,6 mm.dia⁻¹. Estes autores constataram a ocorrência de duas fases de colheita durante o ciclo total da cultura, obtendo valores de Kc inicial, médio e final de 0,3, 1,22 e 0,65 respectivamente, para o primeiro ciclo de produção e Kc médio e final de 1,08 e 0,60 respectivamente, para o segundo.

2.3.2 Manejo da água baseado na variação de umidade do solo

A forma de arranjo das partículas do solo afeta a interação solo-água-planta-atmosfera, que, traduzida em termos de estado de energia da água potencial determina os processos de absorção de água e nutrientes pela planta (Andrade et al., 1998). De acordo com estes autores, o conhecimento da textura do solo pouco informa a respeito das propriedades físico-hídrica, sendo aquela pouco variável ao longo do tempo. No entanto, o seu conhecimento permite que se estabeleça uma faixa esperada para um certo parâmetro físico-hídrico. Ao contrário da textura, a estrutura é altamente dinâmica, sendo um importante descritor qualitativo das condições de solo, podendo ser avaliada através da densidade do solo e das partículas, porosidade total e distribuição dos poros e agregados, entre outras.

2.3.2.1 Características físico-hídricas

A densidade do solo (d_s), também chamada de densidade aparente ou global, ao contrário da densidade das partículas é influenciada pelo manejo, e se realizado inadequadamente poderá reduzir o volume total do solo (V_t) para a mesma massa de solo (m_s), sendo um indicador de compactação do solo.

Segundo Brady (1989), a elevação da densidade do solo nas camadas subsuperficiais, se deve à ocorrência de menor quantidade de matéria orgânica, de menor agregação e menor penetração das raízes, nas camadas mais profundas do perfil, e ainda pela compactação ocasionada pelo peso das camadas subjacentes.

A densidade global, também denominada densidade aparente ou de volume, (Brady, 1989), é definida por Reichardt (1990) como a relação entre a massa da amostra do solo sem água, e o volume que ela ocupa, na condição natural, sem que haja destruição da sua estrutura.

Considerando que a densidade global é praticamente invariável no tempo, pelo menos nas condições em que não são alteradas pelos implementos agrícolas (Reichardt, 1990), determinando-se a densidade global, nas profundidades efetivas do sistema radicular da cultura a ser irrigada, é possível estimar a umidade volumétrica do solo. Medindo apenas a umidade a base de peso, e multiplicando-se pela densidade global obtém-se a umidade volumétrica.

Portanto, conhecendo-se a densidade global é possível calcular a umidade volumétrica que será utilizada nos cálculos da necessidade de lâmina de água a ser aplicada, sem a necessidade de medir o volume total da amostra a cada determinação de umidade volumétrica, muito mais trabalhosa que a determinação da umidade a base de peso, que envolve apenas medidas em amostras deformadas.

A fração sólida interage fisicamente com a fração líquida, por meio das forças que prendem a água junto à matriz do solo, as quais podem variar em função das características do material sólido, porosidade e textura (Miranda et al., 2001).

Apesar da textura exercer forte influência na interação água-solo, por si só não quantifica as características físico-hídricas, fornecendo apenas um indicativo de faixa de valores que podem assumir (Miranda et al., 2001); no entanto esta generalização pode levar a erros na tomada de decisão, pois os valores físico-hídricos podem não ser representativos, para solos com a mesma textura e estruturas diferentes (Faria, et al., 1998). Portanto, a definição das características da interação entre água e solo, através da quantificação destes valores e da energia com que está retida, é fundamental para a determinação do balanço hídrico do solo.

Normalmente, são medidas a densidade do solo, textura, agregação, estabilidade dos agregados e distribuição do tamanho dos poros; porém, estas características são conseqüências, portanto fatores indiretos, dos efeitos da água, aeração, temperatura e resistência mecânica (Letey, 1985).

A estrutura ao contrário da textura não descreve qualitativamente as condições de solo. Por não existir um método prático para medir a estrutura do solo, são utilizados outros parâmetros, tais como densidade, porosidade e distribuição dos poros entre outros nesta avaliação (Faria et al., 1998).

A disponibilidade total de água no solo, para as plantas é dependente da capacidade de retenção e da profundidade do sistema radicular efetivo das plantas (Marouelli et al., 1996).

2.3.2.2 Umidade e armazenamento de água no solo

A medição ou estimativa de umidade no solo poderá ser realizada através dos métodos direto e indireto. O método direto, também chamado de gravimétrico, é utilizado na calibração dos métodos indiretos de determinação de umidade. Com relação aos indiretos, destacam-se a moderação de nêutrons, a TDR e a tensiometria.

2.3.2.2.1 TDR (Reflectometria com Domínio de Tempo)

O TDR (Time Domain Reflectometry), é considerado por vários autores como um dos métodos mais promissores por não oferecer riscos à saúde e ser extremamente sensível às variações de umidade no solo. Além de permitir a coleta automática dos dados torna-se possível a automação do sistema de irrigação (Andrade et al. 1998). Outra vantagem da TDR, em relação à sonda de nêutrons, é a possibilidade de sua utilização para medição da umidade nas camadas superficiais, normalmente ocupadas pelo sistema radicular efetivo das culturas, considerando-se a profundidade de interesse para determinação da lâmina a ser aplicada.

A utilização da TDR na determinação de propriedades físicas do solo foi introduzida por Topp (1980) e o seu princípio de funcionamento baseia-se na emissão de um pulso de frequência de micro ondas, sendo medido o tempo de propagação através de um osciloscópio, do começo ao final de uma haste inserida no solo. Este tempo de propagação depende da umidade presente no solo, sendo relacionado a propriedade dielétrica (Faria, 1998).

A constante dielétrica é aproximadamente igual a 1, para o ar; 2 a 4 para as partículas minerais; e 80 para a água, sendo justamente esta grande diferença que faz com que a TDR seja um método eficiente de se avaliar a umidade no solo, através da velocidade de propagação de uma onda de energia em hastes paralelas inseridas no solo que por sua vez é dependente do conteúdo de água existente (Miranda, 2001). O tempo de propagação do pulso de microondas na haste é proporcional à permissividade do solo ou constante dielétrica, que está relacionada ao conteúdo de água no solo (Reichardt et al., 2004).

As hastes utilizadas apresentam comprimentos variáveis, sendo normalmente de 0,20, 0,40, 0,60, 0,80 e 1,0m, quando inseridas no solo no sentido vertical. Também podem ser utilizadas hastes múltiplas ou segmentadas (Reichardt et al. 2004; Faria, 1998), permitindo o acompanhamento da frente de molhamento no solo, além de considerar a variabilidade espacial das características do solo que influenciam no processo. Outra possibilidade é a instalação de hastes com aproximadamente 0,20m no sentido horizontal, através de trincheiras, permitindo também a obtenção das informações citadas anteriormente.

A curva de calibração pré-estabelecida que relaciona constante dielétrica com umidade volumétrica do solo nas condições de utilização do equipamento, é um procedimento recomendável para maior precisão na determinação da umidade. Apesar de ser considerado um método bastante preciso, existem indícios da influência de fatores ambientais, dentre eles a densidade do solo por apresentar grande variação dentro de uma mesma área, tornando necessária a calibração local, para sua utilização com maior segurança (Miranda et al. 2001). Entretanto, Hipp (1974), Hoekstra e Delaney (1974) e Davis e Annan (1977), todos citados em Miranda et al. (2001), verificaram que a constante dielétrica é mais dependente do conteúdo de água presente no solo, do que sua composição e densidade. Topp et al. (1980), citados por Faria (1998), estudando cinco tipos de solo, confirmaram que as variações da constante dielétrica devia-se ao conteúdo de água no solo e não a fatores ambientais. No entanto, Trintinalha (2000) avaliando o efeito da densidade sobre a constante dielétrica, concluiu que a densidade exerce grande influência sobre a leitura realizada no TDR, e propôs

modelo de regressão linear múltipla, utilizando a densidade do local onde será feita a medição. Hermann (1993), citado por Reichardt e Timm (2004), ressalta a possibilidade de influência dos óxidos de ferro presentes nos solos, sobre a constante dielétrica.

Aguiar et al. (2006) comparando diferentes métodos de determinação de umidade em solo coeso dos Tabuleiros Costeiros, verificaram que os valores obtidos pela TDR, na profundidade de 0 a 0,15m, foram superiores aos obtidos por tensiômetro e pelo método gravimétrico utilizado como padrão, sendo atribuída esta à sensibilidade do equipamento e às oscilações bruscas de umidade na proximidade da interface solo-atmosfera, ocorrendo devido à textura arenosa do solo e evapotranspiração elevada. Estes autores concluíram que o desempenho da TDR foi satisfatório, sendo recomendada como ferramenta para medições do teor de umidade no solo.

2.3.2.2.2 Tensiometria

O tensiômetro é um aparelho simples e barato, que não requer calibração ou qualquer fonte de energia, e fornece leitura instantânea, possibilitando a determinação do momento oportuno de irrigar (Faria, 1987).

O funcionamento do tensiômetro ocorre em função da tensão da água no solo ou potencial matricial que, por sua vez, está relacionado com as forças de capilaridade e as cargas elétricas da superfície das partículas. Desta forma, quando ocorre aumento da tensão da água no solo, ou seja, o solo está mais seco, se dá a passagem de água do interior do tubo do tensiômetro através da cápsula para o solo, formando-se vácuo parcial dentro do aparelho, que é registrado pelo vacuômetro metálico ou de mercúrio ou por tensímetro. Quando ocorrem chuvas ou irrigação, a água se movimenta no sentido inverso (do solo para o tensiômetro), diminuindo o vácuo existente e, conseqüentemente, a leitura de tensão de água no solo (Faria, 1987). Depois de estabelecido o equilíbrio, o potencial da água dentro da cápsula é igual ao potencial no solo em torno dela, e quando isto acontece o fluxo de água cessa (Reichardt, 2004).

Segundo Letey (1985), o importante não é a quantidade de água existente no solo, mas sim o potencial da água no solo, ou seja, a energia com que a água está no solo, que é coincidentemente a energia a ser gasta pela planta para esta ser retirada do solo. Determinações do conteúdo de água no solo e de seu potencial, em laboratório, podem não representar as condições de campo. Por isto, o uso da tensiometria, para determinar a curva de retenção, na faixa de potencial operada por este equipamento, se constitui em prática recomendada por vários autores.

Segundo Faria (1987), o tensiômetro opera na faixa de 0–80kPa. Leituras de tensão zero ou próximas, indicam que o solo está saturado e que as plantas sofreriam com falta de oxigênio. Leituras de 6 a 25kPa correspondem à condição ideal de umidade e aeração do solo. Em leituras acima de 25kPa pode ocorrer deficiência hídrica em plantas sensíveis, com sistema radicular mais superficial. Marouelli (1996) estabelece como limite para funcionamento a tensão de 70kPa; e apesar de sua limitada faixa de leitura, o autor considera útil no controle da irrigação, devido às tensões consideradas adequadas para a maioria das hortaliças serem menores que esse valor.

A partir de 80kPa, o ar penetra no instrumento através dos poros da cápsula e a água passa do estado líquido para o estado de vapor fazendo com que as medições percam em precisão (Faria, 1998). Aguiar et al. (2006), avaliando diferentes equipamentos na medição de umidade no perfil de solo, no Platô de Neópolis-SE, concluiu que o tensiômetro proporcionou desempenho satisfatório para baixas tensões ocorridas nas camadas superficiais até 0,30m de

profundidade e insatisfatório para as altas tensões ocorridas a partir de 0,60m de profundidade.

Taylor (1965) citado em Faria (1987), apresenta valores de tensão da água no solo para várias culturas, em função dos seus períodos críticos de desenvolvimento. Para a cultura do tomateiro, pertencente à mesma família do pimentão, considerou como período crítico a fase de florescimento e formação dos frutos, com profundidade efetiva do sistema radicular entre 0,30 e 0,90m, recomendando a instalação do tensiômetro a 0,15m e a 0,50m.

Pires (2001) recomenda que os tensiômetros sejam instalados em profundidades correspondentes a 1/3, 2/3 e ao limite da profundidade efetiva das raízes, considerando a leitura do tensiômetro mais superficial para se determinar o momento da irrigação. As demais, servem para ajustar as lâminas de irrigação, caso ocorra excesso de água nas camadas subsuperficiais.

O número de tensiômetros a serem instalados dependerá da uniformidade de distribuição da água pelo sistema de irrigação. Sistemas com distribuição uniforme permitem menor número de sensores. Porém a recomendação geral é de se utilizar mais de uma bateria de tensiômetros para uma mesma área irrigada, instalando-os em locais representativos em relação ao tipo de solo e desenvolvimento da cultura (Pires, 2001).

Faria (1987), adaptado de Taylor (1965), sugeriu os limites de tensão da água no solo de 33kPa a 83kPa, para que sejam obtidas melhores produtividades. No entanto, as irrigações devem ocorrer sempre que o aparelho superficial (0,15m) registrar a tensão de 33kPa. Silva & Simão (1973), citados por Marouelli (1996), recomendaram a tensão de 30 a 100kPa para se proceder a irrigação na cultura do tomate visando obter a produtividade máxima. No entanto, Marouelli (1996) ressalta que estes valores são indicados para sistemas de irrigação por aspersão e por superfície e para solos não salinos. Para sistema de irrigação por gotejamento e para condições de solos salinos os valores são inferiores aos propostos.

Devido à cápsula porosa ser permeável, a água no tensiômetro adquire a mesma composição e concentração de sais da água do solo. Portanto, pode ser recomendado o uso da água utilizada na irrigação, desde que razoavelmente limpa, para enchimento dos tensiômetros (Reichardt e Timm, 2004). Entretanto Marouelli et al. (1996) recomenda, o uso de água fervida ou destilada fria.

Para manejar a irrigação através do tensiômetro é indispensável dispor da curva característica de retenção de água no solo. Conhecendo a umidade atual, a capacidade de campo e a densidade do solo, é possível o cálculo da lâmina real necessária na profundidade efetiva do sistema radicular (Marouelli et al., 1996). O tensiômetro é um método direto de determinação da tensão da água no solo e indireto de determinação da umidade no solo.

2.3.2.3 Balanço hídrico

O balanço hídrico é o somatório das quantidades de água que entram e saem de um volume de solo, em determinado intervalo de tempo, durante o ciclo de uma cultura. Torna-se necessário avaliar a umidade pelo menos na profundidade, ocupada por 95% do sistema radicular ativo (Reichardt e Timm, 2004).

O balanço hídrico apresenta componentes que contribuem positivamente, aumentando a umidade do solo no volume de controle, ou negativo, reduzindo a disponibilidade de água no solo, sobretudo na profundidade do sistema radicular efetivo. Uma equação simplificada do balanço hídrico no solo é apresentada por Reichardt e Timm (2004):

$$P + I \pm DS - ET \pm QZ \pm \Delta Az = 0 \quad (3)$$

em que:

P = precipitação pluviométrica (mm);

I = irrigação (mm);

DS = deflúvio superficial (mm);

ET = evapotranspiração (mm);

QZ = fluxo vertical (ascensão capilar ou drenagem profunda) (mm);

ΔAz = variação no armazenamento da água no solo (mm).

Lopes et al. (2005), avaliando o manejo da irrigação por tensiometria e o balanço hídrico climatológico, baseado no Tanque Classe A, para a cultura do feijoeiro em sistemas de plantio convencional e direto, concluíram que ambos os métodos são possíveis de ser adotados, sendo que o manejo por meio da tensiometria proporcionou economia de 15% na água de irrigação aplicada, sem afetar a produtividade em grãos.

Rose & Stern (1967), citado em Richardt e Timm (2004), propuseram a análise da razão de absorção de água pelo sistema radicular, para diferentes profundidades do perfil do solo ocupado por uma cultura, isolando as perdas por transpiração.

Lopes et al. (2005) determinaram a variação de umidade no solo, através do potencial matricial, por meio de tensiômetros. Os dados foram transformados para umidade volumétrica, utilizando uma curva de retenção obtida pelo modelo de Van Genuchten (1980), para estimativa do balanço hídrico em solo ocupado com a cultura do feijão.

Neto et al. (2004) propuseram modelo para estimar a depleção de produtividade de milho a partir da estimativa da evapotranspiração real através do balanço hídrico no solo, estimativa da evapotranspiração máxima e estimativa da produtividade potencial da cultura, viabilizando a indicação das épocas mais apropriadas para os cultivos irrigados e de sequeiro para os municípios do Estado de São Paulo.

2.4 Análise de Crescimento

Existem dois métodos empregados no cálculo das taxas de crescimento vegetal. O método tradicional ou clássico em que as taxas são calculadas entre duas coletas sucessivas, através de fórmulas previamente deduzidas, e os valores obtidos representam médias para o intervalo de tempo entre coletas. E o método funcional, em que os dados originais são ajustados a uma equação, por meio de regressão, obtendo-se, valores instantâneos.

Segundo Pereira e Machado (1987), é possível analisar a produção vegetal através de informações obtidas sem necessidade de equipamentos sofisticados. Por exemplo determinando a quantidade de material contido na planta inteira e em suas partes (folhas, caule, raízes, flores e frutos) e o tamanho do aparelho fotossintetizante, representado pela área foliar.

Para proceder à análise de crescimento, é necessário a amostragem de valores primários através de coletas destrutivas, representativas do conjunto de plantas ou parcelas, sendo impossível que coletas subsequentes sejam realizadas com as mesmas plantas. Esta aproximação é a principal desvantagem, e várias técnicas têm sido sugeridas para diminuir a importância desta fonte de erro. Outra falha do método se deve à medida do sistema

assimilatório, através da área foliar. Esse parâmetro é utilizado como padrão na análise de crescimento, e todos os componentes de crescimento calculados a partir dele. Negligencia-se o fato de diferentes folhas ou mesmo parte de folhas, contribuírem na produção fotossintética total da cultura ou comunidade, conforme idade, posição na planta e posição no dossel (Kvet, 1971).

A massa seca da planta inteira ou de suas partes, para fins de realização da análise de crescimento é obtida a 70 - 100°C, em estufa de ventilação forçada, sendo a temperatura de 80°C a mais adequada. Deve-se proceder à pesagem da amostra a cada 24 horas até que o peso se torne constante, em geralmente ocorrendo em três dias. No entanto Stuff et al., (1979) e Machado et al. (1982) sugeriram uma única pesagem final após sete dias de secagem. Lopes et al. (2005), realizaram a secagem de partes da planta de milho, em estufa de ventilação forçada à temperatura de 60°C, próxima à temperatura rotineiramente utilizada pela Embrapa – Agrobiologia que é de 65°C.

Pereira, (2002), realizou secagem de plantas da soja em estufa de ventilação forçada a 75°C por 72 horas e obteve a área foliar através do Integrador (Modelo LI – 3100, LICOR, inc.).

As informações obtidas através da análise de crescimento poderão ser utilizadas para investigar a adaptação ecológica das culturas a novos ambientes, a competição entre espécies, os efeitos de manejo e tratamentos culturais, além da aferição da capacidade produtiva de diferentes genótipos (Kvet et al., 1971).

A análise quantitativa do crescimento permite a dedução de vários índices fisiológicos, utilizados na tentativa de explicar e compreender diferenças de comportamento das comunidades vegetais (Pereira et al. 1987).

2.4.1 Método clássico

O conhecimento da acumulação de biomassa seca e área foliar durante o ciclo, torna possível a estimativa de vários índices fisiológicos.

2.4.1.1 Taxa de crescimento relativo (TCR)

A taxa de crescimento relativo, também chamada de taxa de crescimento específico, por representar a quantidade de material produzido por unidade de material já existente (Pereira et al. 1987). Este conceito de relatividade foi introduzido por Blackman em 1919, em analogia à taxa de juros compostos, e considerado como índice de eficiência de conversão da matéria seca (W).

Este índice de eficiência obtido por Blackman, denominado R, é obtido através da derivada da relação $dW/dt = RW$, onde W é a matéria seca atual (g), t é o tempo (dias) e R uma constante de proporcionalidade. É utilizado para comparar o comportamento entre espécies, ou de uma mesma espécie cujos indivíduos são submetidos a diferentes ambientes. Briggs et al. (1920) adaptaram este índice e o denominaram de taxa relativa ou taxa específica de crescimento (RGR) – $g \cdot g^{-1} \cdot d^{-1}$ (Pereira, 2002).

A taxa de crescimento relativo (RGR, R) é definida por Kvet (1971) como o aumento da biomassa por unidade de biomassa presente. Pode ser calculada para a planta inteira ou para partes da planta, que podem ser mais sensíveis às mudanças ambientais. No cálculo da TCR é considerada a massa seca pré-existente, permitindo comparar adequadamente os efeitos de tratamentos (West et al., 1920).

2.4.1.2 Taxa de crescimento da cultura (TCC)

É definida como a variação de massa seca (MS) com o tempo (t), e representa a capacidade de produzir fitomassa (Pereira e machado, 1987).

Segundo Kvet (1971), a TCC é inadequada para comparação das taxas de crescimento de plantas individuais de diferentes partes ou hábitos de crescimento.

2.4.1.3 Taxa de assimilação líquida (TAL)

A taxa de assimilação líquida (g.m^{-2} área foliar. d^{-1}) foi introduzida em 1926 (Pereira e Machado, 1987). O cálculo da taxa de assimilação líquida (TAL), possibilita conhecer a eficiência das folhas na produção de novos materiais, considerando que são as maiores responsáveis pela produção de mais matéria seca, ao contrário da taxa de crescimento relativo, que considera toda a matéria seca da planta como igualmente produtiva.

A TAL expressa o balanço entre o material produzido pela fotossíntese e aquele perdido através da respiração (Briggs et al., 1920).

A taxa foliar unitária ou taxa de assimilação líquida (Pereira e Machado, 1987), mede o aumento líquido do peso seco da planta por área foliar unitária (kg.m^{-2}) sendo diferente da taxa fotossintética que mede a assimilação líquida de carbono somente durante o período de luz. A taxa de assimilação líquida decresce ao estresse hídrico. Existem evidências do efeito positivo do suprimento de nutrientes minerais, especialmente o potássio sobre a TAL (Watson, 1952).

Devido ao aumento recíproco do sombreamento foliar com o índice de área foliar (IAF), a taxa de assimilação líquida se correlaciona negativamente com IAF e conseqüentemente com todos os fatores que influenciam no seu aumento (adubação nitrogenada, densidade, sombreamento, altos níveis de suprimento de água). Por isso, a TAL normalmente decresce durante o crescimento e desenvolvimento de um conjunto de plantas (Kvet, 1971).

2.4.2 Método funcional

No método funcional os dados são usados para descrever de forma precisa e adequada as relações entre área foliar e tempo e entre Massa seca e tempo, que se ajustam a funções apropriadas, que são geralmente polinômios.

Segundo Kvet (1971), estimativas das características de crescimento, através de curvas ajustadas de crescimento de massa seca e área foliar podem atender melhor a proposta, que a estimativa sobre intervalos de tempo definidos. Este procedimento se baseia na escolha de uma função matemática adequada representada por uma curva ajustada a partir dos valores observados de massa seca ou área foliar, que se aproximam da curva real.

Pereira e Machado (1987) destacam as vantagens do método funcional em relação ao clássico:

- as amostragens não necessitam ser simultâneas em tratamentos diferentes e nem ocorrerem em intervalos regulares, podendo ser mais freqüente nos períodos de maior crescimento;

- não há necessidade de pressupor que o crescimento em si obedeça a determinado tipo ou que se conheça a relação entre massa seca e área foliar, mas apenas que se ajustem adequadamente aos dados primários;

- as informações de todas as amostragens são utilizadas na estimativa dos índices, em qualquer período de crescimento e não somente nos períodos em questão;

- as amostras não precisam ser grandes, pois pequenos erros de amostragem são compensados pela função.

- uma única função reúne várias informações, facilitando o manuseio e a interpretação dos resultados.

Apesar das vantagens do método funcional em relação ao clássico, nenhum processo é perfeito, e segundo Pereira e Machado (1987), o ajuste demasiado dos dados originais, propostos por alguns autores, buscando a descrição de todas as nuances dos dados, fazem com que os pequenos erros de amostragem não sejam compensados, gerando estimativas de índices fisiológicos difíceis de serem explicados biologicamente.

O objetivo da análise de crescimento é encontrar uma função que descreva convenientemente os dados sem introduzir discrepâncias inerentes à própria função.

Segundo Pereira e Machado (1987) a variância de cada amostragem no crescimento vegetal é proporcional ao tamanho das plantas sendo necessário à transformação dos dados para homogeneizar as variâncias, e a transformação mais utilizada é a logarítmica.

2.4.2.1 Função exponencial polinomial

Os logaritmos naturais dos dados originais podem ser ajustados a polinômios, através de regressão múltipla pelo método dos mínimos quadrados. Estes métodos são lineares no sentido estatístico.

Hughes e Freemam (1967) usaram funções exponenciais com polinômios do terceiro grau para massa seca (W) e área foliar (A). No entanto segundo Kvet (1971), a expressão cúbica não contribui significativamente para a acurácia do ajuste.

2.4.3 Índice de área foliar e Duração de área foliar

WATSON (1947) introduziu três novos conceitos na análise de crescimento vegetal. O primeiro foi o índice de área foliar (IAF), que é a superfície da área plana das folhas por unidade de área do solo. O segundo foi a taxa de crescimento da cultura (C), que considera a assimilação por unidade de área plantada e não por planta. O terceiro conceito foi a duração de área foliar (LAD), que é uma medida da persistência assimilatória da cultura. Ele demonstrou que esta medida está mais bem correlacionada com a acumulação de biomassa do que a taxa de assimilação líquida.

O IAF expressa a disponibilidade de superfície assimiladora de CO₂ e da radiação fotossinteticamente ativa e de perdas de água (transpiração) da população de plantas (Müller et al., 2005). É o fator primário que determina a taxa de produção de matéria seca (CGR) em grupos fechados, refletindo a capacidade produtiva atual de um grupo de plantas. O conhecimento das mudanças de IAF nos estandes ajuda no entendimento das mudanças de outras características de crescimento especialmente a TAL (Watson, 1958).

Segundo Watson (1947), o IAF representa a capacidade da comunidade explorar o espaço disponível e pode ser calculado através da razão entre a área foliar (AF) e a área terreno ocupada pela cultura (P), em função do espaçamento. A integral do IAF em relação ao tempo, permite o cálculo da duração da área foliar (DAF), enfatizando somente a área foliar

fotossinteticamente ativa. O tamanho do sistema assimilatório e a sua duração são de importância primária para a eficiência produtiva de várias culturas (Watson, 1956).

A DAF é um parâmetro importante para verificação da duração da vitalidade do aparelho fotossintético da cultura. A área abaixo da curva (quando o IAF é plotado contra o tempo) mostra toda a oportunidade que a cultura possui para assimilação. DAF leva em conta não somente o quanto de área foliar se desenvolve, mas quanto ela dura, sendo, portanto, uma expressão da área foliar por cultura ou por estação de cultivo (Watson, 1947). Este mesmo procedimento, para verificar a vitalidade do estande, pode ser realizado e, assim, ser obtido um parâmetro equivalente ao DAF denominado “duração da biomassa” (Kvěť et al., 1971).

2.4.4 Razões de crescimento

A partir da taxa de assimilação líquida foram introduzidos três novos conceitos: razão de área foliar (RAF) ($\text{m}^2 \cdot \text{folha} \cdot \text{g}^{-1} \text{planta}$), área foliar específica (AFE) ($\text{m}^2 \cdot \text{folha} \cdot \text{g}^{-1} \text{folha}$) e razão de massa foliar (RMF) ($\text{g folha} \cdot \text{g}^{-1} \text{planta}$) (Gregory, 1926).

Geralmente a AFE permanece constante ou varia pouco durante o crescimento, das culturas. A RAF e RMF variam de forma semelhante para a maioria das culturas, aumentando rapidamente até um máximo na fase inicial do ciclo vegetativo, decrescendo, posteriormente com o desenvolvimento da cultura. Esse comportamento indica que inicialmente, a maior parte do material fotossintético é convertida em folhas visando aumentar a captação da radiação solar disponível (Pereira & Machado, 1987).

Segundo Nobel et al. (1975), a maior AFE resulta do aumento da superfície das células do mesófilo, por unidade de área foliar, ocasionando alta razão superfície/volume dentro das folhas, reduzindo a resistência ao fluxo de CO_2 e permitindo a obtenção de maiores taxas fotossintéticas.

A área foliar específica (AFE) normalmente reflete a espessura da folha e proporção relativa da assimilação e condutividade ou funcionamento dos tecidos foliares, e varia com a posição da folha ou copa dentro do dossel de um grupo de plantas. A razão de área foliar caracteriza o tamanho do aparato assimilatório, e mudanças sazonais refletem a interação de fatores ontogenéticos (aumento da idade da folha e posição com relação à área foliar) com efeitos ambientais (aumento da RAF com sombreamento, altos níveis de N e suprimento de água) (Kvet, 1971).

Outras razões alométricas comparam entre si as diferentes taxas de crescimento das diferentes partes da planta, ou com a planta inteira. Um exemplo de razão alométrica é a razão entre raiz e parte aérea, ou seja, a razão da matéria seca da parte subterrânea da planta daquela da parte acima da superfície (Kvet, 1971).

2.5 Modelos de Ajuste do IAF e Biomassa em Função de Graus-dia

A temperatura média do ar reflete na disponibilidade de energia às plantas e isto tem incentivado vários autores a pesquisar sua relação com os estádios de desenvolvimento e crescimento das plantas.

Lopes et al. (2005) ajustaram modelos para descrever a fitomassa seca da parte aérea de milho em função de graus-dia. Müller et al. (2005) estimou o índice de área foliar do milho a partir da soma de graus dia, utilizando modelo linear segmentado. Prela et al. (2002) utilizou a determinação de graus dia para planejar o plantio e colheita de feijão de vagem em função do mercado e condições ótimas para condução da cultura. Souza et al. (2005)

relacionou graus dia com a duração da antese a colheita da lima ácida 'Tahiti'. Nestes estudos a temperatura mais baixa tolerada pela planta, abaixo da qual ocorre paralisação ou deficiência no crescimento, é chamada de temperatura-limite inferior ou basal (tb) da mesma forma a temperatura mais elevada tolerada pela planta é denominada temperatura-limite superior ou temperatura basal máxima.

Um grau-dia corresponde a ocorrência, durante um dia, de temperatura do ar 1°C dentro da faixa térmica adequada ao metabolismo da cultura, ou seja, acima da temperatura basal mínima e abaixo da basal máxima. O número de graus-dia necessários para uma cultivar completar os estádios de desenvolvimento, constitui sua constante térmica, uma vez conhecida às temperaturas máximas e mínimas diárias esperadas (valores médios) em determinado local, torna-se possível estimar a duração do seu ciclo vegetativo e planejar o plantio para que a colheita ocorra na ocasião de maior retorno econômico. Entretanto, segundo Chang (1968), este planejamento é possível somente nas regiões onde as médias das temperaturas mínimas e máximas não variem significativamente de um ano para o outro e os valores médios diários não variem muito em relação ao respectivo valor médio. Este autor ressalta ainda que a temperatura não é o único fator condicionante do desenvolvimento de uma planta. Muller et al. (2005) cita que o modelo de estimativa do IAF em função de graus-dia, apresenta limitações quando ocorre deficiência hídrica, mesmo que esta ocorra no período de instalação da cultura. Este autor avaliando a validação de modelos obtidos para a cultura do milho, comprovou a ocorrência de superestimativa de valores de IAF no ano em que houve deficiência hídrica para a cultura.

O pimentão e outras espécies da família das solanáceas, são culturas exigentes em termoperiodicidade, requerendo uma variação de temperatura entre o dia e a noite de aproximadamente 7 a 10°C (Tivelli, 1998). Segundo o mesmo autor, a ocorrência de temperaturas na faixa de 15 e 18°C podem comprometer a floração e a fotossíntese e a temperatura máxima tolerada pela cultura sem comprometer a floração é de 35°C. Cermeño (1977), citado por Tivelli (1998) menciona que a temperatura mínima noturna para o desenvolvimento ótimo é de 16 a 18°C e durante o dia de 20 a 25°C, a 15°C a planta apresenta desenvolvimento deficiente. Filgueira (2000) confirma que baixas temperaturas afetam o desenvolvimento inicial da planta, tornando-se mais resistente ao frio na fase adulta. Durante a fase de desenvolvimento a planta se adapta melhor em climas com temperatura da ordem de 18 a 27°C diurnas e 15 a 18°C noturnas (Doorenbos e Kassan, 1994).

Villa Nova (1972) propõe quatro modelos para determinar os graus-dia de uma cultura em função das temperaturas basais, inferior e superior e das temperaturas máximas e mínimas diárias ocorridas no local de condução da mesma. Este mesmo autor define a soma calórica ou graus dia, como a diferença entre a temperatura média diária do ar e a temperatura basal exigida por uma espécie, desde que a temperatura média seja igual ou inferior à temperatura basal superior. Arnold (1959), citado em Prela (2002), também propõe o cálculo graus-dia, utilizando o mesmo modelo.

2.6 Eficiência no Uso da Água

Considerando a atual preocupação mundial com a escassez dos recursos hídricos e o seu alto custo em determinadas situações, a busca pelo aumento da eficiência no uso da água pelas culturas tem sido motivo de preocupação pela pesquisa, extensão e produtores rurais, uma vez que este componente da produção cada vez mais ocupa importante parcela nos custos de produção.

Segundo Reichardt e Timm (2004), cerca de 98% do volume de água absorvida pela planta passa por ela perdendo-se para a atmosfera, através da transpiração. No entanto, este fluxo é necessário para o desenvolvimento da planta, devendo por isso ser mantido os limites de umidade dentro do ótimo para as plantas. A absorção contínua de água é essencial ao crescimento e desenvolvimento vegetativo, pois a maioria das plantas em clima tropical chega a perder mais do que seu peso em água, por dia, em certas condições (Pimentel, 1998).

