

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA - CAMPUS II

**DEPARTAMENTO DE
CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS**

**PÓS - GRADUAÇÃO
EM METEOROLOGIA**

**IRRIGAÇÃO DA VIDEIRA EUROPÉIA COM BASE NO ÍNDICE DE ESTRESSE
HÍDRICO DA CULTURA**

JOSADARK SOARES DE SOUSA

**CAMPINA GRANDE - PB
AGOSTO - 1997.**

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DO MESTRADO EM METEOROLOGIA

IRRIGAÇÃO DA VIDEIRA EUROPÉIA COM BASE NO ÍNDICE DE ESTRESSE
HÍDRICO DA CULTURA

JOSADARK SOARES DE SOUSA

CAMPINA GRANDE- PB
AGOSTO - 1997

JOSADARK SOARES DE SOUSA

IRRIGAÇÃO DA VIDEIRA EUROPEIA COM BASE NO ÍNDICE DE ESTRESSE
HÍDRICO DA CULTURA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em
Meteorologia da Universidade Federal da Paraíba,
como parte das exigências para obtenção do Grau
de Mestre em Meteorologia.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO - Agrometeorologia

Pedro Vieira de Azevedo
Orientador

Antonio Heriberto de Castro Teixeira
Co-Orientador

CAMPINA GRANDE
AGOSTO - 1997



S725i Sousa, Josadark Soares de
Irrigação da videira europeia com base no índice de
estresse hídrico da cultura / Josadark Soares de Sousa. -
Campina Grande, 1997.
86 f.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade
Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia.

1. Meteorologia 2. Agrometeorologia 3. Videira - 4.
Dissertação I. Azevedo, Pedro Vieira de, Dr. II. Teixeira,
Antonio Heriberto de Castro, M.Sc. III. Universidade
Federal da Paraíba - Campina Grande (PB)

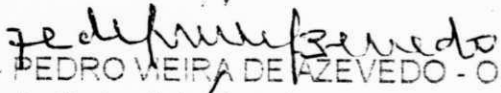
CDU 551.51(043)

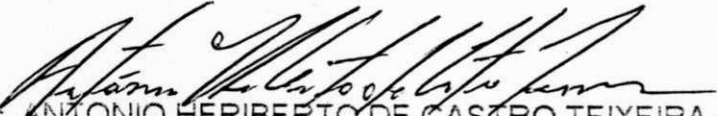
JOSADARK SOARES DE SOUSA

IRRIGAÇÃO DA VIDEIRA EUROPEIA COM BASE NO ÍNDICE DE ESTRESSE
HÍDRICO DA CULTURA.


APROVADA EM 29/8/97

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. - PEDRO VEIRA DE AZEVEDO - Orientador
Universidade Federal da Paraíba


MSc. ANTONIO HERIBERTO DE CASTRO TEIXEIRA - Co - Orientador
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido - CPATSA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Prof. Dr. TANTRAVAHU VENKATA RAMANA RAO
Universidade Federal da Paraíba


Dr. MALAQUIAS DA SILVA AMORIM NETO
Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - CNPA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

DEDICO

À minha esposa Marileide e aos
meus filhos Wanderson e Aíla Taíse
pela compreensão, dedicação e carinho.

OFEREÇO

Aos meus pais Samuel e
Janilha que pela humildade
ensinaram-me as mais
belas lições da vida.

AGRADECIMENTOS

O autor agradece em primeiro lugar a DEUS, pela sua existência e, pela realização deste trabalho.

À Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, pelo apoio e contribuição para o meu aperfeiçoamento profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido, através de bolsa de estudo, modalidade demanda social.

Ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO), pelo apoio material e humano para execução do experimento de campo.

Ao Prof. Dr. Pedro Vieira de Azevedo, pela eficiente ajuda, orientação e amizade.

À Antonio Heriberto de Castro Teixeira, pesquisador M. Sc. do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO), pela coorientação durante a fase experimental deste trabalho.

À José Moacir Pinheiro Lima Filho, pesquisador M. Sc. do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO), pela amizade e auxílio durante a fase experimental deste trabalho.

À José Monteiro Soares, pesquisador M. Sc. do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (EMBRAPA SEMI-ÁRIDO), pelo apoio concedido durante e após a condução deste experimento.

À Malaquias da Silva Amorim Neto, pesquisador Dr. do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (EMBRAPA ALGODÃO), pelas suas brilhantes sugestões e orientações.

Aos colegas Genival, Giovani, Dedé, Santos, Manoel e outros, pelo auxílio nos trabalhos de campo.

À minha esposa Marileide dos Santos Sousa, pelo apoio, compreensão e incentivo durante o período do curso.

Aos meus pais, pelos sacrifícios e esforços empreendidos para minha formação moral e educacional.

Aos professores do Curso de Pós-Graduação em Meteorologia, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), pelos bons ensinamentos proporcionados.

À colega Jaqueline Ávila Netto, pela companhia e a ajuda indispensável durante todos os trabalhos de campo.

Aos colegas do curso: Roberto, Ioneide, Jaqueline, Nilza, Gildarte e Andréia pela amizade e pelas constantes ajuda, nos momentos que lhes solicitei.

À minha amiga Divanete Cruz Rocha, pelos brilhantes serviços burocráticos prestados no decorrer do curso.

À Eyres Diana Ventina da Silva, pela sua boa vontade e sua maneira gentil em nos atender sempre que solicitada, junto ao LAPIM.

À todos os funcionários da EMPRAPA SEMI-ÁRIDO, lotados na Estação Experimental de Bebedouro, pelos serviços prestados.

E, finalmente, meus sinceros agradecimentos a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu pudesse realizar este trabalho.

SUMÁRIO

	Página
Lista de figuras.....	viii
Lista de tabelas.....	x
Lista de abreviações e símbolos.....	xii
Resumo.....	xiv
Abstract.....	xv
1- INTRODUÇÃO.....	01
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 - Localização e características da área experimental.....	14
3.2 - Clima.....	14
3.3 - Solo.....	15
3.4 - Cultura.....	15
3.5 - Configuração experimental.....	17
3.6 - Sistema de irrigação empregado.....	17
3.7 - Tratos culturais.....	18
3.8 - Monitoramento da umidade do solo.....	18
3.9 - Medições meteorológicas.....	20
3.10 - Medições da temperatura do dossel.....	21
3.11 - Medições porométricas.....	22
3.11.1 - Resistência estomática da cultura (r_C).....	22
3.11.2 - Resistência estomática da cultura (r_{CB}) transpirando potencial mente.....	22
a) - Método porométrico.....	23
b) - Método de O'toole & Real.....	23
3.11.3 - Taxa de transpiração da cultura.....	25
3.12 - Índices de estresse hídrico da cultura.....	25
a) - Determinação do GDE.....	25
b) - Determinação do IEHC _j	26
c) - Determinação do IEHC _j	27
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 - Umidade do solo.....	32
4.1.1 - Resultado da sondagem.....	32

4.2 - Área foliar.....	34
4.3 - Medições fisiológicas.....	35
4.3.1 - Resistência estomática da cultura (r_c).....	35
4.3.2 - Resistência estomática da cultura transpirando em condições potenciais (r_{cp}).....	41
a) - Método porométrico.....	41
b) - Método de O'Toole & Real.....	41
4.3.3 - Taxa de transpiração da cultura.....	44
4.4 - Temperatura do dossel da cultura (T_c).....	47
4.4.1 - Variação diurno de T_c	47
4.4.2 - Variação estacional da temperatura do dossel.....	53
4.5 - Índices de estresse hídrico da cultura (IEHC).....	56
4.5.1 - Diferença da temperatura do dossel e do ar.....	56
4.5.2 - Graus dias de estresse (GDE) acumulado	57
4.5.3 - Índice de estresse hídrico proposto por Idso et al. (IEHC _i).....	61
4.5.4 - Índice de estresse hídrico da proposto por Jackson (IEHC _j).....	64
4.6 - Resultado da produção de frutos.....	67
5.0 - CONCLUSÕES.....	68
6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
7.0 - APÊNDICE.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
4.1 - Água disponível nos tratamentos irrigado(TI) e não irrigado(TNI) obtida pelo método gravimétrico, ao longo do período de observações.	33
4.2 - Variação estacional do índice área foliar da videira para os tratamentos irrigado(TI) e não irrigado(TNI).	34
4.3 - Variação estacional da resistência estomática da cultura(r_c) nos horários das (a) 10:00h e (b) 14:00h.	38
4.4 - Ciclos diurno da resistência estomática: (a) em 03/07 (DAP=69) e (b) 01/08 (DAP=99) de 1996. nos tratamentos TI e TNI.	39
4.5 - Relação de entre a diferença de temperatura ($T_c - T_a$) e o déficit de pressão de vapor (DPV) para a videira em condições de transpiração potencial.	42
4.6 - Ciclo diurno da taxa de transpiração da cultura (a) em 03/07 (DAP=69) e (b) 01/08 (DAP=99) de 1996, nos tratamentos irrigado(TI) e não irrigado (TNI).	45
4.7 - Variação estacional da taxa de transpiração da cultura da videira para os tratamentos irrigado(TI) e não irrigado(TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00h.	46
4.8 - Variação diurna das temperaturas do ar(T_a) e do dossel da cultura (T_c) nos tratamentos irrigado(TI) e não irrigado(TNI): (a) para o dia 22 (DAP=28) e (b) 29 (DAP=35) de maio de 1996.	49
4.9 - Variação diurna das temperaturas do ar(T_a) e do dossel da cultura(T_c) nos tratamentos (TI) e não irrigado (TNI): (a) para o dia 07 (DAP=44) e (b) 20 (DAP=57), de junho 1996.	50
4.10 - Variação diurna das temperaturas do ar(T_a) e do dossel da cultura(T_c) nos tratamentos irrigado(TI) e não irrigado(TNI): (a) para 26 de junho (DAP=63) e (b) 18 de julho (DAP=85), de 1996.	51
4.11 - Variação diurna das temperaturas do ar(T_a) e do dossel da cultura(T_c) nos tratamentos irrigado(TI) e não irrigado(TNI): (a) para o dia 26 de julho (DAP=93) e (b) 01 de agosto (DAP=98), de 1996.	52
4.12 - Variação estacional da temperatura do dossel da cultura(T_c) nos tratamentos irrigado(TI) e não irrigado(TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00h.	54

- 4.13 - Variação estacional do saldo de radiação(S_r) nos horários das: (a) 10:00h e (b) 14:00h. 55
- 4.14 - Diferença da temperatura do dossel vegetativo e do ar ($T_c - T_a$), observada no tratamento TNI: (a) às 10:00h e (b) às 14:00h 58
- 4.15 - Variação estacional dos graus dia de estresse (GDE) nos tratamentos irrigado(TI) e não irrigado(TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00h. 59
- 4.16 - Variação estacional do GDE positivo para os tratamentos irrigado(TI) e não irrigado(TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00h. 60
- 4.17 - Variação estacional do IEHC_i com T_a obtida no abrigo meteorológico para o tratamento não irrigado (TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00h. 63
- 4.18 - Variação estacional do IEHC_i com r_{cd} obtida pelo método de O'Toole & Real (1986) no tratamento não irrigado(TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00h. 66

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
3.1 - Características físico-hídricas da área experimental do perímetro Irrigado de Bebedouro - Petrolina - PE.	16
3.2 - Valores semanais das lâminas de irrigação aplicadas aos tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI) (mm).	19
4.1 - Variação estacional da resistência estomática da cultura à difusão do vapor d'água (s/m), obtida com base em medições porométricas da face abaxial de folhas da videira, nos tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI).	37
4.2 - Valores da resistência estomática e transpiração da videira, obtidos por porometria no tratamento irrigado (TI)	40
4.3 - Valores da temperatura do dossel (T_c), da diferença entre a temperatura do dossel e a do ar ($T_c - T_a$), saldo de radiação (S_r), tangente a curva de saturação (Δ) déficit de pressão de vapor (DPV), em diferentes dias e horários, para o tratamento irrigado (TI).	43
4.4 - Dados da produção de frutos por tratamento, irrigado(TI) e não irrigado(TNI).	67
A.1 - Ciclo diurno de T_a (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$), T_c ($^{\circ}\text{C}$), ($T_c - T_a$) ($^{\circ}\text{C}$) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 22 de maio de 1996.	77
A.2 - Ciclo diurno de T_a (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$), T_c ($^{\circ}\text{C}$), ($T_c - T_a$) ($^{\circ}\text{C}$) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 29 de maio de 1996.	78
A.3 - Ciclo diurno de T_a (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$), T_c ($^{\circ}\text{C}$), ($T_c - T_a$) ($^{\circ}\text{C}$) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 07 de junho de 1996.	79
A.4 - Ciclo diurno de T_a (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$), T_c ($^{\circ}\text{C}$), ($T_c - T_a$) ($^{\circ}\text{C}$) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 20 de junho de 1996.	80
A.5 - Ciclo diurno de T_a (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$), T_c ($^{\circ}\text{C}$), ($T_c - T_a$) ($^{\circ}\text{C}$) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 26 de junho de 1996.	81
A.6 - Ciclo diurno de T_a (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$), T_c ($^{\circ}\text{C}$), ($T_c - T_a$) ($^{\circ}\text{C}$) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 18 de julho de 1996.	82

- A.7 - Ciclo diurno de T_a (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$), T_c ($^{\circ}\text{C}$), $(T_c - T_a)$ ($^{\circ}\text{C}$) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 26 de julho de 1996. 83
- A.8 - Ciclo diurno de T_a (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$), T_a ($^{\circ}\text{C}$), $(T_c - T_a)$ ($^{\circ}\text{C}$) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 01 de agosto de 1966. 84
- A.9 - Variação estacional das temperaturas do ar, T_a ($^{\circ}\text{C}$), do dossel T_c ($^{\circ}\text{C}$), nos tratamentos TI e TNI, déficit de pressão de vapor, DPV (KPa), saldo de radiação, S_r (W/m^2) e as diferenças entre T_c e T_a , com T_a do abrigo meteorológico, no horário das 10:00 horas. 85
- A.10 - Variação estacional das temperaturas do ar, T_a ($^{\circ}\text{C}$), do dossel T_c ($^{\circ}\text{C}$), nos tratamentos TI e TNI, déficit de pressão de vapor, DPV (KPa), saldo de radiação, S_r (W/m^2) e as diferenças entre T_c e T_a , com T_a do abrigo meteorológico, no horário das 14:00 horas. 86

LISTA DE ABREVIações E SÍMBOLOS

AD	- água disponível;
AF	- área foliar;
a	- coeficiente linear de regressão;
b	- coeficiente angular de regressão;
C_p	- calor específico do ar à pressão constante;
IEHC	- Índice de estresse hídrico da cultura;
IEHC _i	- Índice de estresse hídrico da cultura segundo o método proposto por Idso;
IEHC _j	- Índice de estresse hídrico da cultura segundo o método proposto por Jackson
d	- deslocamento do plano zero;
Da	- densidade aparente do solo;
DAP	- dias após a poda;
DPV	- déficit de pressão de vapor;
DT1	- diferença entre T _c e T _a , com T _a obtida no abrigo meteorológico;
ET _c	- evapotranspiração da cultura;
ET _m	- evapotranspiração máxima;
e _a	- pressão atual do vapor d'água;
e _{s,a}	- pressão de saturação à temperatura do ar;
e _{s,c}	- pressão de saturação à temperatura do dossel;
G	- fluxo de calor no solo;
GDE	- graus dia de estresse;
H	- fluxo de calor sensível;
CAD	- capacidade de água disponível;
P _o	- pressão atmosférica;
R _v	- constante específica do vapor d'água;
r ²	- coeficiente de determinação;
r _a	- resistência aerodinâmica à difusão do vapor d'água;
r _{ao}	- resistência aerodinâmica potencial;
r _c	- resistência da cultura à difusão do vapor d'água;
r _{co}	- resistência da cultura transpirando a taxas potenciais;
S _r	- saldo de radiação;
T _a	- temperatura do ar;
TNI	- tratamento não irrigado;

T_c	- temperatura do dossel;
TI	- tratamento irrigado;
T_{ka}	- temperatura absoluta do ar;
T_{kc}	- temperatura absoluta do dossel;
T_{km}	- média das temperaturas absolutas do ar e do dossel;
TOT AC	- lâmina de água irrigada acumulada a cada dia;
T_r	- taxa de transpiração da folha;
$u(z)$	- velocidade do vento na altura z ;
U_m	- umidade de murchamento;
γ	- constante psicométrica;
ρ	- densidade do ar;
Δ	- tangente à curva de saturação do vapor d'água;
λ	- calor latente de vaporização da água;
λE	- fluxo de calor latente;

RESUMO

Dados de experimento de campo conduzido, na área experimental da EMBRAPA SEMI - ÁRIDO Petrolina - PE (Latitude: 09°09'S; Longitude 40°22'W e altitude: 365,5m), no período compreendido entre 24 de abril à 01 de agosto de 1996, com a cultura da videira (*Vitis Vinífera* L.) submetida a dois tratamentos de irrigação, foram utilizados com o objetivo de detectar a possibilidade de monitoramento do estresse hídrico da cultura utilizando a técnica da termometria a infravermelho. A temperatura do dossel da cultura (T_c) foi monitorada através de um termômetro infravermelho ao passo que a resistência estomática da cultura (r_c) foi obtida com base em medições porométricas da resistência estomática (r_{sf}) de folhas isoladas. A umidade do solo foi monitorada com tensiômetros instalados no solo nas profundidades de 20, 40, 60, 80 e 100cm. As medições da temperatura do ar (T_a), do Saldo de radiação (S_r), da velocidade do vento (u), do déficit de pressão de vapor (DPV) e os dados fisiológicos (resistência estomática e transpiração) foram coletados diariamente nos horários das 10:00h e 14:00h e em ciclos diurnos semanais das 7:00h às 17:00h, a cada 60 minutos. Foram determinados os Graus Dia de Estresse (GDE), e os Índices de Estresse Hídrico da Cultura propostos por Idso et al. ($IEHC_i$) e por Jackson et al. ($IEHC_j$). Para o $IEHC_i$ obteve-se às linhas base inferior e superior, enquanto que o $IEHC_j$ foi obtido ao se estimar a resistência da cultura em condições de transpiração potencial (r_{cp}) segundo medições porométricas. O GDE apresentou valores do tratamento não irrigado (TNI) maiores que do tratamento irrigado (TI). O $IEHC_i$ apresentou grande variabilidade, devido à variação da radiação solar global incidente. O $IEHC_j$ também apresentou grande variabilidade de um dia para outro, devido a radiação solar e a velocidade do vento. Na análise da variação dos índices de estresse hídrico da cultura, obsevou-se uma elevada variabilidade ao longo do período de observações, o que dificultou a determinação de um valor crítico que caracterizasse o momento das irrigações. Mesmo assim, sugere-se que, nas condições climáticas e de solo em que foi desenvolvida a pesquisa, a cultura deve ser irrigada toda vez que o $IEHC_j$ atingir o valor 0,4. Concluiu-se que apesar do estresse hídrico não ter sido acentuado, a produção de frutos foi maior no tratamento irrigado. Já no tratamento não irrigado, observou-se alterações no desenvolvimento morfológico e na produção de frutos.

ABSTRACT

Data from a field experiment conducted in the experimental area of the EMBRAPA SEMI - ÁRIDO in Petrolina - PE (Latitude: 09°09'S; Longitude: 40°22'W and Altitude: 365,5m) in the period from april, 24 to august, 1th of 1996, with a four-years-old wine grape (*vitis vinifera* L.) vine crop, grown in a trellis system and submitted to two irrigation treatments were used for detecting the possibility of monitoring the crop water stress by the infrared thermometry technique. The crop canopy temperature (T_C) was monitored with an infrared thermometer while the canopy stomatal resistance (r_C) was obtained in a basis on porometric measurements of leaf stomatal resistance (r_{sl}). The soil humidity was monitored also by the use of tensiometers in soil installed in the profundity of 20, 40, 60, 80 and 100cm. Measurements of the air temperature (T_a), net radiation (S_r), winds peed (u), vapor pressure deficit (DPV) and the phisiological parameters (stomatal resistance and transpiration) were made regularly at 10:00 and 14:00 o'clock and in weekly daytime cycles between 7:00h and 17:00h at each 60 minutes interval. The stress degree day (SDD), crop water stress indices $CWSI_i$ and $CWSI_j$ were determined. For the $CWSI_i$ the low and upper baselines were obtained, while the $CWSI_j$ was estimated from the crop canopy resistance under conditions of potential transpiration (r_{cp}) using porometric measurements. The values of the SDD index for the TNI treatment were high than those of the TI treatment . The values of the $CWSI_i$ showed a large variability during the growing season due to variations in the global solar radiation. The values of the $CWSI_j$ showed also a high variability from one day to another, due to variations in the global solar radiation and wind speed. From the discussion of the crop water stress indexes presented above it was observed an high variability throughout the observation period, difficulting the determination of a critical value that could characterizes irrigation scheduling. Even so, it was suggested that, in the experimental climatic and soil conditions, the crop must be irrigated every time the $CWSI_j$ reaches the value of 0.4. It was concluded that, despite the stress index has not being pronounced, the fruits production was larger in the irrigated treatment. In the non irrigated treatment, it was observed alterations in the plant morfological development and fruits production.

1 - INTRODUÇÃO

O cultivo da videira para o consumo "in natura" adquiriu relevância a nível internacional no final da década de 70, quando o avanço nas tecnologias aplicadas a produção, permitiram obter e ofertar, nos diferentes mercados consumidores, um produto de qualidade, favorecendo o incremento constante do consumo (Lorente, 1992). Na região do trópico semi-árido do Brasil, e mais especificamente, no Vale do Submédio São Francisco, o cultivo de uva para exportação vem se desenvolvendo rapidamente nos últimos anos, ampliando-se de 1.300ha em 1987(Albuquerque et al., 1987) para 3.782 hectares implantados até 1993 (VALEXPOR / SEBRAE, 1993). As condições climáticas do Vale, com umidade relativa em torno de 61%, temperatura média anual de 26°C, curto período chuvoso e insolação de 2.700 horas durante o ano, favorecem a produção de uvas de qualidade, sendo um incentivo para a ampliação dos vinhedos. No entanto, o êxito num empreendimento vitícola depende não só das condições climáticas favoráveis a produção de uva de qualidade, como também de uma série de fatores técnico-econômicos, os quais estão intimamente ligados e que necessariamente deve-se ter em conta para evitar fracassos. Dentre os fatores técnicos pode-se destacar a concepção do sistema de irrigação, a operacionalização e a manutenção do sistema de irrigação, o tipo de injetores de fertilizantes, o manejo de nutrientes ao longo do ciclo fenológico da cultura, a relação entre os tempos de irrigação e de fertirrigação,

a capacidade de retenção de água no bulbo molhado e a distribuição do sistema radicular, entre outros (Soares & Nascimento, 1994).

O desenvolvimento de técnicas de sensoriamento remoto proporcionou aos investigadores a possibilidade de ^{de desenvolvimento} criação de equipamentos que permitem a detecção e a tomada de informações em nível de superfície ou de objetos, por meio da energia emitida pelos mesmos, no comprimento de onda do sensor, sem o contato direto. Uma dessas técnicas permitiu o desenvolvimento do termômetro a infravermelho. A termometria por infravermelho vem sendo empregada como técnica mediante a qual é possível determinar a temperatura do dossel de plantas C₃ e C₄ de forma rápida e precisa (Gardner et al., 1981). Esse parâmetro tem sido usado no monitoramento do estado hídrico de plantas de soja (Reicosky et al., 1980), e plantas de feijão (Bascur et al., 1985).

Para a agricultura irrigada, o surgimento do termômetro infravermelho, que detecta a energia emitida no comprimento de ondas longas, possibilitou a determinação do estado hídrico de uma comunidade de plantas, com base na temperatura do dossel da cultura relacionada com a temperatura ambiente, permitindo o estabelecimento de um índice, denominado Índice de Estresse Hídrico da Cultura. Este índice envolve parâmetros relacionados tanto com a planta quanto com a atmosfera, que são os principais elementos reguladores da demanda hídrica das culturas. Assim, o irrigante poderá buscar, em tempo real, a informação de quando e quanto irrigar de forma mais precisa, alcançando, assim, economia de água, energia e trabalho. Tal técnica pode contribuir para o uso racional dos recursos hídricos e energéticos na agricultura irrigada (Amorim Neto, 1995).

Em regiões temperadas ou semi-áridas, tem sido mostrado que ao meio dia, plantas bem irrigadas apresentam temperatura do dossel inferior a temperatura do ar (Jackson et al., 1977; Jung & Scott, 1980; Reicosky et al., 1980), e que em plantas sob estresse hídrico, essa temperatura torna-se igual ou superior à temperatura do ar (Idso et al., 1977). No horário do meio dia às plantas bem irrigadas

apresentam valores menores de temperatura do dossel (Reicoski & Deaton, 1979; Pazzetti, 1990). A diferença de temperatura entre plantas com e sem estresse hídrico, fundamenta-se no estado hídrico das plantas, no comportamento estomático e na perda de calor latente através da transpiração. Todos esses processos mudam ao longo do dia para cada espécie, conforme a intensidade e duração do estresse hídrico. Portanto, é preciso estabelecer a relação, para dada espécie, entre os vários parâmetros fisiológicos que caracterizam o estresse hídrico, visando estabelecer um indicador fisiológico que permita determinar o momento da irrigação.

O presente estudo objetivou o monitoramento da temperatura do dossel da cultura da videira européia (T_c) e as demais variáveis atmosféricas necessárias a determinação da deficiência hídrica através de diferentes índices de estresse hídrico, Graus Dia de Estresse (GDE), Índice de Estresse Hídrico da Cultura proposto por Idso et al. (1981) (IEHC_i), e, Índice de Estresse Hídrico da Cultura proposto por Jackson et al. (1981) (IEHC_j); visando estabelecer os níveis de estresse hídrico que as plantas suportam, sem prejuízo para a produtividade da cultura.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Medidas diretas de alguns parâmetros fisiológicos das plantas, vêm sendo estudadas há algumas décadas, tais como as obtidas através da câmara de Scholander e do porômetro de difusão foliar, para caracterizar a necessidade de água.

Há bastante tempo, estudos que relacionam a temperatura das folhas com o conteúdo hídrico das plantas têm sido realizados. No entanto, no início do século não havia consenso da relação existente entre o estresse hídrico e o aquecimento foliar, o que está muito bem documentado por Jackson (1982).

Tanner (1963) realizou medições da temperatura do dossel de batata (*Solanum tuberosum*, L.), em tratamentos estressado e não estressado. Concluiu que a temperatura do dossel da cultura poderia ser usada para definir um índice quantitativo do estresse hídrico.

O uso da temperatura do dossel vegetativo para detectar o nível de estresse hídrico das culturas baseia-se na hipótese de que a água transpirada evapora e resfria as folhas a temperatura abaixo da do ar adjacente. Quando a água vai se tornando limitante, a transpiração se reduz e a temperatura da folha aumenta a um valor superior ao do ar, devido à radiação absorvida (Jackson, 1982).

Idso e colaboradores e Walker e Hatfield, citados por Hatfield et al. (1985), relataram diversos modelos de estresse hídrico de culturas que comparam as temperaturas do dossel e do ar, relacionando-os com a produção. Jackson e colaboradores, também citados por esses autores, descreveram modelos que relacionam as temperaturas do dossel e do ar com a disponibilidade de água no solo.

O uso da termometria a infravermelho para obtenção da temperatura do dossel e determinação do estado hídrico da planta em manejo de irrigação tem sido objeto de vários trabalhos. O uso do termômetro infravermelho para medir a temperatura do dossel de uma cultura requer estimativas das dimensões do alvo, baseadas na posição do sensor em relação à superfície que será monitorada. Quando o termômetro infravermelho é utilizado para se obter a temperatura do dossel de uma cultura, o campo de visão não deve passar do alvo desejado, o que pode acarretar em erros grosseiros na medição de T_c . O'Toole e Real (1986), observaram diferenças de até 13°C, ao variarem o ângulo zenital de 0° a 80°. Concluíram que esse fenômeno podia ser quantificado com precisão, em função da geometria do dossel e da distribuição vertical da temperatura da cultura.

A temperatura da superfície da folha reflete seu balanço de energia, sendo, portanto, afetada por fatores da planta e ambientais. Assim, para condições ótimas de umidade do solo, a planta transpira normalmente, liberando energia na forma de calor latente, e em consequência, a temperatura do dossel da cultura torna-se inferior à do meio ambiente. Por outro lado, em condições de deficiência de umidade do solo, os estômatos, válvulas localizadas nas faces superiores e inferiores das folhas, dependendo da cultura, por onde ocorre a transferência de calor, fecham-se, parcial ou integralmente, reduzindo a transpiração; assim fica diferenciada a partição de energia, em nível de superfície, nas formas de calor sensível e de calor no solo, tornando a temperatura do dossel das plantas superior àquela do meio ambiente. A diferença entre a temperatura do dossel das plantas e a do meio ambiente, se positiva ou negativa, é um indicativo das condições hídricas da cultura.

Nos últimos anos muita atenção tem sido dada às medidas diretas do estresse hídrico das culturas através da termometria infravermelha. Hatfield (1983) entende que medidas diretas do estresse de água da cultura pode ser vantajoso sobre os métodos indiretos baseados em medidas de balanço de umidade do solo, assim como métodos que requerem informações sobre diversos parâmetros, entre os quais, a precipitação e a evapotranspiração.

Ehrler (1973), citado por Hatfield (1983), sugeriu que as diferenças entre as temperaturas da folha (T_c) e do ar (T_a) poderiam ser utilizadas no monitoramento da irrigação do algodão. Ele encontrou que as diferenças de temperatura ($T_c - T_a$) variaram de -3 a 2°C , com os menores valores ocorrendo quando a umidade do solo era elevada. Desde a pesquisa de Ehrler (1973), com termopares, o uso da termometria infravermelha tem sido tentada como forma de obter dados de temperatura do dossel em menor tempo. Tanner (1963), foi um dos primeiros a usar termometria infravermelha para caracterizar o estresse hídrico. Ainda segundo Hatfield (1983), três diferentes aproximações tem sido propostas para a avaliação do estresse hídrico. Fuchs e Tanner (1966) propuseram que o estresse hídrico pode ser avaliado pelo exame das diferenças da temperatura do dossel entre o campo em questão e uma área bem suprida de água tomada como referência com a mesma cultura. Aston e Van Bavel (1972) sugeriram que a taxa de variabilidade das medidas de temperatura do dossel de uma área cultivada, aumenta com o aumento do estresse hídrico da cultura.

Idso et al. (1977), utilizaram medições da temperatura do dossel do trigo (*Triticum durum*), obtidas por termometria infravermelha e a compararam com a temperatura de uma parcela de referência (sem restrição hídrica). Concluíram que essa técnica se constitui em ferramenta prática para avaliar as necessidades hídricas do trigo, programar a irrigação e estimar a produção da cultura. Também utilizaram o Grau Dia de Estresse (GDE), que se mostrou um promissor indicador do momento e quantidade das irrigações.

O índice de estresse hídrico de culturas (IEHC_j) proposto por Jackson et al. (1981) fundamenta-se em conceitos físicos e biológicos, envolvendo parâmetros atmosféricos e da cultura. O modelo é uma relação entre a evapotranspiração real e a evapotranspiração potencial da cultura, obtida de acordo com metodologia proposta por Penman-Monteith (MONTEITH & UNSWORTH, 1990).

Em culturas semeadas em fileiras, como é o caso da maioria das formas de semeadura das culturas anuais, a maior parte das perdas de água nos estádios iniciais de desenvolvimento se processa por evaporação direta do solo (Bergamaschi et al., 1988). Isto limita a aplicação da termometria infravermelha, porque, como as plantas não têm área foliar suficiente para cobrir toda a superfície do solo, a obtenção da temperatura do dossel será afetada pela radiação refletida e emitida pelo solo. Assim, deve-se utilizar esta técnica na fase da cultura em que a cobertura foliar atinja um nível tal, que minimize os efeitos do solo. Em função desta limitação, Nielsen e Anderson (1989) estudaram a utilização do termômetro infravermelho para medir a temperatura de folhas individuais de girassol e determinaram o IEHC_j, correlacionando os resultados com outras técnicas de medidas de estresse hídrico da planta, tais como: resistência estomática, taxa de variação de CO₂, potencial de água na folha, taxa de transpiração e porcentagem de água disponível na zona ativa das raízes. Concluíram que a medida da temperatura de folhas individuais é um meio rápido de se conhecer o estado hídrico de plantas que não cobrem completamente o solo.

Jackson et al. (1981) calcularam o índice de estresse hídrico da cultura (IEHC_j) do trigo utilizando dados de T_c, obtidos por termometria infravermelha, temperatura dos bulbos seco e úmido e do saldo de radiação estimado, usando equações derivadas do balanço de energia na cultura. Concluíram que o IEHC_j é uma importante ferramenta para a quantificação do estresse hídrico da cultura, e que são necessárias medições instantâneas na cultura para o seu cálculo. Porém,

chamaram a atenção para prováveis fontes de erros, causadas por instrumentos e fatores ambientais, que podem afetar o valor do índice. A velocidade do vento, embora não aparecendo diretamente no modelo, é a principal fonte, estando implícita no cálculo da resistência aerodinâmica. Rápidas variações na cobertura de nuvens podem afetar as medições das temperaturas do ar e do dossel e a estimativa do saldo de radiação. A utilização do termômetro infravermelho inadequadamente calibrado e com o campo de visão superior ao da área visada implicará a obtenção de valores incorretos da temperatura do dossel. O'Toole e Hatfield (1983) também atentaram para os erros causados pelo vento na estimativa do limite superior da diferença entre a temperatura da folha e a do ar e, conseqüentemente, nos valores do IEHC_i. Sob condições de baixa velocidade de vento, os níveis de IEHC_i foram superestimados e, sob alta velocidade, subestimados.