Segundo Letey (1985) a manutenção da umidade no solo dentro da faixa ótima, compreendida pelo limite inferior onde começa ocorrer resistência mecânica ao desenvolvimento radicular e pelo limite superior onde ocorre baixa aeração, proporcionaria maior desenvolvimento radicular. Portanto a lâmina de água aplicada combinada às propriedades físicas do solo influenciam no potencial da água, aeração e a resistência mecânica, os quais tem relação direta com a produção.

Em algumas regiões onde a água se constitui no principal fator limitante, o objetivo deve ser a obtenção da máxima produção por unidade de água aplicada, adequando a irrigação aos períodos críticos de déficit de água tais como: germinação, floração e enchimento dos grãos ou formação dos frutos (Bernardo, 1995). Segundo o autor, a razão entre a água evapotranspirada pela cultura e a aplicada pela irrigação deve aproximar-se de 1,0, para que se tenha máxima eficiência de uso e aplicação de água.

A eficiência de utilização de água para o rendimento de pimentão fresco varia de 1,5 a 3,0 kg.m⁻³ (Doorenbos e Kassam, 1994).

Ertek et al. (2005) determinou a eficiência no uso da água de irrigação (IWUE) e a eficiência no uso da água evapotranspirada pela planta (WUE), para a cultura do pepino utilizando as equações 4 e 5.

$$IWUE = \left(\frac{E_y}{I_r} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

$$WUE = \left(\frac{E_y}{E_t} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

em que:

E_y - rendimento da cultura, em ton.ha⁻¹;

I_r - lâmina de água aplicada pela irrigação, em mm; e

E_t - evapotranspiração da cultura, e

IWUE e WUE - em t.ha⁻¹.mm⁻¹.

Estes autores avaliando tratamentos de irrigação consistindo em dois intervalos de irrigação (4 e 8 dias) e três (K_{cp}) coeficientes planta-tanque (0,50, 0,75 e 1,0), obtiveram maior IWUE (0,089 t.ha⁻¹.mm) e WUE (0,079 t.ha⁻¹.mm), para o tratamento com intervalo entre irrigação de 8 dias e K_{cp} igual a 1,0.

Antony e Singandhupe (2004) avaliando a influência da irrigação por gotejamento e superfície, no crescimento, rendimento e eficiência no uso da água (EUA) pela cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.) var. Califórnia Wonder, concluíram que a EUA teve uma relação linear negativa significativa com a fotossíntese líquida, ou seja, quando as taxas de fotossíntese aumentaram a EUA decresceu de forma linear. O decréscimo foi maior nas plantas irrigadas por gotejamento do que nas plantas irrigadas por superfície, devido ao maior

investimento em massa radicular pelas plantas irrigadas por superfície. Nos níveis mais baixos de irrigação, existe menos água conseqüentemente ocorre o fechamento dos estômatos causando redução nas perdas de água e decréscimo na fixação de CO₂. Por outro lado neste experimento o acúmulo de matéria seca total pela planta e o rendimento da cultura aumentaram com o aumento da lâmina aplicada em ambos os sistemas de irrigação, sugerindo a necessidade de mais pesquisa com irrigação nesta cultura visando identificar a necessidade hídrica da mesma, além de sistemas de irrigação e manejos que permitam aumentar a EUA.

Para produzir uma tonelada de grãos são necessárias mil (1.000) toneladas de água. Países com menos água ou que não querem ou não podem arcar com este tipo de produção, preferem comprar grãos no exterior, transferindo o custo ambiental para os países produtores. É neste sentido que se fala que “exportar grãos é exportar água” (Brown, 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área

O experimento foi desenvolvido no SIPA (Sistema Integrado de Produção Agroecológica), localizado no município de Seropédica-RJ (latitude 22°48'00''S; longitude 43°41'00''W; altitude de 33 metros), possuindo área de 59 ha destinada à experimentação e desenvolvimento da agroecologia. Essa área experimental é fruto de uma parceria entre a Embrapa-Agrobiologia, UFRRJ e PESAGRO-RIO. O solo é classificado como argissolo vermelho amarelo (Almeida et al. 2003). A Tabela 1 apresenta os resultados de análises químicas realizadas na área antes da implantação da cultura.

Tabela 1 – Análise química do solo

Amostra	pH água	Cmol _c .dm ⁻³				Mg.dm ⁻³	
		Al	Ca + Mg	Ca	Mg	P	K
PC – 10	6,2	0,0	4,5	3,2	1,3	111	305
PC – 20	6,4	0,0	4,0	2,6	1,4	60	170
PD – 10	6,6	0,0	4,8	3,6	1,2	171	325
PD – 20	6,7	0,0	4,2	2,9	1,3	136	240

PC – 10 e PC – 20 Plantio convencional a 10 e 20 cm de profundidade.

PD – 10 e PD – 20 Plantio direto a 10 e 20 cm de profundidade.

O experimento foi desenvolvido em quatro parcelas experimentais de 170 m² de área disponível, totalizando 680m². Inicialmente, a metodologia proposta previa o uso de lisímetros de pesagem instalados no centro de cada parcela experimental (Figura 2), para a obtenção da evapotranspiração de referência (Parcela 1) e da evapotranspiração da cultura em diferentes sistemas de plantio (Parcelas 2, 3 e 4).

No entanto mediante problemas observados nas células de carga, antes do período de plantio do pimentão, as estimativas d ETo e da ETc foram realizadas por outros métodos, sendo a primeira estimada pelo método de Penman-Monteith (FAO 56), utilizando os dados climáticos obtidos na estação agrometeorológica (Figura 3) instalada na parcela 1, onde também foi instalado um tanque classe A, e a ETc foi calculada por meio do balanço hídrico, que será descrita no tópico 3.6.

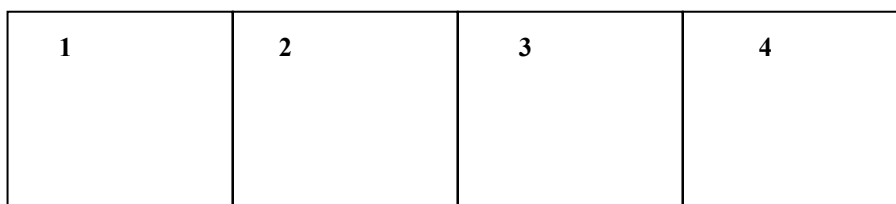


Figura 2 - Croquis das 4 parcelas experimentais com lisímetro de pesagem no centro de cada parcela.



Figura 3 – Estação agrometeorológica com as parcelas onde foi conduzido o experimento ao fundo.

3.2 Pré-cultivos

O plantio dos pré-cultivos foi realizado no dia 02/02/2005, sendo implantado na parcela 3, o sorgo (*Sorghum bicolor*) e na parcela 4 o consórcio sorgo (*Sorghum bicolor*) e crotalária (*Crotalaria acroleura* L.). A parcela 2 foi mantida com vegetação espontânea.

O sorgo solteiro (Parcela 3) foi plantado no espaçamento de 0,35m entre linhas utilizando aproximadamente 20 sementes.m⁻¹, sendo realizado o desbaste 15 dias após a germinação raleando o estande para 11 plantas.m⁻¹ em média. Na parcela 4, o espaçamento também foi de 0,35m entre linhas alternadas de sorgo e crotalária, utilizando a mesma densidade do plantio do sorgo solteiro, e para a crotalária foram semeadas 50 sementes.m⁻¹ sem realizar o desbaste, resultando em média um estande de 36 plantas.m⁻¹.

Aos 82 dias após o semeio foi realizada a roçada dos pré-cultivos nas parcelas 3 e 4, e da vegetação espontânea existente na parcela 2. A massa verde das parcelas 3 e 4 foram mantidas como cobertura de solo. Na parcela 2 foi necessário retirar o material roçado para possibilitar o preparo do solo com enxada rotativa do micro-trator (Figura 4), pois o embuchamento do material no eixo do implemento impediu o seu funcionamento.

Foram avaliadas as produções de biomassa pelos pré-cultivos, sorgo solteiro (parcela 3) e sorgo em consórcio com a crotalária (parcela 4), além da vegetação espontânea que ocupava a parcela 2. As amostragens foram realizadas em 4 pontos distintos dentro das parcelas, considerando área útil de 1,96m² por amostragem. O material coletado foi seco em

estufa de ventilação forçada por 72 horas, sob a temperatura de 65°C, para obtenção da massa seca dos pré-cultivos e da vegetação espontânea.

Foi avaliada a contribuição em massa seca, das três rebrotas do sorgo, roçado com altura máxima de 30cm para não sombrear o pimentão. As produções de massa seca pelos pré-cultivos e pela vegetação espontânea existente no local, foram comparadas estatisticamente, com a finalidade de verificar a contribuição de biomassa para o solo nos dois sistemas de plantio.

Em virtude do lisímetro da parcela 3 ter sido o primeiro a apresentar problema com a célula de carga, a cultura do pimentão foi implantada apenas nas parcelas 2 e 4, conforme o cronograma do Quadro 1.



Figura 4 – Preparo do solo na parcela 2 (PC) com micro-tractor acoplado com enxada rotativa.

Quadro 1 - Cronograma de ocupação das parcelas experimentais com as pré-culturas e cultura do pimentão

Parcelas	Ocupação nos meses de 2005				
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió à outubro
1	Gramma	Gramma	Gramma	Gramma	Gramma
2	Veg. Esp.	Veg. Esp.	Veg. Esp.	Veg. Esp.	Pimentão
3	Veg. Esp	Sorgo (S)	Sorgo (S)	Sorgo (S)	Sorgo (S)
4	Veg. Esp	S+Crotalária	S + Crotalária	S+Crotalaria	Pimentão

A Figura 5 ilustra, por meio da seqüência de fotos, as fases de implantação e roçada dos pré-cultivos e a manutenção da vegetação espontânea na parcela 2, sendo roçada para posterior preparo de solo.

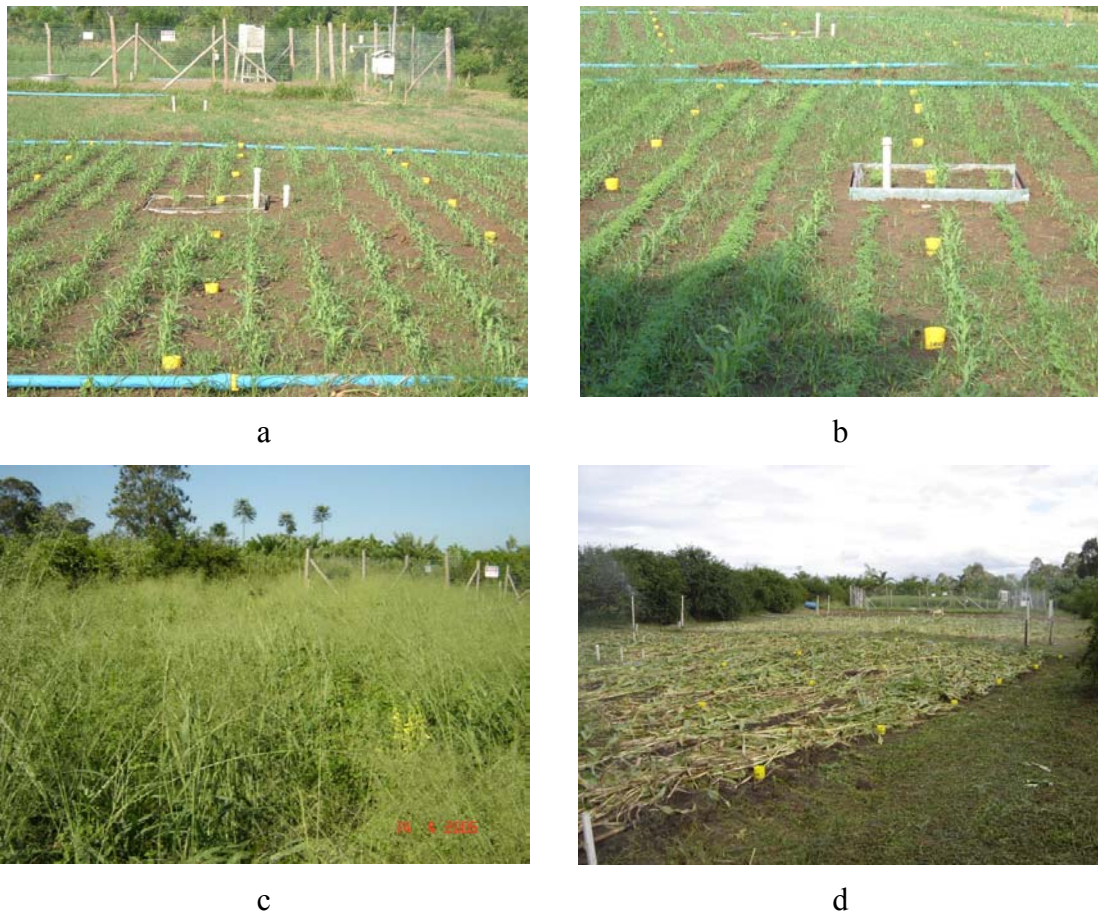


Figura 5 – Implantação dos pré-cultivos nas parcelas 3 (a) e 4 (b) e manutenção da vegetação espontânea na parcela 2 (c) e roçada das 3 parcelas (d).

3.3 Cultura do Pimentão

Na realização deste trabalho, optou-se pelo uso da cultivar de pimentão híbrido Magali-R, por apresentar excelente uniformidade, alta produtividade e resistência ao vírus do mosaico, sendo esta cultivar a mais plantada na região. As mudas foram produzidas sob estufa em bandejas de isopor de 128 células utilizando substrato orgânico produzido no SIPA (Figura 6).

O semeio foi realizado em 28/03/2005 e o transplante para o local definitivo aos 35 dias após o semeio (02/05/2005). Em ambos os tratamentos, o espaçamento adotado foi de 1,0m entre linhas de plantio e de 0,50m entre plantas, ocupando área de 144m² por parcela, totalizando 325 plantas.

As covas foram adubadas com 2 litros de esterco de curral curtido, 100g de cinzas e 100g de farinha de ossos, sendo esta recomendação baseada na composição média das fontes utilizadas, necessidade da cultura e disponibilidade de nutrientes no solo segundo resultado da análise de solo (Tabela 1). Por ocasião do transplante para as parcelas, parte das mudas foram repicadas para copos plásticos com 300mL de volume, com o mesmo substrato utilizado na produção, e mantidas na estufa para o replantio e reposição das plantas das primeiras três coletas utilizadas na análise de crescimento.

Em ambos os tratamentos, a cultura do pimentão foi pulverizada semanalmente com calda preparada com óleo de Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) a 1,5% e calda sulfocálcica a 1%. Foram realizadas adubações em coberturas utilizando 150 gramas de cama de frango aos 31, 64, 92 e 113 dias após o transplante (DAT), sendo que aos 64 DAT foi acrescentado 70g de farinha de ossos. Aos 87 e 122 DAT foi aplicado o biofertilizante AGROBIO na dosagem de 70L.h⁻¹, através da irrigação utilizando sistema de injeção implantado junto ao conjunto moto-bomba.



Figura 6 – Mudas de pimentão em bandejas de isopor, por ocasião do transplante.

Foram podados os brotos axilares até a primeira forquilha, sendo eliminadas também os botões florais emitidos na primeira forquilha. As plantas foram tutoradas individualmente inicialmente e coletivamente com o fitilho plástico, trançado entre elas na linha de plantio.

Durante todo o ciclo foram realizadas três capinas nos dois sistemas de plantio, sendo que na capina realizada aos 33 DAT, foi avaliada a ocorrência das espécies de vegetação espontânea, por meio da contagem do número de indivíduos e massa seca por espécie nas parcelas com plantio direto e convencional. A amostragem foi realizada em quatro repetições ao acaso por tratamento, considerando área útil de 0,25 m² por coleta, nas entre linhas da cultura, sendo que nesta ocasião, foi contabilizado o tempo para realização das capinas nos dois tratamentos. Os dados obtidos de ocorrência da vegetação espontânea nos plantios direto e convencional foram analisados por meio do programa estatístico Sisvar.

3.4 Sistema de Irrigação

No experimento foi utilizado o sistema de irrigação por aspersão, por ser o sistema comumente utilizado pelos produtores rurais em função do seu menor custo e possibilidade de remanejamento para irrigação de outras lavouras na propriedade. Foram utilizados aspersores setoriais (modelo Pingo da FABRIMAR), posicionados nos quatro vértices das parcelas distanciados de 12m (Figura 7). Os aspersores foram regulados com ângulo de 90° para proporcionar distribuição mais uniforme da água e não interferir nas leituras da estação agrometeorológica instalada ao lado das parcelas.

Foi avaliada a distribuição de precipitação e determinados os coeficientes de uniformidade de aplicação de água (CUC), sendo obtidas as precipitações médias de 10,2 e 9,3mm.h⁻¹ e CUC de 93 e 83% para as parcelas 2 (plantio convencional) e 4 (plantio direto), respectivamente. A Figura 8 ilustra a distribuição dos coletores para a realização dos testes de uniformidade.



Figura 7 – Distribuição do sistema de irrigação nas parcelas.

O manejo da irrigação foi realizado através das leituras do TDR, calibrado para a área experimental. As leituras da constante dielétrica no perfil do solo foram transformadas em umidade gravimétrica pelos modelos gerados na calibração, e em seguida convertidos em umidade volumétrica considerando a densidade do solo para as diferentes camadas e parcelas ocupadas com os dois sistemas de plantio. As lâminas foram calculadas em função da necessidade de água para recuperar a umidade na capacidade de campo na profundidade efetiva do sistema radicular.



Figura 8 – Distribuição dos coletores nas parcelas para a realização do teste de precipitação e uniformidade de aplicação da água.

3.5 Caracterização dos Tratamentos

No experimento foram avaliados o desenvolvimento, a produção, a necessidade hídrica e a eficiência no uso da água pela cultura do pimentão em dois sistemas de plantio assim caracterizados:

- plantio convencional: implantação e condução da cultura do pimentão em sistema agroecológico, em solo revolvido com enxada rotativa com retirada prévia da vegetação espontânea roçada (Figura 9a);

- plantio direto: implantação e condução da cultura do pimentão em manejo agroecológico, em área ocupada com o consórcio sorgo e crotalária antes do transplante do pimentão. Após a roçada os pré-cultivos foram mantidos como cobertura de solo, sendo realizada a abertura de covas sem o preparo do solo (Figura 9b).



a

b

Figura 9 – Caracterização do plantio do pimentão nos sistemas convencional (a) e direto (b).

3.6 Balanço Hídrico do Solo

Em virtude dos problemas verificados com as células de carga, a determinação do balanço hídrico no solo que seria realizado utilizando os lisímetros, foi substituído por medições de umidade no perfil por meio do TDR, calibrado para as condições de solo das parcelas experimentais. Também foi realizado o monitoramento do potencial matricial no solo por meio da tensiometria e da curva característica de retenção, ajustada para as condições de solo das parcelas, possibilitando a transformação dos valores de potencial matricial em umidade volumétrica.

Com a finalidade de melhor avaliar as possíveis variações de solo entre as parcelas e também dentro delas, foram avaliadas as principais características físico- hídricas, capazes de interferir no manejo da água no solo.

3.6.1 Características físico-hídricas do solo

As características físico-hídricas do solo nas parcelas ocupadas com o sistema de plantio convencional e direto, foram determinadas por meio da coleta de amostras indeformadas em anel de PVC, utilizando o trado de Uhland. A amostragem foi feita nas profundidades de 0,10, 0,20, 0,30 e 0,40m, com três repetições por parcela. O uso das

amostras foi otimizado buscando a determinação da umidade na capacidade de campo (θ_{cc}), umidade saturada (θ_s), macroporosidade, microporosidade, densidade do solo (ds) e granulometria com as mesmas amostras, obedecendo a uma seqüência de análise, visando garantir a não deformação das mesmas.

As amostras foram saturadas por 24 horas e pesadas (M_1), em seguida submetidas à pressão de 30kPa, no extrator de Richards, com o objetivo de determinar a umidade no solo na capacidade de campo. Após a estabilização das amostras no extrator, foram realizadas as pesagens e determinada as massas das amostras na capacidade de campo (M_2). As amostras foram novamente saturadas e pesadas (M_3), e submetidas à mesa de tensão, sendo aplicada à sucção de 60cm entre as amostras e a mesa. As amostras foram cobertas para evitar as perdas por evaporação e após 24h as amostras foram pesadas (M_4). Em seguida as amostras foram retiradas dos anéis e colocadas em cadinhos, sendo pesado o cadinho (P_1), o anel, elástico e gaze juntos (P_2). Na seqüência foi feita a secagem das amostras em estufa a 105 °C por 24h, e pesadas novamente (M_5). Foi determinado o volume total das amostras através dos anéis de PVC utilizados na amostragem. As características físico-hídricas do solo foram determinadas através das seguintes equações:

$$ds = ((M_5 - P_1) / dH_2O) / Vt \quad (6)$$

$$\theta_{cc} = \{[(M_2 - P_2) - (M_5 - P_1)] / (M_5 - P_1)\} \times ds \quad (7)$$

$$\theta_s = \{[(M_1 - P_2) - (M_5 - P_1)] / (M_5 - P_1)\} \times ds \quad (8)$$

$$\% \text{ Macroporos} = \{[(M_3 - M_4) / dH_2O] / Vt\} \times 100 \quad (9)$$

$$\% \text{ Microporos} = \{[(M_4 - P_2) - (M_5 - P_1)] / dH_2O\} / Vt \times 100 \quad (10)$$

A análise granulométrica foi realizada segundo procedimento padrão recomendado pela EMBRAPA, adotado no Laboratório de Física do Solo da UFRRJ.

Os valores das propriedades físico-hídricas do solo das parcelas ocupadas com os sistemas de plantio direto e convencional, foram comparados através de análise estatística, com a finalidade de avaliar a possibilidade de ocorrência de possíveis variações nas condições de solo, que viessem a influenciar os resultados, uma vez que o delineamento foi inteiramente casualizado, em virtude da proposta inicial de se utilizar os lisímetros para realização do balanço hídrico.

3.6.2 Umidade e armazenamento de água

A determinação da umidade no solo para a realização do balanço hídrico, do manejo da irrigação e para se determinar a evapotranspiração real da cultura, utilizada no cálculo do coeficiente de cultivo nos dois sistemas de plantio, foi realizada através das leituras do TDR. No entanto, foram utilizados tensiômetros, no monitoramento do potencial matricial da água no solo, com a finalidade de avaliar o seu fluxo no perfil, permitindo identificar as ocorrências de ascensão capilar e drenagem profunda.

A água armazenada no perfil do solo foi determinada para todas as camadas de solo monitoradas pelos sensores do TDR, através da equação:

$$Az = \theta \cdot L \quad (11)$$

Em que θ é a umidade volumétrica em $cm^3 \cdot cm^{-3}$ e L a espessura da camada de solo em mm, a qual se deseja determinar a água armazenada (Az) dada em mm.

3.6.2.1 TDR

A determinação da umidade pela metodologia da TDR (Figura 10) foi realizada por meio de hastes de 0,15m de comprimento instaladas nas profundidades de 0,10, 0,20, 0,30, 0,40 e 0,50m, inseridas horizontalmente no perfil do solo, para cada parcela.

Antes de sua utilização, o equipamento foi calibrado para as condições de solo, da gleba localizada no campo experimental da EMBRAPA - Agrobiologia (Seropédica-RJ), sendo adotado o método padrão de estufa como referência.

Inicialmente, o local de calibração foi saturado sendo realizadas leituras da constante dielétrica e coletas diárias de solo destinado à determinação da umidade gravimétrica.

Apesar da calibração ter sido realizada considerando a umidade com base em massa, para realização do manejo de irrigação e balanço hídrico, esses valores foram convertidos em umidade volumétrica.

Neste trabalho também foram avaliados o modelo proposto por Topp et al. (1980), que consiste em um polinômio do terceiro grau recomendado para solos minerais com umidade inferior a 0,50 cm³.cm⁻³, e o modelo proposto por Roth et al. (1990) que leva em consideração a porosidade total do solo. Este último apresenta a vantagem em relação ao primeiro, por descrever uma faixa maior de umidade, sendo mais recomendado para solos pesados e orgânicos.



Figura 10 – Equipamento TDR constituído pelo osciloscópio (a), bateria de 12 v (b) e laptop (c) com programa para emitir os pulsos e fazer leitura da constante dielétrica.

3.6.2.2 Tensiômetro

Os tensiômetros utilizados na condução do experimento foram construídos utilizando tubo de PVC de meia polegada, cápsula de cerâmica porosa, tubo de acrílico, rolha de borracha para vedação, tubo soldável e cap DN 25 para proteção da borracha de vedação.

Antes da montagem dos tensiômetros, as cápsulas de cerâmica foram submetidas ao teste de borbulhamento, que consistiu em submeter às cápsulas a pressões variáveis com

incrementos de 10kPa, com auxílio de compressor e manômetro para monitoramento da pressão aplicada. As cápsulas foram imersas em água, individualmente, e determinada a pressão na qual se iniciaram as bolhas de ar, sendo observado a uniformidade de distribuição das bolhas, indicando boa uniformidade de distribuição dos poros da cápsula, a qual deve ser o mais homogêneo possível, ocorrendo poros bem distribuídos por toda sua extensão. As cápsulas que borbulharam antes de 100kPa, foram rejeitadas, garantindo o bom funcionamento do tensiômetro.

Para medição do potencial matricial foi utilizado o tensiômetro marca FILLER (Figura 11), cuja unidade de leitura de tensão era fornecida em polHg, sendo posteriormente convertida em kPa.

Os tensiômetros foram instalados nas mesmas profundidades de instalação das hastes da TDR, ao longo das linhas de plantio, distanciados a 0,10m das plantas. Foram utilizadas duas baterias de tensiômetros para cada parcela experimental.

As tensões da água no solo nas profundidades de instalação dos tensiômetros, foram medidas diariamente pela manhã, com a finalidade de verificar a movimentação da água no solo, permitindo observar a ocorrência de ascensão capilar ou drenagem (Reichardt, 2004) em relação à profundidade efetiva do sistema radicular da cultura do pimentão nos sistemas de plantio convencional e direto



Figura 11 - Tensiômetro da marca FILLER, utilizado para monitorar a tensão da água no solo.

3.6.3 Balanço hídrico

Em cada parcela experimental, o balanço hídrico foi realizado tomando como referência a equação 3, permitindo, desta forma, a determinação da evapotranspiração da cultura (ETc) efetiva para o pimentão nos sistemas de plantio convencional e direto.

Neste balanço, foi considerada como precipitação efetiva, a lâmina armazenada na profundidade efetiva do sistema radicular, após a sua ocorrência em função do seu desenvolvimento, determinado por amostragem no campo em intervalo de 14 dias a partir do transplante. Os dados de precipitação foram obtidos no pluviógrafo da estação agrometeorológica instalada na área experimental.

A lâmina aplicada por irrigação, foi determinada em função das leituras obtidas pelo TDR, levando em consideração a necessidade hídrica para repor a umidade até a capacidade de campo, na camada ocupada efetivamente pelo sistema radicular. Em função de testes preliminares, para o cálculo final lâmina foi adotada uma eficiência de aplicação de 80% para o sistema de irrigação por aspersão.

O escoamento superficial (DS) foi desprezado, pois as parcelas foram locadas em curva de nível, sendo que acima e abaixo das mesmas existe uma linha de plantio de acerola formando um terraço, impedindo este escoamento à montante e a jusante das parcelas.

Observando as Figuras 12 e 13, podemos constatar que durante todo o ciclo da cultura nos dois sistemas de plantio não houve perdas por drenagem profunda. Assim, a lâmina armazenada na camada de 0,40m à 0,50m (PC50 e PD50) não aumentou, indicando que a precipitação pluviométrica e as lâminas aplicadas por irrigação não foram suficientes para provocar perdas por drenagem, sendo este componente desprezado na determinação da ETC efetiva nos dois sistemas de plantio.

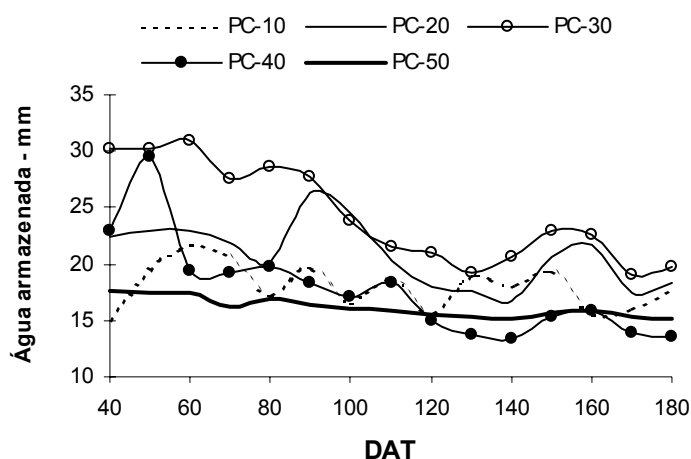


Figura 12 - Variação da lâmina armazenada no perfil do solo no sistema de plantio convencional nas profundidades de 0,10 a 0,50m (PC10 a PC50) utilizando TDR .

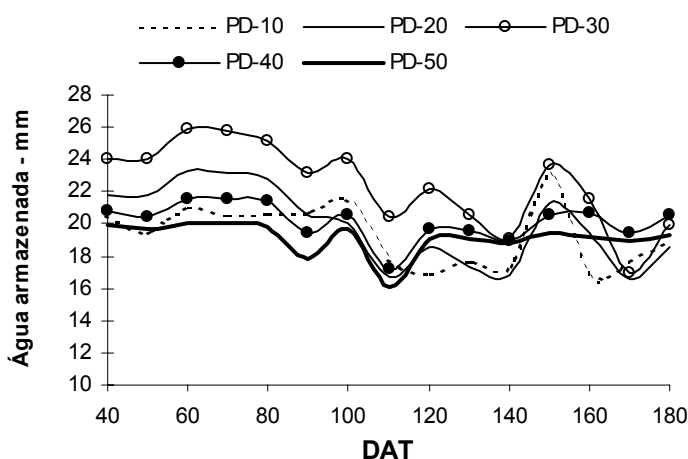


Figura 13 - Variação da lâmina armazenada no perfil do solo no sistema de plantio direto nas profundidades de 0,10 a 0,50m (PD10 a PD50) utilizando TDR.

3.7 Coleta de Dados Climáticos

Próxima às parcelas experimentais foi instalada uma estação meteorológica automática sobre grama batatais (*Paspalum notatum* Flugge), com a finalidade de fornecer os dados climáticos que permitiram a aplicação do modelo de Penman-Monteith para a obtenção da evapotranspiração de referência. Os parâmetros climáticos foram registrados continuamente em um sistema Datalogger, que armazenou as informações geradas a cada segundo, com emissão de média a cada 30 minutos. A referida estação era composta dos sensores de temperatura de bulbo seco e úmido, velocidade dos ventos e radiação global, além de um pluviógrafo.

3.7.1 Evapotranspiração de referência

Em virtude de problemas ocorrido nas células de carga no início do experimento a estimativa da ETo foi realizada pelo método de Penman-Monteith FAO56 (Allen et al., 1998). No entanto, conforme análise apresentada por Cruz (2004), os dados de ETo estimados por este método se correlacionaram de forma adequada aos dados obtidos pelo lisímetro, na região de Seropédica-RJ.

A estimativa dos valores de ETo diariamente, possibilitou a determinação do coeficiente de cultivo e a análise da variação do mesmo para os diferentes sistemas de plantio da cultura do pimentão.

Além da estimativa pelo modelo citado, a ETo foi também estimada por meio do modelo proposto por Hargreaves-Samani para as condições de clima semi-árido (Allen et al, 1998) e pelo método do tanque classe “A”, instalado na área do experimento dentro da estação agrometeorológica (Figura 3). O coeficiente do tanque (kp), foi calculado diariamente pela equação apresentada por Allen et al., (1998), em função da velocidade do vento, umidade relativa do ar além do tamanho e do tipo de bordadura circunvizinha ao tanque classe “A”.

3.7.2 Graus-dia acumulados

Os graus-dia acumulados (GDA) do transplante da cultura do pimentão até o final do ciclo (189 DAT), quando a produção não mais atendia a classificação comercial, foram determinados a partir da diferença entre a temperatura média diária e a temperatura basal inferior da cultura, que foi considerada como 16°C (Doorenbos e Kassam, 1994; Tivelli, 1998), conforme equação:

$$\text{GDA} = \sum_{i = dt}^{fc} (T_{mdi} - 16^{\circ}\text{C}) \quad (12)$$

em que:

GDA - graus-dia acumulados desde o transplante (dt) até o final do ciclo (fc) comercial da cultura, em °C dia; e

T_{mdi} - temperatura média para o dia i, em °C.

Este modelo foi utilizado porque a temperatura média (Figura 14) ocorrida durante o período não foi maior que a temperatura basal superior que é de 35°C (Tivelli, 1998), conforme proposto por Villa Nova (1972). Os valores diários de GDA foram utilizados no ajuste de modelos para biomassa e índice de área foliar, nos dois sistemas de plantio.

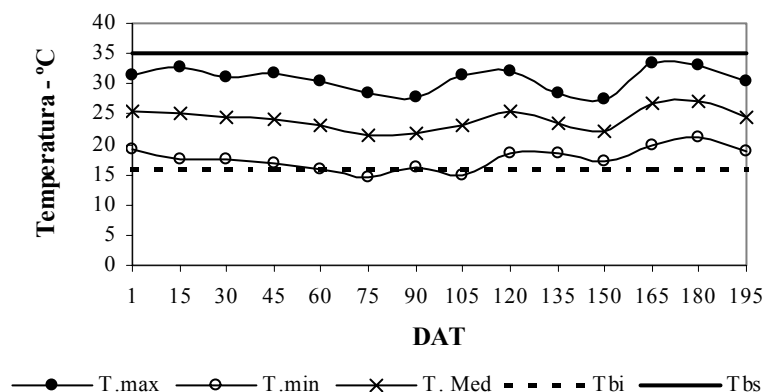


Figura 14 - Temperaturas Mínimas (Tmin), máximas (Tmax), médias (Tmed), e basal inferior (Tbi) e basal superior (Tbs) durante o ciclo da cultura do pimentão no sistema de plantio convencional e direto.

3.8 Análise de Crescimento Vegetal

A análise de crescimento da cultura do pimentão foi realizada em esquema de parcelas subdivididas no tempo, com 3 repetições (Figuras 15 e 16).

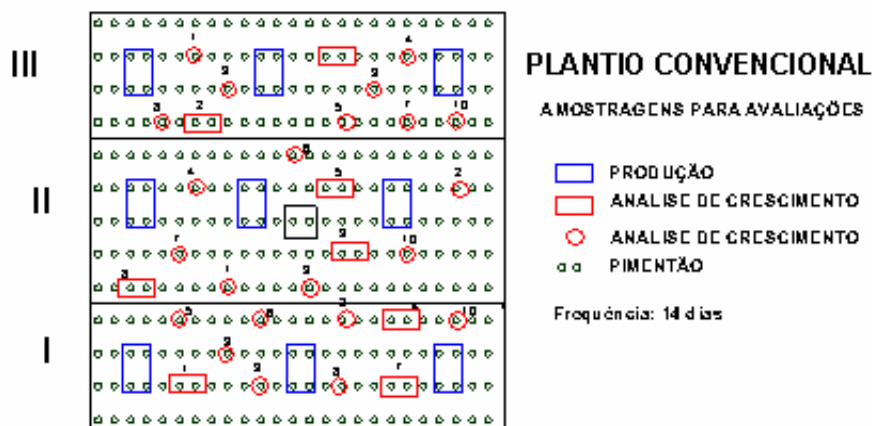


Figura 15 – Esquema de coletas para análise de crescimento e disposição das plantas nas repetições I, II e III, no sistema de plantio convencional.

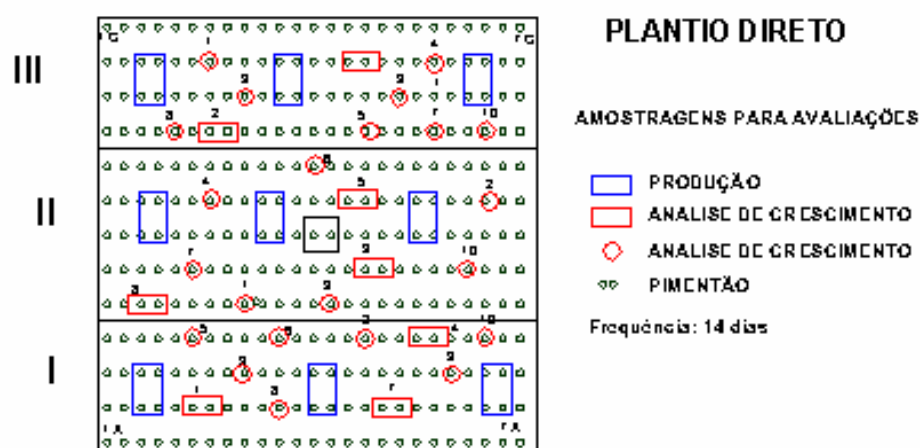


Figura 16 – Esquema de coletas para análise de crescimento e disposição das plantas nas repetições I, II e III, no sistema de plantio direto.

Os tratamentos das parcelas consistiram nos sistemas de plantio adotados (convencional - PC e direto - PD) e nas sub-parcelas foram utilizadas para análise as datas de coleta do material, que foram o dia do transplante e aos 14, 28, 42, 56, 70, 84, 98, 112, 126, 140, 154, 168 e 182 dias após o mesmo (DAT).

Em cada coleta foi amostrada uma planta por repetição, sendo separadas por partes (raiz, caule, folhas, flores e frutos) a fim de se determinar a massa seca e a área foliar. Em coletas alternadas, em uma repetição por tratamento, foram coletadas duas plantas com a finalidade de avaliar a existência de variação entre plantas. Nestas coletas, os valores de biomassa e índice de área foliar (IAF) foram obtidos pela média dos valores encontrados.

Nas primeiras quatro coletas (até 42 DAT), foi possível fazer a reposição das plantas coletadas, pelo fato de terem sido mantidas plantas em copos plásticos com 300 mL de volume de substrato, em condições de estufa, que acompanharam o crescimento das plantas no campo. No entanto, essas mudas replantadas não foram utilizadas nas coletas seguintes, servindo apenas para manter a densidade de plantio. Dessa forma, foi possível realizar um maior número de coletas dentro de cada parcela, sem comprometer a densidade do estande, evitando influenciar no crescimento das plantas de pimentão.

A medição da área foliar foi realizada pelo medidor fotoelétrico LI-3000, LICOR (Figura 17) e as partes da planta foram secas em estufa de ventilação forçada à 65°C até atingir peso constante, o que ocorreu em aproximadamente 7 dias, e posteriormente pesadas.

As massas secas obtidas das partes das plantas e a massa seca total foram convertidas em biomassa por área de terreno e a área foliar em índice de área foliar considerando a densidade de 2 plantas.m⁻².

Os dados obtidos foram utilizados nos cálculos das taxas e índices para avaliar o desempenho da cultura nos sistemas de plantio convencional e direto. As taxas foram calculadas pelos métodos clássico e funcional.



Figura 17 – Integrador eletrônico de área foliar LI –3000 Li-cor.

3.8.1 Método clássico

Foram calculadas as taxas de crescimento da cultura do pimentão no sistema de plantio convencional e direto através do método clássico de análise de crescimento, utilizando as seguintes equações, propostas por Kvet et al. (1971):

$$TCC = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} dWS = \frac{(WS_2 - WS_1)}{\Delta t} \quad (13)$$

$$TCR = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_2} d(\ln WS) = \frac{(\ln WS_2 - \ln WS_1)}{\Delta t} \quad (14)$$

em que

TCC - Taxa de crescimento da cultura em $g \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$;

TCR - Taxa de crescimento relativo $g \cdot g^{-1} \cdot dia^{-1}$;

WS_1 - biomassa acumulada pela planta inteira em $g \cdot m^{-2}$ na coleta **n**;

WS_2 - biomassa acumulada pela planta inteira em $g \cdot m^{-2}$ na coleta **n + 1**;

ΔT – intervalo de coleta, dias.

Considerando que a relação entre IAF e WS é linear, a taxa de assimilação líquida (TAL) pode ser calculada pela equação :

$$TAL = \frac{[(WS_2 - WS_1) \cdot (\ln IAF_2 - \ln IAF_1)]}{[(IAF_2 - IAF_1) \cdot \Delta T]} \quad (15)$$

em que

IAF₁ – Índice de área foliar na coleta **n**.

IAF₂ – Índice de área foliar na coleta **n + 1**.

Além das taxas de crescimento foram determinadas as razões crescimento, com a finalidade de comparar o crescimento das diferentes partes da planta com outra e com a planta inteira.

3.8.2 Método funcional

Foram calculadas as taxas de crescimento da cultura do pimentão no sistema de plantio convencional e direto pelo método funcional de análise de crescimento, através das curvas ajustadas do índice de área foliar e biomassa acumulada pelas plantas, selecionadas através do programa Curve Expert versão 1.34.

O IAF e WS foram ajustados através da exponencial polinomial do segundo grau utilizando os seguintes modelos, proposto por Vernon & Allison (1963):

$$\text{LnWS} = a + b\text{DAT} + c\text{DAT}^2 \quad (16)$$

$$\text{Ln IAF} = a' + b'\text{DAT} + c'\text{DAT}^2 \quad (17)$$

em que a, b, c, a', b' e c' são parâmetros da equação a serem determinados.

As taxas foram calculadas através das seguintes equações:

$$\text{TCR} = b + 2c\text{DAT} \quad (18)$$

$$\text{TCC} = \text{TCR} \cdot \text{WS} \quad (19)$$

$$\text{TAL} = \text{TCC} / \text{IAF} \quad (20)$$

3.8.3 Duração de área foliar (DAF)

A duração da área foliar foi calculada através da integral dos modelos ajustados para os dados IAF da cultura do pimentão obtidos nos sistemas de plantio convencional e direto.

Os modelos foram ajustados com auxílio do programa Curve Expert versão 1.34 e a duração da área foliar foi calculada também através de análise processada pelo programa, integrando a função ajustada para o intervalo de tempo correspondente ao dia do plantio até o dia em que se obteve o máximo IAF.

3.8.4 Razões de crescimento

A distribuição da biomassa (WS) para os diversos componentes da planta, foi obtida através destas razões, utilizando as seguintes equações, propostas por Gregory (1926):

$$\text{Razão de área foliar (RAF)} = \text{IAF}/\text{WS} \quad (21)$$

$$\text{Razão de massa foliar (RMF)} = \text{WSF}/\text{WS} \quad (22)$$

$$\text{Área foliar específica (AFE)} = \text{IAF}/\text{WSF} \quad (23)$$

$$\text{Razão raiz parte aérea (RPA)} = \text{WSR} / \text{WSPA} \quad (24)$$

em que:

WSF - biomassa acumulada pelas folhas, em g.m^{-2} ;

WS - biomassa acumulada pela planta inteira, em g.m^{-2} ;

IAF - índice de área foliar;

WSR - biomassa acumulada pela raiz, em g.m^{-2} ; e

WSPA - biomassa acumulada parte aérea, em g.m^{-2} .

Foram calculadas as razões de crescimento instantâneas, a partir das funções ajustadas a \log_e dos dados de IAF, WS, WSR, WSF e WSPA obtidos da cultura do pimentão nos sistemas de plantio convencional e direto.

3.9 Avaliação da Produção

Em cada repetição foram mantidos três grupos com quatro plantas, conservando a mesma densidade de plantio, com a finalidade de avaliar a produção por tratamento, tendo sido avaliada a produtividade e a classificação (Figura 18). A colheita se estendeu até aos 189 DAT, quando 75 % da produção no plantio convencional e 100 % no plantio direto, apresentou frutos com comprimentos abaixo de 0,08m. Nesta ocasião ocorreram perdas de plantas no estande e queda acentuada de folhas e secamento de ramos.



Figura 18 – Plantas no auge da produção (a) e colheita de pimentão (b).

3.10 Coeficiente de Cultivo e Evapotranspiração da Cultura

O coeficiente de cultivo (K_c), foi determinado para as duas condições de plantio (convencional e direto) por meio da razão entre a evapotranspiração efetiva da cultura do pimentão (ET_c), calculada através do balanço hídrico no solo nos sistemas de plantio e a evapotranspiração de referência (ET_o).

A partir dos valores de ET_c efetiva para a condição de plantio direto e convencional, foram calculados os valores de K_c , utilizando as seguintes metodologias:

1. os valores de K_c calculados foram plotados em gráfico e através da curva de K_c foi determinado visualmente o valor inicial, médio e final (ET_c gráfico);

2. a segunda metodologia consistiu em se adotar a duração de estádios de desenvolvimento proposto pela FAO 24 (Doorenbos e Pruitt, Adaptado de 1977), de 25, 36, 94 e 26 dias para os primeiro, segundo, terceiro e quarto estágio de desenvolvimento, respectivamente (ETc FAO 24);
3. a terceira metodologia (ETc fases) consistiu em dividir o ciclo da cultura em função dos estádios fenológicos, conforme utilizado por Tazzo et al, (2004) e Dalmago et al. (2003) para a cultura do pimentão. O ciclo da cultura foi dividido em estágio I correspondente ao período do transplante (T) ao início da floração (IF), estágio II do início da floração ao início da colheita (IC) e estágio III do início da colheita até o final da colheita, obtendo-se as durações de 30, 30 e 121 dias para as respectivas fases;
4. a quarta metodologia (ETc IAF) foi definida em função da análise estatística dos valores de índice de área foliar obtidos para os dois sistemas de plantio, sendo encontrado 5 estádios de desenvolvimento de área foliar diferentes ao longo do ciclo da cultura, em função do número de dias após o transplante (DAT). Para o plantio convencional o estágio I foi do transplante aos 70 DAT, o II de 70-98 DAT, III de 98-112 e 154-168 DAT, IV aos 168-182 e 112-126 DAT e V aos 140-154 DAT. No plantio direto o estágio I foi do transplante aos 42 DAT, o II de 42-84 DAT, o III de 84-112 DAT, IV dos 112-140 e 154-182 DAT e V dos 140-154 DAT; e
5. A quinta metodologia (ETc ciclo), para cálculo do Kc consistiu em dividir os estádios em função dos ciclos de produção observados para a cultura do pimentão nos dois sistemas de plantio, sendo o estágio I do transplante aos 58 DAT, o II de 59-100 DAT, o III de 101-149 DAT e IV 150-181 DAT.

Os valores calculados pelas metodologias acima, foram comparados aos valores propostos por Doorenbos e Kassam (1994) (0,4 ; 1,1 e 0,85 para o período logo após o transplante; para o período de cobertura plena e colheita, respectivamente). Esta metodologia foi denominada de ETc FAO-33. Os métodos propostos foram comparados com os valores de ETc obtidos por meio de Kc's apresentados por Marouelli et al. (1996), para as condições de Cerrado (0,55, 0,80, 1,05 e 0,90 para a fase inicial, vegetativa, produção e maturação, respectivamente). Este método de determinação da ETc foi denominado por ETc CNPH.

3.11 Modelos de Ajuste da Biomassa e IAF em Função de GDA

Os modelos foram ajustados para a cultura do pimentão no sistema de plantio convencional e direto, considerando que não houve diferença significativa nos dois sistemas de plantio para as duas variáveis analisadas, através do teste F ao nível de 5% de significância.

Devido à cultura apresentar variações de comportamento durante o seu desenvolvimento, o ciclo da cultura foi dividido em estádios agrupando os períodos com semelhança de comportamento, em função do número de dias após o transplante (DAT): estágio I – 1 a 56 DAT (IAF₁ e WS₁), estágio II – 56 a 154 DAT (IAF₂ e WS₂) e estágio III - 154 – 182 DAT (IAF₃ e WS₃).

Os modelos foram ajustados através do programa estatístico SAEG (Ribeiro,2001), e os critérios para a escolha foram: Significância dos coeficientes do modelo, Significância do valor de F da análise de variância da regressão e maior coeficiente de determinação (R²).

3.12 Eficiência do Uso da Água

Foram avaliadas as eficiências no uso da água (EUA) pela cultura do pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional, utilizando as seguintes metodologias para sua determinação:

- a. Metodologia proposta por Bernardo (1995) que consiste na razão entre a lamina evapotranspirada pela cultura e a lamina aplicada pela irrigação. Quanto mais próximo de 1,0 for o resultado, maior será a eficiência do uso e aplicação da água.
- b. Cálculo da EUA em kg de pimentão frescos produzidos por m³ de água aplicada levando em consideração a lâmina aplicada pela irrigação e a precipitação pluviométrica ocorrida (EUA¹), através da equação:

$$EUA^1 = \frac{\left[\frac{\text{Prod}}{I + P} \right]}{10} \quad (25)$$

em que

Prod - produtividade da cultura, em kg.ha⁻¹;

I - lâmina aplicada pela irrigação, em mm; e

P - precipitação pluviométrica, em mm.

- c. Cálculo da EUA em kg de pimentão frescos produzidos por m³ de água aplicada levando em consideração somente à lâmina aplicada pela irrigação (EUA²) através da equação:

$$EUA^2 = \frac{\left[\frac{\text{Prod}}{I} \right]}{10} \quad (26)$$

- d. Cálculo da EUA em kg de pimentão frescos produzidos por m³ de água aplicada levando em consideração a lâmina evapotranspirada pela cultura (EUA³).

$$EUA^3 = \frac{\left[\frac{\text{Prod}}{\text{ETc}} \right]}{10} \quad (27)$$

- e. Cálculo da EUA em kg de biomassa acumulada pela planta por m³ de lâmina evapotranspirada pela cultura (EUA⁴) através da equação:

$$EUA^4 = \frac{\left[\frac{\text{WS}}{\text{ETc}} \right]}{10} \quad (28)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise de Crescimento

4.1.1 Método clássico

Para se proceder a análise de variância com as taxas de crescimento da cultura do pimentão foram verificadas as pressuposições de homocedastia, pelo teste de Cochran. No cálculo da taxa de assimilação líquida (TAL) foi verificada a relação de linearidade entre o índice de área foliar (IAF) e a biomassa (WS), possibilitando o uso da equação 21, para o seu cálculo (anexo 1).

As Figuras 19, 20 e 21 apresentam as taxas de crescimento da cultura (TCC), assimilação líquida (TAL) e crescimento relativo (TCR), respectivamente, para o pimentão, nos sistemas de plantio convencional (PC) e direto (PD). Apesar das Figuras apresentarem diferenças nas taxas de crescimento, estas não foram confirmadas estatisticamente, conforme Tabela 2. Da mesma forma, os valores de IAF e biomassa acumulada pelas plantas também não foram significativamente diferentes entre os sistemas de plantio (Tabela 3). Estes resultados foram animadores, considerando, que em função do pequeno desenvolvimento radicular normalmente observado pela planta de pimentão, esperava-se melhor resposta no sistema do plantio com preparo prévio do solo, onde o revolvimento proporcionaria menor impedimento ao crescimento das raízes e melhores condições de aeração, e também pelo fato de ser o primeiro ano de plantio direto na área utilizada.

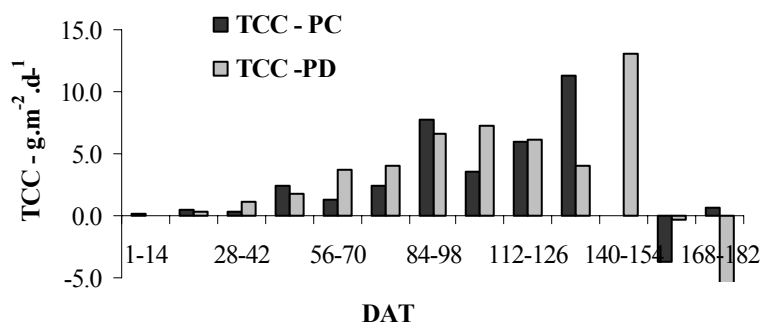


Figura 19 - Taxa de crescimento da cultura do pimentão nos sistemas de plantio convencional (TCC-PC) e direto (TCC-PD).

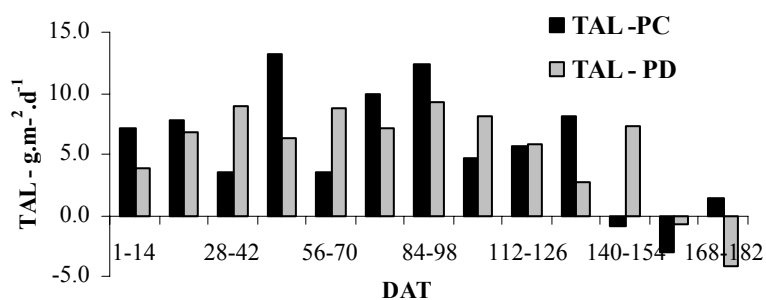


Figura 20 - Taxa de assimilação líquida da cultura do pimentão nos sistemas de plantio convencional (TAL-PC) e direto (TAL-PD)

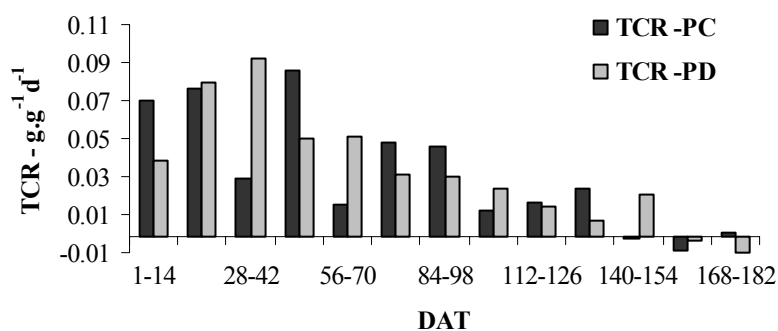


Figura 21 - Taxa de crescimento relativo da cultura do pimentão nos sistemas de plantio convencional (TCR-PC) e direto (TCR-PD).

Tabela 2 – Taxas médias de crescimento da cultura do pimentão:

Sistema de plantio	TCC – g.m ⁻² .d ⁻¹	TCR – g.g ⁻¹ .d ⁻¹	TAL - g.m ⁻² .d ⁻¹
Convencional	2,5033 a	0,03367 a	5,6616 a
Direto	3,2444 a	0,03449 a	5,4127 a

Na coluna, médias seguidas da mesma letra , não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P>0.05).

Tabela 3 – IAF e biomassa acumulada pela cultura do pimentão:

Sistema de plantio	IAF m ² .m ⁻²	Biomassa - g.m ⁻²
Convencional	0,6711 a	221,414 a
Direto	0,7796 a	270,856 a

Na coluna, médias seguidas da mesma letra , não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (P>0.05).

4.1.2 Método Funcional

As figuras 22 e 23 apresentam os modelos ajustados de IAF e biomassa, em função do tempo, para os sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente. A partir desses modelos, foram calculadas as taxas de crescimento conforme metodologia apresentada no item 3.8.2. Ao contrário do observado no método clássico de análise de crescimento, pelo método funcional observa-se acúmulo diferenciado de biomassa (figura 24) e IAF (figura 25) pelas plantas, quando submetidas aos sistemas de plantio convencional e direto.

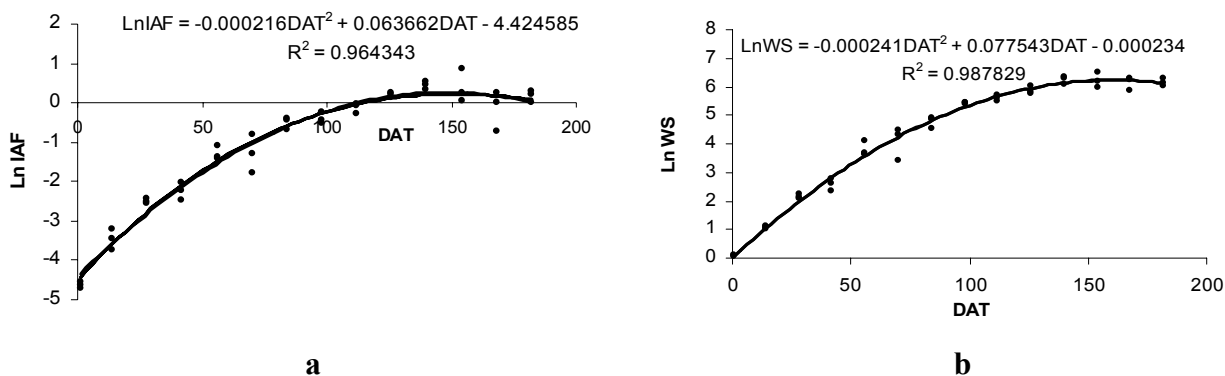


Figura 22 – Modelos de ajuste de IAF (a) e biomassa (b) em função do tempo para os sistema de plantio convencional.

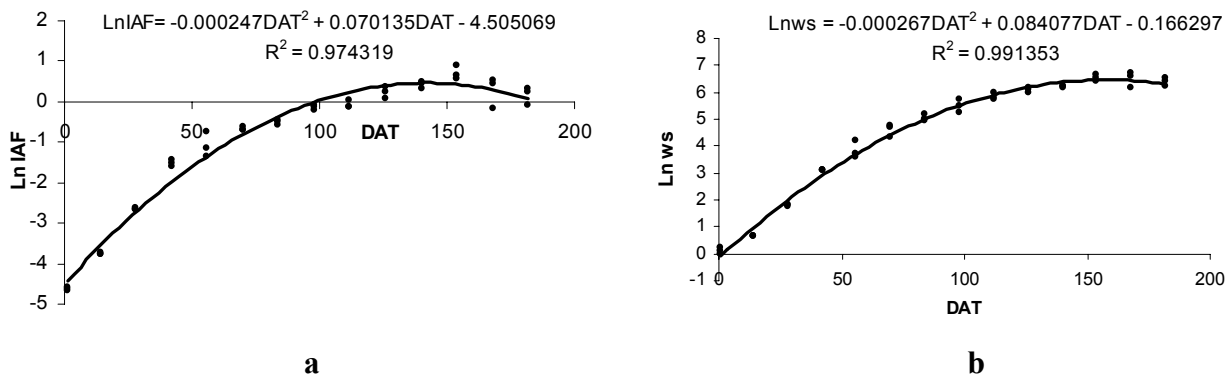


Figura 23 – Modelos de ajuste de IAF (a) e biomassa (b) em função do tempo para o sistema de plantio direto.

Até os 63 DAT, os dois sistemas de plantio apresentaram o mesmo comportamento com relação ao IAF. Entretanto, a partir deste período, as plantas no plantio direto apresentam maior incremento em área foliar em relação ao plantio convencional, atingindo o IAF máximo de 1,61 aos 142 DAT, ao passo que no convencional o IAF máximo foi de 1,31 aos 147 DAT. A partir dos 145 DAT houve maior dispersão do IAF em relação aos dados ajustados devido ao início da senescência no final do ciclo da cultura reduzindo a uniformidade nas parcelas. Quanto à biomassa acumulada pelas plantas nos dois sistemas de plantio, também foi observado o mesmo comportamento na fase inicial de desenvolvimento, ocorrendo a partir dos 80 DAT diferenças mais facilmente visualizadas, com tendência a um maior acúmulo pelo sistema de plantio direto, onde a cultura atingiu o máximo de $634,29 \text{ g.m}^{-2}$ de biomassa

aos 157 DAT. No plantio convencional, o valor máximo foi de 511,44 g.m⁻² de biomassa aos 161 DAT.

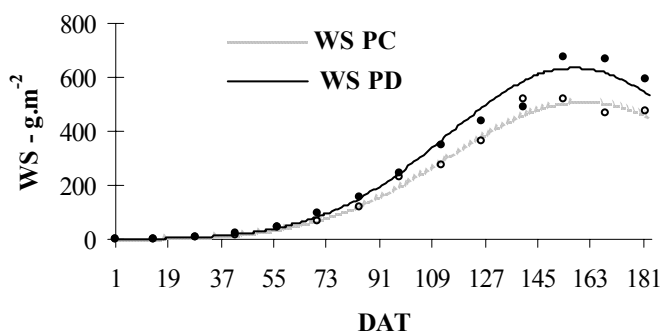


Figura 24 – Valores médios observados e ajustados de biomassa (WS) acumulada em função de DAT, para o plantio direto (PD) e convencional (PC).

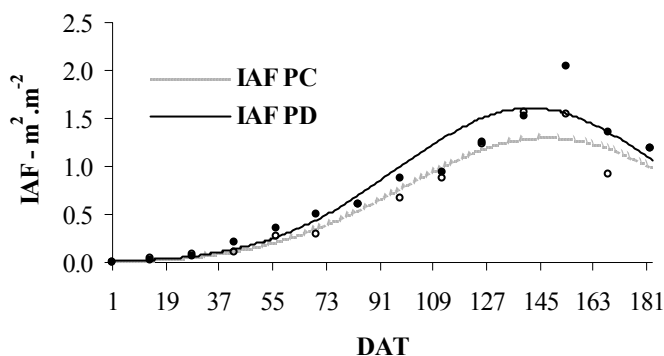


Figura 25 – Valores médios observados e ajustados de índice de área foliar em função de DAT, para o plantio direto (PD) e convencional (PC).

Apesar dos valores apresentados sugerirem um melhor desempenho no crescimento da cultura do pimentão no sistema de plantio direto, conforme pode ser observado nas figuras 24 e 25, demonstrando maiores incrementos de biomassa e IAF, em relação ao plantio convencional, esta superioridade não foi confirmada com relação à produtividade, já que não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos. Portanto, a aparente superioridade do plantio direto sobre o convencional, também confirmado através das taxas de crescimento (Figuras 26, 27 e 28), não proporcionou melhores rendimentos da cultura.

As TCC máximas de 6,8 e 8,9 g.m⁻².dia⁻¹ foram alcançadas aos 115 DAT, no sistema de plantio convencional e direto, respectivamente (Figura 26). Na fase inicial de desenvolvimento, até aproximadamente 50 DAT, não foi observada diferença no crescimento das plantas sob os dois sistemas de plantio. A partir deste período, após estabelecimento da cultura, foi verificado crescimento exponencial, com aumentos significativos na área foliar (Figura 25), contribuindo para aumentar a produção de fotoassimilados distribuídos para as partes da planta e principalmente para a formação e crescimento dos frutos. Após esta fase de estabelecimento observa-se uma tendência de maior crescimento pelas plantas no plantio direto.

As plantas dos dois sistemas de plantio apresentaram comportamento semelhante em relação a TCR, apresentando valores máximos na fase inicial de crescimento da cultura. Nesta fase, observa-se um crescimento exponencial, com tendência de ocorrência de maior taxa de crescimento relativo pelo plantio direto, chegando a crescer o máximo de $0,0835 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ aos 14 DAT, enquanto que no sistema convencional a TCR máxima foi de $0,0771 \text{ g.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$, nesta mesma ocasião (Figura 27).

As taxas máximas de assimilação líquida ocorreram aos 33 DAT no sistema convencional e aos 68 DAT no direto, quando alcançou 7,2 e $8,6 \text{ g.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, respectivamente. Após este período, verifica-se um decréscimo mais acentuado pela planta no plantio direto em relação ao convencional, até chegar a taxas negativas aos 158 DAT aproximadamente. Esta tendência de redução mais brusca da TAL (Figura 28) no plantio direto e na fase final do ciclo da cultura, acarretou redução no acúmulo de biomassa, reduzindo a produtividade nas últimas colheitas. Este fato pode ser explicado pelo maior IAF atingido pela planta no plantio direto, aumentando, portanto, o auto-sombreamento, que provavelmente contribuiu para a diminuição mais acentuada da TAL.

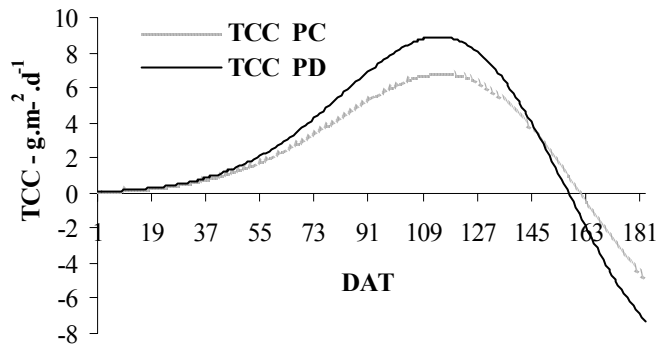


Figura 26 – Taxa de crescimento da cultura em função de DAT.

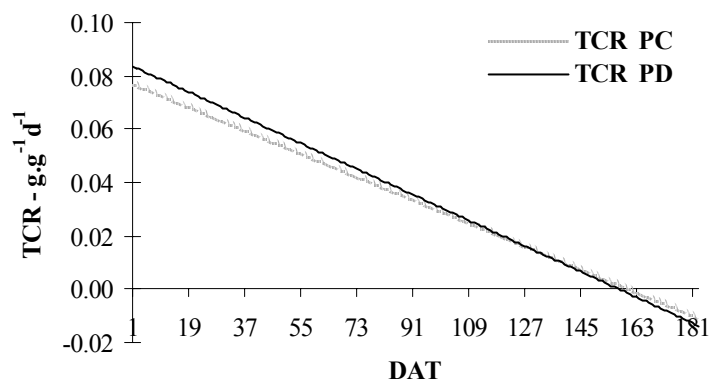


Figura 27 – Taxa de crescimento relativo da cultura em função de DAT.

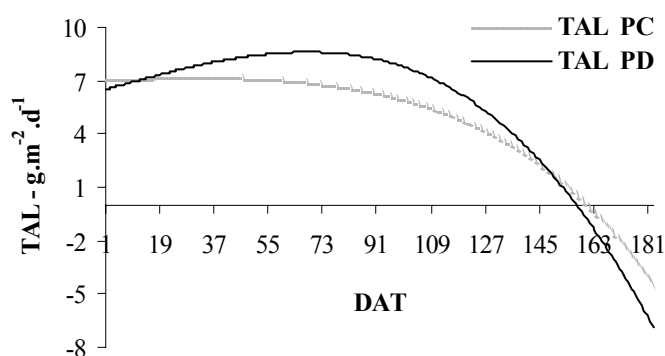


Figura 28 – Taxa de assimilação líquida da cultura em função de DAT.

4.1.3 Duração de área foliar (DAF)

Com os dados de IAF observados, foram ajustados modelos para os sistemas de plantio convencional e direto, gerando respectivamente, as equações 29 e 30.

$$\text{IAF PC}_{aj} = 1,399141e^{\left(\frac{(148,119-DAT)}{4097,10}\right)} \rightarrow R^2 = 0,84 \quad (29)$$

$$\text{IAF PD}_{aj} = 1,58036e^{\left(\frac{(151,619-DAT)}{4769,65}\right)} \rightarrow R^2 = 0,88 \quad (30)$$

A Figura 29 apresenta as curvas de variação do IAF em função do DAT, obtidas a partir dos modelos ajustados, além dos valores observados. A cultura do pimentão conduzida no sistema de PD proporcionou a duração da área foliar de 97 dias, alcançando IAF máximo de 1,58 aos 152 DAT, enquanto que no sistema PC o maior IAF foi de 1,39 aos 148 DAT, e a duração foliar foi de 79 dias. Portanto, o sistema de plantio direto proporcionou maior duração do sistema fotossintético ativo, possibilitando maior tempo para produção de fotoassimilados pela planta de pimentão.