O IEHC_i foi utilizado por Nakaiama e Buchs (1984) para estudar sua relação com a disponibilidade de água no solo e a produção de borracha de três variedades de "guayule" (*Parthenium argentatum* A. Gray), submetidas a seis níveis de irrigação. Os resultados demonstraram que os valores do IEHC_i se correlacionavam negativamente com a fração de água disponível no solo, até a profundidade de 1,8m, e inversamente com a produção de borracha de plantas com 510 dias, durante a fase de crescimento ativo. Os referidos autores concluíram que o índice é promissor para programas de manejo de irrigação, visando otimizar a produção de borracha da cultura.

Pinter e. Reginato (1982), usou a termometria infravermelha para monitorar o estresse hídrico do algodão e programar irrigações. Esses autores observaram a correlação existente entre o IEHC_i e o potencial hídrico da folha e, observaram também, que o IEHC_i não correlacionou-se com a radiação líquida, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor (DPV).

A aplicação da termometria a infravermelho no manejo da irrigação do feijoeiro e do milho indicou que existem relações entre potencial hídrico foliar,

resistência estomática e transpiração, com a temperatura do dossel vegetativo, em diferentes níveis de umidade do solo. Os resultados evidenciaram que a diferença de temperatura do dossel entre uma parcela de plantas bem irrigadas e outra submetida ao estresse hídrico foi o parâmetro mais apropriado para monitorar a irrigação (Pazzetti, 1990; Pazzetti et al., 1992).

Jackson (1982), além de observar que a temperatura das plantas é um indicador de sua condição hídrica, salientou que os valores críticos dos índices de estresse hídrico precisam ser estabelecidos para várias culturas, pois um IEHC_j de 0,3 pode ser um valor crítico para o trigo mas não necessariamente para o algodão. Observou, também, que em climas úmido a temperatura do dossel se aproxima da temperatura do ar enquanto que em climas áridos pode alcançar mais de 10°C abaixo da temperatura do ar.

O estresse hídrico do algodão, observado por Reginato (1983), relacionou-se com dois parâmetros fisiológicos comumente usados para quantificar o estresse hídrico da planta, que são o potencial hídrico da folha e a condutância estomática. O potencial hídrico da folha mostrou-se inversamente correlacionado com o DPV, para plantas não estressadas. Para calcular o estresse das plantas foram utilizados os métodos proposto por Idso et al. (1981) e por Jackson et al. (1981).

A termometria infravermelha foi utilizada por Epiphanyo (1983) para a detecção do estresse hídrico na cultura do milho (*Zea mays* L.), submetido a diferentes irrigações após o florescimento. Para a quantificação do estresse foi utilizado o fator de déficit total (FDT), que representa o grau de estresse a que esteve submetida a cultura durante um determinado período do ciclo vital. O autor concluiu que o FDT demonstrou ser um índice diagnóstico das condições hídricas a que estava submetida a cultura do milho e que este se apresentou significativamente correlacionado com a produtividade da cultura.

O estresse hídrico do algodão com completa ou parcial cobertura do solo foi estudado por Wanjura et al. (1984), usando o $IEHC_i$ e o $IEHC_j$. Observaram que valores de $(T_c - T_a)$ de dosséis cobrindo parcialmente o solo são menos sensíveis ao DPV do que os que têm cobertura completa. Também observaram que o $IEHC_j$ fornece estimativas que são aplicadas sobre uma maior quantidade de condições do que o $IEHC_i$, mas necessita de dados adicionais tais como o saldo de radiação (S_r), a resistência estomática da cultura transpirando a taxas potenciais (r_{cp}) e a resistência aerodinâmica (r_a), sendo que estimativas precisas de r_{cp} e r_a podem ser difíceis pois são influenciadas pela espécie, arquitetura das plantas, velocidade do vento e outros fatores da cultura.

Lima Filho (1983), monitorou a cultura do feijão (*Phaseolus Vulgaris* L.), de hora em hora durante três dias consecutivos em uma casa de vegetação, entre às 7h e 17 h, numa parcela com uma condição ótima de água e outra com deficiência. O autor usou termometria infravermelha para obter a temperatura do dossel e confirmou que essa técnica pode ser usada como um índice para detectar deficiência hídrica em culturas.

Howell et al. (1984) estudaram a temperatura do dossel do algodão (*Gossypium hirsutum* L. C.V. Acala SJ-2) para detectar o estresse hídrico dessa cultura. Observaram que o rendimento da cultura foi correlacionado negativamente com a média sazonal do $IEHC_i$. Os autores concluíram que a diferença $(T_c - T_a)$ conjuntamente com as medições do DPV que foram usados na formulação do $IEHC_i$, parece ser útil na quantificação do estresse hídrico da cultura, do déficit de água no solo e da salinidade do solo.

O trigo foi estudado por Steiner et al. (1985) no sudeste Australiano, quando foram utilizados quatro tratamentos de irrigação. Observaram que a produção de grãos e outros componentes da produção foram afetados pelos tratamentos de irrigação e que a produção de matéria seca de grãos foi correlacionada positivamente com a evapotranspiração. Observaram, também, uma

correlação inversa entre a média de $(T_c - T_a)$ e a produção de grãos, quando concluíram também que essa diferença de temperatura é um potencial indicador de estresse hídrico da cultura.

O comportamento da temperatura do dossel e da resistência estomática do algodoeiro herbáceo irrigado foi estudado por Ramana Rao et al. (1993). Constataram a influência exercida pela radiação fotossinteticamente ativa na resistência estomática e compararam as temperaturas do dossel medidas com termômetro infravermelho, com aquelas obtidas pelo porômetro. Concluíram que, embora o termômetro infravermelho focalizasse um maior número de folhas, havia uma boa concordância entre suas medições e as do porômetro. Atribuíram essa concordância ao fato de terem realizado medições porométricas em folhas da parte superior da planta e mais expostas à radiação solar.

Silva et al. (1993) avaliaram o comportamento diurno do $IEHC_j$ para o algodoeiro herbáceo em condições de campo, em Ipanguaçu - RN. A resistência da cultura em condições de transpiração potencial foi estimada segundo O'Toole & Real (1986) e concluíram que o comportamento diurno do $IEHC_j$ se assemelha, em forma, à diferença $(T_c - T_a)$.

Dantas & Ramana Rao (1994) monitoraram a deficiência hídrica na cultura do milho (*Zea mays* L.) submetida a quatro níveis de irrigação (100, 75, 50 e 25%). Os autores concluíram que é possível distinguir a deficiência hídrica da cultura através da temperatura da cobertura foliar. Concluíram, também, que as plantas do tratamento com deficiência hídrica estavam sempre mais aquecidas do que as plantas sem deficiência hídrica. Silva (1994) concluiu que o algodoeiro herbáceo deve ser irrigado sempre que o $IEHC_j$ e/ou $IEHC_j$ alcançar valor igual a 0,3. Observou, ainda, que o estresse hídrico produziu consideráveis alterações na produtividade e morfologia daquela cultura.

Estudando a resposta da temperatura da cobertura parcial do algodoeiro ao estresse hídrico, Hatfield et al. (1985) observaram que a linha base

não estressada do IEHC_i para o algodão, cobrindo completamente o solo, tinha declividade em torno do dobro da do solo parcialmente coberto. Tal resultado demonstrou que a cobertura parcial é um sistema muito complexo, portanto os valores de índice de estresse hídrico da cultura devem ser interpretados muito cuidadosamente. Howell et al. (1986) verificaram que a temperatura das folhas da cultura do trigo, sob quatro regimes de irrigação, aumentou com a velocidade do vento e, conseqüentemente, diminuíram as diferenças com relação à temperatura do ar. O IEHC_i demonstrou ser útil como parâmetro para determinar mais precisamente quando irrigar, enquanto o balanço hídrico pode ser usado para prever quanto irrigar.

A relação entre o IEHC_i e a produção de alfafa, submetida ao déficit hídrico, foi estudada por Hattendorf et al. (1988), que obtiveram uma função de produção exponencial. A resposta da produção de alfafa ao déficit hídrico pode ser adequadamente descrita pela combinação da função de crescimento de Gompertz com a função obtida. Reduções na produção em torno de 10 e 20% resultaram IEHC_i médios de 0,05 e 0,10, respectivamente, para cortes de 42 dias.

Os diversos índices propostos, baseados nas relações entre a temperatura do dossel e do ar apresentam limitações. A combinação do balanço de energia e a fórmula aerodinâmica usados para estimar a evaporação de superfícies naturais (Penman, 1948), pode descrever a temperatura da superfície em função do saldo de radiação e do déficit de pressão de vapor (Monteith & Szeicz, 1962). Esta aproximação conduz a um índice de estresse hídrico baseado na temperatura que pode ser um meio mais preciso para quantificar o déficit hídrico das culturas (Jackson, 1982).

Stegman & Soderlund (1992) utilizaram o IEHC_i no manejo de irrigação de duas cultivares de soja. Considerou-se oito tratamentos de irrigação, alguns dos quais usavam valores do IEHC_i e os demais o conteúdo de umidade do solo na zona das raízes da cultura. As maiores produtividades foram obtidas nos tratamentos em que as irrigações tiveram água disponível superior aos 50% e naqueles em que o

IEHC_i não ultrapassava 0,4 à 0,5. Portanto, o menor consumo de água foi obtido ao considerar o critério baseado na termometria infravermelha, quando o IEHC_i = 0,5.

Idso et al. (1977), mediram a temperatura da copa da cultura do trigo todos os dias durante o ciclo vegetativo. O objetivo foi desenvolver uma técnica para avaliar o déficit hídrico com o menor número possível de medidas, e assumiram que os fatores ambientais como pressão de vapor do ar, radiação líquida e vento poderiam ser expressos em função da temperatura da copa. Eles definiram Graus Dias de Estresse (GDE) como sendo a diferença entre a temperatura do dossel da cultura (T_c) e a temperatura do ar (T_a). Observaram que o GDE aumenta a medida que o déficit hídrico também aumenta.

A somatória dos valores do GDE, segundo Jackson et al. (1977), pode ser utilizada como um indicador do momento de irrigar. Para tal somatória, os autores sugerem que quando o valor de ($T_c - T_a$) for negativo, deve-se considerar o valor 0 (zero), acumulando apenas os valores positivos. Desta forma, quando a somatória do GDE atingir o valor 10, deve-se iniciar a irrigação, para a cultura do trigo.

Bonanno e Mack (1983) usaram o conceito do GDE acumulado como um método para programar a irrigação de feijoeiro. Utilizaram o somatório dos valores positivos de ($T_c - T_a$) medidos cerca de uma a duas horas após o meio-dia. Constataram que o método é utilizado com sucesso, para programar a irrigação, em locais com baixa variabilidade climática, de modo que, em locais com alta variabilidade diária na temperatura e no DPV, o modelo é inadequado. Assim, apresentaram um modelo ajustado para compensar essa variabilidade, no qual utilizam-se somente temperaturas do dossel da cultura e do ar e umidade relativa, para estimar o DPV.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Localização e características da área experimental

O experimento foi realizado no período de 24 de abril à 20 de agosto de 1996, no campo experimental do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, no perímetro irrigado de Bebedouro, localizado no município de Petrolina-PE, cujas coordenadas geográficas são: Latitude 09°09'S, Longitude 40°22'W e altitude 365,5m, na região do submédio São Francisco, localizada à margem esquerda do rio.

3.2 - Clima

O clima da região é do tipo BSW_h, segundo a classificação de Koeppen. Corresponde a uma região climaticamente árida (Reddy & Amorim Neto, 1983), e com estação chuvosa limitada aos meses de janeiro à abril, de forma que as precipitações são escassas com distribuições irregulares. A temperatura do ar é geralmente superior a 24°C, sendo que nos meses mais quente, outubro e novembro, as médias mensais situam-se em torno de 28,5°C, os mais frios são junho e julho com médias de 25°C. A temperatura média anual em Bebedouro é de 26,5°C.

Uma outra característica marcante do clima local é a evaporação acentuada, resultante de uma elevada radiação solar e de velocidade do vento com médias horárias superiores a 2,3m/s (197km/dia).

3.3 - Solo

As características físico-hídricas do solo da área experimental do perímetro irrigado de Bebedouro são apresentadas na tabela 3.1. Os solos são principalmente arenosos, com texturas variando de areia franca e franco-argilo-arenosa, cuja profundidade podem variar de 0,50 à 3,00m. O solo da área experimental é classificado como latossolo vermelho amarelo, bem drenado, campo limpo de baixada, de relevo plano de acordo com as Normas Brasileiras de Ciências do Solo.

3.4 - Cultura

A cultura utilizada neste estudo foi a videira européia (*Vitis vinífera* L.), variedade Itália, com quatro anos de idade, conduzida no sistema de latada, num espaçamento de 4m x 2m, durante o período compreendido entre a poda e a colheita dos frutos, irrigada por gotejamento, submetida a diferentes níveis de umidade do solo.

Tabela 3.1 - Características físico-hídricas unidade 37BB da área experimental do perímetro irrigado de Bebedouro - Petrolina - PE.

CARACTERÍSTICAS	POROSIDADE(cm)			
	0-30	30-60	60-90	90-112
Granulometria				
Areia grossa (%)	3	3	4	2
Areia fina (%)	80	64	57	66
Silte (%)	7	11	15	7
Argila (%)	10	22	24	25
Classificação textura (USDA)	Areia Franco Arenoso	Franco Argilo Arenoso	Franco Argilo Arenoso	Franco Argilo Arenoso
Densidade aparente (g/cm ³)	1,61	1,68	1,62	1,62
Densidade real (g/cm ³)	2,76	2,76	2,80	2,80
Porosidade total (%)	41,7	39,1	42,1	42,1
Capacidade de campo (%)	11,65	11,93	11,33	11,35
Retenção de água 15 atm (%)	3,07	5,27	5,87	6,19
Água disponível (%)	4,14	3,35	2,66	2,68

Fonte: Choudhury, E. N; Millar, A. A (1981)

3.5 - Configuração experimental

A área do experimento foi dividida em dois tratamentos com 7 plantas por fileira e 2 fileiras por parcela, correspondendo a uma área de 448m² por tratamento, perfazendo uma área total de 896m². O espaçamento entre as plantas é de 2m e entre as fileiras de 4m, que após a poda resultou numa densidade populacional de 1250 plantas/ha.

O tratamento que recebeu irrigação normal (100%), foi designada por TI. O outro tratamento foi designada por TNI, e recebeu (9%) da irrigação normal. As irrigações diferenciaram-se no dia 13 de maio de 1996, aos 19 dias após a poda (DAP).

Foram instalados três baterias de tensiômetros, correspondentes as profundidades de 20, 40, 60, 80, 100 e 120cm. As leituras dos tensiômetros foram feitas diariamente antes das irrigações.

3.6 - Sistema de irrigação empregado

O sistema de irrigação utilizado no experimento foi o de gotejamento em linha, com emissores espaçados de 1m, vazão de 4l/h com uma linha de fileira por planta e a irrigação foi feita diariamente. A lâmina ou volume de água aplicado por planta e por irrigação, era acumulada com base nos seguintes fatores: lâmina de água acumulada obtida com base na evaporação do tanque Classe A, ocorrida na semana anterior; coeficiente cultural e eficiência de irrigação do sistema. Foram colocados 28 gotejadores por fileira, separados por 2m, juntamente com as covas. Como pode ser observado na tabela 3.2, foram administradas 15 irrigações no tratamento irrigado (TI) e duas no tratamento não irrigado (TNI), que receberam lâminas de irrigação total igual a 329,42mm e 27,52 mm, respectivamente.

3.7 - Tratos culturais

A cultura durante o período experimental, esteve sempre livre da ação de ervas daninhas, devido as capinagens efetuadas periodicamente, sempre que necessário, visando proporcionar um bom desenvolvimento a cultura. O controle de doenças e pragas, além das necessidades de adubação, tiveram acompanhamento de técnicos da EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, para que não se tornasse fatores limitantes ao pleno desenvolvimento da cultura.

A adubação de fundação foi feita um dia antes da poda, em 23/04/1996. Utilizou-se 388g de super fosfato simples mais 20g de esterco de gado por cova. As adubações de cobertura, nitrogenadas e potássicas, foram feitas via água de irrigação, durante a fase de crescimento, semanalmente nas dosagens de acordo com os tratamentos. Utilizou-se nitrogênio(124,18g/trat), potássio(60,06g/trat), sulfato de potássio(119,33g/trat) e uréia(275,99g/trat).

Foram realizadas, ao todo, vinte pulverizações de inseticidas e fungicidas para controle de ervas daninhas, doenças e pragas, através de pulverizador costal e de barras adaptadas em tratores, aos 08, 20, 26, 27, 30, 35, 37, 41, 43, 48, 51, 52, 74, 79, 86, 92, 100, 107 DAP.

3.8 - Monitoramento da umidade do solo

A umidade do solo na área experimental foi monitorada pelo método gravimétrico. As amostras foram retiradas dos TI e TNI, às profundidades de 0-30, 30-60 e 60-90 cm, uma vez por semana, de acordo com os dias que eram feitas medições porométricas das 7:00 às 17:00 horas. Como também IAF, potencial hídrico e fotossíntese.

Tabela 3.2 - Valores semanais das lâminas de irrigação aplicadas aos tratamentos irrigados e não irrigados (mm).