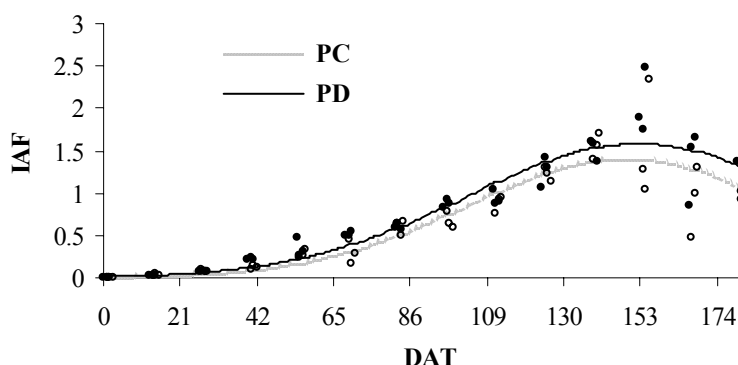


Figura 29 – Curvas ajustadas pelos modelos e valores observados de IAF para o sistema de plantio convencional (PC) e direto (PD).

4.1.4 Razões de crescimento

4.1.4.1 Razão de área foliar (RAF)

Os valores máximos de RAF foram de 0,0118 e 0,0129 $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, para a cultura do pimentão nos sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente. Nos dois sistemas de plantio, os valores máximos foram obtidos no momento do plantio, conforme pode ser verificado na Figura 30, decrescendo com o tempo até assumir valores constantes próximos a 0,0022 e 0,0020 $\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$. Comportamento semelhante foi verificado por Pereira (2002) na cultura da soja, aos 22 dias após a emergência.

Até os 61 DAT, as plantas dos dois sistemas apresentaram comportamentos distintos, ocorrendo maior RAF no sistema de plantio direto, o que pode ser explicado pelo sombreamento inicial provocado pela rebrota do sorgo, provocando o aumento no IAF. Nesta fase inicial, após a roçada do sorgo utilizado como pré-cultivo, os dois sistemas apresentaram comportamentos semelhantes.

A ocorrência de maior RAF na fase inicial da cultura indica maior intensidade de conversão dos fotoassimilados em folhas com a finalidade de aumentar a captação da radiação solar disponível.

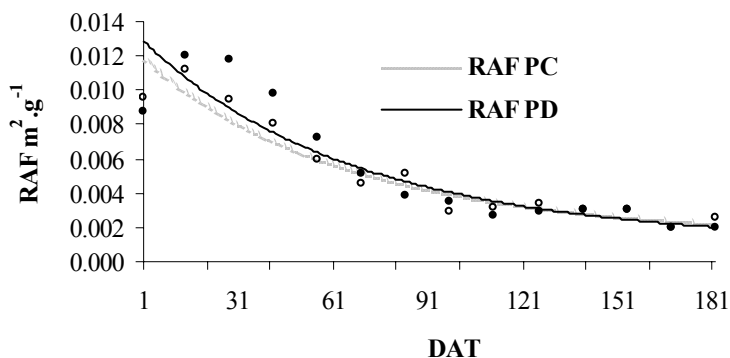


Figura 30 – Curvas de razão de área foliar e seus valores médios para a cultura do pimentão nos sistemas de plantio convencional (RAF PC) e direto (RAF PD).

4.1.4.2 Área foliar específica (AFE)

Observando a Figura 31, a AFE verifica-se a ocorrência de pequena variação ao longo do ciclo da cultura do pimentão. Os maiores valores de AFE foram observados nos primeiros dias após a instalação, decrescendo após a fase inicial e voltando a aumentar após 121 DAT. As plantas no sistema de plantio direto apresentaram maior área foliar específica na fase inicial, certamente pelos mesmos motivos comentados anteriormente para RAF. A ocorrência de maior área foliar específica na fase inicial da cultura nos sugere menor espessura das folhas nesta fase desenvolvimento, onde os valores máximos obtidos foram 0,0257 e 0,0281 $\text{m}^2/\text{folha} \cdot \text{g}^{-1}/\text{folha}$, no plantio convencional e direto respectivamente.

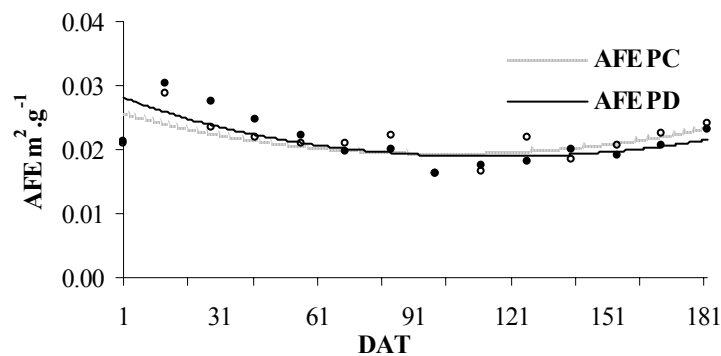


Figura 31 - Curvas de área foliar específica e seus valores médios observados na cultura do pimentão nos sistemas de plantio convencional (AFE PC) e direto (AFE PD).

Considerando que AFE é uma medida de densidade, os valores obtidos ao longo do ciclo da cultura podem ser utilizados para converter biomassa acumulada pelas folhas em IAF.

Maiores valores de AFE nas plantas sob plantio direto, provavelmente se devem ao auto-ajustamento pela planta para compensar o sombreamento provocado pela rebrota do sorgo, possibilitando captar maior quantidade de radiação solar. A variação da AFE demonstra que durante o crescimento, as folhas não responderam às mesmas taxas de acúmulo de matéria seca, devido à ocorrência de espessamento destas com o aumento da idade.

4.1.4.3 Razão de massa foliar (RMF)

Os valores máximos de RMF na cultura do pimentão ocorreram no início da implantação da cultura, quando foi encontrado 0,46 g de folha.g⁻¹ de biomassa total acumulada pela planta, ocorrendo o mesmo valor para ambos os sistemas de plantio. O comportamento durante o ciclo da cultura, nos dois sistemas de plantio foi semelhante, apresentando pequena variação no período de 31 a 91 DAT.

Conforme se observa na Figura 32, a RMF decresce com o tempo, confirmando o observado em relação a RAF, que caracteriza um maior acúmulo de fotoassimilados nas folhas na fase inicial de desenvolvimento, possibilitando maior superfície assimilatória, facilitando a captação da radiação solar.

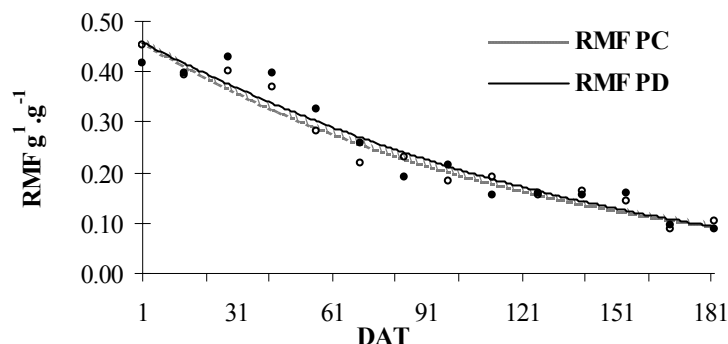


Figura 32 - Razão de massa foliar da cultura do pimentão nos sistemas de plantio convencional (RMF PC) e direto (RMF PD). Os círculos são as médias observadas no plantio convencional e os pontos no plantio direto.

4.1.4.4 Relação raiz parte aérea (RPA)

Analisando a Figura 33, observa-se que a RPA decresce rapidamente até os primeiros 31 DAT, ocorrendo os valores máximos de 0,43 e 0,37 g de raiz. g⁻¹ de parte aérea, no plantio convencional e direto, respectivamente. Portanto, na fase de desenvolvimento inicial da cultura, a biomassa acumulada pelo sistema radicular representou 43% do total acumulado pela parte aérea, no plantio convencional.

O maior acúmulo de biomassa pelo sistema radicular das plantas no sistema de plantio convencional se deve ao maior crescimento das raízes, enquanto que no plantio direto, à presença do “mulch” proporcionada pela roçada da crotalária e do sorgo. Este fato proporcionou condições mais adequadas de umidade na camada superficial, acarretando em menor crescimento das raízes. Entretanto, pode-se verificar que a partir dos 30 DAT, quando a cobertura tornou-se menos densa, não ocorreu diferença na RPA nos dois sistemas de plantio. O volume médio de solo explorado pelo sistema radicular por planta foi de 0,06 m³.

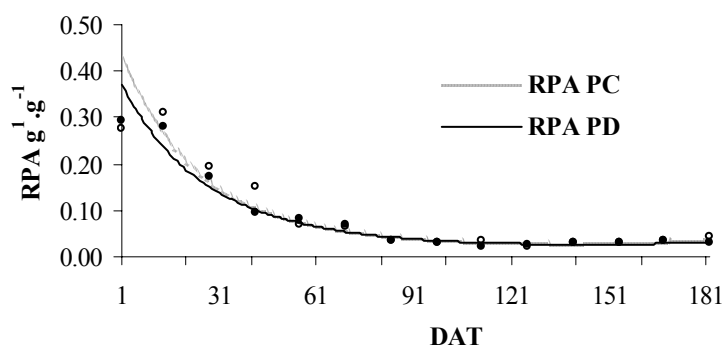


Figura 33 - Relação Raiz Parte Aérea da cultura do pimentão nos sistemas de plantio convencional (RPA PC) e direto (RPA PD). Os círculos são as médias observadas no plantio convencional e os pontos no plantio direto.

4.2 Avaliação da Produção e Relações de Acúmulo de Biomassa

Avaliando a produção da cultura do pimentão nos dois sistemas de plantio empregados, foram constatados três ciclos de produção, cujos picos de produtividade ocorreram aos 58, 100 e 149 DAT (Figura 34). Esses ciclos foram caracterizados pela alternância de fases de frutificação e crescimento vegetativo, ocorrendo, assim, acúmulo de biomassa no caule, folhas, raiz e formação de flores, para em seguida, a planta investir no crescimento dos frutos. Como consequência, houve oscilação de produtividade ao longo do ciclo da cultura.

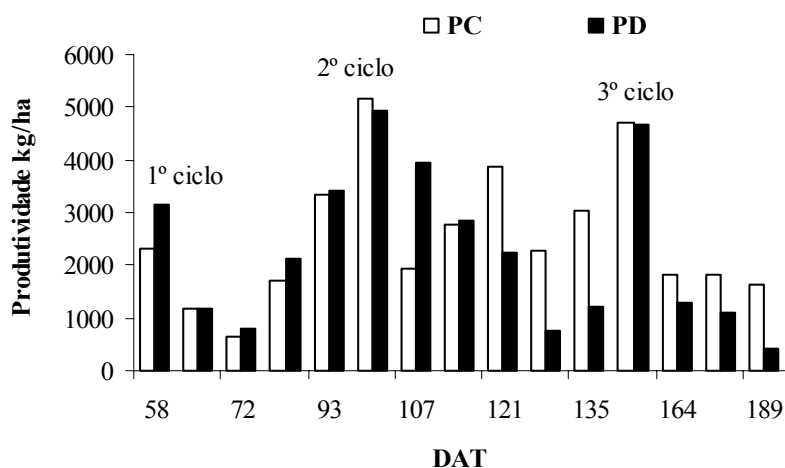


Figura 34 – Produtividade da cultura do pimentão nos sistemas de plantio convencional (PC) e direto (PD).

Pode-se verificar que, em média, houve um intervalo de 45 dias entre cada pico de produtividade, admitindo-se que este seja o tempo necessário para a planta assimilar nutrientes e água, e distribuir os fotoassimilados, a fim de garantir o máximo de produtividade. Portanto, atenção especial deve ser dada aos cuidados com adubação nos períodos que antecedem aos 58, 100 e 149 DAT, com a finalidade disponibilizar os nutrientes necessários para a cultura. Apesar de não ter sido objetivo deste trabalho, foi constatado alta exportação de potássio pela cultura, reduzindo à metade as reservas deste nutriente existente no solo antes do transplante (Anexo 2).

A análise estatística dos dados de produtividade por colheita e total (Tabela 4) obtidos pelos dois sistemas, permitiu constatar que não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Segundo os testes de Cochran e Bartlett os erros dos dados de produtividade, apresentam variâncias homogêneas e seguem a distribuição normal segundo teste de Lilliefors, sendo possível proceder a análise de variância dos dados sem transformá-los.

Tabela 4 – Produtividade da cultura do pimentão nos dois sistemas de plantio:

Sistema de plantio	Produtividade – kg.ha ⁻¹
--------------------	-------------------------------------

	Por colheita (média)	Total
Convencional	2555,06 a	38326,0 a
Direto	2271,77 a	34076,7 a

Na coluna, médias seguidas da mesma letra , não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P>0.05$).

Analisando a biomassa acumulada por diferentes partes da planta (Figura 35), foi possível constatar que aos 100 DAT, 51,9% e 48,3% da biomassa total acumulada pela planta no plantio convencional e direto, respectivamente, foi destinada aos frutos.

Analisando a figura 35, verifica-se que a biomassa acumulada pelo sistema radicular atinge 7% e 8 % do total acumulado pela planta, nos sistemas de plantio convencional e direto respectivamente, aos 58 DAT. A partir desta fase, ocorreu decréscimo acentuado na biomassa acumulada, atingindo em média, 3% de biomassa acumulada aos 100 e 149 DAT. Assim, foi possível constatar que a planta prioriza o acúmulo de biomassa na parte aérea em detrimento do sistema radicular, sendo um aspecto importante a ser considerado pelo agricultor quanto ao manejo da irrigação, Considerando o pequeno volume de solo explorado pelas raízes do pimentão.

O acúmulo máximo de biomassa no caule e folhas, ocorreu aos 58 DAT, em ambos sistemas de plantio, chegando a 60% e 74% da biomassa total acumulada pela planta, no plantio convencional e direto, respectivamente (Figuras 35a e 35b). Após esta fase verifica-se a redução da biomassa total acumulada por estas partes da planta, em benefício da formação e crescimento dos frutos. Caracterizando que a planta na fase inicial de desenvolvimento, tende a priorizar a concentração de fotoassimilados no caule e folhas, buscando armazenar reservas nestas partes da planta, para serem disponibilizadas aos frutos na fase intensiva de produção.

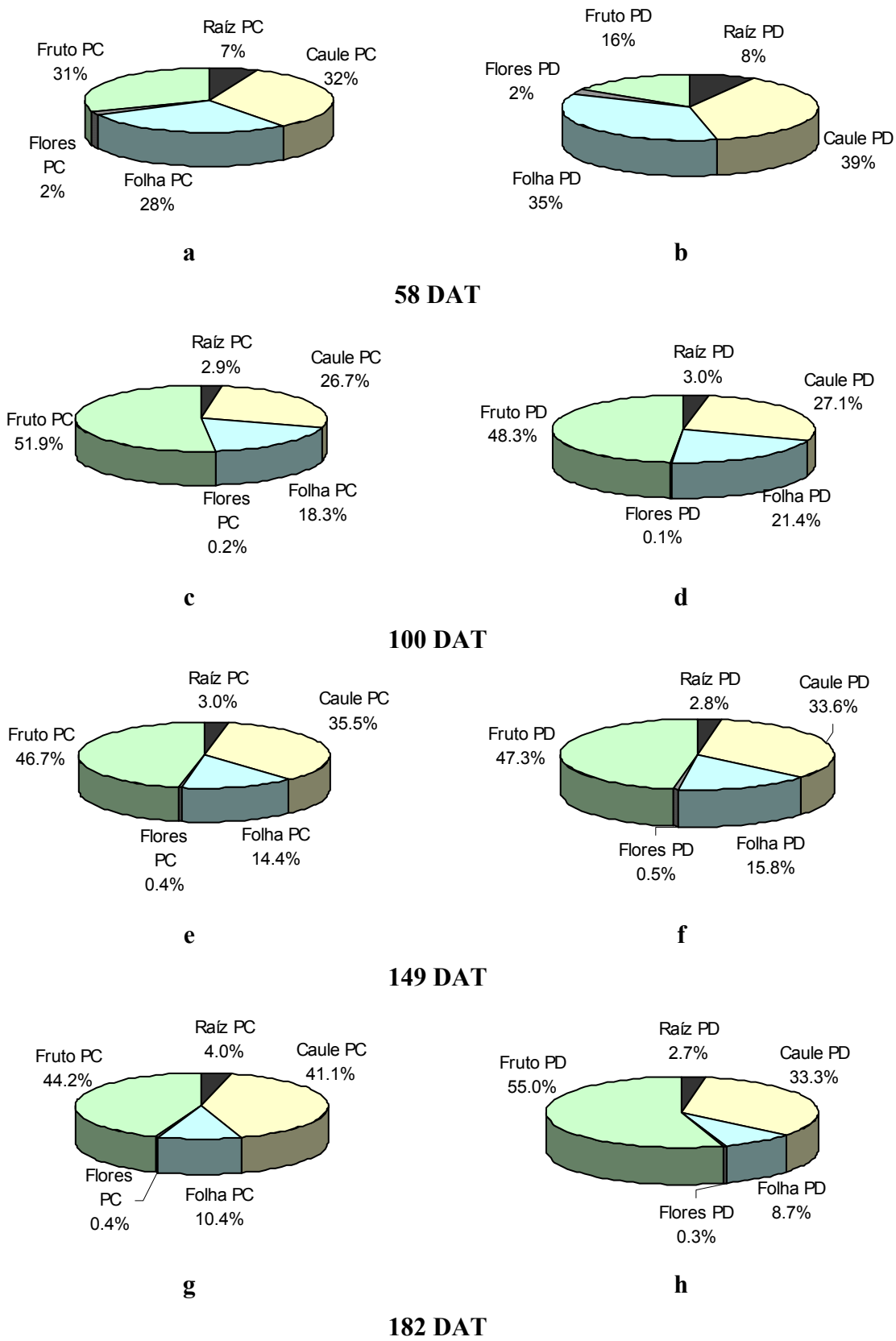


Figura 35 – Biomassa acumulada pelas partes da planta nos sistemas de plantio convencional (a, c, e, g) e direto (b, d, f, h), em diferentes fases de desenvolvimento da cultura do pimentão.

4.3 Necessidade Hídrica da Cultura

4.3.1 Estimativa da ETo

A Tabela 5 apresenta os dados climáticos resultantes de médias quinzenais, ocorridas durante o ciclo da cultura, na área experimental. Apesar deste experimento ter sido conduzido no período de inverno, caracterizado por baixo índice pluviométrico, observou-se a ocorrência de chuva, relativamente bem distribuída no período, com exceção da primeira quinzena dos meses de junho e agosto. Os demais parâmetros não apresentaram variações expressivas neste mesmo período.

Tabela 5 - Dados climáticos medidos durante o experimento

Período	T.Max °C	T.min °C	UR (%)	U ₂ (m.s ⁻¹)	Rs (Mj.m ² .dia ⁻¹)	Precipitação (mm)
16-30 de Abr	31,34	19,33	80,27	0,89	14,75	52,83
01-15 de Mai	32,62	17,45	70,61	0,88	17,37	10,92
16-31 de Mai	31,05	17,56	76,07	0,91	15,17	52,32
01-15 de Jun	31,58	16,85	71,72	1,09	17,38	0,00
16-30 de Jun	30,29	15,91	74,23	1,04	15,39	28,96
01-15 de Jul	28,47	14,55	76,24	0,87	15,50	33,53
16-31 de Jul	27,81	16,10	78,39	1,15	15,14	21,59
01-15 de Ago	31,42	14,85	69,43	1,25	16,28	0,76
16-31 de Ago	32,16	18,60	70,21	1,82	13,65	8,64
01-15 de Set	28,43	18,53	80,52	1,41	10,84	13,72
16-30 de Set	27,49	17,13	81,99	1,21	11,21	81,03
01-15 de Out	33,53	20,00	75,71	1,62	12,35	16,26
16-31 de Out	33,13	21,15	78,31	1,18	13,31	57,15
01-15 de Nov	30,29	18,94	82,11	0,85	13,37	75,95

Tmax – Temperatura máxima, Tmin – Temperatura mínima, UR – Umidade relativa do ar, U₂ – Velocidade dos ventos e Rs – Radiação solar.

Com os dados climáticos médios diários foi possível a estimar a evapotranspiração de referência utilizando os métodos de Penman-Monteith (PM), Hargreaves-Samani (HS) e Tanque Classe A (CA). Na Figura 36, é possível observar que os métodos PM e CA apresentaram comportamento semelhante, sendo estimados valores menores pelo CA em relação a PM, em virtude da ocorrência de chuvas durante o período, prejudicando as leituras que eram realizadas diariamente pela manhã. Portanto a automação ou a realização desta leitura mais de uma vez por dia, contribuiria para a redução deste erro, possibilitando a estimativa da ETo, mais próxima daquela estimada pelo método de PM.

Os valores acumulados de ETo estimados pelos métodos PM, HS e CA durante o ciclo da cultura foram 461, 739 e 452 mm, respectivamente. Portanto caso não haja disponibilidade de dados climáticos necessários para a estimativa da ETo pelo método de Penman-Monteith, analisando a figura 36, verifica-se que o método do Tanque Classe A possibilitou esta estimativa mais próxima da obtida por meio do método PM.

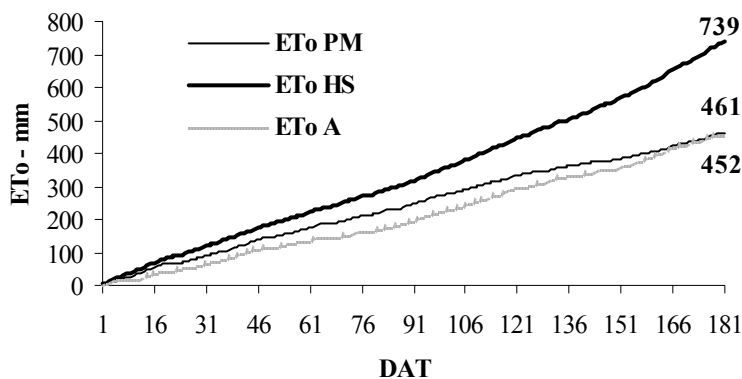


Figura 36 – Evapotranspiração de referência acumulada durante o ciclo da cultura do pimentão estimada pelos métodos Penman-Monteith (ETo PM), Hargreaves-Samani (ETo HS) e Tanque Classe “A” (ETo A).

4.3.2 Manejo da água baseado na variação de umidade no solo

Conforme comentado no item 3.7.1, em virtude dos problemas ocorridos com as células de carga dos lisímetros, todo o manejo da água durante o ciclo da cultura foi realizado monitorando o conteúdo de água no solo a cada 0,10m até a profundidade de 0,50m.

4.3.2.1 Características físico-hídricas do solo

As Tabelas 6 e 7 apresentam algumas características físico-hídricas do solo das parcelas ocupadas com a cultura do pimentão no sistema de plantio convencional e direto. Com exceção da umidade correspondente à capacidade de campo na profundidade de 0,40m, as essas características não diferiram significativamente entre si, segundo o teste de comparação de médias de Scott-Knott a 5,0 % de probabilidade. Estes resultados possibilitaram desprezar possíveis efeitos do solo nos tratamentos propostos.

Conforme descrito no item 3.6.1, a uniformidade da área em relação as principais características físico-hídricas que definem a estrutura do solo permitiu que o delineamento experimental fosse o inteiramente casualizado, não havendo a necessidade de implantação do experimento em blocos, o que impossibilitaria o uso da área para estudos com lisímetros.

Tabela 6 – Comparação das características físico-hídricas entre plantio convencional (PC) e direto (PD)

Prof. cm	Umidade Cc - θ_{cc}		Umidade saturada - θ_s		Densidade do solo - ds	
	PC	PD	PC	PD	PC	PD
10	0,243 a	0,227 a	0,445 a	0,481 a	1,415 a	1,591 a
20	0,213 a	0,223 a	0,424 a	0,452 a	1,551 a	1,654 a
30	0,220 a	0,203 a	0,392 a	0,394 a	1,697 a	1,741 a
40	0,217 a	0,163 b	0,371 a	0,344 a	1,719 a	1,755 a

Na linha, médias seguidas da mesma letra para a mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P>0.05$).

Tabela 7 – Comparação das características físico-hídricas entre plantio convencional (PC) e direto (PD)

Prof cm	% microporos		% macroporos		Convencional			Direto		
	PC	PD	PC	PD	Arg	Areia	Silte	Arg	Areia	Silte
10	30,10 a	29,13 a	17,98 a	15,45 a	17a	73a	10a	16a	75a	9a
20	26,37 a	28,67 a	16,06 a	16,54 a	17a	73a	10a	15a	76a	9a
30	26,73 a	26,03 a	12,44 a	13,39 a	20a	70a	10a	15a	76a	9a
40	26,43 a	21,13 a	10,70 a	13,29 a	22a	69a	9a	14a	77a	9a

Na linha, médias seguidas da mesma letra para a mesma variável, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P>0.05$).

4.3.2.2 Determinação da umidade e armazenamento de água

4.3.2.2.1 TDR

Neste trabalho, o método de determinação de umidade com base na Reflectometria no Domínio do Tempo foi o principal método empregado. A Figura 37 apresenta os modelos calibrados para as condições locais, relacionando umidade gravimétrica com constante dielétrica. Para todas as profundidades estudadas, o modelo linear permitiu melhor ajuste entre os dados. Em virtude da semelhança dos dados observados para as camadas superficiais do perfil do solo, foi ajustado um único modelo para a camada de 0 a 0,20m. Os quadros de análise de variância e dos parâmetros dos modelos se encontram no Anexo 3.

A Figura 38 apresenta o desempenho da calibração da metodologia da TDR, pelas metodologias apresentadas, em relação ao método de determinação de umidade gravimétrica (U_v grav), tomando como referência a profundidade 0,10m. Pode-se perceber que o método calibrado (U_v cal) para as condições locais, relacionando umidade gravimétrica com constante dielétrica, mais se adequou ao método padrão, quando comparado com aqueles propostos por Topp et al. (1980) e por Roth et al. (1990), que apresentaram superestimativas de leituras em quase toda a faixa de variação de umidade analisada.

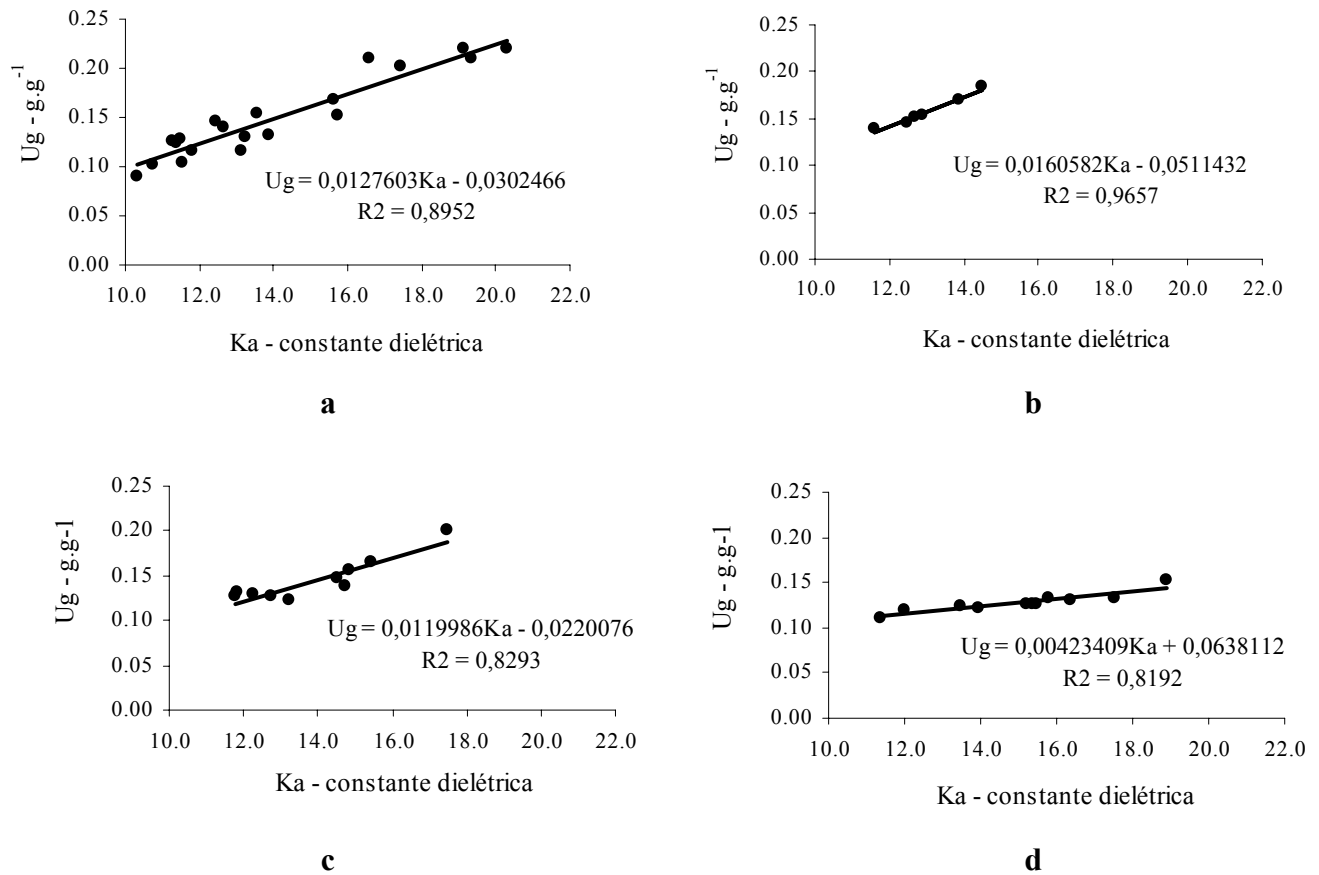


Figura 37 - Modelos de calibração para TDR para as profundidades de 0 a 0,20m (a), 0,20 a 0,30m (b), 0,30 a 0,40m (c) e 0,40 a 0,50m (d).

Com base no modelo calibrado para a profundidade 0-0,20m, foi possível realizar o monitoramento da umidade no solo, permitindo a estimativa das lâminas de irrigação. A Figura 39 apresenta as lâminas de irrigação aplicadas nos sistemas de plantio, convencional (PC) e direto (PD), além da lâmina pluviométrica ocorrida no período (Tabela 5). Os valores de umidade estimados durante o ciclo da cultura nos dois sistemas de plantio estão apresentados no Anexo 4.

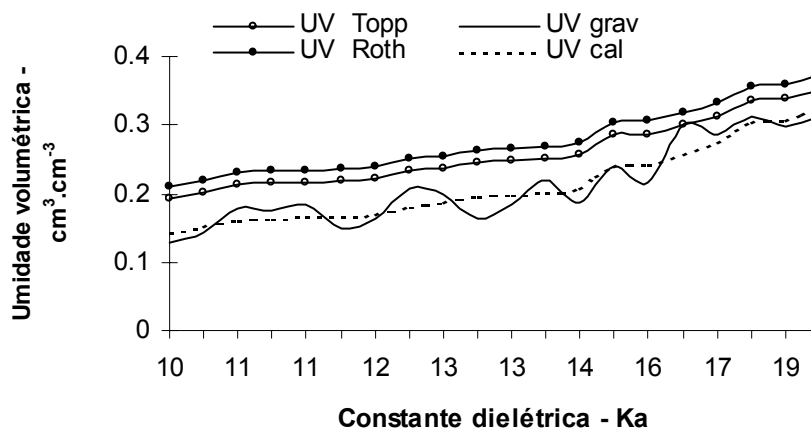


Figura 38 - Comparação dos modelos ajustados pela metodologia TDR em relação ao método gravimétrico, para a profundidade de 0,10m.

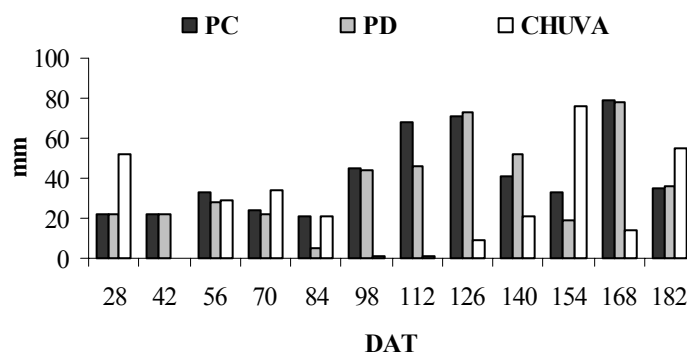


Figura 39 - Precipitação pluviométrica e lâminas de irrigação aplicadas nas parcelas sob sistema de plantio convencional (PC) e direto (PD).

4.3.2.2.2 Tensiômetro

A Figura 40 apresenta as variações do potencial matricial no perfil do solo nas profundidades de 0,10m a 0,50m, durante o ciclo da cultura, nos sistemas de plantio convencional e direto. Analisando esta figura, verifica-se que o potencial matricial nos dois sistemas de plantio apresentaram comportamento semelhante até os 70 DAT, mantendo-se na faixa de $-6,0\text{kPa}$ a -10kPa . Portanto dentro da condição ideal de umidade e aeração do solo, proposta por Faria (1987), não ocorrendo variações capazes de diferenciar os tratamentos no tocante ao potencial matricial do solo, porém neste período as lâminas totais aplicadas na cultura do pimentão sob plantio direto são menores que as aplicadas na cultura sob o sistema convencional, conforme pode ser verificado na figura. Esta diferença pode ser explicada pela manutenção da cobertura de solo proporcionada pela roçada do pré-plantio de sorgo e crotalária. Em ambos os sistemas de plantio, pode ser verificada a tendência de ascensão capilar da camada de 0,20m para a camada superficial e drenagem desta para as camadas de 0,30 a 0,50m.