DATA	DAP	TI	TOT AC	TNI	TOT AC
29/04 à 04/05	11	13,34	13,34	13,34	13,34
06 à 11/05	17	14,18	27,52	14,18	27,52
13 à 18/05	24	14,28	41,80	-	-
20 à 25/05	31	15,56	57,36	-	-
27/05 à 01/06	38	17,52	74,88	-	-
03 à 08/06	45	18,64	93,52	-	-
10 à 15/06	52	19,22	112,74	-	-
17 à 22/06	59	20,21	132,95	-	-
24 à 29/06	63	21,07	154,02	-	-
01 à 06/07	70	25,64	179,66	-	-
08 à 13/07	77	28,22	207,88	-	-
15 à 20/07	84	32,03	239,91	-	-
22 à 27/07	91	26,64	266,55	-	-
29/07 à 03/08	98	30,63	297,18	-	-
05 à 10/08	105	32,24	329,42	-	-

No experimento foram instalados três baterias de tensiômetros, contendo cada uma seis tensiômetros, correspondentes as profundidades de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 cm. As leituras dos tensiômetros foram feitas diariamente. No último dia da semana (sexta feira) os dados coletados foram graficados e analisados. Com base nos resultados obtidos pode-se fazer correções para mais ou para menos na lâmina de água a ser aplicada na semana seguinte.

A capacidade de água disponível, é usualmente definida como o teor de umidade do solo, compreendido entre a capacidade de campo (CC) e o ponto de murcha permanente (PMP) (Kiar, 1984). A CC corresponde a tensões que variam de -0,5 à -0,1 bares, dependendo do solo e, o PMP, a valores médios que giram em torno de -15 bares.

A capacidade de água disponível (CAD) em cm, foi obtida pela expressão:

$$CAD = \frac{(CC - PMP)}{100} * Da * H \quad (3.1)$$

onde Da é a densidade aparente do solo em g/cm^3 , H a espessura do solo em cm.

3.9 - Medições meteorológicas

As medições meteorológicas compreenderam aquelas obtidas no interior do abrigo meteorológico, instalado entre os tratamentos e contendo os seguintes instrumentos:

- Anemômetro a 1m acima da latada;
- Barômetro;
- Fluxímetros de solo da Micromet instruments;

- Piranômetros da ELTEC;
- Saldo-radiômetros da Micromet instruments;
- Sensores de umidade relativa da Vaisala, acima da latada;
- Sensores de temperatura da LICOR, acima da latada;
- Sistemas de aquisição de dados (Data Loggers da ELLE e da LICOR);
- Termômetros infravermelhos da INTERSCIENCE e da NATIONAL;

Essas medições foram realizadas através de um sistema de coleta de dados, os quais eram armazenados de cinco em cinco segundos com médias em dez minutos.

3.10 - Medições da temperatura do dossel

As medições da temperatura do dossel (T_c) foram obtidas por um termômetro infravermelho da NATIONAL. Este instrumento tem resolução de $0,1^\circ\text{C}$ e precisão de mais ou menos $0,5^\circ\text{C}$. O seu ângulo de visada é de 5° e detecta radiação eletromagnética na faixa de $8,0$ à $14 \mu\text{m}$ e emissividade de $0,98$. Durante as medições o termômetro era posicionado a cerca de $1,0\text{m}$ do dossel da cultura com uma inclinação de 45° com a horizontal. Em cada tratamento foram realizadas medições simultâneas de T_c e do saldo de radiação (S_r), em cada uma das duas fileiras do tratamento, nos horários das $10:00$ e $14:00$ horas (hora local). Semanalmente, foram obtidos ciclos diurnos horários das $7:00$ às $17:00$ horas. O registro da velocidade do vento foi feito no intervalo de cinco em cinco segundos com médias em dez minutos, compreendendo o início e o fim das leituras de T_c , de forma a proporcionar a velocidade média do vento nesse período.

3.11 - Medições porométricas

3.11.1 - Resistência estomática da cultura (r_c)

Aos 28 DAP, iniciou-se o monitoramento do comportamento fisiológico da cultura com um porômetro de equilíbrio dinâmico (LI-1600) da LICOR, sendo avaliados os seguintes parâmetros: resistência estomática à difusão de vapor; transpiração por unidade de área foliar; temperatura da folha; temperatura e umidade do ar no interior da câmara em contato com a folha. As medições desses parâmetros foram efetuadas sempre na face abaxial das folhas mais expostas à radiação solar e mais desenvolvidas da planta, pois, existem poucos ou nenhum estômato na parte superior da epiderme, mas na parte inferior da epiderme têm muitos (Weaver, 1976). Para se ter médias mais representativas, as medições foram repetidas em três folhas ensolaradas de duas plantas de cada tratamento, dois dias semanais nos horários das 10:00 e 14:00 horas e, um ciclo diurno horário das 7:00 às 17:00 horas.

3.11.2 - Resistência estomática da cultura transpirando potencialmente (r_{cp})

Foram utilizados dois métodos para determinar a resistência à difusão do vapor d'água, em condições de transpiração potencial, r_{cp} . O primeiro método consistiu em selecionar as medições porométricas que evidenciavam que a cultura se encontrava transpirando a taxas potenciais e, no segundo, utilizou-se o método de O'Toole e Real (1986).

a) - Método porométrico

Este método consiste em selecionar medições porométricas de dias em que a transpiração da cultura, evidenciaram taxas comparativamente máximas (dias e horários em que a condutância foi máxima). Assim, a resistência r_{cp} corresponde à média dos valores das resistências estomáticas da cultura obtidas em diferentes horários dos dias com tal característica.

b) - Método de O'Toole & Real

A equação (3.3), deduzida por Jackson et al. (1981) com base no balanço de energia sobre a cultura, fornece uma relação linear entre $(T_c - T_a)$ e o déficit de pressão de vapor (DPV), com o saldo de radiação (S_f), resistência aerodinâmica (r_a) e (r_{cp}) permanecendo constantes:

$$T_c - T_a = \frac{r_a S_f \gamma^*}{\rho C_p (\Delta + \gamma^*)} - \frac{(e_a^* - e_a)}{(\Delta + \gamma^*)} \quad (3.3)$$

Em que
$$\gamma^* = \gamma \left(1 + \frac{r_{cp}}{r_a} \right),$$

onde γ é a constante psicrométrica ($\text{Pa}/^\circ\text{C}$), ρ é a densidade do ar (Kg/m^3), C_p é o calor específico a pressão constante do ar ($\text{J}/\text{kg}^\circ\text{K}$), Δ é a tangente à curva de pressão de saturação do vapor d'água e $e_a^* - e_a$ é a pressão de saturação do vapor d'água (Pa), e_a é a pressão do ar (Pa), r_a a resistência aerodinâmica (s/m) e r_c a resistência estomática da cultura (s/m) ao transporte do vapor d'água (Monteith, 1973). Idso (1983) e O'Toole & Real (1986) demonstraram a compatibilidade desta

equação com a determinada empiricamente para linha-base estressada. A linearidade em questão pode ser expressa por:

$$(T_c - T_a) = a + b \text{ DPV} \quad (3.4)$$

em que DPV é o déficit de pressão de vapor do ar (KPa); a e b são os coeficientes linear e angular, respectivamente, da reta de regressão de $(T_c - T_a)$ versus DPV. Igualando as equações (3.3) e (3.4), deduz-se as expressões para os coeficientes a e b:

$$a = \frac{r_a S_r}{\rho C_p} * \frac{\gamma \left(1 + \frac{r_{cp}}{r_a}\right)}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_{cp}}{r_a}\right)} \quad (3.5)$$

$$b = - \frac{1}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_{cp}}{r_a}\right)} \quad (3.6)$$

Para estimar a e b pelas equações (3.5) e (3.6) é necessário que S_r , r_a , r_{cp} e Δ sejam, como mencionado, constantes, o que raramente acontece em condições de campo. Entretanto, os valores médios em um período que a cultura está transpirando a taxas potenciais podem ser usados (O'Toole & Real, 1986). Reformulando as equações (3.5) e (3.6) para \bar{r}_{ap} e \bar{r}_{cp} , obtém-se:

$$\bar{r}_{ap} = \frac{\rho C_p}{\bar{S}_r b \left(\bar{\Delta} + \frac{1}{b}\right)} \quad (3.7)$$

$$\bar{r}_{cp} = -\bar{r}_{ap} \left(\frac{\bar{\Delta} + \frac{1}{b}}{\gamma} + 1 \right) \quad (3.8)$$

3.11.3 - Taxa de transpiração da cultura

A taxa de transpiração da cultura (T_r) correspondeu à média aritmética das medições realizadas diretamente na face abaxial de três folhas da cultura, por tratamento. Foram consideradas medições nos horários das 10:00h e 14:00h, e ciclos diurnos semanais com intervalo de uma hora das 7:00h às 17:00h.

3.12 - Índices de estresse hídrico da cultura

Foram considerados o índice de graus dias de estresse da cultura (GDE), proposto por Idso et al. (1977) e por Jackson et al. (1977), o índice de estresse hídrico da cultura (IEHC_i), proposto por Idso et al. (1981) e o índice de estresse hídrico da cultura (IEHC_j), proposto por Jackson et al. (1981).

a) - Determinação do GDE

O GDE é usado para avaliar o grau de estresse hídrico de uma cultura, programar irrigações e prever o seu rendimento. O GDE é definido como:

$$GDE = \sum_{i=1}^n (T_c - T_a) i \quad (3.9)$$

onde T_c é a temperatura do dossel, T_a é a temperatura do ar, i é o dia inicial, geralmente quando há diferenciação dos tratamentos, e n é o dia final, geralmente quando são suspensas as irrigações. Foi determinado também, o GDE positivo, isto é, o somatório apenas das diferenças positivas de $(T_c - T_a)$ definido como:

$$GDE = \sum_{i=1}^n [(T_c - T_e)_i > 0] \quad (3.10)$$

b) - Determinação do IEHC_i

O IEHC_i de (Idso et al., 1981), é expresso por:

$$IEHC_i = \frac{(T_c - T_a)_{obs} - (T_c - T_a)_{reg}}{(T_c - T_a)_{max} - (T_c - T_a)_{reg}} \quad (3.11)$$

onde $(T_c - T_a)_{max}$ é a diferença obtida quando a cultura está na condição de estresse máximo e $(T_c - T_a)_{obs}$ é a diferença observada num determinado momento que se pretende quantificar o estado hídrico da cultura. A determinação de $(T_c - T_a)_{reg}$ foi obtida pela equação (3.4). DPV é obtido pela expressão:

$$DPV = e_s(T_a) - e_a(T_a) \quad (3.12)$$

onde $e_s(T_a)$ é a pressão de saturação do vapor d'água (KPa), obtida pela equação de Tetens (Rosenberg, et al., 1983) e $e_a(T_a)$ é a pressão atual de vapor d'água (KPa), dadas pelas expressões:

$$e_s(T_a) = 0.61078 \exp^{\frac{\alpha T_a}{\beta + T_a}} \quad (3.13)$$

com $\alpha = 17,269$ e $\beta = 237,3$, e a tensão atual do vapor d'água foi obtida segundo a expressão:

$$e_a(Ta) = \frac{UR * e_s(Ta)}{100} (mb), \quad (3.14)$$

onde UR é a umidade relativa do ar (%).

c) - Determinação do IEHC_j

Jackson et al. (1981) propuseram o IEHC_j de uma cultura a partir do balanço de energia, dado por:

$$S_r - G = H + \lambda E \quad (3.15)$$

onde S_r é o saldo de radiação (W/m^2), G é o fluxo de calor no solo (W/m^2), H é o fluxo de calor sensível (W/m^2) do dossel para o ar e E é o fluxo de calor latente para o ar (W/m^2), com λ sendo o calor latente de vaporização (J/kg). Em uma área com plantas em estágio de crescimento e desenvolvimento avançado, o fluxo de calor no solo (G) torna-se desprezível, em função da pouca radiação incidente à superfície do solo, provocada pelo sombreamento ocasionado pela cobertura foliar. Assim, a equação (3.15) resume-se a:

$$S_r = \lambda E + H \quad (3.16)$$

Os fluxos de calor sensível (H) e calor latente (λE) podem ser expressos pelas relações:

$$H = \rho C_p \frac{(T_c - T_a)}{r_a} \quad (3.17)$$

$$\lambda E = \rho C_p \frac{(e_{s,c} - e_a)}{\left[\gamma (r_a + r_c) \right]} \quad (3.18)$$

Combinando as equações (3.16), (3.17) e (3.18), e resolvendo para $(T_c - T_a)$, obtém-se:

$$\frac{(T_c - T_a)}{r_a} = \frac{(Sr - G)}{\rho C_p} - \frac{(e_{s,c} - e_a)}{\gamma \left(r_a + \frac{r_c}{r_a} \right)} \quad (3.19)$$

onde, substituindo $e_{s,c} = e_{s,a} + \Delta(T_c - T_a)$ na equação (3.19), tem-se:

$$(T_c - T_a) = \frac{r_a Sr}{\rho C_p} \left[\frac{\gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right)}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right)} \right] - \frac{(e_{s,c} - e_a)}{\Delta + \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right)} \quad (3.20)$$

que é a relação clássica (Jackson et al. 1981) para a diferença entre T_c e T_a , onde Δ é a tangente à curva de saturação do vapor d'água, sendo uma função da temperatura do ar e pode ser adequadamente aproximada (Jackson et al, 1988) por:

$$\Delta = 45,03 + 3,014T + 0,0534T^2 + 0,00224T^3 \quad (3.21)$$

em que T é a temperatura média entre T_c e T_a .

Para o caso de uma cultura transpirando a taxas potenciais, pode-se representar a resistência por r_{cp} , e ao substituir r_c na equação (3.20) por r_{cp} , tem-se a equação (3.3) que permite estimar a temperatura da cultura transpirando potencialmente.

Jackson et al. (1981), consideraram que um índice de estresse hídrico deve ser formulado de forma a contemplar situações de extremo estresse hídrico, quando deveria ser máximo e igual à unidade, e de plena disponibilidade hídrica, ocasião em que apresentaria um valor mínimo igual a zero. Neste sentido, o índice de estresse hídrico da cultura proposto pelos autores é definido por:

$$IEHC_j = 1 - \frac{ET_r}{ET_p} \quad (3.22)$$

onde ET_r é a evapotranspiração real e ET_p é a evapotranspiração potencial.

Substituindo-se o valor de $(T_c - T_a)$, dado pela equação (3.20), na equação (3.17) e combinando-se esta com a equação (3.16), obtém-se:

$$\lambda E_r = \frac{\Delta S r + \rho C_p \left(\frac{e_{s,a} - e_a}{r_a} \right)}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a} \right)} \quad (3.23)$$

que é a equação de Penman-Monteith para a evapotranspiração em termos das resistências do dossel e aerodinâmica (Monteith, 1973; Thom e Oliver, 1977). A evapotranspiração potencial pode ser obtida ao substituir r_c por r_{cp} na equação 3.23, que a torna igual a:

$$\lambda E_p = \frac{\Delta S r + \rho C_p \left(\frac{e_{s,a} - e_a}{r_a} \right)}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_{cp}}{r_a} \right)} \quad (3.24)$$

Como pode ser verificado, ao dividir ET_r por ET_p e substituir o resultado na equação (3.22), obtém-se a expressão do $IEHC_j$, qual seja:

$$IEHC_j = \frac{\gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right) - \gamma \left(1 + \frac{r_{cp}}{r_a}\right)}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \quad (3.25)$$

A resistência para condições de transpiração potencial da cultura (r_{cp}) foi estimada segundo os métodos propostos por O'Toole & Real (1986), conforme Silva (1994) e Azevedo et al. (1995).

A resistência aerodinâmica (r_a) foi obtida com base na expressão proposta por Monteith (1973), válida para qualquer condição de estabilidade atmosférica.

$$r_a = \frac{\left\{ \ln \left[\frac{(z-d)}{z_0} \right] \right\}^2}{0,16u(z)} * \left[1 - \frac{5g(z-d)(T_{kc} - T_{ka})}{T_{km}u(z)^2} \right] \quad (3.26)$$

onde d e z_0 representam respectivamente o deslocamento do plano zero(m) e o coeficiente de rugosidade da superfície (m), obtidos em função da altura da planta (h) pelas expressões: $d = 0,65h$ e $z_0 = 0,13h$; $u(z)$ corresponde à velocidade média do vento (m/s), obtida no nível z acima do solo; g é a aceleração da gravidade ($9,8m/s^2$) e T_{kc} , T_{ka} e T_{km} , representam, respectivamente, as temperaturas absolutas (K) do dossel da cultura, do ar e a média dessas duas. Para determinar a razão r_c/r_a , deve-se recorrer a equação derivada do balanço de energia (Jackson et al., 1981; Jackson, 1982; Folegatti, 1988; Silva, 1994):

$$\frac{r_c}{r_a} = \frac{\left\{ \left[\frac{(r_a Sr \gamma)}{\rho C_p} \right] - (T_c - T_a)(\Delta + \gamma) - (e_{s,a} - e_a) \right\}}{\gamma \left\{ (T_c - T_a) - \left[\frac{(r_a Sr)}{\rho C_p} \right] \right\}} \quad (3.27)$$

A resistência estomática do dossel vegetativo (r_c) foi obtida pela relação: $r_c = \frac{\bar{r}_{sf}}{LAF}$ sendo LAF o índice de área foliar e \bar{r}_{sf} a média da resistência estomática obtida de três folhas consideradas, em determinado estado de turgescência.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Umidade do solo

4.1.1 - Resultado da sondagem

O conhecimento da água disponível no solo para consumo das plantas permite identificar o momento de irrigar, que associado a outros fatores de produção, propicia a cultura condições de pleno desenvolvimento e conseqüentemente obtenção de ótimas produtividades.

Através da equação 3.1 foi obtida a capacidade de água disponível no solo. Para isso, foram retiradas amostras de solo nas camadas de 0-30cm; 30-60cm e 60-90cm, nos tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI) nos dias que foram obtidos ciclos diurnos de porometria. Na figura 4.1 apresenta-se a variabilidade da água disponível, para cultura nos dois tratamentos, até a profundidade de 90cm, obtida pelo método gravimétrico. Observa-se uma diminuição gradativa da água disponível no tratamento TNI a partir dos 50 dias após a poda (DAP) até os 65 DAP. Após essa data, a Capacidade de Água Disponível (CAD) tende a permanecer constante até o final do período de observações.

Em geral, a CAD em cada tratamento esteve de acordo com as irrigações praticadas, exceto por apresentar maior conteúdo no tratamento TI (Figura 4.1), em consequência da irrigação diária e de uma maior proximidade do lençol freático em relação a superfície, pois, tal situação apresenta-se desde o início das observações.

Analizando-se diâmetros de raízes conjuntamente, e em cada distância ao tronco da videira, pode-se dizer que as mesmas atingiram a profundidade de 100cm, com maiores valores de massa radicular na camada mais superficial do solo de 0-20cm, mas também com apreciável presença na camada de 80-100cm de profundidade. Na área em questão, pôde-se verificar presença de fluxos de água ascendentes por meio de tensiometria até 100cm de profundidade, face a presença de um lençol freático próximo à superfície (em torno de 200 e 250cm), durante o ciclo de desenvolvimento da videira.

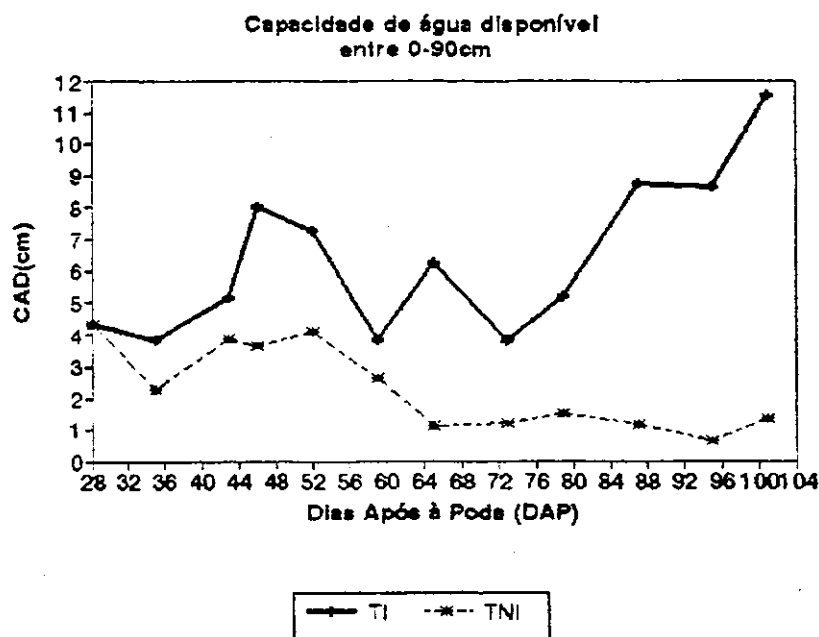


Figura 4.1 - Água disponível nos tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI), obtida pelo método gravimétrico, ao longo do período de observações.

4.2 - Área foliar

A área foliar é um parâmetro importante da planta, porque através dela pode-se avaliar a eficiência da cultura no aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa no processo de fotossíntese e, conseqüentemente a produção de matéria seca. Na figura 4.2 está representada a variação estacional do índice de área foliar (IAF). O tratamento TI apresentou valores do IAF sempre superiores aqueles obtidos no tratamento TNI. O valor máximo para o tratamento (TI) foi de 1,21 m²/m² e para o tratamento não irrigado (TNI) 1,16m²/m². A equação de regressão do índice de área foliar com os Dias Após a Poda(DAP), para o tratamento irrigado (TI), foi a seguinte:

$$IAF(TI) = [2 \cdot 10^{-6} \cdot (DAP)^3 - 0,0007 \cdot (DAP)^2 + 0,0664 \cdot DAP - 0,697] \quad (4.1)$$

com coeficiente de determinação de $r^2 = 0,97$. Para o tratamento não irrigado (TNI), a regressão obtida foi:

$$IAF(TNI) = [3 \cdot 10^{-6} \cdot (DAP)^3 - 0,0009 \cdot (DAP)^2 + 0,0766 \cdot DAP - 0,7931] \quad (4.2)$$

com coeficiente de determinação de $r^2 = 0,97$.

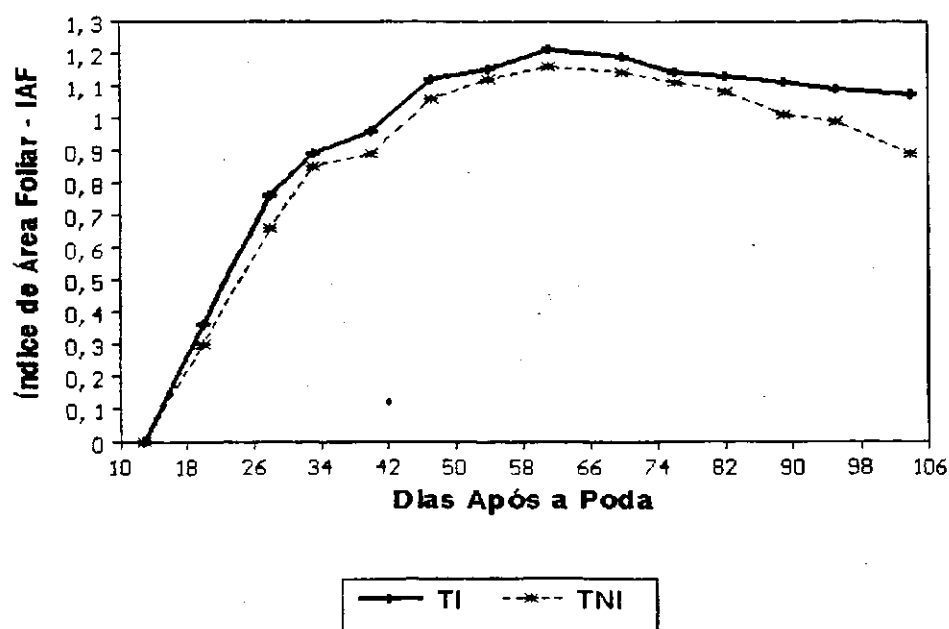


Figura 4.2 - Variação estacional do índice de área foliar da videira para os tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI).

4.3 - Medições fisiológicas

4.3.1 - Resistência estomática da cultura (r_c)

A variação estacional da resistência estomática da cultura (r_c) em s/m, obtida nos horários das 10:00h e 14:00h, é apresentada na tabela 4.1 e representada na figura 4.3, para os tratamentos TI e TNI. Analisando a Figura 4.3a, pode-se observar que há diferença de r_c para os dois tratamentos, observa-se que r_c apresenta-se com maiores valores no tratamento não irrigado (TNI) para o período das 10:00h, com exceção dos DAP = 46, 63, e 70. Já para o horário das 14:00h (Figura 4.3b), o processo volta a se repetir com r_c apresentando valores maiores para o TNI durante quase todo período de observações com exceção dos DAP = 48, 56, 76, e 93. Isto em consequência da diminuição de oferta d'água para a cultura e maior demanda atmosférica local, que chega a valores diurnos do saldo de radiação de $262,36\text{W/m}^2$. Pode-se justificar tal fato em razão da boa oferta d'água para a cultura no tratamento TI. No tratamento TNI, o maior valor observado de r_c no horário das 10:00h foi de $74,56\text{s/m}$, obtido aos 35 DAP, enquanto que no horário das 14:00h, o maior valor observado de r_c foi $92,34\text{s/m}$, obtido no mesmo tratamento aos 30 DAP. Os valores mínimos observados no TI foram de $18,24\text{s/m}$ para o horário das 14:00h e $19,96\text{s/m}$ para o horário das 10:00h, ocorridos, respectivamente aos 83 e 63 DAP. Ferreira (1995) encontrou para o meloeiro um valor máximo de $400,64\text{s/m}$, às 12:30h e um mínimo de $15,10\text{s/m}$ às 10:00h.

Na figura 4.4 são apresentados os valores da resistência estomática da cultura para dois ciclos diurnos obtidos nos dias 03/07 (DAP=69) e 01/08 (DAP=99), de 1996, para ambos os tratamentos.

No gráfico do dia 03 de julho (Figura 4.4a), os valores de r_c do TNI são superiores aos do TI nos horários das 12:00h às 14:00h e das 16:00h às 17:00 horas. Pode-se observar que o maior valor ocorreu às 12:00h, possivelmente em

consequência da grande demanda atmosférica local nesse horário. A influência da água no solo sobre r_c foi relatada por Pazzetti et al. (1992) para o feijão. Esses autores observaram que as plantas apresentaram valores maiores de r_c em consequência de uma recuperação hídrica incompleta durante a noite. Certamente, tal fato tenha ocorrido com a videira, uma vez que, apesar da água disponível fornecida pela irrigação ter sido utilizada nas horas mais quentes do dia, houve a contribuição do lençol freático, que possivelmente fez com que não houvesse deficiência hídrica no solo, com isso, r_c do TNI diminuía com o aumento da umidade, principalmente, nas primeiras horas da manhã. Hatfield (1985), encontrou situação idêntica para a cultura do trigo.

No gráfico do dia 01 de agosto (Figura 4.4b), r_c apresenta valores maiores para o TNI durante quase todo período diurno, sendo que o TI apresenta valores maiores às 7:00, 8:00, e 11:00 horas. Situação semelhante a que ocorreu para o dia 03 de julho. Já esse valor alto de r_c às 15:00 horas, atribui-se provavelmente, a um erro de leitura. Enquanto que às oscilações têm a ver com a incidência da radiação solar que é afetada pela nebulosidade local. Observa-se ainda, que os valores de r_c para esse dia são consideravelmente inferiores aqueles observados no dia 03 de julho.

Tabela 4.1 - Variação estacional da resistência estomática da cultura à difusão do vapor d'água (s/m), obtida com base em medições porométricas na face abaxial de folhas da videira, nos tratamentos irrigado(TI) e não irrigado(TNI).

DAP	HORÁRIOS			
	10:00h		14:00h	
	TI	TNI	TI	TNI
28	38,98	49,61	47,63	54,92
30	43,04	46,17	43,58	92,34
34	47,78	57,20	53,15	57,94
35	68,53	74,56	38,16	62,90
44	28,54	32,46	28,23	36,59
48	46,09	46,17	40,12	47,42
49	32,55	36,66	28,93	38,42
57	27,49	33,07	28,41	30,42
62	31,00	42,62	26,78	31,14
63	19,96	22,64	24,80	29,08
64	33,63	38,58	26,11	31,33
69	31,56	42,73	22,35	27,13
70	23,05	27,48	23,67	29,24
71	32,19	35,09	20,63	25,12
76	25,41	27,73	19,29	21,14
77	36,04	39,38	30,90	34,57
78	25,10	29,05	21,88	24,71
83	49,37	61,08	18,24	21,05
84	22,31	27,15	23,56	28,99
85	25,41	49,19	23,51	28,53
90	63,13	71,80	20,68	39,13
92	39,46	59,81	20,71	26,78
93	21,72	24,65	23,89	24,88
97	26,43	34,85	30,97	33,31
98	21,00	35,31	32,89	38,70
99	21,09	33,17	25,24	29,32

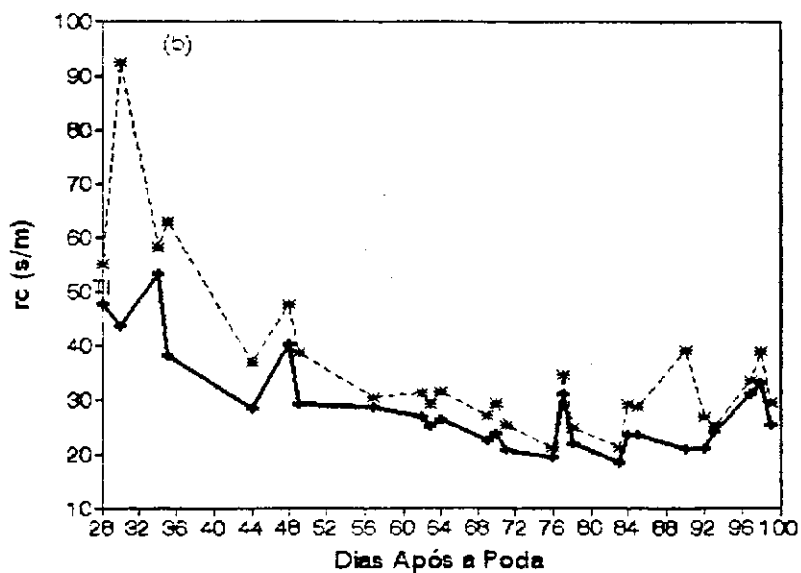
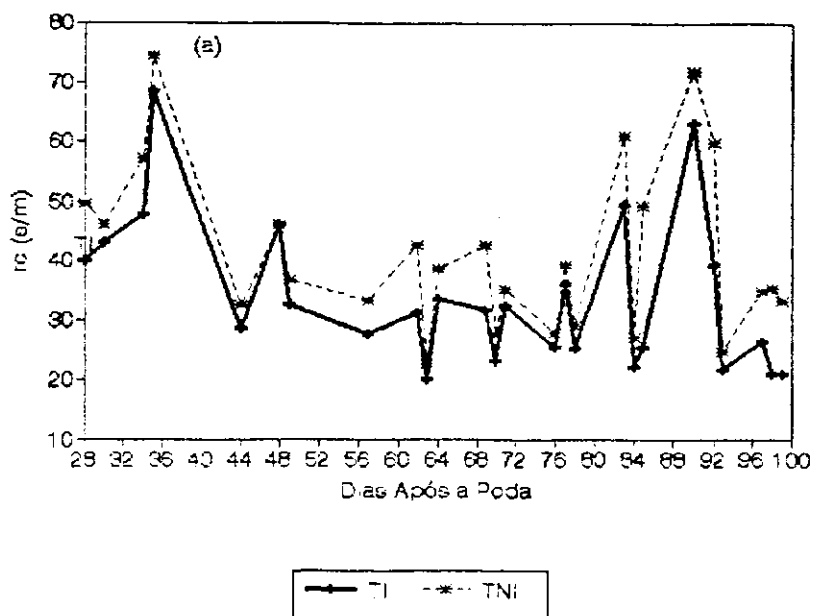


Figura 4.3 - Variação estacional da resistência estomática da cultura (r_c) nos horários:
 (a) das 10:00h e (b) das 14:00h.

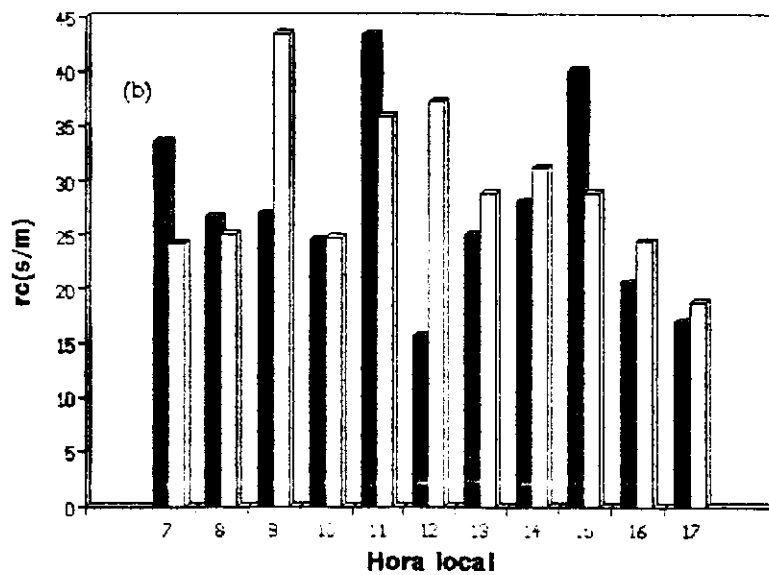
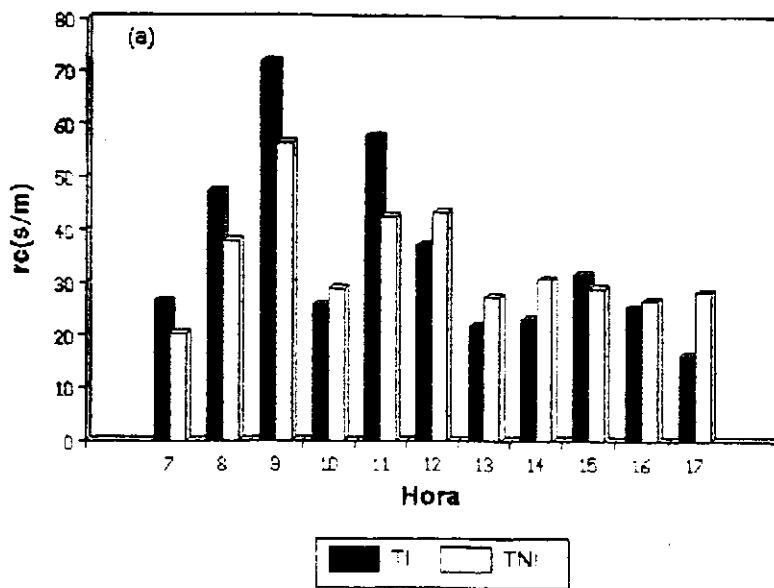


Figura 4.4 - Ciclos diurnos da resistência estomática: a) em 03/07, (DAP=69) e b) 01/08, (DAP=99), de 1996, nos tratamentos TI e TNI.