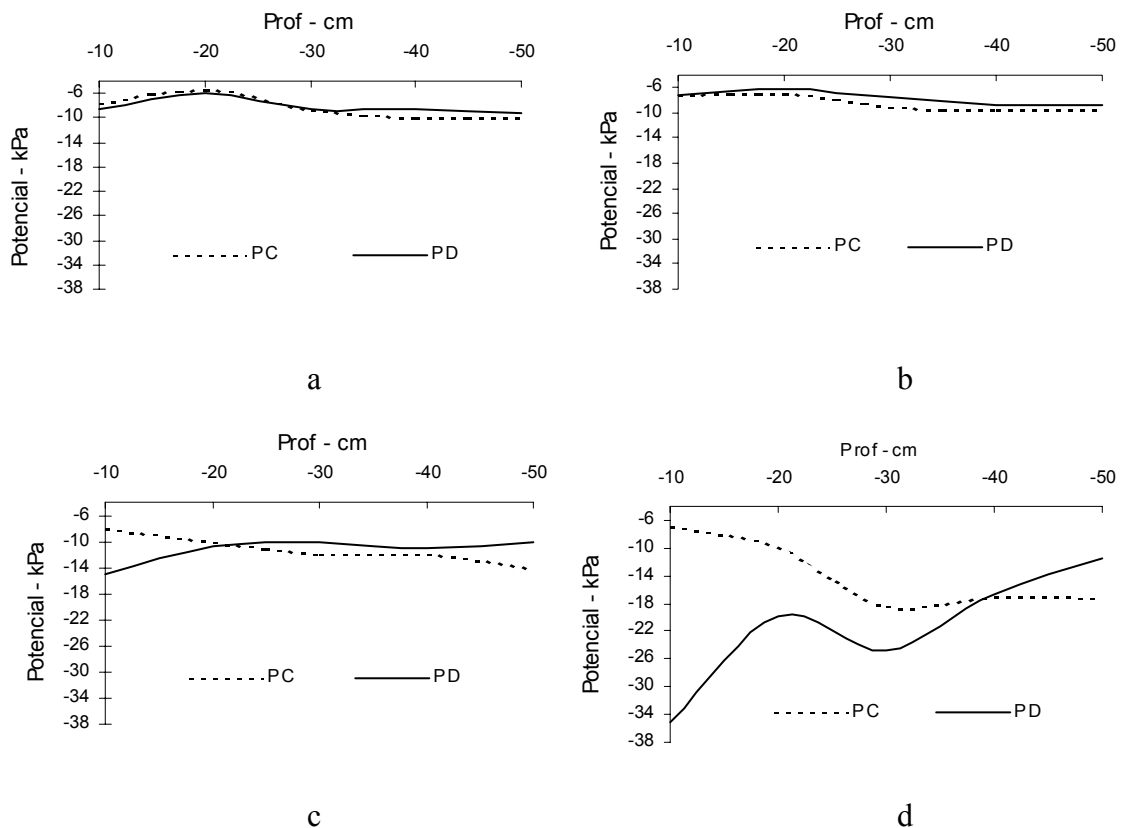
Aos 84 DAT, quando a cobertura morta disponibilizada no plantio direto já se apresentava menos densa em função do processo de decomposição, observou-se a redução no potencial matricial do solo, em função da pequena lâmina aplicada no período nesta parcela e pelo aumento das perdas de água nas camadas superficiais do solo em relação ao ocorrido quando havia uma cobertura mais densa do solo. Por meio da figura 40c, é possível constatar que esta diferenciação no comportamento do potencial matricial ocorreu somente nos primeiros 0,10m, pelos motivos comentados anteriormente. A partir deste período, observa-se aos 98 DAT (figura 40d) grande diferença entre os potenciais matriciais registrados nas parcelas, ocorrendo redução expressiva no potencial do solo sob plantio direto. Este fato pode se deve a não ocorrência de chuvas, aliada à falha no manejo de irrigação, com aplicação de menor lâmina aos 84 e 112 DAT no plantio direto, fazendo com que o potencial matricial, nos primeiros 0,10m de solo, ficasse abaixo de 30kPa . Entretanto com o aumento da lâmina aplicada aos 126 DAT (Figura 40e), foi possível se observar o restabelecimento da condição ideal, retornando o potencial matricial a faixa de condição ideal nos primeiros 0,20m, onde se concentra o sistema radicular efetivo da cultura. Aos 140 DAT (Figura 40f) o potencial matricial na parcela sob plantio direto se manteve acima do registrado no plantio convencional, em função da maior lâmina aplicada neste período nesta parcela. Aos 168 DAT, em consequência das chuvas ocorridas no período e as lâminas aplicadas por irrigação todo o perfil do solo monitorado volta a operar na faixa ideal de umidade e aeração, mantendo-se acima de $-18,0\text{kPa}$, conforme pode ser observado na figura 40g.

Observando o comportamento do potencial matricial aos 126 e 140 DAT, período no qual ocorreu estiagem prolongada, podemos constatar que as lâminas aplicadas por meio do manejo de irrigação utilizando a metodologia TDR, com o objetivo de restabelecer a condição de ideal de umidade nos primeiros 0,20m no perfil do solo, pôde ser confirmada através do monitoramento do potencial matricial com os tensiômetros.

Apesar dos valores do potencial matricial durante os 98 e 112 DAT ficarem abaixo da faixa ideal estabelecida por este autor, Silva & Simão (1973), citados por Marouelli (1996), recomendam a tensão de 30 a 100 kPa para proceder à irrigação na cultura do tomate (solanácea da mesma família do pimentão), sem causar prejuízos para a produtividade, corroborando com as informações apresentadas por Pires et al. (2001).

Baseado na faixa ideal de potencial estabelecida para a cultura do tomate, e também pelo fato de considerarmos a tensão de 33 kPa como padrão para determinação da capacidade de campo, podemos concluir que os valores de potencial matricial entre 30 e 35 kPa ocorridos em parte do ciclo da cultura de pimentão no sistema de plantio direto se mantiveram acima do potencial matricial crítico para a cultura. Portanto o potencial mantido nesta faixa não comprometeu a produtividade da cultura, segundo referências bibliográficas.

Observando a Figura 40, verifica-se que os valores de potencial matricial mantiveram-se acima dos limites estabelecidos para a maioria das hortaliças, citados por vários autores em Pires et al. (2001). Portanto, a utilização da tensiometria no manejo de irrigação, permite um melhor ajuste das lâminas determinadas por meio das leituras do equipamento TDR, sendo provavelmente possível reduzir as lâminas aplicadas nos dois sistemas sem prejuízos para a produtividade da cultura.



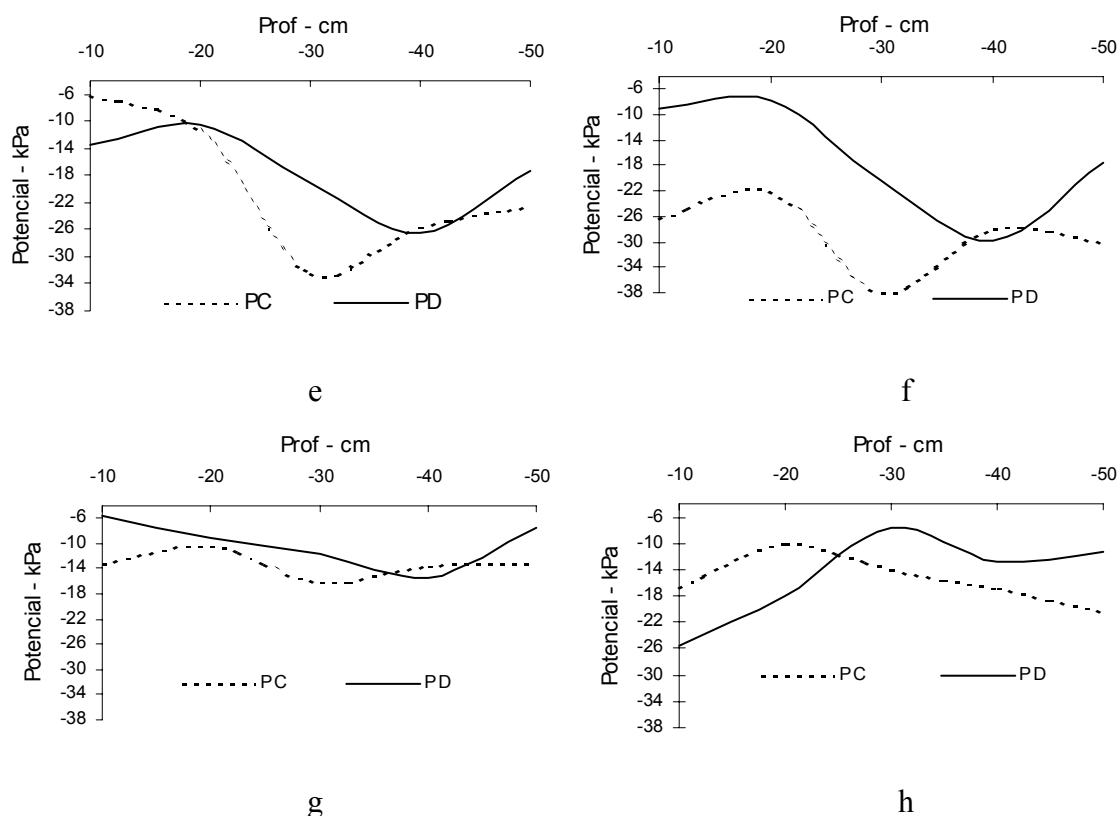


Figura 40 – Variação de potencial matricial no PC e PD da água no perfil do solo, aos 28(a), 70(b), 84(c), 98(d), 126(e), 140(f), 168(g) e 182(h) DAT.

4.3.3 Determinação da evapotranspiração efetiva da cultura

O monitoramento das variações da umidade e do fluxo da água no solo possibilitou conhecer e quantificar os componentes do balanço hídrico (Equação 3) diretamente relacionado com as características do solo e sistemas de plantio adotados para a cultura do pimentão. A quantificação dos componentes do balanço hídrico juntamente com o registro diário das variações climáticas possibilitou estimar a evapotranspiração efetiva da cultura e, posteriormente, os coeficientes de cultivo.

A Figura 41 apresenta o comportamento da evapotranspiração efetiva da cultura do pimentão cultivada nos sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente, em relação à ETo. Observando esta figura verifica-se que até 73 DAT a lâmina evapotranspirada efetiva acumulada para nos dois sistemas de plantio apresentaram o mesmo comportamento, a partir deste período a evapotranspiração pela cultura no sistema convencional foi maior que no plantio direto.

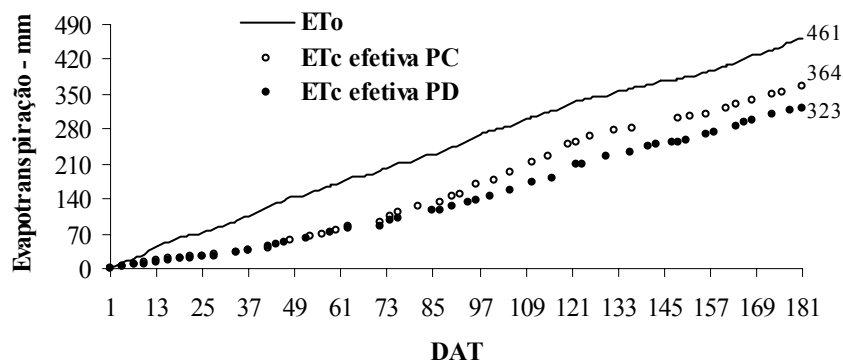


Figura 42 – Valores acumulados de evapotranspiração de referência e evapotranspiração efetiva da cultura do pimentão, no sistema de plantio convencional e direto, durante a execução do experimento.

As lâminas evapotranspirométricas acumuladas até os 181 DAT atingiram 461mm, 364mm e 323mm para a ETo, ETc PC e ETc PD, respectivamente. É possível perceber a menor ETc no sistema de plantio direto em virtude da manutenção do “mulch” sobre a superfície do solo durante a fase inicial de desenvolvimento da cultura e após sua decomposição, minimizando a evaporação da água no solo. Ao contrário, no sistema de plantio convencional, a ETc acumulada se manteve mais próxima da ETo durante praticamente todo o ciclo da cultura.

4.3.4 Coeficientes de cultivo e evapotranspiração estimada da cultura do pimentão

4.3.4.1 Estimativa de Kc nos sistemas de plantio

As Figuras 43 e 44 apresentam as curvas de coeficiente de cultivo para os sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente. Conforme descrito no item 3.10, as curvas de Kc, determinadas em função dos valores médios para as fases inicial, média e final, foram construídas e assim foi possível obter os valores médios para cada fase (Tabela 8).

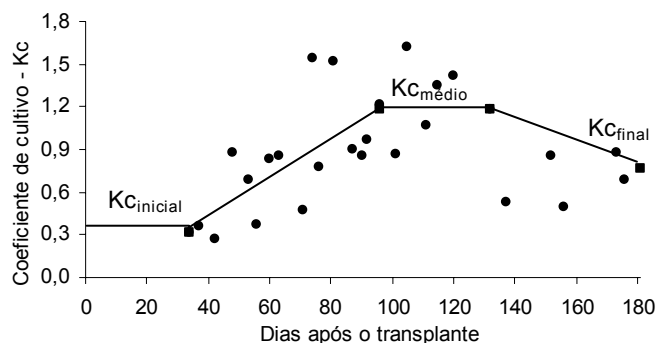


Figura 43 – Curva de Kc para a cultura do pimentão, no sistema de plantio convencional.

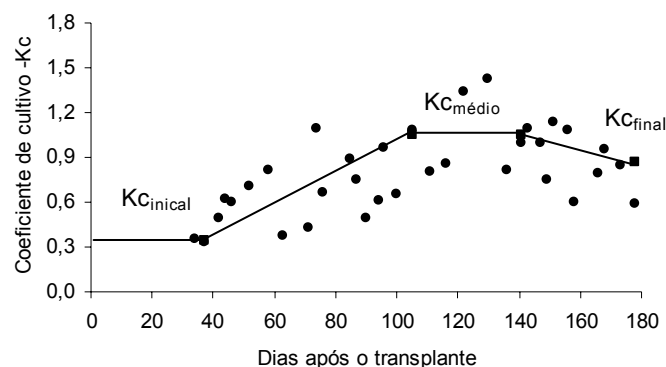


Figura 44 – Curva de Kc para a cultura do pimentão, no sistema de plantio direto.

Tabela 8 – Valores de Kc para a cultura do pimentão, obtidos pelo método gráfico para os dois sistemas de plantio, e preconizados por Doorenbos & Kassam (1994)

Fases	Plantio convencional	Plantio direto	FAO-33
Inicial	0,32	0,34	0,4
Médio	1,18	1,05	0,95 a 1,1
Final	0,77	0,86	0,80 a 0,90

Por meio da tabela 8 observa-se que os valores obtidos para os dois sistemas de cultivo são relativamente próximos daqueles divulgados pela FAO.

As Tabelas 9, 10 e 11 apresentam os demais valores de Kc calculados para a cultura do pimentão conforme as quatro outras metodologias apresentadas no item 3.10, em função da duração dos estádios de desenvolvimento da cultura. Vale lembrar que além dos valores de Kc apresentados foram ainda considerados neste trabalho aqueles apresentados por Marouelli et al. (1996) e Doorenbos e Pruitt (1977). Uma avaliação mais criteriosa desses valores será discutida no item 4.3.4.2, onde serão apresentadas as lâminas evapotranspirométricas estimadas com base nos diferentes coeficientes de cultivo.

Tabela 9 – Valores de Kc para a cultura do pimentão, obtidos pelos métodos FAO 24, Fases e ciclo para o sistema de plantio convencional em função do número dias após o transplante:

FAO-24		Fases		Ciclo	
DAT	Kc	DAT	Kc	DAT	Kc
1 a 25	0,32	1 a 29	0,32	1 a 29	0,32
26 a 61	0,61	30 a 60	0,57	30 a 58	0,48
62 a 155	1,04	61 a 182	1,0	59 a 100	0,98
156 a 181	0,78			101 a 149	1,19
				150 a 182	0,73

Tabela 10 – Valores de Kc para a cultura do pimentão, obtidos pelos métodos FAO 24, Fases e ciclo para o sistema de plantio direto em função do número dias após o transplante:

FAO-24		Fases		Ciclo	
DAT	Kc	DAT	Kc	DAT	Kc
1 a 34	0,35	1 a 29	0,35	1 a 29	0,35
35 a 63	0,56	30 a 60	0,59	30 a 58	0,59
64 a 151	0,87	61 a 182	0,86	59 a 100	0,69
152 a 182	0,76			101 a 149	1,02
				150 a 182	0,86

Tabela 11 – Valores de Kc para a cultura do pimentão, obtidos pelo método da divisão dos estádios em função do IAF, para os dois sistemas de plantio em função do número dias após o transplante:

Plantio Convencional		Plantio Direto	
DAT	Kc IAF	DAT	Kc IAF
1 a 70	0,59	1 a 42	0,36
71 a 98	0,80	43 a 84	0,61
99 a 112	0,94	85 a 112	0,74
113 a 126	1,21	113 a 140	0,91
127 a 154	1,39	141 a 154	1,08
155 a 168	0,81	155 a 182	0,71
169 a 182	0,74		

4.3.4.2 Estimativa de ETc para a cultura do pimentão

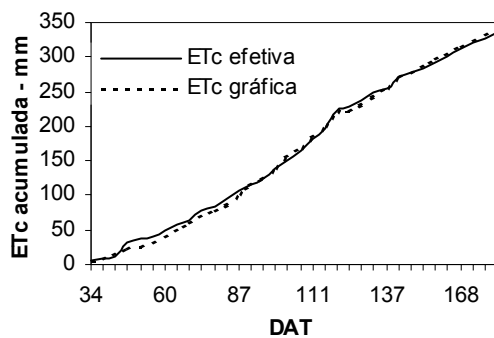
4.3.4.2.1 Sistema de plantio convencional

A Figura 45 apresenta as curvas acumuladas de ETc estimadas com base nos valores de Kc calculados pelas diferentes metodologias, para o sistema de plantio convencional. É possível perceber que as mesmas tiveram o mesmo comportamento daquela ocorrida durante o ciclo da cultura (ETc efetiva). No entanto, nota-se que as curvas correspondentes à ETc estimada a partir de valores de Kc calculados graficamente (ETc gráfica) e à ETc estimada em função dos ciclos de colheita (ETc ciclo) se mostraram mais adequadas para representar a ETc efetiva (Figuras 45a e 45g).

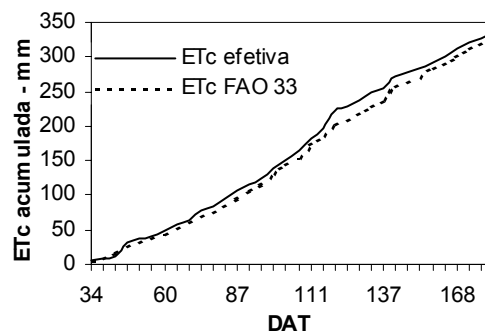
Em complemento à Figura 45, são apresentadas na Tabela 12 as diferenças percentuais acumuladas entre as ETc's das metodologias empregadas e a ETc efetiva, onde se pode observar que a metodologia proposta pelo boletim FAO 24 apresentou resultados mais

satisfatórios em relação aos demais métodos, ao passo que a determinada pelo IAF (ETc IAF) foi aquela que apresentou pior desempenho. Entretanto, em relação aos desvios máximos observados, ou seja, quando os métodos superestimaram a necessidade hídrica da cultura, as metodologias que apresentaram o melhor e os piores desempenhos foram às propostas pela FAO-33 e pelo CNPH, respectivamente, para as condições de Seropédica-RJ. É preciso, no entanto, ressaltar que estas diferenças são pontuais e se referem ao total acumulado ou ocorrido em determinado momento ao longo do ciclo da cultura do pimentão no sistema convencional. Portanto, o conhecimento dos desvios acumulados relativos às lâminas totais superestimadas ou subestimadas pelos métodos, possibilitou uma melhor avaliação de seus desempenhos, permitindo selecionar as melhores metodologias para determinação do coeficiente de cultivo (Kc) da cultura do pimentão nas condições propostas neste trabalho.

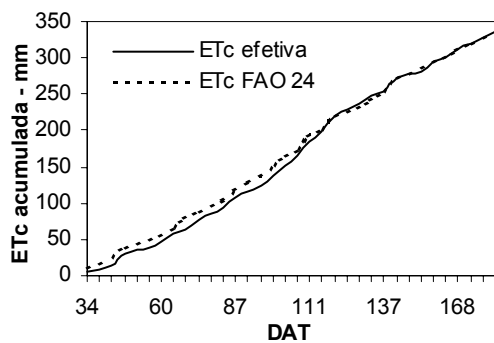
Analisando a Tabela 12, constata-se que o método de cálculo do Kc (Tabela 8) levando em consideração as fases de desenvolvimento (metodologia proposta por Tazzo et al. (2004)) foi a que mais superestimou a necessidade hídrica da cultura totalizando 48,57mm em todo o ciclo. Por outro lado, o método que considera os ciclos de produção da cultura foi o que mais se aproximou da ETc efetiva superestimando 33,8mm ao longo do ciclo da cultura, representando uma economia de 14,77mm em lâmina aplicada. Em relação à subestimativa das necessidades hídricas da cultura o método que define os Kc's através da curva dos coeficientes de cultivo (Tabela 8) obtidos através do balanço hídrico, se aproximou mais da necessidade hídrica da cultura totalizando 32,55mm. Por outro lado, a metodologia que mais subestimou foi aquela baseada no IAF (Tabela 11), em um total de 50,75mm.



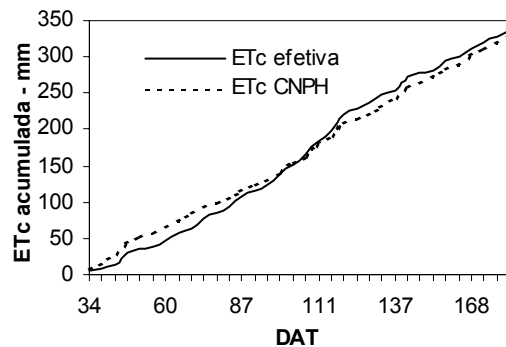
a



b



c



d

(Continua figura 45)

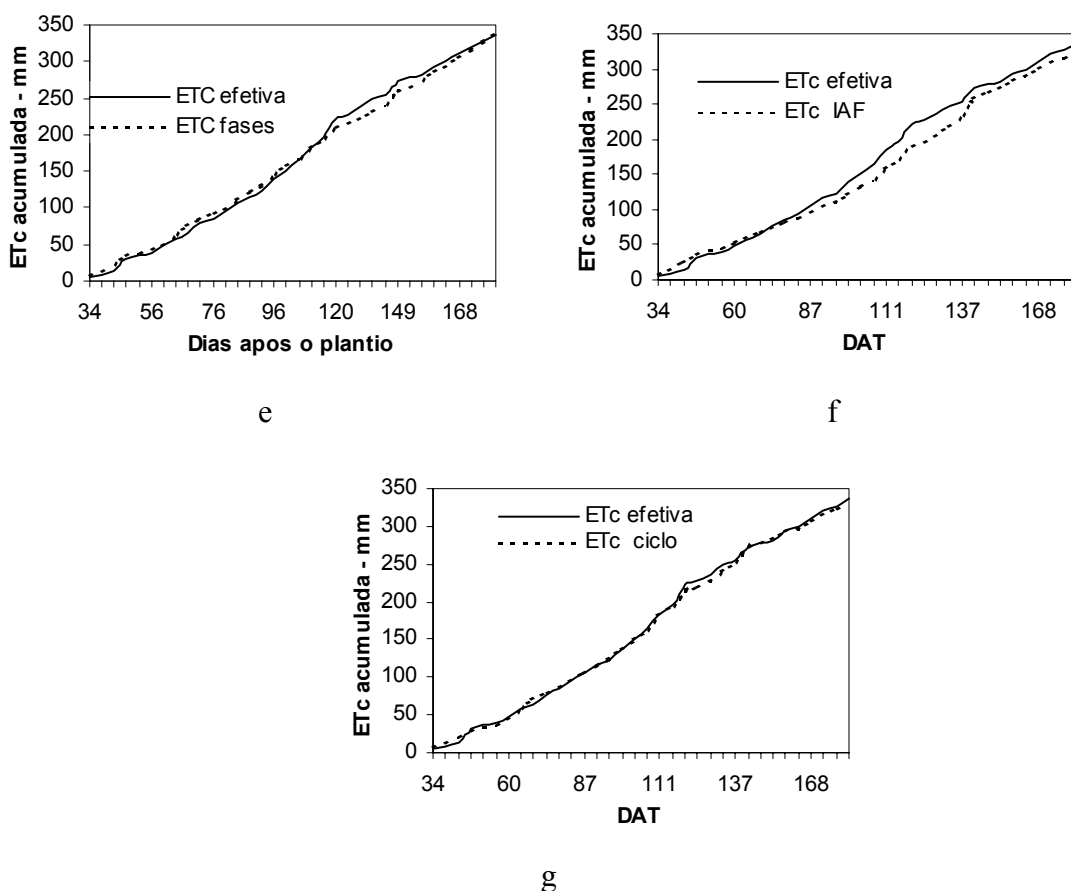


Figura 45 - Comparação da ETc efetiva acumulada com as ETc's calculadas e acumuladas pelas metodologias do Gráfico (a), FAO 33 (b), FAO 24 (c), CNPH (d), Fases (e), IAF (f) e Ciclo (g), no sistema de plantio convencional.

Tabela 12 – Diferenças e desvios entre as ETc's estimadas pelos diferentes metodologias e a ETc efetiva:

Metodologias	Dif. % Total Acum.	Max. Desvio +		Max. Desvio -		Desvio Acum.+	Desvio Acum.-
		mm	DAT	mm	DAT		
ETc gráfico	1,76	5,93	176/181	9,14	48-53	38,48	32,55
ETc FAO 33	-1,66	4,07	37/42	21,45	126/132	34,74	40,31
ETc FAO 24	0,28	14,96	63/71	5,45	126/132	43,25	42,31
ETc CNPH	-1,05	22,08	63/71	16,19	126/132	38,95	42,48
ETc fases	1,25	10,8	63/71	15,93	126/132	48,57	44,38
ETc IAF	-3,15	11,96	37/42	30,71	122/126	40,16	50,75
ETc ciclo	-1,14	7,31	37/42	7,44	122/126	33,88	39,81

As Figuras 46 e 47 apresentam informações que melhor descrevem o comportamento dos métodos de estimativa de ETc, considerando os ciclo de produção, tornando-se possível

avaliar e seleccionar os métodos mais adequados para cada ciclo definido pela análise de crescimento da cultura no sistema de plantio convencional.

Conforme pode ser observado nas Figuras, não foi possível encontrar um método que atendeu de maneira satisfatória as necessidades hídricas da cultura em todas os ciclos de produção. No entanto, constata-se que há uma compensação entre os ciclos e também dentro de cada ciclo de produção, de modo que o método que mais superestimou é o que mais subestimou em outro ciclo ou período dentro do ciclo. Este comportamento pode ser mais bem compreendido na Figura 46.

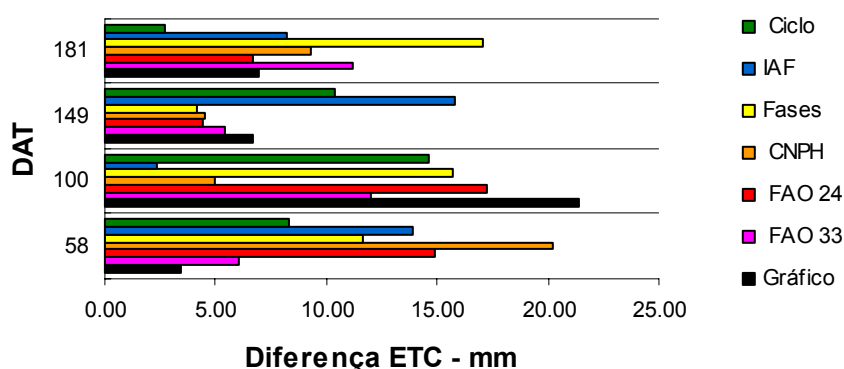


Figura 46 - Comparação entre os métodos de determinação do Kc, com relação à superestimativa da ETC por ciclo de produção, no sistema de plantio convencional.

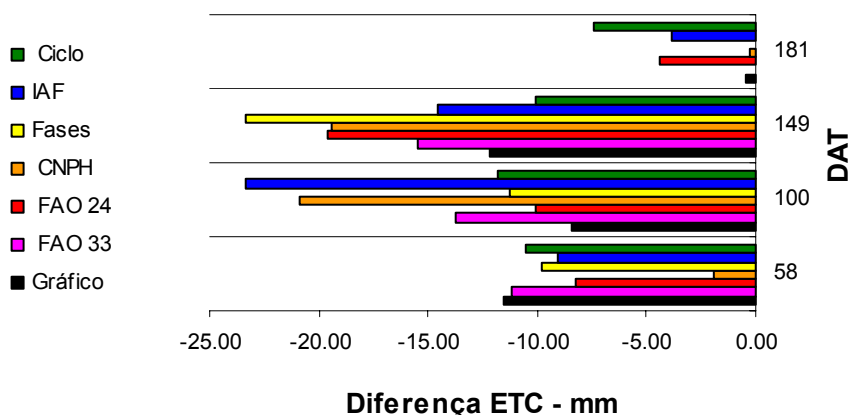


Figura 47 - Comparação entre os métodos de determinação do Kc, com relação à subestimativa da ETC por ciclo de produção, no sistema de plantio convencional.

Considerando que os maiores valores superestimado e subestimado não foram maiores que $0,6\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$ durante todo o ciclo da cultura no sistema convencional, a tomada de decisão para a escolha do melhor método poderá ser realizada por meio da comparação entre as ETC's

acumuladas pelas metodologias propostas e a ETc efetiva observada durante o ciclo da cultura.

Baseado nos dados apresentados conclui-se que os métodos que propõem o cálculo do Kc para a cultura do pimentão no sistema convencional de plantio, com base na curva do coeficiente de cultivo (Tabela 8), onde foram definidos os Kc's inicial, médio e final, e o método que propõem a estimativa dos Kc's em função dos três ciclos de produção (Tabela 9), mostraram-se mais adequados ao cálculo das demandas hídricas ao longo do ciclo da cultura.

Os valores das ETc's estimadas por todas as metodologias para o sistema de plantio convencional encontram-se no Anexo 5.

4.3.4.2.2 Sistema de plantio direto

A Figura 48 apresenta as curvas acumuladas de ETc estimadas com base nos valores de Kc calculados pelas diferentes metodologias, para o sistema de plantio direto. Observando a Figura, constata-se que as curvas das ETc's acumuladas, estimadas pelas metodologias para o sistema de plantio direto, não apresentaram o mesmo comportamento entre si. Esses resultados sugerem que os coeficientes de cultivo disponíveis na literatura para a cultura do pimentão conduzida no sistema de plantio convencional não são adequados para as condições de plantio direto.

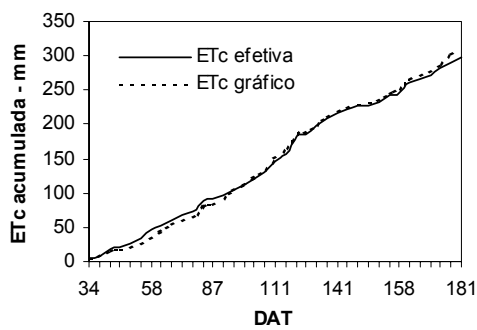
As ETc's estimadas através dos métodos FAO 33, CNPH e Fases de desenvolvimento tenderam a superestimar as necessidades hídricas da cultura do pimentão. Na Figura 48d verifica-se que o desvio ocorrido na estimativa ETc pela FAO 33 iniciou em torno de 90 DAT, em virtude do alto valor de Kc neste período (0,95), quando comparado com os valores estimados pelas demais. O mesmo ocorre com o método proposto pelo CNPH e Fases, sendo que para estes dois as superestimativas ocorrem aos 34 e 58 DAT, respectivamente. Este fato sugere que o Kc médio proposto superestima as necessidades hídricas da cultura do pimentão no sistema plantio direto.

No método fases os valores de Kc (Tabela 8) calculados considerando somente três fases de desenvolvimento (transplante até o início da floração, do início da floração até o início da colheita, do início da colheita até o final) também superestimou a ETc por considerar o mesmo Kc do início até o final da colheita (61 aos 155 DAT), quando na realidade ocorrem três ciclos de produção ao longo de todo o estágio, sugerindo demandas hídricas diferenciadas.

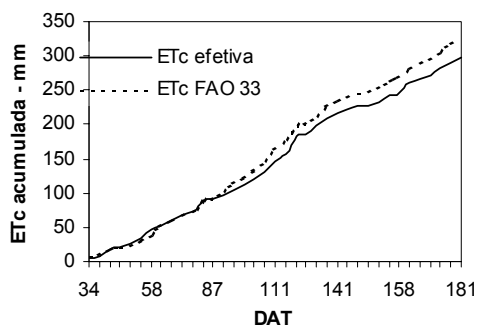
Após os períodos citados, estes métodos apresentaram comportamento bastante uniforme em relação a ETc efetiva, indicando que corrigindo estas falhas os mesmos poderiam ser utilizados para a cultura nas condições de plantio direto.

No método em que a divisão dos estádios obedeceu ao IAF (Tabela 11), sendo estas definidas pela análise estatística, o desvio ocorreu aos 85 DAT, subestimando as necessidades hídricas da cultura quando iniciou o segundo ciclo de produção, sendo esta uma fase de grande demanda hídrica.

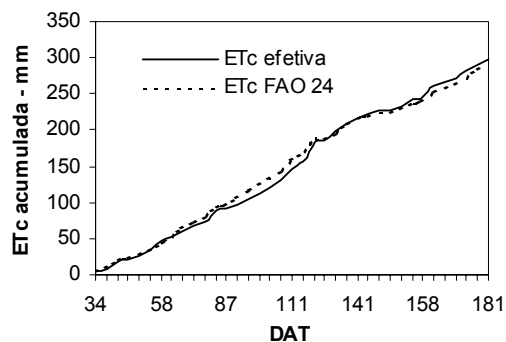
Observando a Figura 48 conclui-se que as metodologias para cálculo do Kc em função dos ciclos de produção (Tabela 10) e determinação da curva de coeficiente cultivo a partir da determinação dos valores, inicial, médio e final, obtidos visualmente pelo gráfico (Tabela 8), foram os que proporcionaram melhores ajustes em relação a ETc efetiva.



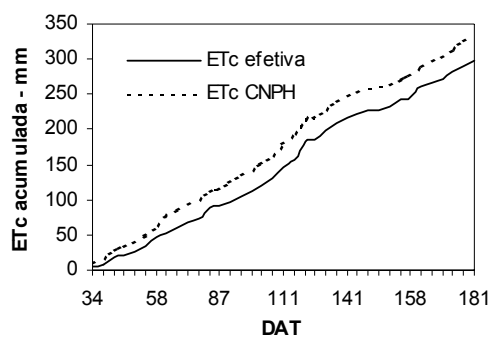
a



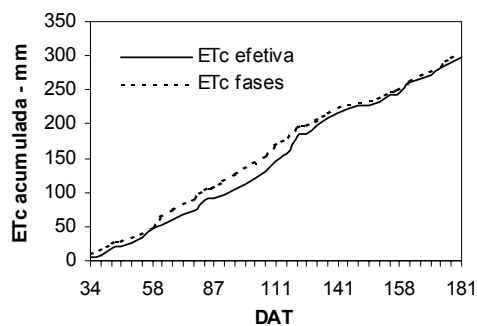
b



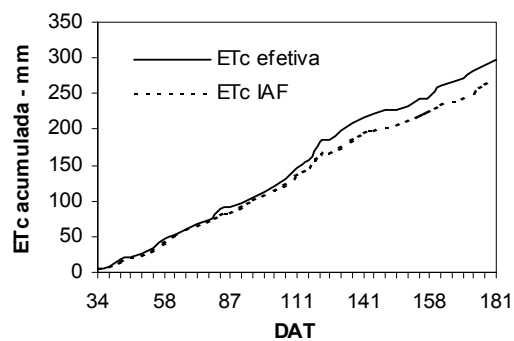
c



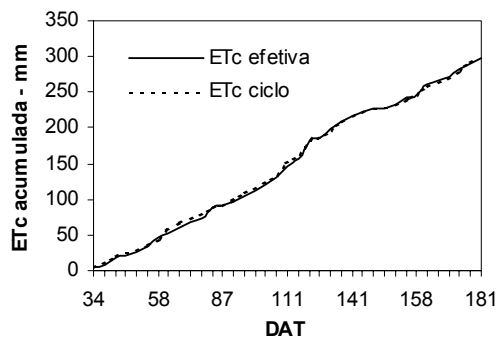
d



e



f



g

Figura 48 - Comparação da ETC efetiva acumulada com as ETC's calculadas e acumuladas pelas metodologias do Gráfico (a), FAO 33 (b), FAO 24 (c), CNPH (d), Fases (e), IAF (f) e Ciclo (g), no sistema d. plantio direto.

Em complemento à Figura 48, são apresentadas na Tabela 13 as diferenças percentuais acumuladas entre as ETc's das metodologias empregadas e a ETc efetiva. As metodologias Fases e Ciclo apresentaram as menores diferenças entre as ETc's acumuladas em relação à efetiva, enquanto que as metodologias IAF e CNPH, foram as que apresentaram maiores diferenças percentuais.

Durante todo o ciclo da cultura do pimentão no sistema de plantio direto, a metodologia que menos superestimou as necessidades hídricas da cultura foi a IAF. No entanto, foi a que mais subestimou, sendo o método CNPH aquele que menos subestimou estas necessidades porém foi o que mais superestimou, por motivos já comentados anteriormente, enquanto que para os métodos do Gráfico e ciclo, houve uma compensação, ou seja, os valores subestimados foram próximos aos superestimados, possibilitando melhores ajustes em relação a ETc efetiva (Figuras 48a e 48g). Ressalta-se, porém, que estes valores se referem às diferenças pontuais ocorridas em relação ao acumulado ou em determinado período ao longo do ciclo da cultura do pimentão no sistema de plantio direto. Portanto, o conhecimento dos desvios acumulados referentes às lâminas totais superestimadas ou subestimadas pelos métodos, possibilita uma melhor avaliação de seus desempenhos, permitindo, assim, apontar a(s) metodologia(s) mais adequada(s) para a obtenção da curva do coeficiente de cultivo para a cultura do pimentão nas condições propostas.

Tabela 13 – Diferenças acumuladas e desvios observados nas ETc's estimadas em relação a ETc efetiva:

Metodologias	Dif acum. %	Max. Desvio		Max. Desvio		Desvio Acum.+	Desvio Acum.-
		+		-			
		mm	DAT	mm	DAT		
ETc gráfico	3,67	10,9	178/181	-12,10	52/58	39,50	-28,60
ETc FAO 33	9,45	28,07	173/178	-7,15	52/58	46,43	-18,37
ETc FAO 24	-2,79	15,19	96/100	-10,25	168/173	24,75	-33,04
ETc CNPH	12,10	37,60	111/116	-	-	52,32	-16,42
ETc fases	2,51	25,46	96/100	-	-	40,18	-32,74
ETc IAF	-9,96	0,40	34/37	-30,41	168/173	17,43	-46,99
ETc ciclo	0,48	7,73	63/71	-2,90	166/168	31,66	-30,24

As Figuras 49 e 50 permitem maior detalhamento do comportamento dos métodos por ciclo de produção no sistema de plantio direto, possibilitando uma avaliação mais criteriosa na escolha do método mais indicado para as condições propostas.

Conforme pode ser observado não existe um método que atenda integralmente as necessidades hídricas da cultura em todos os ciclos de produção, sendo que as maiores superestimativas ocorreram dos 58 aos 100 DAT. Neste período, que correspondeu ao segundo ciclo de produção, o maior valor superestimado foi de 0,62 mm.dia⁻¹, ocorrida no método Fases. As maiores subestimativas ocorreram dos 100 aos 149 DAT, correspondendo ao terceiro ciclo de produção, no qual o maior valor subestimado foi de 0,42 mm.dia⁻¹ (método Fases).

Com base nos resultados apresentados podemos concluir que para a determinação das curvas dos coeficientes de cultivo para a cultura do pimentão no sistema de plantio direto utilizando o método Gráfico e o método denominado Ciclos de produção (semelhante ao observado no sistema de plantio convencional) se mostraram mais adequados no decorrer do ciclo cultura.

Os valores das ETC's estimadas por todas as metodologias para o sistema de plantio convencional encontram-se no Anexo 6.

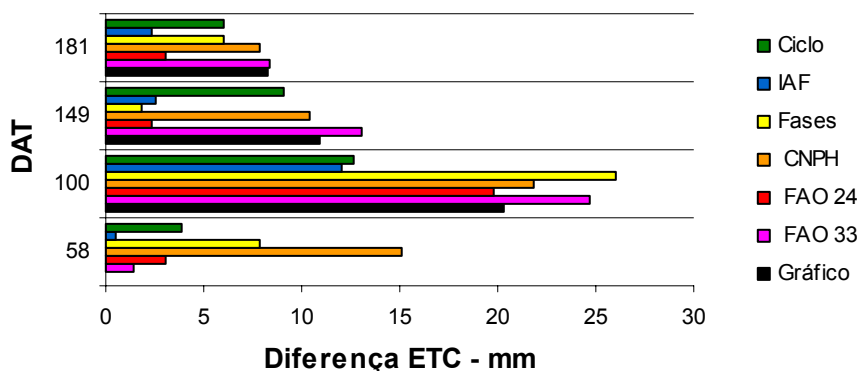


Figura 49 - Comparação entre os métodos de determinação do Kc, com relação à superestimativa da ETC por ciclo de produção, no sistema de plantio direto.

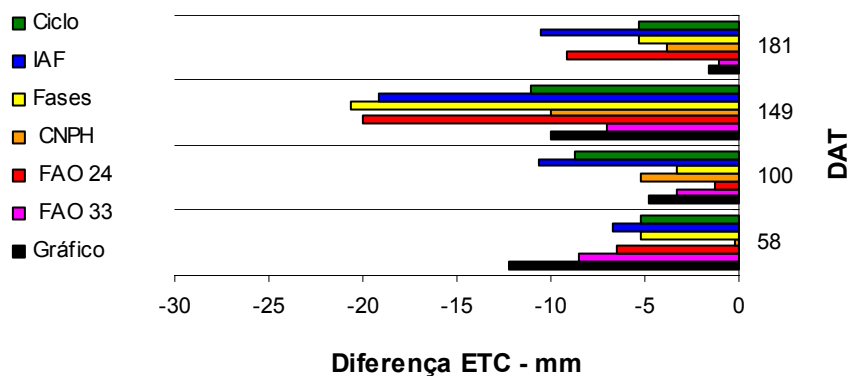


Figura 50 - Comparação entre os métodos de determinação do Kc, com relação à subestimativa da ETC por ciclo de produção, no sistema de plantio direto.

4.4 Eficiência do Uso da Água

Por meio do cálculo da eficiência do uso e aplicação da água (Tabela 14) proposto por Bernardo (1995), foi possível constatar que as maiores eficiências nos sistemas de plantio convencional e direto ocorreram aos 93 DAT e aos 85 DAT, respectivamente, chegando a 1,0 (Hum), ou seja a lâmina aplicada foi igual a lâmina evapotranspirada. Entretanto, o valor médio obtido para os dois sistemas de plantio foi de 0,8 para todo o ciclo da cultura.

A Tabela 15 apresenta os valores de eficiência do uso da água considerando as diferentes lâminas para o sistema de plantio convencional e direto. O valor máximo de EUA¹

obtido no plantio convencional foi de 5,7kg.m⁻³ aos 135 DAT e no plantio direto foi de 6,4kg.m⁻³ obtidos aos 121 DAT. Os valores médios obtidos foram 3,9 e 4,5 kg.m⁻³, para os sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente. Estes valores de eficiência do uso da água são superiores aos valores de 1,5 a 3,0kg.m³ sugeridos por Doorenbos e Kassam (1994).

Para a eficiência do uso da água em função da lâmina de irrigação aplicada (EUA²), os valores máximos obtidos foram de 8,5 e 10,8kg.m⁻³, para os sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente, aos 135 e 115 DAT. Considerando a lâmina evapotranspirada no cálculo da eficiência no uso da água (EUA³), foram obtidos os valores máximos de 11,0 e 13,6kg.m⁻³, para os sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente, aos 149 e 121 DAT.

Tabela 14 - Valores de precipitação pluviométrica, lâminas irrigadas e evapotranspiradas pela cultura e eficiência no uso e aplicação da água (EUAA) durante o ciclo da cultura do pimentão nos dois sistemas de plantio

DAT	Chuvas mm	Irrigação - mm		ETc acumulada - mm		EUAA ¹	
		PC	PD	PC	PD	PC	PD
58	88,9	95,1	91,1	67,1	72,8	0,7	0,8
64	88,9	114,2	106,2	85,6	79,3	0,7	0,7
72	122,4	114,2	106,2	92,1	85,2	0,8	0,8
85	143,5	135,6	111,5	122,6	114,9	0,9	1,0
93	143,8	155,5	133,1	150,5	122,6	1,0	0,9
100	144,0	191,1	163,6	166,7	145,2	0,9	0,9
107	144,5	224,2	186,6	193,0	157,5	0,9	0,8
115	146,3	248,2	207,4	225,1	171,2	0,9	0,8
121	153,2	277,9	231,2	249,2	181,5	0,9	0,8
127	153,4	319,6	275,1	264,1	210,5	0,8	0,8
135	162,8	333,7	291,0	276,5	223,6	0,8	0,8
149	244,6	393,6	346,0	300,4	254,2	0,8	0,7
164	258,3	437,6	386,4	327,5	286,7	0,7	0,7
178	279,4	489,1	441,5	354,5	317,1	0,7	0,7
189	356,6	507,4	459,7	363,8	322,8	0,7	0,7

1 – Eficiência do uso e aplicação da água.

O cálculo da EUA em relação à biomassa acumulada por lâmina de água evapotranspirada demonstrou que são acumulados em média 1,2 e 1,7kg de biomassa por metros cúbicos de água consumidos pela planta ao longo do seu ciclo, para os sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente.

Com base nesses resultados, ficou evidenciado a maior eficiência no uso da água pela cultura do pimentão no sistema de plantio direto em relação ao convencional, considerando todos os índices determinados de EUA, com exceção daquele proposto por Bernardo (1995), não ocorrendo diferenças entre os sistemas de plantio.

Tabela 15 – Valores de produtividade acumulada e eficiência do uso da água (EUA) considerando as diferentes lâminas para o sistema de plantio convencional (PC) e direto (PD).

DAT	Prod. acumulada		EUA ¹ – kg.m ⁻³		EUA ² – kg.m ⁻³		EUA ³ – kg.m ⁻³	
	Kg.ha ⁻¹		(I + P)		(I)		(ETc)	
	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD
58	2.324	3.170	1,3	1,8	2,4	3,5	3,5	4,4
64	3.503	4.342	1,7	2,2	3,1	4,1	4,1	5,5
72	4.132	5.134	1,7	2,2	3,6	4,8	4,5	6,0
85	5.857	7.268	2,1	2,8	4,3	6,5	4,8	6,3
93	9.198	10.670	3,1	3,9	5,9	8,0	6,1	8,7
100	14.354	15.607	4,3	5,1	7,5	9,5	8,6	10,7
107	16.303	19.565	4,4	5,9	7,3	10,3	8,4	12,4
115	19.092	22.403	4,8	6,3	7,7	10,8	8,5	13,1
121	22.958	24.637	5,3	6,4	8,3	10,7	9,2	13,6
127	25.250	25.382	5,3	5,9	7,9	9,2	9,6	12,1
135	28.301	26.586	5,7	5,9	8,5	9,1	10,2	11,9
149	33.023	31.245	5,2	5,3	8,4	9,0	11,0	12,3
164	34.846	32.535	5,0	5,0	8,0	8,4	10,6	11,3
178	36.676	33.647	4,8	4,7	7,5	7,6	10,3	10,6
189	38.326	34.077	4,4	4,2	7,6	7,4	10,5	10,6
	Máximo		5,7	6,4	8,5	10,8	11,0	13,6
	Média		3,9	4,5	6,5	8,0	8,0	10,0

EUA¹ – Eficiência no uso da água em função da lâmina aplicada por irrigação e chuvas.

EUA² - Eficiência no uso da água em função da lâmina aplicada por irrigação.

EUA³ - Eficiência no uso da água em função da ETc efetiva nos sistemas de plantio.

4.5 IAF e Biomassa em Função de GDA

4.5.1 Cálculo do GDA

As Figuras 51, 52 e 53 relacionam graus-dia acumulados (GDA) com biomassa acumulada e com a produtividade acumulada e ciclos de produção da cultura do pimentão nos dois sistemas de plantio. Os resultados demonstram que foram necessários 1059 e 1148 GDA, para a cultura atingir o máximo de biomassa acumulada, no sistema de plantio convencional e direto, respectivamente. Aos 28 DAT iniciou-se a floração nos dois sistemas de cultivo, sendo necessários 244 GDA até esta fase da cultura. Nos dois sistemas de plantio, foram caracterizados três ciclos de produção, sendo necessários 433 GDA até o primeiro pico que ocorreu aos 58 DAT e para o segundo e terceiro picos ocorridos aos 100 e 149 DAT, foram necessários respectivamente, 733 e 1116 GDA (Figura 52).

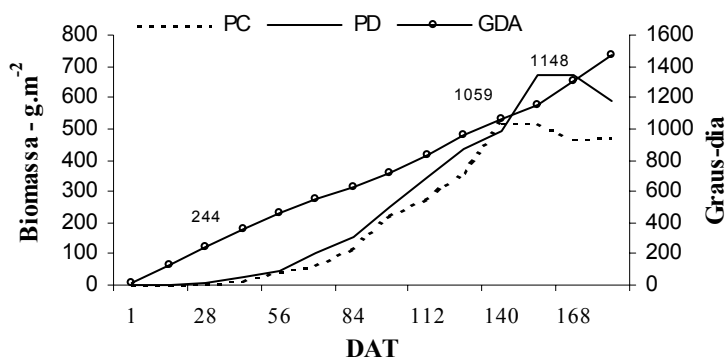


Figura 51 – Graus-dia e biomassa acumulada pela cultura do pimentão em função de dias após o transplante.

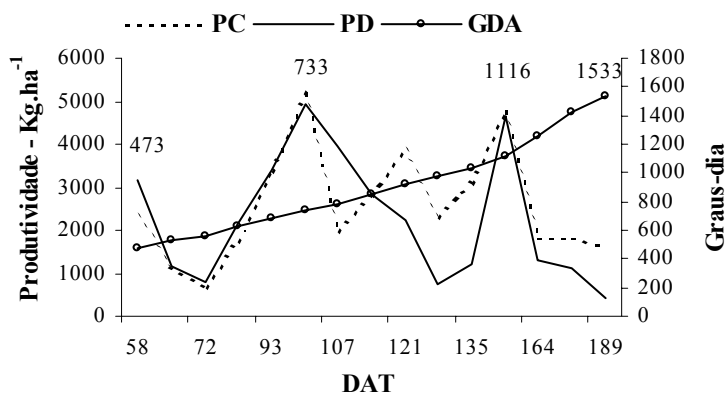


Figura 52 – Graus-dia e colheitas de pimentão em função de dias após o transplante nos dois sistemas de plantio.

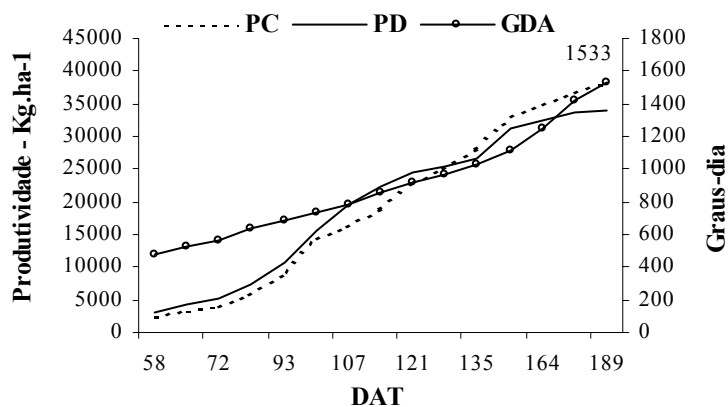


Figura 53 – Graus-dia e produtividade acumulada da cultura de pimentão em função do número de dias após o transplante, nos dois sistemas de plantio.

Durante todo o ciclo da cultura, do transplante até a última produção classificada como comercial ocorrida aos 189 DAT, foram necessários 1533 GDA (Figura 53).

O conhecimento dos graus-dia acumulados necessários para que a cultura complete suas fases de desenvolvimento e picos de produção, torna possível prever a duração de suas fases fenológicas, possibilitando planejar o plantio para que a colheita ocorra na ocasião de maior retorno econômico. Entretanto, este planejamento será viabilizado somente nas regiões onde não haja grandes variações de temperatura de um ano para outro ou ainda entre regiões que apresentem condições climáticas semelhantes.

4.5.2 Estimativa de IAF e biomassa em função de GDA

Nas Figuras 54 e 55 são apresentadas as variações de IAF e Biomassa, respectivamente, em função do GDA, bem como os modelos ajustados para cada variável em diferentes fases de desenvolvimento da cultura. É possível verificar que na fase inicial de estabelecimento da cultura (estádio I) houve um crescimento exponencial do IAF (Figura 54) e da biomassa (Figura 55) até os 56 DAT. Até esta fase da cultura foram necessários 459 GDA, sendo obtido um IAF médio máximo de 0,31 e uma biomassa total acumulada média de 47,3g.m⁻². Em seguida, ocorreu um crescimento linear e positivo (estádio II) até aos 154 DAT, correspondendo a 1148 GDA, quando foi atingido o IAF máximo médio de 1,5 e a biomassa máxima média de 596,2 g.m⁻².

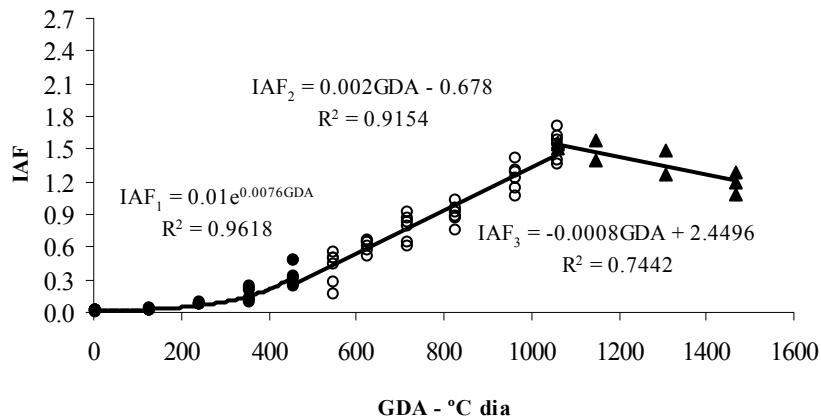


Figura 54 - Modelos ajustados para descrever IAF da cultura do pimentão em função de graus-dia acumulados.

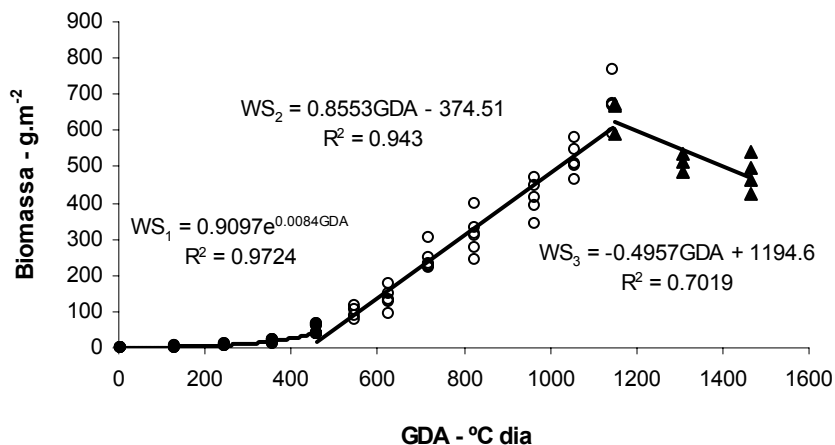


Figura 55 - Modelos ajustados para descrever biomassa acumulada pela planta em função de graus-dia acumulados.

A partir dos 154 DAT iniciou-se uma variação linear negativa, ocorrendo decréscimo no IAF e biomassa acumulada em virtude da ocorrência de senescência foliar, secamento de ramos e principalmente redução da frutificação, o que foi medido até aos 182 DAT, correspondendo a 1466 GDA, a partir do qual a produção não atendeu mais as exigências de mercado. Nesta fase, o IAF médio foi de 1,2 e a biomassa acumulada foi de 533,8g.m⁻².

Durante o estágio III, as parcelas apresentavam plantas em processo de senescência adiantado, fazendo com que os estandes apresentassem grande desuniformidade. Devido a grande variabilidade dos dados coletados, foi necessário ajustar o modelo para este estágio

com as médias dos valores obtidos de IAF e biomassa total acumulada pelas plantas nos sistemas de plantio direto e convencional.

Para o estágio I foram avaliados os modelos, linear, quadráticos, cúbicos e exponenciais, sendo que somente os modelos linear e exponencial apresentaram coeficientes significativos ao nível de 5% através da análise de regressão dos parâmetros. Entre os dois, o modelo exponencial foi selecionado por apresentar maior R^2 , conforme análise apresentada na Tabela 16.

Tabela 16 - Critérios para escolha do modelo de ajuste do IAF e biomassa acumulada em função de GDA, para o estágio I

Modelos	Significância dos coef. do modelo para IAF				Significância dos coef. do modelo para WS			
	GDA	GDA ²	GDA ³	R ² - %	GDA	GDA ²	GDA ³	R ² - %
Linear	0,000 **	-	-	75,1	0,000**	-	-	69,3
Quadrático	0,153 ns	0,0001 **	-	85,7	0,0056**	0,000	-	87,7
Cúbico	0,38 ns	0,47 ns	0,21 ns	86,0	0,19 ns	0,12 ns	0,013*	89,9
Exponencial	0,000 **	-	-	96,2	0,000	-	-	97,2

** Significativo a 1% * significativo a 5% ns – não significativo

Para os estádios II e III foram testados os modelos, linear, quadrático e cúbico, dos quais somente o modelo linear, apresentou coeficientes significativos ao nível de 1 % de significância (Tabelas 17 e 18, respectivamente).

Tabela 17 - Critérios para escolha do modelo de ajuste do IAF e biomassa acumulada em função de GDA, para o estágio II

Modelos	Significância dos coef. do modelo para IAF				Significância dos coef. do modelo para WS			
	GDA	GDA ²	GDA ³	R ² - %	GDA	GDA ²	GDA ³	R ² - %
Linear	0,000 **	-	-	91,5	0,000**	-	-	94,2
Quadrático	0,46 ns	0,013 *	-	92,6	0,487 ns	0,0008**	-	95,6
Cúbico	0,23 ns	0,27 ns	0,22 ns	92,8	0,061 ns	0,096 ns	0,059 ns	95,9

** Significativo a 1% * significativo a 5% ns – não significativo

Tabela 18 - Critérios para escolha dos modelos de ajuste do IAF e biomassa acumulada em função de GDA, para o estágio III

Modelos	Significância dos coef. do modelo para IAF				Significância dos coef. do modelo para WS			
	GDA	GDA ²	GDA ³	R ² - %	GDA	GDA ²	GDA ³	R ² - %
Linear	0,0007 **	-	-	74,4	0,0012**	-	-	70,2
Quadrático	0,33 ns	0,27 ns	-	75,8	0,054 ns	0,07 ns	-	78,8
Cúbico	0,48 ns	0,48 ns	0,47 ns	75,8	-	-	-	-

** Significativo a 1% * significativo a 5% ns – não significativo

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e analisados foi possível concluir que:

- os sistemas de plantio convencional e direto não foram significativamente diferentes entre si, em relação às taxas de crescimento e produtividade da cultura do pimentão; e
- o manejo da irrigação com o uso do TDR proporcionou a obtenção da eficiência de uso da água de $6,5 \text{ kg.m}^{-3}$, na cultura do pimentão para o sistema de plantio convencional, e $8,0 \text{ kg.m}^{-3}$ no plantio direto. Possibilitando uma economia na lâmina aplicada por irrigação de 477 m^3 por hectare ocupado com a cultura do pimentão, utilizando-se o sistema de plantio direto; e
- os valores de E_{To} estimados pelo método do tanque classe “A” apresentou comportamento semelhante aos estimados pelo modelo de Penman-Monteith, revelando ser um método possível de ser utilizado na estimativa da E_{To} , quando não houver disponibilidade de dados climáticos para o uso do modelo de Penman-Monteith; e
- os valores de K_c estimados em função dos ciclos de produção (E_{Tc} ciclo) e pela curva de K_c (E_{Tc} gráfico) durante o ciclo da cultura se mostraram mais adequados à estimativa da evapotranspiração da cultura nos dois sistemas de plantio; e
- os valores médios do K_c inicial, médio e final, obtidos a partir das metodologias E_{Tc} ciclo e E_{Tc} gráfico, foram respectivamente 0,32; 1,19 e 0,75 para o sistema de plantio convencional e 0,34; 1,03 e 0,86 para o plantio direto; e
- a evapotranspiração efetiva acumulada da cultura do pimentão foi de 363,8 mm e 322,8 mm, no sistema de plantio convencional e direto, respectivamente; e
- foram necessários 1533 GDA para a cultura do pimentão completar o ciclo produtivo, obtendo-se o máximo acúmulo de biomassa aos 1059 e 1148 GDA, nos sistemas de plantio convencional e direto, respectivamente.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS:

O sistema de plantio direto com o uso de pré-cultivos mantidos em cobertura após a sua roçada, revelou ser uma prática promissora na redução do uso da água utilizada na irrigação, entretanto o seu uso deve estar associado ao manejo racional da irrigação, sendo necessário o uso de equipamentos seguros ao meio ambiente e ao homem, capazes de possibilitar o monitoramento com leituras rápidas e precisas da umidade no solo, permitindo assim, manter as condições para a planta próximo do intervalo hídrico ótimo. Neste trabalho foi possível constatar que a metodologia TDR, atende as necessidades para o manejo racional da irrigação porém o alto custo do equipamento inviabiliza o seu uso pelos pequenos e médios produtores, sendo necessário investimentos da pesquisa no sentido de possibilitar a popularização desta tecnologia.

Analisando os resultados obtidos neste trabalho, pode-se identificar a necessidade de obtenção de coeficientes de cultivo para as culturas, específicos para as diferentes condições de manejo, quando se almeja o máximo de eficiência no uso da água, uma vez que as informações existentes nem sempre são adequadas a todas as condições.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOUKHALED, A.; ALFARO, A.; SMITH, M. Lysimeters. Rome: FAO, Irrigation and Drainage Paper, 39, 1982. 68p.
- AGUIAR, J.F.; CINTRA, F.L.D.; PORTELA, J.C.; HOLANDA, F.S.R. Comparação de métodos para determinação de umidade em solo coeso dos Tabuleiros Costeiros. Aracaju: EMBRAPA Tabuleiros Costeiros. 4p. Artigo a ser publicado 2006. (jason.franca@bol.com.br)
- ALBUQUERQUE, P.E.P. Coeficientes de cultivo das principais culturas anuais. In: Revista Item (irrigação e tecnologia moderna) nº 52, 4º trimestre. Brasília: ABID 2001. p.49-63.
- ALLEN, R.G.; JENSEN, M.E.; WRIGHT, J.L.; BURMAN, R.D. Operational estimates of reference evapotranspiration. *Agronomy Journal*, 81:650-662, 1989.
- ALLEN, R.G. et al. (Ed.) Lysimeters for evapotranspiration and environmental measurements. New York: American Society of Civil Engineers, 1991. 444p.
- ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998, 300p. (FAO, Irrigation and drainage paper 56).
- ALMEIDA, D.L. de; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R. de L.D. Sistema integrado de produção agroecológico: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 39p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos 169).
- ALVES, A.G.C.; COGO, N.P.; LEVIEN, R. relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. *Revista brasileira de ciência do solo*, Viçosa, v.19, n.1, p.127-132, 1995.
- ANDRADE, C.L.T.; COELHO, E.F.; COUTO, L.; SILVA, E.L. Parâmetros de solo-água para engenharia de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998. Poços de Caldas. Simpósio Manejo de Irrigação. Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.1-45.
- ANTONY, E.; SINGANDHUPE, R.B. Impact of drip and surface irrigation on growth, yield and WUE of capsicum (*Capsicum annum* L.). *Agricultural Water Management* 65, p. 121-132. 2004.
- BERLATO, M. A.; MOLION, L. C. B. Evaporação e evapotranspiração. Porto Alegre: IPAGRO, 1981. 95p. (IPAGRO. Boletim Técnico, 7).
- BERNARDO, SALASSIER. Manual de Irrigação. 6ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária. p.593-613, 1995.
- BERTONHA, A. Funções de resposta da laranja pêra a irrigação complementar e nitrogênio. Piracicaba, 1997. 113p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- BEZERRA, F.M.L.; MESQUITA, T.B. de. Evapotranspiração máxima e coeficientes da cultura do pimentão cultivado em lisímetros de drenagem. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.18, suplemento/junho, p. 600-601, 2000.
- BLANEY, H. F.; CRIDDLE, W. D. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. Washington: USDA, 1950. 48p.

- BRADY, NYLE C. Natureza e propriedade dos solos. 7. ed., Freitas Bastos: Rio de Janeiro, 1989. p.56-62.
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo com palha de trigo e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. Revista brasileira de ciência do solo, Viçosa, v.14, n.3, p.369-374, 1990.
- BRIGGS, G.E.; KID, F.; WEST, C. A quantitative analysis of plant growth. Part I. Annals of Applied Biology, v.7, p.103-123, 1920.
- BRUTSAERT, W. Evaporation into the atmosphere: theory, history and applications. Dordrecht: Kluwer Academic, 1982. 299p. (Environmental Fluid Mechanics, 1).
- BROWN, LESTER. Um deserto cheio de gente. In: A disputa pelo ouro azul, cadernos Lmonde Diplomatique. Editora Anita Garibaldi, 2003.
- BURMAN, R. D.; NIXON, P. R. ; WRIGTH, J. L. ; PRUIT, W. O. Water requirements. In: JENSEN, M.E. (ed.) Design and climatic data. Michigan, ASAE, Monograph No. 3, p.189-225. 1983.
- CAMARGO, A.P. Balanço hídrico no Estado de São Paulo. Campinas, IAC, 1971. 28p. (Boletim técnico, 116).
- CAMPECHE, L. F. S. M. Estimativa da resistência de dosel (rc) da grama com uso da termometria ao infravermelho. Piracicaba, 1997. 52p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CAMPECHE, L.F.S.M. Construção, calibração e análise de funcionamento de lisímetros de pesagem para determinação da cultura da lima ácida "Tahiti" (Citrus Latifolia Tan.). Piracicaba, SP, 2002. 67p. Tese (Doutorado) - Escola Superior "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CARTER, I.; JOHNSON, C. Influence of different types of mulch on eggplant production. Hortscience, v.23, n.1, p.36, 143-145, 1990.
- CHANG, J. Climate and Agriculture: an ecological survey. Aldine, Chicago, 1968.
- CREAGUR, R.A.; KATCHUR, D. An evaluation on plastic and fibrous materials as mulches for total control vegetation. Hortscience, v.10, n.1, p.482, 1975.
- CRUZ, F.A. Instalação e calibração de lisímetros de pesagem, e determinação da Eto para a região de Seropédica-RJ. Seropédica-RJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2004. 52p. (Tese de mestrado).
- DALMAGO, G.A. et al. Evapotranspiração máxima e coeficiente da cultura do pimentão em estufa plástica. Santa Maria: Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.11, n.1, p.33-41, 2003.
- DELATE, K.; FRIEDRICH, H.; LAWSON, V. Organic Pepper Production Systems Using Compost and Cover Crops. Iowa: Biological Agriculture and Horticulture, Vol. 21, p. 131-150. 2003.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. Trad. de H.R. Gheyi, A.A. de Sousa, F.A.V. Damasceno e J.F. de Medeiros. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 33).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, J.O. Guidelines for predicting crop water requirements. Rome, FAO, 1977. 179p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 24).
- EMATER-RIO. Acompanhamento de Safra Agrícola. Niterói: EMATER-RIO. ASPA, 2004.