Tabela 4.2 - Valores da resistência estomática e transpiração da videira, obtidos por porometria no tratamento irrigado (TI).

Dia	Hora	Resistência (s/m)	Transpiração ($\mu\text{cm}^2.\text{s}$)
		Média de três folhas	Média de três folhas
26/06	07:00	30,72	18,15
26/06	08:00	25,10	35,05
26/06	09:00	27,63	40,35
26/06	10:00	27,48	42,08
26/06	11:00	21,66	46,73
26/06	12:00	29,83	58,68
26/06	13:00	24,22	52,45
26/06	14:00	25,72	60,35
26/06	15:00	30,54	59,67
26/06	16:00	18,70	38,48
26/07	07:00	19,46	20,40
26/07	08:00	20,41	22,00
26/07	09:00	18,77	23,50
26/07	10:00	21,66	36,13
26/07	11:00	23,15	26,05
26/07	12:00	17,51	33,70
26/07	13:00	17,36	48,05
26/07	14:00	23,89	41,65
26/07	15:00	20,83	46,15
26/07	16:00	23,15	56,35
31/07	07:00	21,30	19,00
31/07	08:00	17,27	16,75
31/07	09:00	20,46	26,55
31/07	10:00	24,54	27,10
31/07	11:00	23,62	54,15
31/07	12:00	28,90	74,66
31/07	13:00	20,32	52,60
31/07	14:00	24,27	67,66
31/07	15:00	24,00	60,80
31/07	16:00	16,96	38,00

4.3.2 - Resistência estomática da cultura transpirando em condições potenciais (r_{cp})

a) Método porométrico

Na análise das medições porométricas dos ciclos diurnos, observou-se que em alguns dias (Tabela 4.2) a condutividade estomática das folhas da videira apresentou valores máximos. Dessa maneira, obteve-se à média de três folhas e, esses valores foram utilizados no cálculo da resistência estomática da cultura, quando esta se encontrava transpirando a taxas potenciais, cujos resultados são apresentados na Tabela 4.2.

O valor médio de r_c para esses dias e horários foi de 22,98 s/m, o qual foi utilizado como r_{cp} na quantificação do estresse hídrico da cultura através da termometria infravermelha. Para obter um valor representativo da resistência, foram utilizadas folhas desenvolvidas em plena atividade fisiológica. Esse procedimento foi usado por Silva (1994), que encontrou $r_{cp} = 22,82$ s/m para a cultura do algodão; por Ferreira (1995), que encontrou $r_{cp} = 16,01$ s/m para a cultura do meloeiro, e por Frota (1994) e Souza (1994) que estudaram o comportamento fisiológico do algodoeiro herbáceo.

b) Método de O'Toole & Real

Para o cálculo da resistência r_{cp} pelo método de O'Toole & Real (1986), utilizou-se os valores de T_a , T_c , $(T_c - T_a)$, S_r , Δ e DPV de alguns horários de ciclos diurnos selecionados, conforme apresentam-se na Tabela 4.3 e resultou em médias do saldo de radiação ($S_r = 139,65$ W/m²) e da tangente à curva de saturação ($\Delta = 195,25$ Pa/K). Na Figura (4.5) está representada a relação entre a diferença $(T_c - T_a)$ e o déficit de pressão de vapor (DPV), obtida com base nos dados da Tabela 4.3, que resultou na seguinte equação da reta de regressão linear:

$$(T_c - T_a) = 0,19 - 1,87DPV$$

com coeficiente de determinação $r^2 = 0,97$, para $n = 24$ e um erro padrão da estimativa de $S_{y,x} = 0,22^\circ\text{C}$. Folegatti (1988) obteve para a cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L) quatro regressões, por faixa de intensidade de radiação solar global, sendo $(T_c - T_a) = 2,90 - 2,05\text{DPV}$, a que proporcionou maior coeficiente de determinação ($r^2 = 0,74$ para $n=14$). Silva (1994) obteve, para o algodoeiro herbáceo cv. CNPA 6M, $(T_c - T_a) = 0,76 - 1,92\text{DPV}$, com $r^2 = 0,90$ e $n = 33$. Para o melão valenciano (*Cucumis melo* L.), Ferreira (1995) obteve $(T_c - T_a) = 0,76 - 2,02\text{DPV}$, com $r^2 = 0,94$ e $n = 23$.

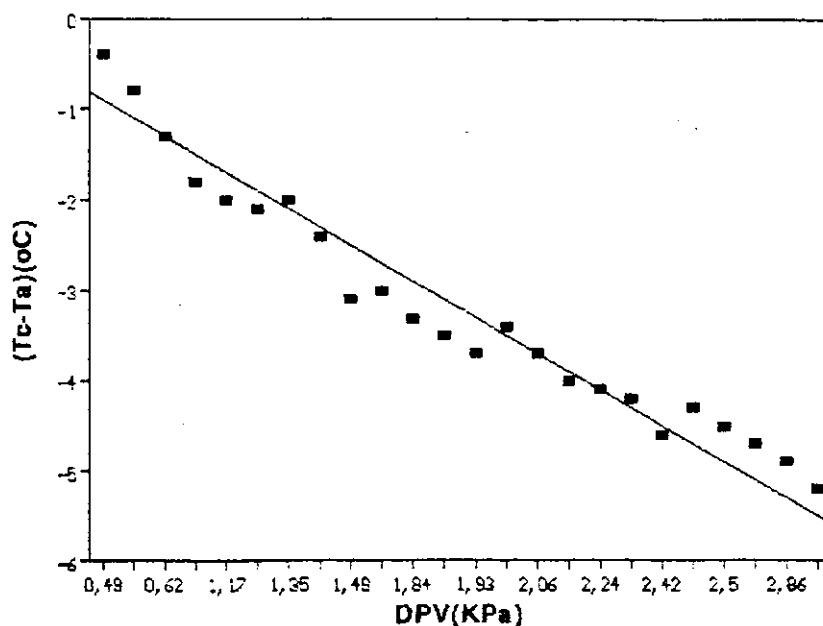


Figura 4.5 - Relação entre a diferença de temperatura ($T_c - T_a$) e o déficit de pressão de vapor (DPV) para a videira em condições de transpiração potencial.

Através das equações (3.7) e (3.8) e, das médias de S_r , Δ e dos coeficientes linear e angular da reta de regressão acima, obteve-se $r_{ap} = 4,48 \text{ s/m}$ e $r_{cp} = 18,40 \text{ s/m}$. Silva (1994) obteve, para o algodoeiro herbáceo, $r_{ap} = 5,88\text{s/m}$ e

$r_{cp} = 18,04s/m$. O'Toole & Real (1986) encontraram, para o arroz, $r_{ap} = 5,00s/m$ e $r_{cp} = 14,00s/m$, enquanto Ferreira (1995) obteve, para o meloeiro, $r_{ap} = 5,97s/m$ e $r_{cp} = 14,63s/m$. Como se pode observar, os valores de r_{ap} e r_{cp} obtidos no presente trabalho para a videira, estão compatíveis àqueles encontrados na literatura para outras culturas.

Tabela 4.3 - Valores da temperatura do ar (T_a), do dossel (T_c), da diferença entre a temperatura do dossel e a do ar ($T_c - T_a$), saldo de radiação (S_r), tangente a curva de saturação (Δ), déficit de pressão de vapor (DPV), em diferentes dias e horários, para o tratamento irrigado(TI).

Data	Hora	T_a (°C)	T_c (°C)	$T_c - T_a$ (°C)	DPV (KPa)	Δ (Pa/K)	S_r (W/m ²)
29/05	9	25,0	23,2	-1,8	1,16	180,1	204,6
29/05	17	26,8	24,7	-2,1	1,34	196,3	5,87
07/06	8	22,2	20,9	-1,3	0,62	157,2	12,92
07/06	15	27,3	24,3	-3,0	1,69	196,8	11,81
07/06	16	26,6	24,2	-2,4	1,46	192,7	11,68
07/06	17	25,3	23,3	-2,0	1,17	181,7	11,49
20/06	13	28,1	24,0	-4,1	2,24	199,4	440,4
20/06	14	28,7	24,4	-4,3	2,44	204,6	232,7
20/06	15	28,9	24,4	-4,5	2,50	205,7	287,0
20/06	16	28,6	24,0	-4,6	2,42	202,0	104,0
20/06	17	27,2	23,8	-3,4	2,04	193,7	11,87
26/06	7	21,0	20,6	-0,4	0,49	151,0	50,32
26/06	15	30,8	27,1	-3,7	2,06	231,4	315,57
26/06	16	30,6	27,3	-3,3	1,84	231,4	180,0
26/06	17	29,4	26,3	-3,1	1,49	218,8	34,53
18/07	7	20,3	19,5	-0,8	0,50	143,8	44,95
18/07	16	27,4	23,7	-3,7	1,93	194,2	149,0
18/07	17	25,3	23,3	-2,0	1,35	181,9	23,74
26/07	16	30,3	25,1	-5,2	2,95	217,1	241,3
26/07	17	27,4	23,2	-4,2	2,39	191,7	27,4
01/08	10	25,4	21,4	-4,0	2,16	173,5	412,4
01/08	15	30,2	25,3	-4,9	2,86	217,6	333,3
01/08	16	30,3	25,6	-4,7	2,56	219,9	202,7
01/08	17	28,2	24,7	-3,5	1,89	203,5	2,19

4.3.3 - Taxa de transpiração da cultura

Os valores da transpiração da videira em condição potencial, são apresentados na Tabela 4.2. O maior valor obtido foi $74,66 \mu\text{g}/\text{cm}^2\text{s}$, no dia 31 de julho, 98 dias após a poda. O valor médio da transpiração potencial diurna foi de $41,44 \mu\text{g}/\text{cm}^2\text{s}$. Na Figura 4.6, estão representados dois ciclos diurnos da transpiração: um ciclo 45 dias antes da colheita (Figura 4.6a), e outro com a cultura bem desenvolvida (Figura 4.6b). Na Figura 4.6a, observa-se que a transpiração no TI é superior ao TNI durante quase todo ciclo diurno, sendo máxima às 12:00h, estando associada ao pico da intensidade da radiação solar. No entanto, ocorreu uma inversão para os horários das 16:00h e 17:00h, em consequência da presença de nuvens. Já na Figura 4.6b, a transpiração aumentou gradativamente até ao meio dia, depois diminuiu da mesma forma até ao final do dia. Sendo que foi máxima ao meio dia, observando-se ainda que a transpiração no tratamento TI foi superior a do tratamento TNI, na maior parte do dia. Em ambas as Figuras observa-se uma diminuição da transpiração da cultura, após o meio dia, em consequência da fenologia da cultura.

O comportamento estacional da taxa de transpiração nos horários das 10:00h e 14:00h, para os dois tratamentos, estão na Figura 4.7. Na Figura 4.7a, observa-se que a taxa de transpiração aumentou com o desenvolvimento da cultura e que o tratamento TNI apresentou na maioria dos DAP valores inferiores aos do tratamento TI. Na Figura 4.7b, a taxa de transpiração do tratamento TI foi maior que a do tratamento TNI. A partir do dia 11 de junho, 48 dias após a poda, a taxa de transpiração do tratamento TI foi superior a do tratamento TNI, indicando que ao longo do tempo o tratamento TNI esteve mais estressado neste horário, quando a intensidade da radiação solar foi bem mais alta. Ficou ainda evidenciado que a transpiração no tratamento TI excedeu os valores do tratamento TNI. Com isto, pode-se concluir que o fator água foi o responsável por este comportamento.

Silva (1994), observou comportamento semelhante com o algodoeiro herbáceo, em condições climáticas similares.

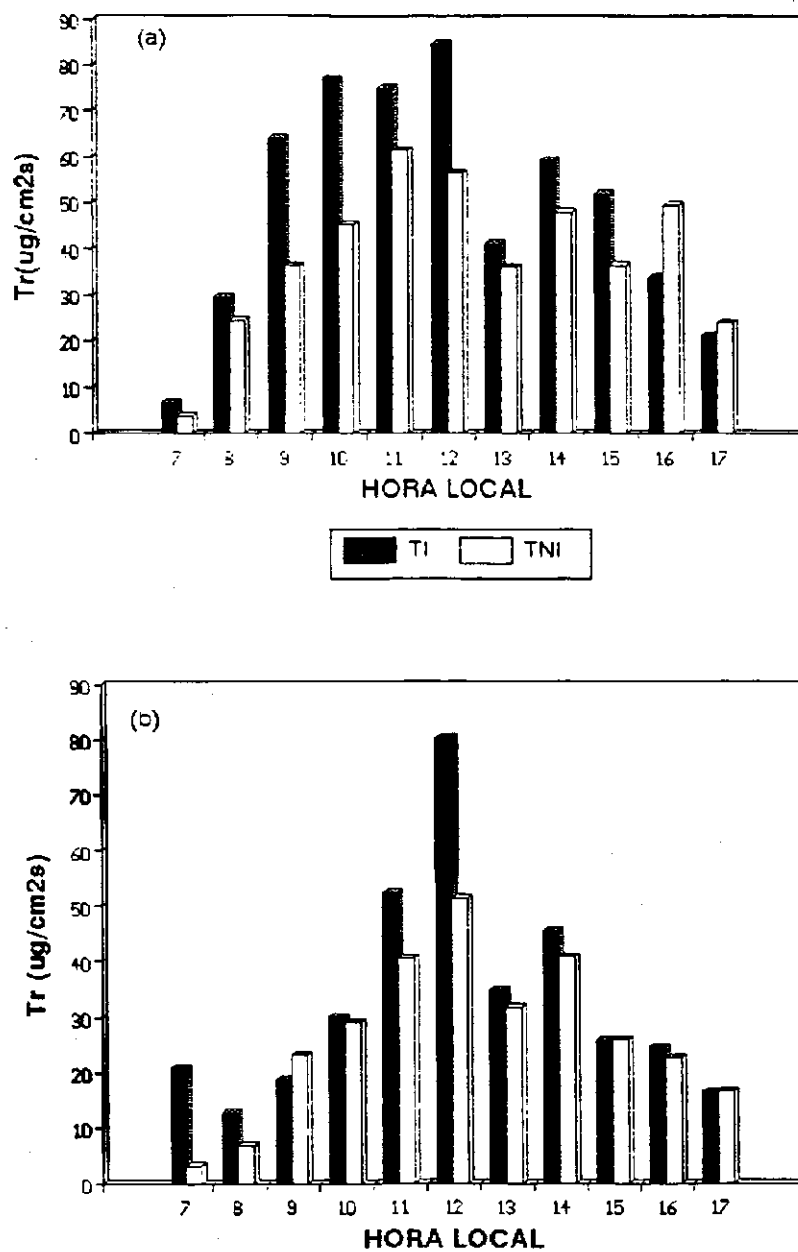


Figura 4.6 - Ciclo diurno da taxa de transpiração da cultura: a) em 03/07 (DAP=69) e (b) 01/08 (DAP=99), nos tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI).