- ERTEK, A.; SENSOY, S.; GEDIK, I. Irrigation scheduling based on pan evaporation values for cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown under field conditions. Elsevier Science Agricultural Water Management. 14p.2005.
- FARIA, R.T.; COSTA, A.C. Tensiômetro: construção, instalação e utilização; um aparelho simples para se determinar quando irrigar. Londrina: IAPAR, 1987. 24p. Il. (IAPAR, circular, 56)
- FARIA, M.A. Monitoramento para manejo da irrigação: instrumentação, automação e métodos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998. Poços de Caldas. Simpósio Manejo de Irrigação. Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.133-238.
- FERNANDES, A.L.T. Monitoramento da cultura do crisântemo em estufa através do uso de lisímetro e estação agrometeorológica automatizados. Piracicaba, 1996. 96p. Dissertação (M.S.) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- FIALHO, J.F.; BORGES, N.F.; BARROS, N.F. Cobertura vegetal e as características químicas e físicas e atividades da microbiótica de um latossolo vermelho-amarelo distrófico. Revista brasileira de ciência do solo, Viçosa, v.15, n.1, p.21-28, 1991.
- FILGUEIRA, F.A.R. Novo manual de olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV, p.235-9, 2000.
- FOLEGATTI, M.V.; SCATOLINI, M.E.; PAZ, V.P.S. et al. Efeitos da cobertura plástica sobre os elementos meteorológicos e evapotranspiração da cultura do crisântemo em estufa. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v.5, n.2, p.155-163, 1997.
- FREITAS, E. R. Conceituação. In. Curso de Agricultura Ecológica, CTAO. São Paulo, 1999. 79p.
- GOTTO, R.; TIVELLI, S.W. Produção de hortaliças. São Paulo: UNESP, p.225-256.1998.
- GREGORY, F.G. The effect of climatic conditions on the growth of barley. Annals of Botany, v.40, p.1-26, 1926.
- HARGREAVES, G. H. Water requirements manual for irrigated crop, and rainfed agriculture. Logan: Utah State University, 1977. 41p.
- HATFIELD, J. L. Research priorities in ET: evolving methods. Transactions of the ASAE, v.31, n.2, p. 491-5, 1988.
- HOWELL, T.A.; SCHNEIDER, A.D.; JENSEN, M.E. History of lysimeter design and use for evapotranspiration. Lysimeter for evapotranspiration and environment measurements. New York: ASCE, 1991. p.1-19.
- HUGHES, A.P.; FREEMAN, P.R. Growth analysis using frequent small harvests. Journal of Applied Ecology, v.4, p.553-560, 1967.
- JENSEN, M. E., ed. Design and operation of farm irrigation system. St. Joseph: ASAE, 1983. cap. 6, p. 189-232
- JENSEN, M.E. Consumptive of water and irrigation water requirements. New York: ASCE, 1973. 215p.
- JENSEN, M. E.; HAISE, H. R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, v. 89, p. 15-41, 1963.
- JENSEN, M.E.; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. Evapotranspiration and irrigation water requirements. New York: ASCE, 1990. 332p.

- KVĚT, J.; ONDOCK, J.P.; NEČAS, J.; JARVIS, P.G. Methods of growth analysis. In: ŠESTÁK, Z.; ČATSKÝ, J.; JAVIS, P.G. (Ed.). Plant photosynthetic production: Manual of methods. The Hague: 1971. p.341-391.
- LEMON, E. R.; GLASER, A. H.; SATTERWHITE, L. E. Some aspects of the relationship of soil, plant and meteorological factors to evapotranspiration. Soil Science Society of American Proceedings. v.21, n.5, p. 464-8, 1957.
- LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. In: Advances in soil science. California: Springer-Verlag New York, v.1.p.277-293,1985.
- LOPES, S.J.; NETO, D.D.; MANFRON, P.A; MEDEIROS,L.P.;BRUM, B.; COUTO,M.R.M. Ajuste de modelos para descrever a fitomassa seca da parte aérea na cultura do milho em função de graus-dia. Santa Maria:Revista Brasileira Agrometeorologia, v.13,n.1,p.73-80,2005.
- MACHADO, E.C.; PEREIRA, A.R.; FAHL,J.I.; ARRUDA,H.V.; SILVA,W.J. & TEIXEIRA, J.P.F. Análise de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades de plantio, através de funções matemáticas ajustadas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 17: 825-833, 1982.
- MANTOVANI, E.C. Desarrollo y evaluación de modelos para el manejo del riego: estimación de la evapotranspiración y efectos de la uniformidad de aplicación del riego sobre la producción de los cultivos. Córdoba, 1993. 184p. Tese (Doutorado). E.T.S.A.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. e; SILVA, H.R. da. Manejo da irrigação em hortaliças. 5.ed. Brasília : EMBRAPA, SPI, 1996. 72p.
- MARSH, A. Irrigation. In: Water Reuther, The Citrus Industry. University of California. v.3, p.230-279. 1968.
- MELLO, J.L.P. Análise de sensibilidade dos componentes da equação de Penman-Monteith-FAO. Viçosa, MG, 1998. 79p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
- MIRANDA, J.H. ; GONÇALVES, A.C.A.; CARVALHO, D.F. Água e solo. In: In: MIRANDA, J.H., PIRES, R.C.M. Irrigação. Piracicaba: FUNEP, v.1, p.1-62.2001.
- MIRANDA, F.R.; GONDIM, R.S.; COSTA, C.A.G. Evapotranspiration and crop coefficients for tabasco pepper (*Capsicum frutescens* L.). Elsevier Science Agricultural Water Management. 10p.2005.
- MONTEITH, J.L. Principles of environmental physics. London, Edward Arnold, 241p., 1973.
- MEDEIROS, A.T. Estimativa da evapotranspiração de referência partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraibapa, CE. Piracicaba, SP, 2002. 103p. Tese (Doutorado) - Escola Superior “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo
- MONTEITH, J. L. Evaporation and environment. In: Symposium of the Society for Experimental Biology, London, 19. ,Swansea, 1964. Cambridge: Cambridge University Press, 1965. p. 205-34.
- MONTEITH, J. L. Evaporation from land surfaces: progress in analysis and prediction since 1948. In: National Conference on Advances in Evapotranspiration, Chicago, 1985. Proceedings. St. Joseph: ASAE, 1985. p. 4-12.
- MOURA NETO, E.L.Efeito da cobertura morta sobre a produção de quatro cultivares de coentro no município de Mossoró – RN.p.27,1993. (monografia de graduação).

- MÜLLER, A. G.; BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J. I.; RADIN, B.; FRANÇA, S.; SILVA, M.I.G. estimativa do índice de área foliar do milho a partir da soma de graus-dia. Santa Maria: Revista Brasileira Agrometeorologia, v.13, n.1, p.65-71, 2005.
- NETO, D.D.; NIELSEN, D.R.; HOPMAS, J.W.; REICHARDT, K.; BACHHI, O.O.S.; LOPES, P.P. Soil Water Retention Curve (SWRC). Versão 3,0. Piracicaba, SP. 2001.
- NETO, D.D.; SPAROVEK, G.; FIGUEIREDO, L.G.M.J.; FANCELLI, A. L.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P. Modelo para estimação da produtividade de grãos de milho deplecionada com base no balanço hídrico no solo. Santa Maria: Revista Brasileira Agrometeorologia, v.12, n.2, p.359-367, 2004.
- NEVES, M.C.P.; ALMEIDA, D.L.; DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R.L.D.; Agricultura orgânica – uma estratégia para o desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. Seropédica: EDUR, 98p.:il. 2004.
- NOBEL, P.S.; ZARAGOZA, L.J.; SMITH, W.K. Relation between mesophyll surface area, photosynthetic rate and illumination during development of leaves of *Plectranthus parviflorus* Henckel. *Plant Physiology*, v.55, p.1067-1070, 1975.
- OLIVEIRA, F.L. de; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. RIBEIRO, R. de L.D. Efeito do pré-cultivo de crotalária juncea e de doses crescentes de “cama” de aviário na produtividade do repolho em sistema orgânico. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8., SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6., REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria-RS. Biodinâmica do solo. Santa Maria: SBCS/SBM, 2002. FERTIBIO2000.
- PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D. Influência da densidade de plantio de cafeeiros sobre a fertilidade do solo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFÉ ADENSADO. Anais. Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas. Londrina. 1994.
- PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proceedings Royal Society of London. Serie A*, v. 193, p. 120-45, 1948.
- PENMAN, H. L. Evaporation: Introduction survey. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. v.4, n. 1, p.9- 29, 1956.
- PENTEADO, S. R. Introdução à Agricultura Orgânica: Normas e Técnicas de Cultivo. Editora Grafimagem. Campinas, 2000. 110p.
- PEREIRA, A. R. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Física e Meteorologia, 1992. 51p.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba, SP: FEALQ, 1997. 183 p.
- PEREIRA, A.R. et al. Substantion of the daily FAO-56 reference evapotranspiration with data from automatic and convencional weather stations. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, RS, v.10, n.2, p.251-257, 2002.
- PEREIRA, A. R.; MACHADO, E. C. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas, SP: Instituto Agrônomo. 1987. 33p. (IAC Boletim técnico nº 114).
- PEREIRA, C. R. Análise do Crescimento e Desenvolvimento da Cultura da Soja sob diferentes condições ambientais. Viçosa : UFV, 2002. 282p. : il.
- PIMENTEL, C. Metabolismos do carbono na agricultura tropical. Seropédica: EDUR, 1998. p 110-113.

- PIRES, R.C.M., SAKAI, E., ARRUDA, F.B., FOLEGATTI, M.V. Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação. In: MIRANDA, J.H., PIRES, R.C.M. Irrigação. Piracicaba: FUNEP, v.1, p.121-194, 2001.
- PRELA, A., RIBEIRO, A. M. A Determinação de graus-dia acumulados e sua aplicação no planejamento do cultivo de feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) para Londrina-PR. Santa Maria: Revista Brasileira Agrometeorologia, v.10, n.1, p.83-86, 2002.
- PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review.*, v. 100, p. 81-2, 1972.
- PRIMAVESI, ANA. Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel. p.383-390. 2002.
- PRUITT, W.O.; ANGUS, D.E. Large weighing lysimeter for measuring evapotranspiration. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v.3, n.2., p.13-15, 1960.
- PRUITT, W.O.; LAURENCE, F.J.; VON OETTINGEM, S. Water use by crops as affected by climate and plant factors. *California Agriculture*, Berkeley, v.26, p.10-14, 1972.
- QUEIROGA, R.C.F.; NOGUEIRA, I.C.C.; BEZERRA NETO, F., MOURA, A.R.B.; PEDROS, J.F.; Utilização de diferentes materiais com cobertura morta do solo no cultivo de pimentão. *Horticultura brasileira*, Brasília, v.20, n.3, p.416-18, 2002.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae. Their use and abuse. *Crop Science*, v.7, p.171-175, 1967.
- REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. Campinas. Fundação Cargill. 1985. 486p.
- REICHARDT, KLAUS. A água em sistemas agrícolas. São Paulo: Manole, 1990. p.27-37.
- REICHARDT, K.; TIMM L.C.; Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, processos e aplicações. Barueri : Manole, p.323-340, 2004.
- RIBEIRO, J.J.I. Análises estatísticas no Saeg. Viçosa: UFV, 301p, 2001.
- RICHARDS, F.J. A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany*, v.10, p.290-300, 1959
- RITCHIE, J.T.; BURNET, E. A precision weighing lysimeter for row crop use studies. *Agronomy Journal*, Madison, v.60, p.545-549, 1968.
- SEDIYAMA, G.C. Estimativa da evapotranspiração: histórico, evolução e análise crítica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, RS, v.4, n.1, p.i-xii, 1996.
- SEDIYAMA, G.C.; RIBEIRO, A.; LEAL, B.G. Relações clima-água-planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, 1998. Poços de Caldas. Simpósio Manejo de Irrigação. Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1998. p.46-85.
- SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia aplicada à irrigação. In: MIRANDA, J.H., PIRES, R.C.M. Irrigação. Piracicaba: FUNEP, v.1, p.63-120, 2001.
- SENTELHAS, P.C. Class A pan coefficients (Kp) to estimate daily reference evapotranspiration (ET_o). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v.7, n.1, p.111-115, 2003.

- SILVA, F.C.; FOLEGATTI, M.V.; MAGGIOTTO, S.R. Análise do funcionamento de um lisímetro de pesagem com célula de carga. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.7, n.1, p.53-58, 1999.
- SILVA, V.V.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.RIBEIRO, R. de L.D. Produção de brócolis (*Brassica oleraceae* var. itálica), em sistema orgânico, cultivado sobre palha de vegetação espontânea, leguminosa e gramínea. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., REUNIÃO BRASILEIRA DE MICROBIOLOGIA DO SOLO,6.,REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO,3.,2000, Santa Maria-RS. Biodinâmica do solo. Santa Maria:SBCS/SBM,2002.FERTIBIO2000.
- SILVA, F.C.; FOLEGATTI, M.V.; PEREIRA, A.R.; VILA NOVA, N.A. Uso de dispositivos lisimétricos para medida da evapotranspiração de referência. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.7, n.1, p.19-23, 1999.
- SOUZA, M. J. H.; RAMOS, M.R.; SIQUEIRA, D.L.; COSTA, L.C.; LHAMAS, A.J.M.; MANTOVANI, E.C.; CECON, P.R.; SALOMÃO, L.C.C. Graus-dia e duração do subperíodo antese-colheita da lima ácida 'Tahiti' em condições de sequeiro e irrigada. *Revista brasileira de agrometeorologia*. v.13,n.1,p.35-43,2005.
- STUFF, R.G.; HODGES, H.F.; DALE, R.F. NYQUIST, W.E.; NELSON, W.L. & SCHEERINGA, K.L. Measurement of short-period corn growth. W. Lafayette, ind, Purdue University Agricultural Experiment Station, 1979. 20p. (Bulletin, 961).
- TAZZO, I.F.; HELDWEIN, A.B.; STEECK, N.A.; GRIMM, E.L.; MAASS, G.F.; PIVETTA, C.R. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura para o pimentão cultivado em estufa plástica na primavera. Santa Maria: *Revista brasileira de agrometeorologia*. v.13n.2,p.275-281,2004.
- TEIXEIRA, C.F.A.; MORAES, S.O.; SIMONETE, M.A. Sensibilidade do tensiômetro, TDR e sonda de nêutrons na determinação da umidade do solo. Piracicaba: ESALQ. Artigo a ser publicado em 2006. a2mas@cav.udesc.br
- THORNTWAITE, G.W. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Rev.*, New York, v.38, n.1, p.55-94. 1948.
- TIVELLI, S.W. A cultura do pimentão. In: GOTTO, R.; TIVELLI, S.W. *Produção de hortaliças*. São Paulo: UNESP, p.225-256.1998.
- TRINTINALHA, M.A. Avaliação da técnica de reflectometria no domínio do tempo (TDR) na determinação de umidade em Nitossolo Vermelho Eutrófico. Universidade Estadual de Maringá, 2000, 52 p. (Dissertação de Mestrado).
- VERNON, A.J.; ALLISON, J.C.S. A method of calculating net assimilation rate. *Nature*, v.200, p.814, 1963.
- VILLA NOVA, N.A. & SENTELHAS, P.C. Evapopluviômetro: novo sistema de medida da evaporação do tanque Classe A. In: ANAIS do XI Congresso de Agrometeorologia - II Reunião Latino Americana de Agrometeorologia. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia,1999.v.1.p.2496-2502.
- VILLA NOVA, N. A.; REICHARDT, K. Evaporação e evapotranspiração. In: RAMOS, F.; OCCHIPINTI, A.G.; VILLA NOVA, N.A.; REICHARDT, K.; MAGALHÃES, P.C.; CLEARY, R.W. *Engenharia hidrológica*, Rio de Janeiro, ABRH, 1989. Cap. 3, p. 145-97. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 2).

- VILLA NOVA, N.A. A. et al. Estimativa de graus dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1972. 8p. (Caderno de ciência da terra, n.30).
- WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops I. Variation in net assimilation rate and leaf area. *Annals of Botany*, v.11, p.41-76, 1947
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. *Advances in Agronomy*, v.4, p.101-145, 1952.
- WATSON, D.J. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. *Annals of Botany*, v.22, p.37-54, 1958.

ANEXOS

Anexo 1

Tabela 1 – Análise de variância da regressão relação linear IAF e WS no plantio convencional:

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Probab.
Devido a regressão	1	12.25240	12.25240	356.51	0.0000
Independente	40	1.374718	0.3436796E-01		

Tabela 2 - Parâmetros da regressão linear IAF e WS no plantio convencional:

Nome	Coefficientes	Desvios	T	Betas	Probab.
Constante	0.956879E-01				
Ws	0.259930E-02	0.137665E-03	0.188814E+02	0.948219E+00	0.0000
R2	0.899119E+00				
R2	0.896597E+00				

Tabela 3 – Análise de variância da regressão relação linear IAF e WS no plantio direto

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Probab.
Devido a regressão	1	14.14431	14.14431	255.82	0.0000
Independente	40	2.211560	0.5528900E-01		

Tabela 4 – Parâmetros da regressão linear IAF e WS no plantio direto:

Nome	Coefficientes	Desvios	T	Betas	Probab.
Constante	0.163248E+00				
Ws	0.227588E-02	0.142291E-03	0.159945E+02	0.929938E+00	0.0000
R2	0.864785E+00				
R2	0.861405E+00				

Anexo 2

Tabela 1 - Resultados da análise de solo, após a cultura

Amostra	pH água	Cmol _c .dm ⁻³				mg.dm ⁻³	
		Al	Ca + Mg	Ca	Mg	P	K
PC – 10	7,1	0,0	5,0	3,2	1,8	190	145
PC – 20	7,1	0,0	3,7	2,5	1,2	118	155
PD – 10	7,4	0,0	4,8	3,7	1,1	261	195
PD – 20	7,1	0,0	4,2	2,9	1,3	180	145

PC – 10 e PC – 20 Plantio convencional a 10 e 20 cm de profundidade.

PD – 10 e PD – 20 Plantio direto a 10 e 20 cm de profundidade.

Anexo 3

Tabela 1 – Análise dos parâmetros da regressão do modelo para calibração do TDR para a profundidade de 0 a 20 cm

Nome	Coeficientes	Desvios	T	Betas	Probab.
Constante	-0.302466E-01				
Ka	0.127603E-01	0.102916E-02	0.123988E+02	0.946142E+00	0.0000
R2	0.895185E+00				
R2 ajustado	0.889362E+00				

Tabela 2 – Análise de variância da regressão para ajuste de modelo de calibração do TDR para a profundidade de 0 a 20 cm.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Probab.
Devido a regressão	1	0.2941726E-01	0.2941726E-01	153.73	0.0000
Independente	18	0.3444407E-02	0.1913559E-03		

Tabela 3 – Análise dos parâmetros da regressão do modelo para calibração do TDR para a profundidade de 20 a 30 cm:

Nome	Coeficientes	Desvios	T	Betas	Probab.
Constante	-0.511432E-01				
Ka	0.1605823E-01	0.151431E-02	0.10604E+02	0.982675E+00	0.0002
R2	0.96565E+00				
R2 ajustado	0.957063E+00				

Tabela 4 – Análise de variância da regressão para ajuste de modelo de calibração do TDR para a profundidade de 20 a 30 cm.

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Probab.
Devido à regressão	1	0.1357625E-02	0.1357625E-02	112.45	0.0004
Independente	4	0.4829240E-04	0.1207310E-04		

Tabela 5 – Análise dos parâmetros da regressão do modelo para calibração do TDR para a profundidade de 30 a 40 cm:

Nome	Coeficientes	Desvios	T	Betas	Probab.
Constante	-0.2200076E-01				
Ka	0.119986E-01	0.192444E-02	0.623486E+01	0.910674E+00	0.0001
R2	0.829328E+00				
R2 ajustado	0.807994E+00				

Tabela 6 – Análise de variância da regressão para ajuste de modelo de calibração do TDR para a profundidade de 30 a 40 cm:

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Probab.
Devido à regressão	1	0.437447E-02	0.4374470E-02	38.87	0.0002
Independente	8	0.9002468E-03	0.1125308E-03		

Tabela 7 – Análise dos parâmetros da regressão do modelo para calibração do TDR para a profundidade de 40 a 50 cm:

Nome	Coefficientes	Desvios	T	Betas	Probab.
Constante	-0.638112E-01				
Ka	0.423409E-02	0.663032E-03	0.638595E+01	0.905100E+00	0.0001
R2	0.819206E+00				
R2 ajustado	0.799118E+00				

Tabela 8 – Análise de variância da regressão para ajuste de modelo de calibração do TDR para a profundidade de 40 a 50 cm

Fontes de variação	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	Probab.
Devido à regressão	1	0.8929054E-03	0.8929054E-03	40.78	0.0001
Independente	9	0.1970591E-03	0.2189545E-04		

Anexo 4

Tabela 1 - Valores de umidade volumétrica ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) obtidas pelo TDR, durante o ciclo da cultura nos sistemas de plantio convencional e direto.

Data	Plantio convencional					Plantio direto				
	Profundidade – cm					Profundidade - cm				
	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
31/mai	0,12	0,24	0,32	0,23	0,18	0,18	0,22	0,25	0,21	0,20
01/jun	0,11	0,22	0,30	0,23	0,18	0,16	0,21	0,23	0,21	0,20
02/jun	0,12	0,22	0,31	0,23	0,18	0,16	0,21	0,24	0,21	0,20
03/jun	0,17	0,23	0,31	0,24	0,18	0,23	0,23	0,24	0,21	0,20
04/jun	0,16	0,22	0,31	0,23	0,18	0,21	0,23	0,24	0,21	0,20
05/jun	0,15	0,22	0,30	0,23	0,18	0,20	0,21	0,24	0,20	0,20
06/jun	0,14	0,22	0,30	0,23	0,17	0,19	0,21	0,24	0,21	0,20
07/jun	0,14	0,22	0,29	0,17	0,17	0,18	0,21	0,24	0,20	0,20
08/jun	0,16	0,22	0,30	0,22	0,17	0,21	0,22	0,24	0,21	0,20
09/jun	0,19	0,23	0,29	0,17	0,18	0,30	0,22	0,25	0,20	0,20
10/jun	0,18	0,23	0,30	0,34	0,17	0,23	0,23	0,24	0,21	0,20
11/jun	0,17	0,22	0,30	0,34	0,17	0,20	0,21	0,24	0,20	0,20
12/jun	0,20	0,23	0,30	0,21	0,17	0,22	0,22	0,23	0,20	0,20
13/jun	0,19	0,23	0,30	0,34	0,17	0,19	0,22	0,24	0,20	0,20
14/jun	0,17	0,23	0,30	0,34	0,17	0,17	0,21	0,24	0,21	0,20
15/jun	0,23	0,23	0,29	0,19	0,17	0,20	0,21	0,23	0,20	0,20
16/jun	0,20	0,22	0,30	0,24	0,17	0,17	0,22	0,23	0,20	0,20
18/jun	0,17	0,23	0,30	0,35	0,17	0,20	0,23	0,26	0,21	0,20
20/jun	0,22	0,24	0,32	0,35	0,18	0,21	0,22	0,24	0,21	0,20
23/jun	0,26	0,28	0,35	0,19	0,19	0,28	0,26	0,29	0,23	0,21
24/jun	0,23	0,25	0,34	0,20	0,18	0,23	0,24	0,27	0,22	0,20
25/jun	0,23	0,25	0,33	0,23	0,18	0,20	0,23	0,27	0,22	0,20
28/jun	0,21	0,22	0,29	0,18	0,17	0,17	0,22	0,25	0,21	0,20
29/jun	0,20	0,19	0,28	0,18	0,16	0,19	0,22	0,25	0,21	0,20
30/jun	0,18	0,19	0,26	0,18	0,16	0,19	0,22	0,24	0,21	0,20
01/jul	0,22	0,23	0,28	0,20	0,16	0,19	0,22	0,24	0,21	0,20
02/jul	0,22	0,22	0,27	0,19	0,16					
04/jul	0,19	0,23	0,28	0,19	0,16	0,22	0,24	0,27	0,22	0,20
05/jul	0,20	0,20	0,27	0,19	0,16	0,21	0,23	0,26	0,22	0,20
12/jul	0,21	0,28	0,29	0,24	0,16	0,24	0,24	0,28	0,22	0,20
13/jul	0,18	0,24	0,31	0,21	0,17	0,24	0,24	0,25	0,22	0,20
14/jul	0,17	0,18	0,31	0,20	0,17	0,21	0,23	0,25	0,21	0,20
15/jul	0,18	0,16	0,28	0,19	0,16	0,21	0,23	0,25	0,22	0,20
16/jul	0,16	0,17	0,27	0,18	0,19	0,19	0,23	0,25	0,22	0,20
17/jul	0,15	0,17	0,27	0,18	0,16	0,18	0,22	0,24	0,21	0,20
18/jul	0,16	0,20	0,26	0,18	0,16	0,17	0,21	0,24	0,21	0,19
21/jul	0,25	0,29	0,31	0,20	0,17	0,32	0,26	0,29	0,22	0,20
22/jul	0,22	0,22	0,29	0,19	0,17	0,28	0,24	0,28	0,22	0,20
23/jul	0,18	0,17	0,28	0,19	0,16	0,24	0,23	0,27	0,22	0,20
24/jul	0,20	0,19	0,28	0,19	0,17	0,21	0,22	0,26	0,22	0,20

25/jul	0,19	0,29	0,28	0,18	0,16	0,21	0,23	0,24	0,21	0,20
26/jul	0,19	0,29	0,27	0,15	0,16	0,19	0,23	0,24	0,21	0,19
27/jul	0,20	0,30	0,27	0,18	0,16	0,23	0,22	0,24	0,21	0,20
28/jul	0,18	0,28	0,27	0,18	0,16	0,20	0,21	0,26	0,21	0,20
29/jul	0,21	0,29	0,26	0,18	0,16	0,19	0,21	0,24	0,21	0,20
30/jul	0,18	0,29	0,26	0,18	0,16	0,19	0,21	0,23	0,21	0,19
31/jul	0,17	0,27	0,26	0,13	0,16	0,18	0,20	0,24	0,20	0,19
01/ago	0,17	0,27	0,25	0,18	0,16	0,27	0,21	0,25	0,21	0,20
02/ago	0,16	0,26	0,25	0,18	0,16	0,25	0,21	0,24	0,21	0,21
03/ago	0,15	0,25	0,24	0,17	0,17	0,20	0,20	0,24	0,20	0,19
04/ago	0,15	0,24	0,23	0,19	0,16	0,19	0,20	0,25	0,21	0,19
05/ago	0,17	0,24	0,23	0,17	0,16	0,22	0,20	0,23	0,20	0,19
06/ago	0,17	0,24	0,23	0,17	0,16	0,20	0,19	0,24	0,20	0,19
07/ago	0,16	0,23	0,23	0,17	0,16	0,21	0,19	0,24	0,21	0,19
08/ago	0,17	0,24	0,23	0,17	0,16	0,21	0,19	0,24	0,21	0,19
09/ago	0,15	0,23	0,23	0,17	0,16	0,26	0,20	0,25	0,21	0,20
10/ago	0,20	0,22	0,23	0,17	0,16					
12/ago	0,17	0,21	0,23	0,17	0,16	0,22	0,20	0,23	0,20	0,19
14/ago	0,18	0,20	0,22	0,17	0,16	0,21	0,20	0,24	0,20	0,19
15/ago	0,20	0,20	0,22	0,17	0,16	0,21	0,20	0,24	0,21	0,19
16/ago	0,17	0,20	0,22	0,17	0,16	0,20	0,20	0,27	0,20	0,19
18/ago	0,20	0,20	0,21	0,16	0,16	0,23	0,20	0,24	0,21	0,19
21/ago	0,15	0,19	0,30	0,16	0,16	0,18	0,20	0,24	0,21	0,19
22/ago	0,15	0,18	0,21	0,15	0,16	0,18	0,19	0,22	0,20	0,19
23/ago	0,17	0,19	0,21	0,16	0,16	0,19	0,19	0,23	0,20	0,19
24/ago	0,15	0,18	0,21	0,15	0,16	0,18	0,19	0,23	0,20	0,19
25/ago	0,17	0,18	0,20	0,15	0,16	0,18	0,19	0,22	0,19	0,19
26/ago	0,17	0,18	0,20	0,15	0,16	0,19	0,20	0,22	0,19	0,19
29/ago	0,14	0,17	0,20	0,14	0,15	0,13	0,17	0,21	0,19	0,19
30/ago	0,15	0,17	0,19	0,14	0,15	0,16	0,17	0,21	0,20	0,19
31/ago	0,14	0,17	0,19	0,14	0,15	0,14	0,16	0,21	0,20	0,19
01/set	0,19	0,18	0,19	0,14	0,15	0,20	0,17	0,21	0,19	0,19
02/set	0,19	0,17	0,18	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,20	0,19
03/set	0,22	0,17	0,19	0,14	0,15	0,20	0,18	0,20	0,19	0,19
04/set	0,19	0,17	0,20	0,14	0,15	0,18	0,18	0,20	0,20	0,19
05/set	0,17	0,19	0,19	0,14	0,15	0,16	0,17	0,20	0,20	0,19
10/set	0,17	0,17	0,20	0,14	0,15	0,16	0,17	0,21	0,20	0,19
11/set	0,16	0,18	0,33	0,14	0,15	0,18	0,17	0,20	0,20	0,19
12/set	0,15	0,17	0,19	0,14	0,15	0,17	0,17	0,20	0,20	0,19
15/set	0,21	0,17	0,20	0,13	0,15	0,19	0,16	0,19	0,19	0,19
16/set	0,16	0,17	0,19	0,13	0,15	0,14	0,16	0,18	0,19	0,19
17/set	0,17	0,17	0,18	0,13	0,15	0,14	0,16	0,18	0,19	0,20
18/set	0,20	0,17	0,19	0,13	0,15	0,17	0,17	0,21	0,18	0,18
19/set	0,20	0,17	0,19	0,13	0,15	0,15	0,16	0,18	0,19	0,18
20/set	0,19	0,17	0,18	0,13	0,15	0,24	0,20	0,18	0,18	0,19
21/set	0,18	0,17	0,19	0,13	0,15	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19
22/set	0,19	0,17	0,19	0,13	0,15	0,22	0,20	0,19	0,18	0,18
23/set	0,18	0,17	0,18	0,13	0,15	0,21	0,19	0,19	0,18	0,18
24/set	0,16	0,17	0,19	0,13	0,15	0,19	0,19	0,19	0,18	0,19
25/set	0,14	0,16	0,18	0,14	0,15	0,18	0,20	0,19	0,18	0,18

26/set	0,24	0,20	0,28	0,15	0,15	0,29	0,26	0,31	0,24	0,20
28/set	0,24	0,27	0,29	0,19	0,17	0,28	0,24	0,31	0,23	0,21
29/set	0,22	0,26	0,27	0,19	0,16	0,26	0,23	0,27	0,23	0,20
30/set	0,20	0,25	0,26	0,18	0,16	0,23	0,22	0,25	0,22	0,20
01/out	0,18	0,25	0,27	0,18	0,16	0,23	0,21	0,27	0,23	0,20
02/out	0,16	0,23	0,25	0,17	0,16	0,17	0,21	0,23	0,21	0,20
03/out	0,16	0,23	0,24	0,17	0,16	0,16	0,19	0,23	0,22	0,20
04/out	0,14	0,23	0,24	0,17	0,16	0,15	0,18	0,22	0,22	0,20
05/out	0,14	0,21	0,22	0,16	0,16	0,16	0,16	0,20	0,20	0,19
07/out	0,14	0,20	0,21	0,16	0,16	0,15	0,19	0,20	0,20	0,19
08/out	0,13	0,19	0,21	0,15	0,16	0,15	0,19	0,20	0,20	0,19
09/out	0,17	0,20	0,20	0,14	0,16	0,18	0,20	0,19	0,19	0,17
10/out	0,17	0,22	0,19	0,14	0,16	0,16	0,22	0,20	0,19	0,19
11/out	0,16	0,17	0,19	0,14	0,16	0,16	0,18	0,17	0,19	0,19
13/out	0,15	0,18	0,20	0,14	0,15	0,16	0,16	0,17	0,20	0,19
14/out	0,14	0,17	0,19	0,14	0,15	0,13	0,15	0,17	0,20	0,19
15/out	0,15	0,17	0,19	0,14	0,15	0,19	0,15	0,15	0,19	0,19
16/out	0,14	0,17	0,19	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,20	0,19
17/out	0,16	0,17	0,19	0,14	0,15	0,21	0,18	0,17	0,19	0,19
19/out	0,17	0,17	0,18	0,13	0,15	0,17	0,17	0,17	0,19	0,19
20/out	0,22	0,21	0,19	0,13	0,15	0,23	0,19	0,20	0,20	0,19
21/out	0,18	0,19	0,19	0,14	0,15	0,18	0,18	0,19	0,20	0,19
22/out	0,16	0,17	0,19	0,13	0,15	0,15	0,16	0,18	0,19	0,19
23/out	0,15	0,17	0,19	0,13	0,15	0,15	0,16	0,17	0,20	0,19
24/out	0,22	0,19	0,19	0,13	0,15	0,26	0,21	0,22	0,20	0,19
25/out	0,20	0,19	0,19	0,14	0,15	0,23	0,21	0,22	0,21	0,19
26/out	0,15	0,17	0,19	0,14	0,15	0,15	0,18	0,19	0,21	0,19
27/out	0,14	0,17	0,18	0,13	0,15	0,15	0,18	0,18	0,20	0,19
28/out	0,14	0,17	0,18	0,13	0,15	0,14	0,16	0,18	0,20	0,19
30/out	0,25	0,23	0,29	0,15	0,16	0,30	0,24	0,26	0,23	0,20