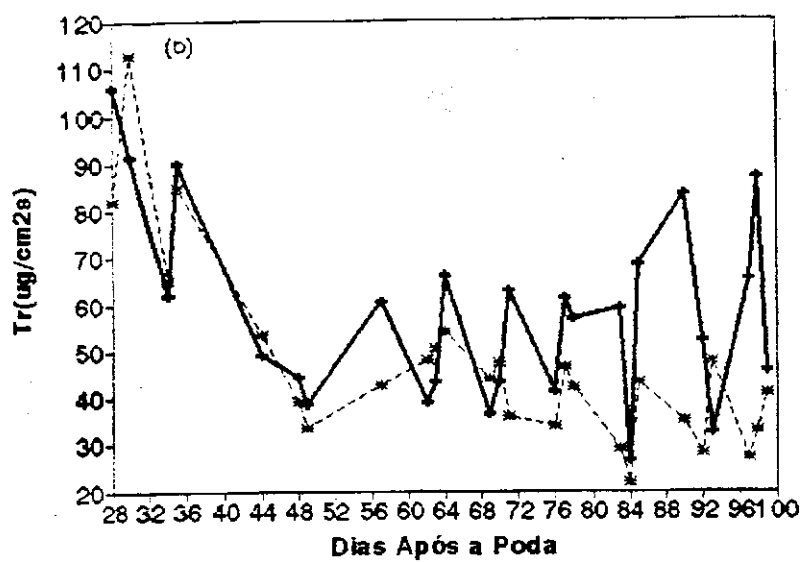
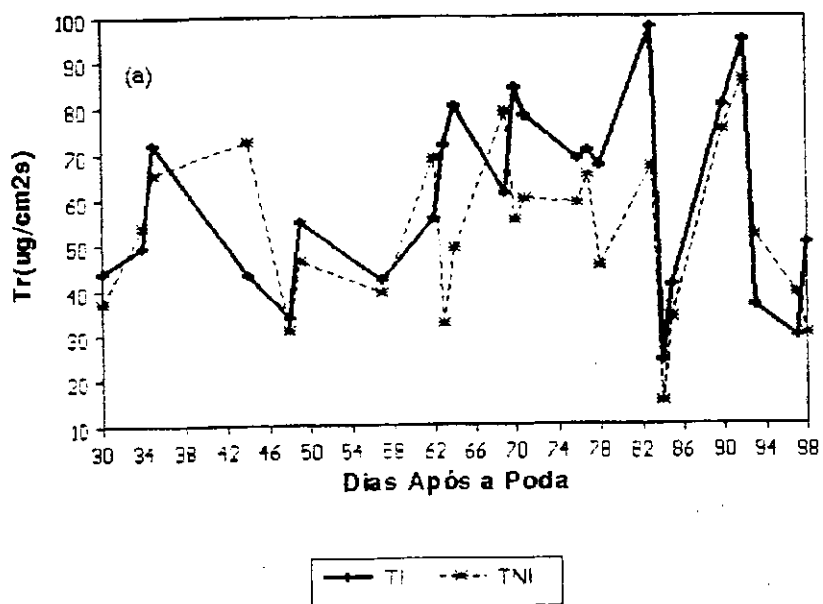


Figura 4.7 - Variação estacional da taxa de transpiração da cultura da videira para os tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00h.

4.4 - Temperatura do dossel da cultura (T_C)

A análise da temperatura do dossel (T_C) nos tratamentos TNI ($T_{C\text{TNI}}$) e TI ($T_{C\text{TI}}$) foi efetuada com base nos comportamentos diurno e estacional. Os valores da temperatura do ar (T_a), do déficit de pressão de vapor (DPV), das diferenças entre as temperaturas do dossel e do ar ($T_C - T_a$) obtidas pelo termômetro infravermelho e medidas no abrigo meteorológico são apresentados no Apêndice (Tabelas A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8).

4.4.1 - Variação diurna de T_C

O comportamento diurno de T_C nos tratamentos TI e TNI, assim como T_a para o dia 22 de maio (DAP=28), consta na Figura 4.8a. Durante todo o período de observações, T_C se manteve abaixo da temperatura do ar. Nota-se que a temperatura do dossel vegetativo, em ambos os dosséis aumentou até às 13:00h, a partir daí, diminuiu até às 17:00h. Nesse período, T_C apresentou uma certa variação, devido a variação diurna da radiação solar. Na Figura 4.8b é apresentado o comportamento de T_C e T_a no segundo ciclo diurno, realizado em 29 de maio (DAP = 35). A temperatura do ar se manteve abaixo das temperaturas dos dosséis até o período das 15:00h, ultrapassando em seguida as duas temperaturas. Os valores de T_C do tratamento TNI mantiveram-se sempre superiores as do tratamento TI. Na Figura 4.9a referente ao dia 07 de junho (DAP = 44), percebe-se que os valores de T_C nos dois tratamentos são suplantados pela temperatura do ar só após às 14:00h. Isso, provavelmente, em consequência do manejo de água. Já na Figura 4.9b, para o

dia 20 de junho (DAP = 57), T_C de ambos os tratamentos só foram suplantados por T_a após às 13h30min. T_C do TNI foi um pouco maior do que T_C do TI após às 10:00h. Para o ciclo do dia 26 de junho (Figura 4.10a) (DAP = 63), o comportamento das temperaturas é semelhante ao dia 07 de junho. Na Figura 4.10b, correspondente ao ciclo diurno do dia 18 de julho (DAP = 85), novamente, a temperatura do ar só suplantou as demais temperaturas após às 15h30min e, não há padrão diferente do já conhecido anteriormente. Para o penúltimo ciclo diurno (Figura 4.11a), para o dia 26 de julho (DAP = 93), o processo volta a se repetir com T_a só ultrapassando às demais temperaturas após às 16:00h. No último ciclo diurno (Figura 4.11b), há uma variação acentuada de T_C TI devido, possivelmente ao manejo de água, enquanto às outras duas temperaturas mantiveram o mesmo comportamento.

Resultados semelhantes foram obtidos por Lima Filho (1983), para a cultura do feijão.

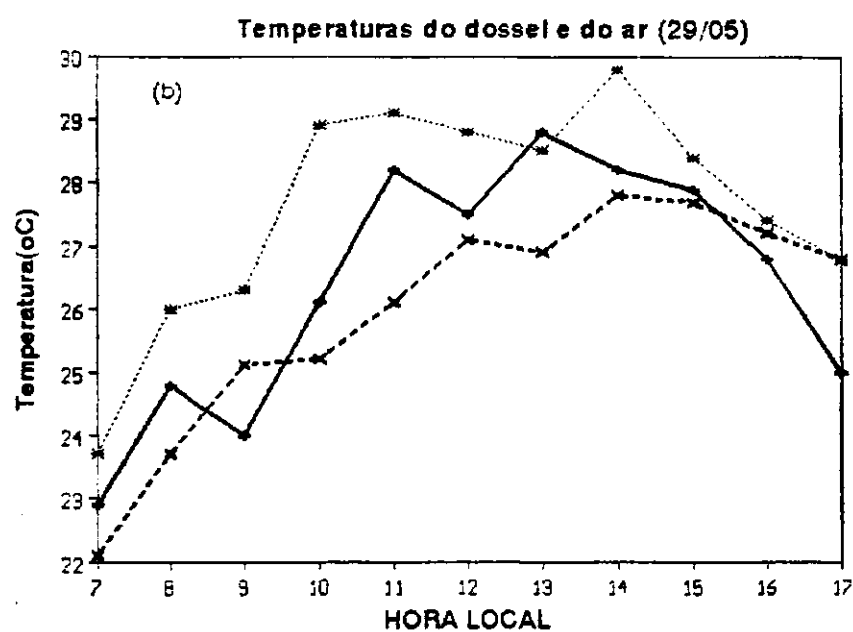
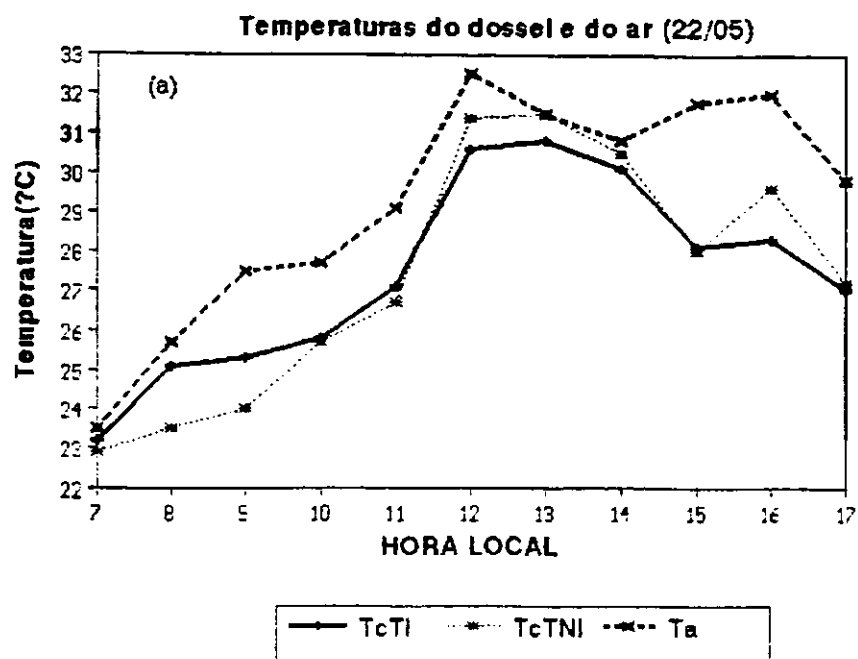


Figura 4.8 - Variação diurna das temperaturas do ar (T_a) e do dossel da cultura (T_c) nos tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI): (a) para o dia 22 (DAP=28) e (b) 29 (DAP=35) de maio de 1996.

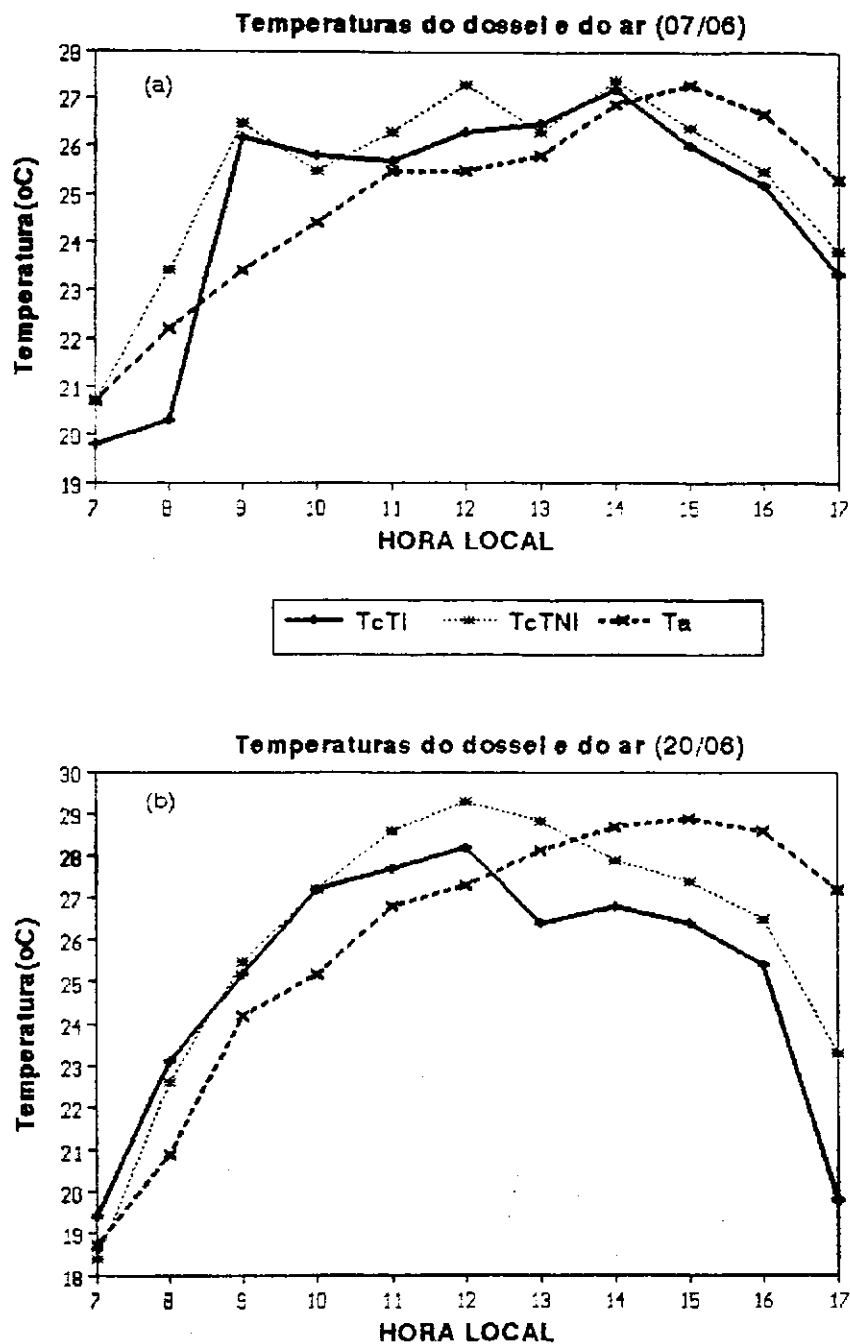


Figura 4.9 - Variação diurna das temperaturas do ar (T_a) e do dossel da cultura (T_c) nos tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI): (a) para o dia 07 (DAP=44) e (b) 20 (DAP=57) de junho de 1996.

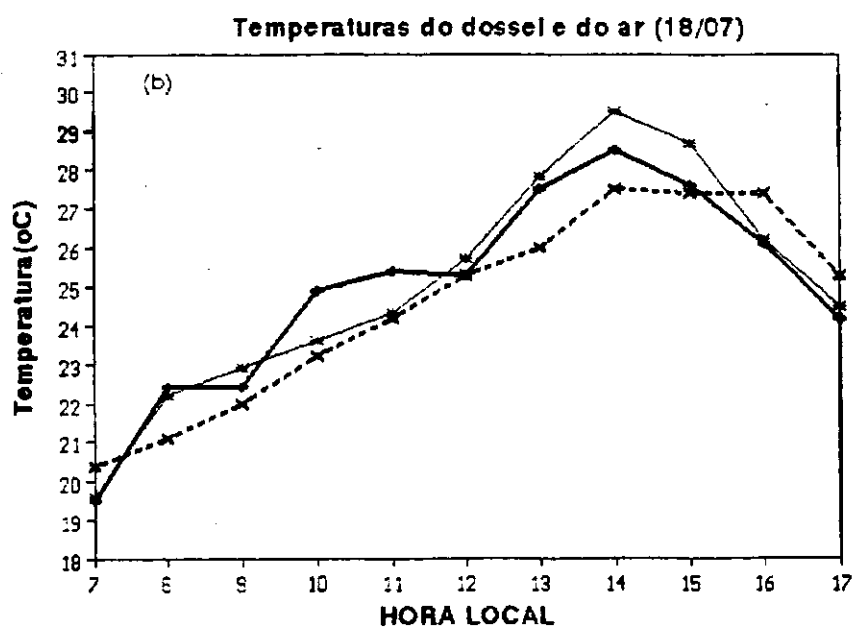
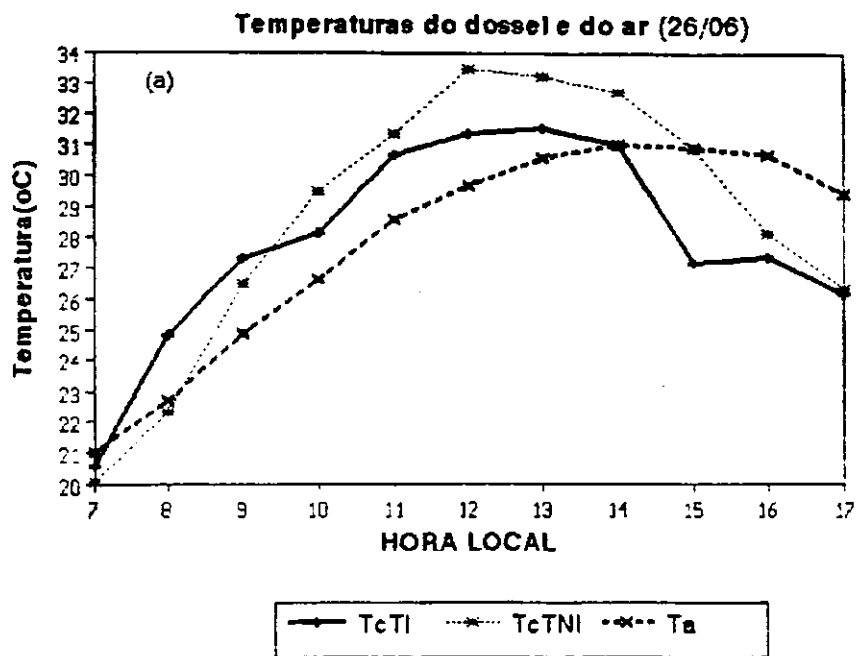


Figura 4.10 - Variação diurna das temperaturas do ar (T_a) e do dossel da cultura (T_c) nos tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI): (a) para 26 de junho (DAP = 63) e (b) 18 de julho (DAP = 85) de 1996.