Anexo 5

Tabela 1 - Valores ETc efetiva e ETc determinada pelo método gráfico no plantio convencional

DAT	ETc efetiva		ETc gráfico				
	Diária	Acumulada	Diária	dif mm	Acumulada	dif % ac	dif mm ac
34	5,31	5,31	5,32	0,01	5,32	0,25	0,01
37	2,99	8,29	2,65	(0,34)	7,97	-3,96	-0,33
42	4,69	12,99	5,80	1,10	13,76	5,95	0,77
48	17,56	30,55	8,61	(8,95)	22,37	-26,76	-8,17
53	5,71	36,26	4,75	(0,96)	27,12	-25,20	-9,14
56	3,28	39,54	5,60	2,32	32,72	-17,25	-6,82
60	8,43	47,97	7,17	(1,26)	39,89	-16,84	-8,08
63	10,07	58,04	9,24	(0,83)	49,13	-15,36	-8,91
71	6,45	64,49	12,44	5,99	61,57	-4,53	-2,92
74	13,59	78,08	8,91	(4,68)	70,48	-9,74	-7,61
76	6,36	84,44	8,77	2,42	79,25	-6,15	-5,19
81	10,56	95,00	8,12	(2,45)	87,37	-8,04	-7,64
87	11,13	106,13	14,54	3,41	101,90	-3,98	-4,22
90	9,53	115,66	13,12	3,59	115,02	-0,55	-0,63
92	7,28	122,94	8,86	1,58	123,88	0,77	0,94
96	16,20	139,14	15,78	(0,43)	139,66	0,37	0,51
101	11,97	151,11	16,33	4,37	155,99	3,23	4,88
105	14,35	165,46	10,45	(3,90)	166,44	0,59	0,97
111	18,18	183,64	20,08	1,90	186,52	1,56	2,87
115	13,88	197,53	12,12	(1,76)	198,64	0,56	1,11
120	24,10	221,63	20,00	(4,10)	218,64	-1,35	-2,98
122	5,83	227,46	5,46	(0,37)	224,10	-1,48	-3,36
126	9,10	236,56	8,35	(0,75)	232,45	-1,73	-4,10
132	12,39	248,95	11,68	(0,71)	244,13	-1,93	-4,82
137	4,61	253,56	9,43	4,82	253,56	0,00	0,01
149	19,26	272,81	18,65	(0,61)	272,21	-0,22	-0,60
152	5,35	278,17	6,07	0,72	278,28	0,04	0,11
156	3,88	282,05	7,40	3,52	285,68	1,29	3,64
161	11,54	293,59	11,51	(0,03)	297,20	1,23	3,61
164	6,32	299,91	6,32	(0,01)	303,51	1,20	3,60
168	11,35	311,26	11,74	0,39	315,25	1,28	3,99
173	9,55	320,81	9,13	(0,41)	324,39	1,12	3,58
176	6,16	326,97	7,20	1,04	331,59	1,41	4,62
181	9,30	336,26	10,60	1,30	342,19	1,76	5,93
			Desvio ac +	38,48	Max Desvio +		5,93
			Desvio ac -	-32,55	Max Desvio -		-9,14

Tabela 2 – Valores ETc FAO 33 para o plantio convencional

ETc FAO 33				
diária	dif mm	Acumulada	dif % ac	dif mm ac
6,65	1,34	6,65	25,31	1,34
3,31	0,32	9,96	20,05	1,66
7,10	2,41	17,06	31,33	4,07
9,37	(8,18)	26,43	-13,46	-4,11
4,65	(1,06)	31,09	-14,27	-5,17
5,28	2,00	36,37	-8,03	-3,18
6,52	(1,90)	42,89	-10,59	-5,08
8,16	(1,91)	51,05	-12,04	-6,99
10,55	4,09	61,60	-4,49	-2,90
7,36	(6,23)	68,95	-11,69	-9,13
7,16	0,80	76,11	-9,86	-8,33
6,49	(4,07)	82,61	-13,05	-12,40
12,07	0,94	94,67	-10,79	-11,45
11,65	2,12	106,32	-8,07	-9,34
8,11	0,83	114,43	-6,92	-8,51
14,71	(1,50)	129,14	-7,19	-10,00
15,23	3,26	144,37	-4,46	-6,74
9,74	(4,61)	154,11	-6,86	-11,36
18,72	0,54	172,82	-5,89	-10,82
11,30	(2,58)	184,12	-6,79	-13,40
18,65	(5,45)	202,77	-8,51	-18,86
5,13	(0,70)	207,90	-8,60	-19,56
8,01	(1,09)	215,91	-8,73	-20,65
11,58	(0,81)	227,49	-8,62	-21,45
9,52	4,91	237,01	-6,52	-16,54
19,05	(0,21)	256,07	-6,14	-16,75
6,29	0,94	262,35	-5,69	-15,81
7,72	3,84	270,07	-4,24	-11,97
12,10	0,56	282,17	-3,89	-11,41
6,70	0,37	288,87	-3,68	-11,04
12,52	1,17	301,39	-3,17	-9,87
9,84	0,30	311,23	-2,99	-9,58
7,84	1,68	319,07	-2,42	-7,90
11,63	2,33	330,70	-1,66	-5,57
Desvio ac +	34,74	Max Desvio +		4,07
Desvio ac -	-40,31	Max Desvio -		-21,45

Tabela 3 – Valores ETc FAO 24 para o plantio convencional

DAT	ETc FAO 24				
	diária	dif mm	Acumulada	dif % ac	dif mm ac
34	10,14	4,83	10,14	91,10	4,83
37	5,04	2,06	15,19	83,08	6,89
42	10,61	5,91	25,79	98,56	12,80
48	12,15	(5,41)	37,94	24,21	7,40
53	5,10	(0,61)	43,05	18,72	6,79
56	5,39	2,11	48,44	22,50	8,90
60	6,17	(2,25)	54,61	13,85	6,64
63	10,63	0,56	65,24	12,41	7,20
71	14,21	7,76	79,45	23,20	14,96
74	9,15	(4,44)	88,61	13,48	10,52
76	8,57	2,21	97,17	15,08	12,73
81	7,24	(3,32)	104,42	9,91	9,42
87	12,81	1,69	117,23	10,46	11,10
90	11,56	2,03	128,79	11,36	13,14
92	7,81	0,52	136,60	11,11	13,66
96	13,90	(2,30)	150,50	8,17	11,36
101	14,40	2,43	164,90	9,13	13,79
105	9,21	(5,14)	174,11	5,23	8,65
111	17,70	(0,48)	191,80	4,44	8,16
115	10,68	(3,20)	202,49	2,51	4,96
120	17,63	(6,47)	220,12	-0,68	(1,51)
122	4,85	(0,98)	224,97	-1,09	(2,49)
126	7,57	(1,53)	232,54	-1,70	(4,02)
132	10,95	(1,44)	243,49	-2,19	(5,45)
137	9,07	4,46	252,57	-0,39	(0,99)
149	18,90	(0,36)	271,46	-0,50	(1,35)
152	6,50	1,15	277,96	-0,07	(0,20)
156	7,41	3,53	285,37	1,18	3,33
161	9,79	(1,76)	295,16	0,53	1,57
164	5,54	(0,78)	300,70	0,26	0,79
168	10,54	(0,81)	311,24	-0,01	(0,02)
173	8,51	(1,03)	319,75	-0,33	(1,06)
176	6,95	0,79	326,70	-0,08	(0,27)
181	10,51	1,21	337,21	0,28	0,94
	Desvio ac +	43,25	Max Desvio +		14,96
	Desvio ac -	-42,31	Max Desvio -		-5,45

Tabela 4 – Valores ETc CNPH para o plantio convencional

ETc CNPH				
diária	dif mm	Acumulada	dif % ac	dif mm ac
9,14	3,84	9,14	72,31	3,84
5,34	2,35	14,48	74,62	6,19
13,91	9,21	28,39	118,59	15,40
15,93	(1,62)	44,33	45,12	13,78
6,69	0,98	51,02	40,72	14,76
7,07	3,79	58,09	46,92	18,55
8,09	(0,33)	66,19	37,98	18,22
9,45	(0,62)	75,64	30,32	17,60
10,93	4,48	86,57	34,23	22,08
7,04	(6,55)	93,61	19,89	15,53
6,59	0,23	100,20	18,67	15,76
5,57	(4,99)	105,77	11,34	10,77
9,86	(1,27)	115,63	8,95	9,50
8,89	(0,63)	124,52	7,67	8,87
6,01	(1,28)	130,53	6,17	7,59
10,70	(5,51)	141,23	1,50	2,08
12,19	0,22	153,41	1,52	2,30
9,30	(5,06)	162,71	-1,66	(2,75)
17,87	(0,31)	180,58	-1,67	(3,07)
10,79	(3,10)	191,36	-3,12	(6,16)
17,80	(6,30)	209,16	-5,62	(12,46)
4,90	(0,93)	214,06	-5,89	(13,40)
7,65	(1,46)	221,70	-6,28	(14,85)
11,06	(1,33)	232,76	-6,50	(16,19)
9,16	4,55	241,92	-4,59	(11,64)
18,32	(0,94)	260,24	-4,61	(12,57)
5,63	0,28	265,87	-4,42	(12,30)
7,05	3,18	272,92	-3,23	(9,12)
11,29	(0,25)	284,22	-3,19	(9,37)
6,39	0,07	290,61	-3,10	(9,30)
12,16	0,81	302,77	-2,73	(8,49)
9,82	0,28	312,59	-2,56	(8,22)
8,01	1,85	320,61	-1,95	(6,36)
12,12	2,83	332,73	-1,05	(3,53)
Desvio ac +	38.95	Max Desvio +		22.08
Desvio ac -	-42.48	Max Desvio -		-16.19

Tabela 5 – Valores ETc fases para o plantio convencional

DAT	ETc Fases				
	diária	dif mm	Acumulada	dif % ac	dif mm ac
34	8,26	2,95	8,26	55,57	2,95
37	4,71	1,73	12,97	56,36	4,67
42	9,91	5,22	22,88	76,14	9,89
48	11,35	(6,20)	34,23	12,07	3,69
53	4,77	(0,94)	39,00	7,57	2,74
56	5,04	1,75	44,04	11,38	4,50
60	5,77	(2,66)	49,81	3,84	1,84
63	11,81	1,74	61,62	6,17	3,58
71	13,67	7,21	75,29	16,74	10,80
74	8,80	(4,79)	84,09	7,69	6,01
76	8,24	1,88	92,33	9,34	7,89
81	6,97	(3,60)	99,29	4,51	4,29
87	12,32	1,19	111,61	5,17	5,48
90	11,12	1,59	122,73	6,12	7,07
92	7,51	0,22	130,24	5,94	7,30
96	13,37	(2,83)	143,61	3,21	4,46
101	13,84	1,88	157,45	4,19	6,34
105	8,85	(5,50)	166,30	0,51	0,84
111	17,01	(1,16)	183,32	(0,18)	-0,32
115	10,27	(3,61)	193,59	(1,99)	-3,94
120	16,95	(7,15)	210,54	(5,00)	-11,08
122	4,66	(1,17)	215,21	(5,39)	-12,25
126	7,28	(1,82)	222,49	(5,95)	-14,07
132	10,53	(1,86)	233,02	(6,40)	-15,93
137	8,72	4,11	241,74	(4,66)	-11,81
149	18,17	(1,09)	259,91	(4,73)	-12,90
152	6,25	0,90	266,16	(4,31)	-12,00
156	7,84	3,96	274,00	(2,85)	-8,04
161	12,55	1,00	286,55	(2,40)	-7,04
164	7,11	0,78	293,65	(2,09)	-6,26
168	13,51	2,16	307,16	(1,32)	-4,10
173	10,92	1,37	318,08	(0,85)	-2,73
176	8,90	2,74	326,98	0,00	0,02
181	13,47	4,18	340,46	1,25	4,19
	Desvio ac +	48,57	Max Desvio +		10,80
	Desvio ac -	-44,38	Max Desvio -		-15,93

Tabela 6 – Valores ETc IAF para o plantio convencional

diária	dif mm	ETc IAF		
		Acumulada	dif % ac	dif mm ac
9,81	4,50	9,81	84,84	4,50
4,88	1,89	14,69	77,07	6,39
10,26	5,56	24,95	92,05	11,96
11,75	-5,80	36,70	20,14	6,15
4,94	-0,78	41,63	14,83	5,38
5,21	1,93	46,85	18,48	7,31
5,97	-2,46	52,82	10,11	4,85
6,97	-3,10	59,79	3,02	1,75
8,06	1,61	67,85	5,21	3,36
7,04	-6,55	74,89	-4,09	(3,19)
6,59	0,23	81,48	-3,50	(2,96)
5,57	-4,99	87,06	-8,37	(7,95)
9,86	-1,27	96,91	-8,68	(9,22)
8,89	-0,63	105,81	-8,52	(9,85)
6,01	-1,28	111,81	-9,05	(11,13)
10,70	-5,51	122,51	-11,96	(16,64)
12,46	0,49	134,96	-10,69	(16,15)
8,32	-6,03	143,29	-13,40	(22,18)
15,99	-2,19	159,28	-13,27	(24,36)
11,61	-2,28	170,89	-13,49	(26,64)
20,51	-3,59	191,40	-13,64	(30,23)
5,64	-0,19	197,04	-13,37	(30,42)
8,81	-0,29	205,85	-12,98	(30,71)
14,64	2,25	220,49	-11,43	(28,46)
12,13	7,52	232,61	-8,26	(20,94)
25,25	6,00	257,87	-5,48	(14,95)
8,69	3,34	266,56	-4,17	(11,61)
7,62	3,74	274,18	-2,79	(7,87)
10,16	-1,38	284,34	-3,15	(9,25)
5,76	-0,57	290,09	-3,27	(9,82)
10,94	-0,41	301,04	-3,28	(10,22)
8,08	-1,47	309,11	-3,65	(11,69)
6,59	0,43	315,70	-3,45	(11,26)
9,97	0,67	325,67	-3,15	(10,59)
Desvio ac +	40,16	Max Desvio +		11,96
Desvio ac -	-50,75	Max Desvio -		-30,71

Tabela 7 – Valores ETc ciclo de produção no plantio convencional

diária	dif mm	ETc ciclo		
		Acumulada	dif % ac	dif mm ac
7,98	2,67	7,98	50,38	2,67
3,97	0,98	11,95	44,06	3,65
8,35	3,65	20,29	56,24	7,31
9,56	-8,00	29,86	-2,26	(0,69)
4,02	-1,70	33,87	-6,58	(2,39)
4,24	0,96	38,11	-3,61	(1,43)
7,60	-0,83	45,71	-4,70	(2,25)
11,58	1,51	57,29	-1,29	(0,75)
13,39	6,94	70,68	9,60	6,19
8,62	-4,96	79,31	1,57	1,23
8,07	1,72	87,38	3,48	2,94
6,83	-3,74	94,21	-0,84	(0,79)
12,07	0,95	106,28	0,14	0,15
10,89	1,37	117,18	1,32	1,52
7,36	0,07	124,53	1,30	1,59
13,10	-3,10	137,64	-1,08	(1,51)
14,08	2,12	151,72	0,40	0,61
10,54	-3,82	162,26	-1,94	(3,21)
20,25	2,07	182,50	-0,62	(1,14)
12,23	-1,66	194,73	-1,42	(2,80)
20,17	-3,93	214,90	-3,03	(6,73)
5,55	-0,28	220,45	-3,08	(7,01)
8,66	-0,44	229,12	-3,15	(7,44)
12,53	0,14	241,65	-2,93	(7,30)
10,38	5,77	252,03	-0,60	(1,53)
21,62	2,36	273,65	0,31	0,83
4,56	-0,79	278,21	0,02	0,05
5,72	1,84	283,93	0,67	1,89
9,16	-2,38	293,09	-0,17	(0,49)
5,19	-1,14	298,28	-0,54	(1,63)
9,86	-1,49	308,14	-1,00	(3,12)
7,97	-1,58	316,11	-1,46	(4,70)
6,50	0,34	322,61	-1,33	(4,36)
9,83	0,54	332,45	-1,14	(3,82)
Desvio ac +	33,88	Max Desvio +		7,31
Desvio ac -	-39,81	Max Desvio -		-7,44

Anexo 6

Tabela 1 – Valores ETc efetiva e ETc pelo método gráfico no plantio direto

DAT	ETc efetiva		ETc Gráfico				
	Diária	Acumulada	Diária	dif mm	Acumulada	dif % ac	dif mm ac
34	5,84	5,84	5,65	(0,19)	5,65	-3,30	-0,19
37	2,72	8,56	2,81	0,10	8,46	-1,13	-0,10
42	8,55	17,11	6,47	(2,08)	14,93	-12,73	-2,18
44	4,50	21,61	2,96	(1,54)	17,89	-17,20	-3,72
46	4,11	25,71	2,96	(1,15)	20,85	-18,93	-4,87
52	7,83	33,55	5,20	(2,64)	26,04	-22,36	-7,50
58	13,36	46,91	8,76	(4,60)	34,81	-25,80	-12,10
63	6,50	53,41	10,25	3,75	45,06	-15,64	-8,35
71	5,82	59,23	9,09	3,27	54,15	-8,58	-5,08
74	9,63	68,86	6,30	(3,33)	60,45	-12,21	-8,41
76	5,47	74,33	6,11	0,64	66,56	-10,45	-7,77
85	14,65	88,98	13,29	(1,36)	79,85	-10,25	-9,12
87	2,14	91,12	2,45	0,31	82,30	-9,68	-8,82
90	5,50	96,62	9,82	4,31	92,12	-4,66	-4,50
94	8,61	105,23	12,93	4,31	105,05	-0,18	-0,19
96	6,58	111,81	6,47	(0,10)	111,52	-0,26	-0,29
100	7,48	119,29	11,14	3,66	122,66	2,83	3,37
105	12,29	131,58	11,69	(0,60)	134,35	2,11	2,77
111	13,69	145,27	17,87	4,18	152,22	4,78	6,95
116	10,31	155,58	12,60	2,29	164,82	5,94	9,24
122	26,73	182,31	20,88	(5,85)	185,70	1,86	3,39
124	2,29	184,60	2,29	(0,00)	187,99	1,83	3,39
130	13,06	197,66	9,65	(3,41)	197,63	-0,01	-0,03
136	10,86	208,52	14,08	3,22	211,71	1,53	3,19
141	8,55	217,07	8,98	0,43	220,69	1,67	3,62
143	4,50	221,57	4,32	(0,18)	225,01	1,55	3,43
147	5,11	226,69	5,32	0,21	230,33	1,61	3,65
149	1,61	228,30	2,20	0,59	232,53	1,85	4,23
151	3,91	232,20	3,47	(0,43)	236,00	1,64	3,80
156	11,57	243,77	10,59	(0,98)	246,60	1,16	2,83
158	2,81	246,59	4,60	1,79	251,20	1,87	4,61
164	14,20	260,79	14,31	0,11	265,51	1,81	4,72
166	5,91	266,70	6,96	1,05	272,46	2,16	5,77
168	5,81	272,51	5,65	(0,16)	278,12	2,06	5,61
173	9,27	281,78	9,93	0,66	288,05	2,22	6,27
178	9,38	291,16	13,96	4,58	302,01	3,73	10,85
181	5,66	296,82	5,71	0,05	307,72	3,67	10,90
			Desvio ac +	39,50	Max Desvio +		10,90
			Desvio ac -	-28,60	Max Desvio -		-12,10

Tabela 2 – Valores ETc FAO 33 no plantio direto

Etc FAO 33				
Diária	dif mm	Acumulada	dif % ac	dif mm ac
6,65	0,80	6,65	13,77	0,80
3,31	0,59	9,96	16,32	1,40
7,50	(1,05)	17,46	2,05	0,35
3,39	(1,11)	20,85	-3,52	-0,76
3,36	(0,74)	24,21	-5,85	-1,51
5,84	(1,99)	30,05	-10,41	-3,49
9,71	(3,65)	39,76	-15,24	-7,15
11,22	4,72	50,99	-4,54	-2,42
9,85	4,03	60,84	2,71	1,61
6,78	(2,85)	67,62	-1,80	-1,24
6,56	1,09	74,18	-0,20	-0,15
14,17	(0,48)	88,35	-0,71	-0,63
2,60	0,46	90,95	-0,19	-0,17
10,40	4,90	101,35	4,89	4,72
13,66	5,04	115,00	9,28	9,77
6,82	0,25	121,83	8,96	10,02
11,73	4,24	133,55	11,95	14,26
12,25	(0,03)	145,81	10,81	14,23
18,72	5,03	164,52	13,25	19,25
13,20	2,89	177,72	14,23	22,14
21,88	(4,85)	199,60	9,48	17,29
2,40	0,11	202,00	9,42	17,40
10,11	(2,95)	212,10	7,31	14,44
14,75	3,89	226,85	8,79	18,33
9,41	0,86	236,26	8,84	19,19
4,52	0,02	240,78	8,67	19,21
5,57	0,45	246,35	8,67	19,66
2,29	0,68	248,63	8,91	20,33
3,61	(0,30)	252,24	8,63	20,03
10,94	(0,63)	263,17	7,96	19,40
4,73	1,91	267,90	8,64	21,32
14,62	0,42	282,52	8,33	21,73
7,07	1,15	289,58	8,58	22,89
5,72	(0,09)	295,31	8,37	22,80
9,99	0,72	305,30	8,35	23,52
13,93	4,54	319,23	9,64	28,07
5,66	(0,00)	324,88	9,45	28,06
Desvio ac +	46,43	Max Desvio +		28,07
Desvio ac -	-18,37	Max Desvio -		-7,15

Tabela 3 – Valores ETc FAO 24 no plantio direto

Etc FAO 24				
Diária	dif mm	Acumulada	dif % ac	dif mm ac
5,82	-0,03	5,82	-0,45	-0,03
3,02	0,30	8,84	3,23	0,28
6,85	-1,70	15,69	-8,33	-1,42
3,04	-1,46	18,72	-13,35	-2,88
2,99	-1,12	21,71	-15,57	-4,00
5,12	-2,72	26,83	-20,04	-6,72
8,32	-5,04	35,15	-25,08	-11,76
9,46	2,96	44,61	-16,49	-8,81
7,90	2,08	52,51	-11,35	-6,72
5,24	-4,39	57,75	-16,14	-11,11
4,98	-0,49	62,72	-15,61	-11,61
10,30	-4,35	73,02	-17,93	-15,95
1,83	-0,31	74,85	-17,85	-16,26
7,24	1,74	82,10	-15,03	-14,52
9,34	0,72	91,43	-13,11	-13,80
4,59	-1,98	96,03	-14,11	-15,78
7,79	0,30	103,81	-12,98	-15,48
7,95	-4,34	111,76	-15,06	-19,82
12,25	-1,44	124,01	-14,64	-21,26
8,86	-1,45	132,86	-14,60	-22,72
15,09	-11,64	147,95	-18,85	-34,36
1,68	-0,61	149,63	-18,94	-34,97
7,22	-5,84	156,85	-20,65	-40,81
10,81	-0,05	167,66	-19,59	-40,86
7,09	-1,47	174,75	-19,50	-42,33
3,45	-1,05	178,20	-19,58	-43,37
4,34	-0,78	182,53	-19,48	-44,15
1,86	0,25	184,39	-19,23	-43,90
2,98	-0,93	187,37	-19,31	-44,83
9,15	-2,42	196,52	-19,38	-47,25
3,98	1,17	200,50	-18,69	-46,09
12,43	-1,77	212,93	-18,35	-47,86
6,06	0,15	218,99	-17,89	-47,71
4,93	-0,88	223,92	-17,83	-48,59
8,69	-0,58	232,62	-17,45	-49,16
12,28	2,90	244,90	-15,89	-46,26
5,04	-0,62	249,94	-15,80	-46,89
Desvio ac +	12,57	Max Desvio +		0,28
Desvio ac -	-59,46	Max Desvio -		-49,16

Tabela 4 – Valores ETc CNPH no plantio direto

Etc CNPH				
Diária	dif mm	Acumulada	dif % ac	dif mm ac
9,14	3,30	9,14	56,43	3,30
5,34	2,62	14,48	69,19	5,92
13,91	5,36	28,39	65,93	11,28
5,80	1,31	34,20	58,25	12,59
5,51	1,40	39,71	54,41	13,99
8,89	1,06	48,60	44,87	15,05
13,20	-0,16	61,80	31,74	14,89
13,84	7,34	75,64	41,61	22,23
10,93	5,12	86,57	46,16	27,34
7,04	-2,59	93,61	35,95	24,75
6,59	1,12	100,20	34,81	25,87
13,16	-1,49	113,36	27,40	24,38
2,27	0,13	115,63	26,90	24,51
8,89	3,39	124,52	28,88	27,90
11,25	2,64	135,78	29,02	30,54
5,45	-1,13	141,23	26,31	29,42
9,60	2,12	150,83	26,43	31,53
11,88	-0,40	162,71	23,66	31,13
17,87	4,18	180,58	24,30	35,31
12,60	2,29	193,18	24,17	37,60
20,88	-5,85	214,06	17,42	31,75
2,29	0,00	216,34	17,20	31,75
9,65	-3,41	225,99	14,33	28,33
14,08	3,22	240,07	15,13	31,55
8,98	0,43	249,05	14,73	31,98
4,32	-0,18	253,37	14,35	31,79
4,94	-0,18	258,30	13,95	31,62
1,94	0,33	260,24	13,99	31,94
3,09	-0,82	263,33	13,40	31,13
9,59	-1,97	272,92	11,96	29,15
4,23	1,42	277,16	12,40	30,57
13,45	-0,75	290,61	11,44	29,82
6,67	0,76	297,28	11,47	30,59
5,48	-0,33	302,77	11,10	30,26
9,82	0,55	312,59	10,94	30,81
14,21	4,83	326,80	12,24	35,64
5,93	0,27	332,73	12,10	35,91
Desvio ac +	52,33	Max Desvio +		37,60
Desvio ac -	-16,42	Max Desvio -		3,30

Tabela 5 – Valores ETc fases no plantio direto

Diária	dif mm	ETC fases		
		Acumulada	dif % ac	dif mm ac
9,81	3,96	9,81	67,80	3,96
4,88	2,16	14,69	71,57	6,13
10,26	1,71	24,95	45,78	7,83
4,28	(0,22)	29,23	35,25	7,62
4,06	(0,04)	33,29	29,45	7,57
6,56	(1,27)	39,85	18,78	6,30
9,73	(3,63)	49,58	5,70	2,67
14,88	8,37	64,46	20,68	11,05
11,75	5,94	76,21	28,67	16,98
7,57	(2,06)	83,78	21,67	14,92
7,09	1,61	90,87	22,25	16,54
14,15	(0,50)	105,01	18,02	16,03
2,44	0,30	107,45	17,93	16,34
9,56	4,06	117,01	21,10	20,39
12,10	3,48	129,11	22,69	23,88
5,86	(0,72)	134,97	20,71	23,16
9,79	2,30	144,75	21,34	25,46
9,73	(2,55)	154,49	17,41	22,91
14,63	0,94	169,12	16,42	23,85
10,32	0,01	179,44	15,34	23,86
17,10	(9,63)	196,54	7,81	14,23
1,87	(0,42)	198,42	7,48	13,82
7,90	(5,16)	206,32	4,38	8,66
11,53	0,67	217,85	4,47	9,33
7,36	(1,20)	225,20	3,75	8,13
3,53	(0,97)	228,74	3,23	7,17
4,40	(0,72)	233,13	2,84	6,45
1,85	0,24	234,99	2,93	6,69
2,95	(0,96)	237,94	2,47	5,74
9,17	(2,40)	247,11	1,37	3,33
4,04	1,23	251,15	1,85	4,57
12,86	(1,34)	264,01	1,24	3,22
6,38	0,47	270,39	1,38	3,69
5,24	(0,57)	275,62	1,14	3,12
9,39	0,12	285,01	1,15	3,23
13,58	4,20	298,59	2,55	7,43
5,66	0,00	304,26	2,51	7,44
Desvio ac +	40,18	Max Desvio +		25,46
Desvio ac -	-32,74	Max Desvio -		2,67

Tabela 6 – Valores ETc IAF no plantio direto

Diária	ETC IAF			
	dif mm	Acumulada	dif % ac	dif mm ac
5,98	0,14	5,98	2,39	0,14
2,98	0,26	8,96	4,68	0,40
6,26	(2,29)	15,22	-11,05	-1,89
4,42	(0,07)	19,65	-9,09	-1,96
4,20	0,10	23,85	-7,26	-1,87
6,78	(1,05)	30,63	-8,70	-2,92
10,06	(3,30)	40,69	-13,25	-6,22
10,55	4,05	51,24	-4,06	-2,17
8,34	2,52	59,58	0,59	0,35
5,37	(4,26)	64,95	-5,68	-3,91
5,03	(0,45)	69,97	-5,86	-4,35
10,32	(4,33)	80,30	-9,76	-8,68
2,10	(0,04)	82,39	-9,57	-8,72
8,23	2,72	90,62	-6,21	-6,00
10,41	1,80	101,03	-3,99	-4,20
5,04	(1,54)	106,07	-5,13	-5,74
8,42	0,94	114,49	-4,03	-4,80
8,37	(3,91)	122,87	-6,62	-8,71
12,59	(1,10)	135,46	-6,75	-9,81
10,40	0,09	145,86	-6,25	-9,72
18,10	(8,63)	163,96	-10,07	-18,35
1,98	(0,31)	165,94	-10,11	-18,66
8,36	(4,70)	174,30	-11,82	-23,36
12,20	1,34	186,50	-10,56	-22,02
8,17	(0,39)	194,66	-10,32	-22,41
4,44	(0,06)	199,10	-10,14	-22,47
5,52	0,41	204,62	-9,73	-22,06
2,33	0,72	206,95	-9,35	-21,34
3,71	(0,20)	210,66	-9,28	-21,55
9,42	(2,15)	220,08	-9,72	-23,69
3,34	0,53	223,42	-9,40	-23,17
10,61	(3,59)	234,03	-10,26	-26,75
5,27	(0,65)	239,30	-10,27	-27,40
4,33	(1,49)	243,62	-10,60	-28,89
7,75	(1,52)	251,37	-10,79	-30,41
11,21	1,83	262,58	-9,81	-28,58
4,68	(0,98)	267,26	-9,96	-29,56
Desvio ac +	17,43	Max Desvio +		0,40
Desvio ac -	-46,99	Max Desvio -		-30,41

Tabela 7 – Valores ETC ciclo de produção no plantio direto.

Diária	ETC ciclo			
	dif mm	Acumulada	dif % ac	dif mm ac
5,82	-0,03	5,82	-0,45	-0,03
4,88	2,16	10,70	24,96	2,14
10,26	1,71	20,96	22,47	3,84
4,28	-0,22	25,24	16,78	3,63
4,06	-0,04	29,30	13,94	3,58
6,56	-1,27	35,86	6,89	2,31
9,73	-3,63	45,59	-2,81	-1,32
11,94	5,43	57,53	7,71	4,12
9,43	3,61	66,96	13,05	7,73
6,07	-3,56	73,03	6,06	4,17
5,68	0,21	78,72	5,90	4,39
11,35	-3,30	90,06	1,22	1,09
1,96	-0,18	92,02	1,00	0,91
7,67	2,17	99,69	3,18	3,07
9,71	1,09	109,40	3,96	4,16
4,70	-1,88	114,10	2,05	2,29
7,85	0,37	121,95	2,23	2,66
11,54	-0,74	133,49	1,45	1,91
17,35	3,67	150,85	3,84	5,58
12,24	1,93	163,09	4,83	7,51
20,29	-6,44	183,37	0,58	1,07
2,22	-0,07	185,60	0,54	1,00
9,37	-3,69	194,97	-1,36	-2,69
13,67	2,82	208,64	0,06	0,12
8,73	0,17	217,37	0,14	0,30
4,19	-0,31	221,56	-0,01	-0,01
5,22	0,10	226,78	0,04	0,09
2,20	0,59	228,97	0,30	0,68
2,95	-0,96	231,92	-0,12	-0,28
9,17	-2,40	241,09	-1,10	-2,68
4,04	1,23	245,14	-0,59	-1,45
12,86	-1,34	257,99	-1,07	-2,79
6,38	0,47	264,37	-0,87	-2,33
5,24	-0,57	269,61	-1,06	-2,90
9,39	0,12	279,00	-0,99	-2,78
13,58	4,20	292,58	0,49	1,42
5,66	0,00	298,24	0,48	1,42
Desvio ac +	31,66	Max Desvio +		7,73
Desvio ac -	-30,24	Max Desvio -		-2,90