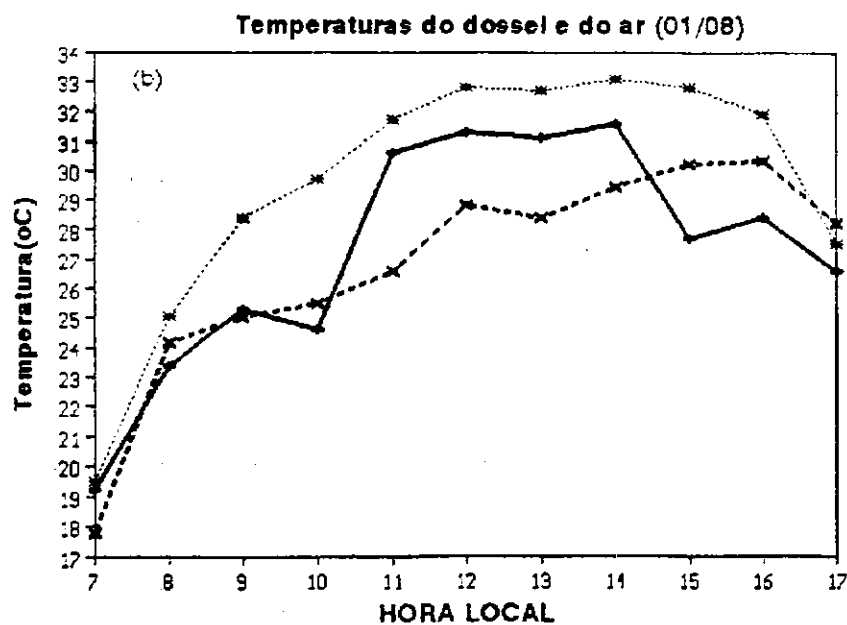
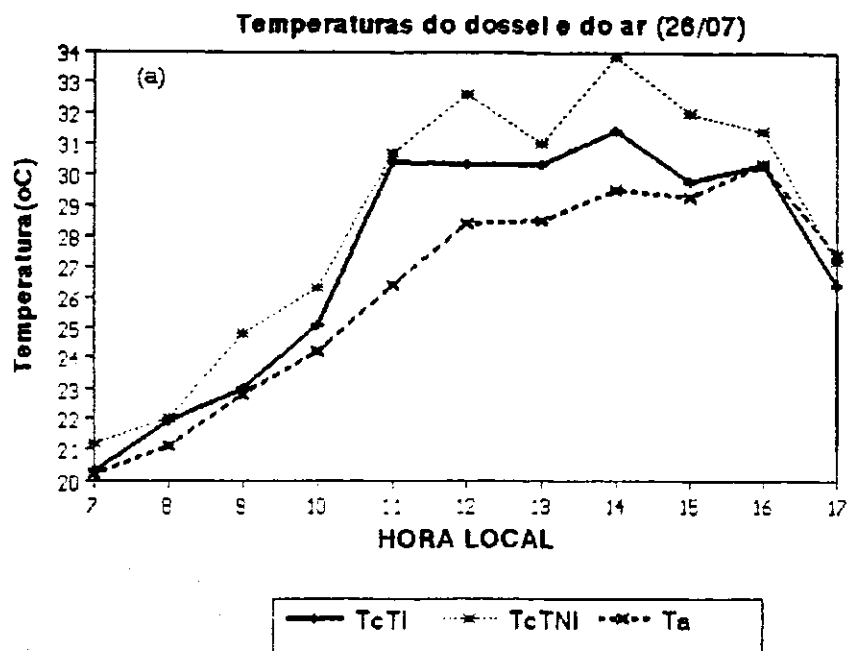


Figura 4.11 - Variação diurna das temperaturas do ar (T_a) e do dossel da cultura (T_c) nos tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI): (a) para o dia 26 de julho (DAP = 93) e (b) 01 de agosto (DAP = 98) de 1996.

4.4.2 - Variação estacional da temperatura do dossel (T_C)

Os valores de T_C para os tratamentos TI e TNI nos horários da 10:00h e 14:00h estão apresentados na figura 4.12. Nota-se que há uma grande variação dos valores de T_C de um dia para o outro. Certamente, a radiação solar global, como também a presença de núvens é responsável por tal comportamento. De certa forma, a temperatura da cultura no tratamento não irrigado (TNI) foi mais elevada do que no tratamento irrigado (TI). Isto pode ser observado pelos valores do saldo de radiação, que se encontram na Figura 4.13. Para comprovarmos a influência de S_r sobre T_C , comparemos às Figuras 4.13a e 4.13b, nos DAP= 33, 48, 58, 84 e 92, às 10:00h e 14:00h, respectivamente.

Observa-se, de maneira geral, uma tendência de aumento de T_C a partir dos DAP = 48, no horário das 10:00h e, a partir dos DAP = 57, no horário das 14:00h principalmente para o tratamento TNI. Ainda pôde-se observar que às 10:00h os valores de T_C , para ambos os tratamentos, são inferiores aos obtidos às 14:00h. Atribui-se como responsável por essas diferenças de T_C , entre os tratamentos, ao fator hídrico e as atividades fisiológicas da planta. Saha et al. (1986), observaram o mesmo comportamento para a temperatura do dossel da cultura do grão-de-bico. Silva (1994) observou comportamento idêntico com o algodoeiro em dois tratamentos de irrigação: um estressado e outro não estressado, assim como Folegatti (1988), Pazzetti (1992) e Amorim Neto (1995), que trabalharam com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), dentre outros.

Valores da temperatura do dossel do tratamento TI (T_{CTI}) e do TNI (T_{CTNI}), do déficit de pressão de vapor (DPV), da diferença entre T_C e T_a , com a temperatura do ar obtida no abrigo meteorológico e Saldo de radiação (S_r) são apresentados nas tabelas A9 e A10 que encontram-se no Apêndice. Pode-se observar que os valores de $(T_C - T_a)(TI)$ são geralmente inferiores aos de $(T_C - T_a)(TNI)$, o que indica que a temperatura do dossel da videira encontrava-se mais

aquecido acima do tratamento TNI, pois, como a água foi se tornando limitante, a transpiração foi reduzida e a temperatura da folha aumentou, aquecendo o ar a sua volta.

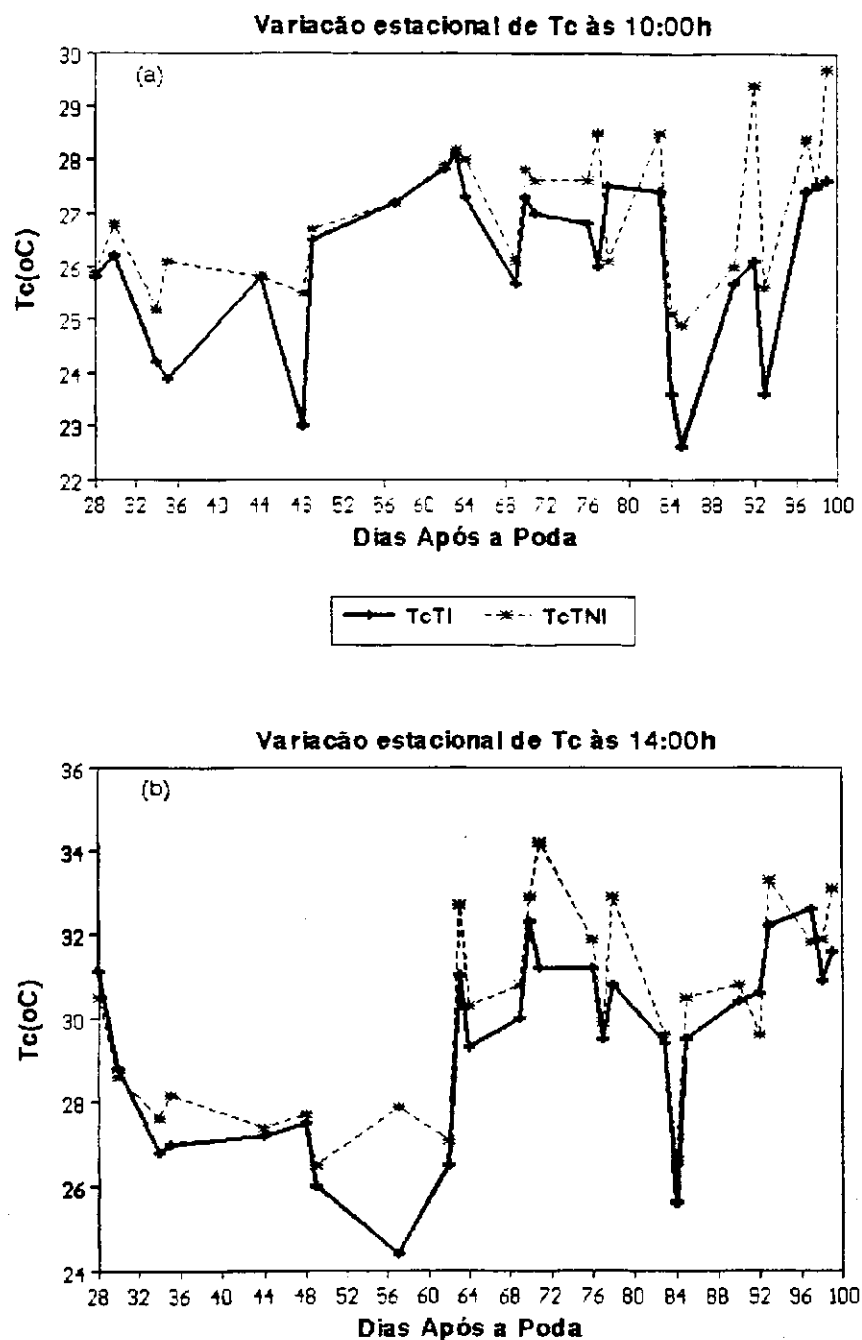


Figura 4.12 - Variação estacional da temperatura do dossel da cultura (T_c) nos tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00h.

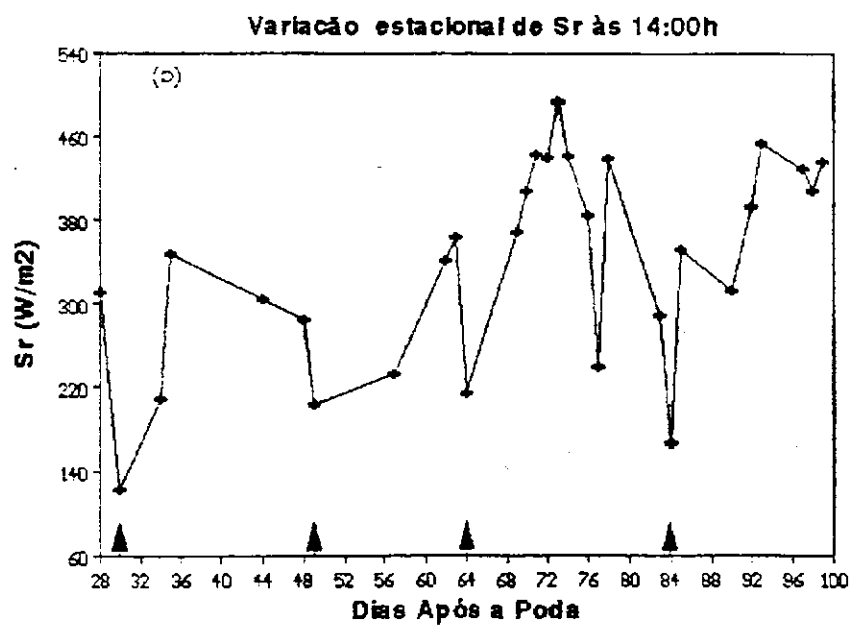
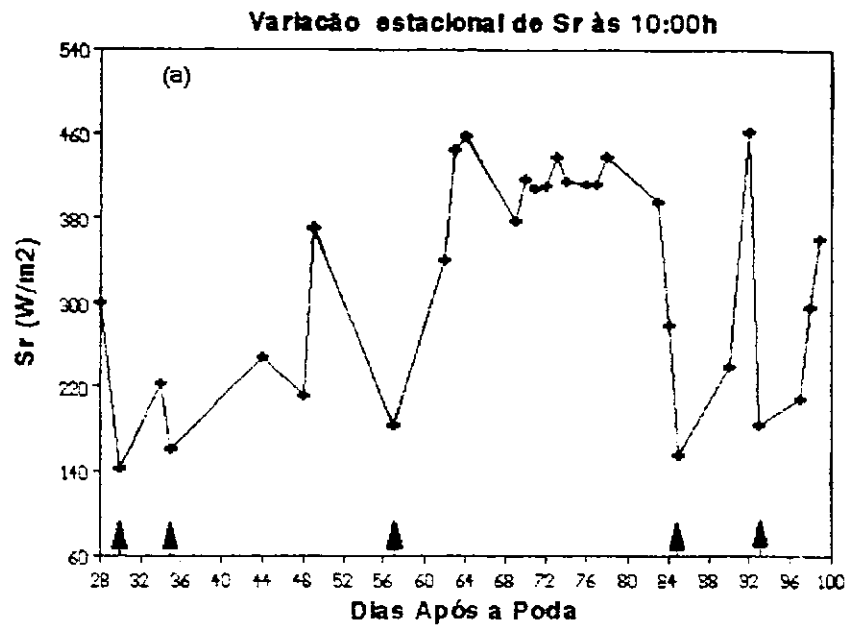


Figura 4.13 - Variação estacional do saldo de radiação (S_r) nos horários das: (a) 10:00h e (b) 14:00h. As setas indicam dias parcialmente nublados.

4.5 - Índices de estresse hídrico da cultura (IEHC)

4.5.1 - Diferença da temperatura do dossel e do ar ($T_C - T_A$)

Um dos indicadores do estresse hídrico da cultura é o diferencial entre a temperatura do dossel da cultura (T_C) e a temperatura do meio ambiente (T_A). Os valores da diferença de temperatura do dossel vegetativo e a do ar ($T_C - T_A$) no TNI são mostrados nas Figura 4.14a e 4.14b, para medições feitas às 10:00h e 14:00h, respectivamente. Observa-se que, tanto no período da tarde quanto no da manhã, os valores de ($T_C - T_A$) mantiveram um certo equilíbrio apresentando valores positivos e negativos. No período da tarde, os valores da diferença ($T_C - T_A$) foram maiores, atingindo valor máximo próximo de $5,8^\circ\text{C}$, enquanto que, pela manhã, esse máximo ficou em torno de $4,3^\circ\text{C}$. Quando a planta esteve em condições de estresse hídrico, apresentou ($T_C - T_A$) positivo. No entanto, nem sempre isso ocorreu, provavelmente a cultura tenha recebido contribuição do lençol freático como também de fluxos laterais, durante certo período, restabelecendo a turgescência da cultura, pois, esse tratamento encontrava-se entre dois tratamentos irrigados, permitindo que a mesma dispusesse de um certo período de resfriamento, mediante o fluxo de calor latente para a atmosfera.

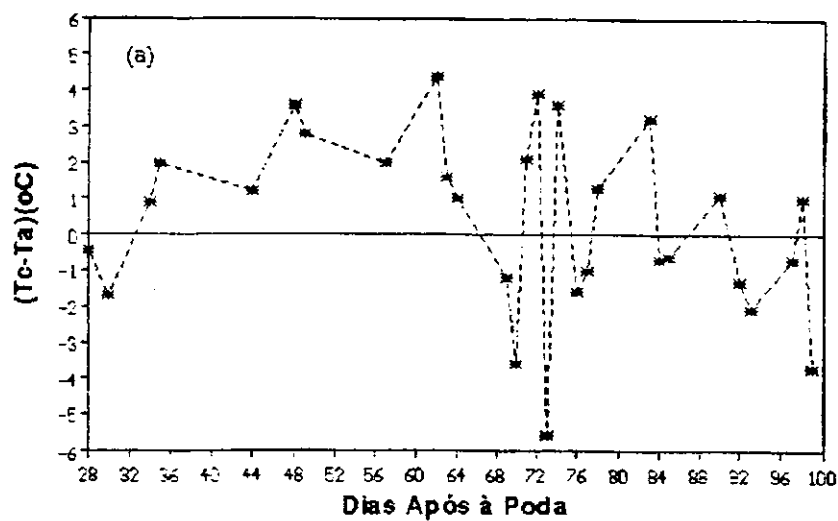
Amorim Neto (1995), em trabalho com feijoeiro, relatou que os valores de ($T_C - T_A$) não foram positivos, em decorrência de não ter havido estresse hídrico. No presente trabalho, mesmo as plantas submetidas a estresse hídrico, não foi suficiente para tornar ($T_C - T_A$) sempre positivo. Acredita-se que, em função das condições edafoclimáticas do experimento, os valores de ($T_C - T_A$) positivos deixam de ser regra geral para ser exceções (Albuquerque, 1997), fato esse que também foi comprovado, dentre outros, por Pazzetti et al. (1992) e Bergamaschi et al. (1988).

4.5.2 - Graus dia de estresse (GDE) acumulado

Nas Figuras 4.15a e 4.15b estão representados os valores dos graus dia de estresse (GDE) para os tratamentos TI e TNI para os dois horários 10:00h e 14:00h, para o período entre os 28 e 99 dias após a poda. No horário das 10:00h (Figura 4.15a), observa-se que as diferenças entre os valores do GDE do TI e do TNI, iniciaram-se aos 28 dias após a poda, variando no transcorrer dos dias e, tornando-se próximas após os 84 DAP. Já para o horário das 14:00h (Figura 4.15b), observa-se que a partir dos 28 dias após a poda as diferenças tornam-se perceptíveis. Para o horário das 14:00h, o TNI apresentou as maiores diferenças do GDE em relação ao TI, até os 72 dias após a poda. Esse aumento pode ser uma consequência da diminuição da disponibilidade hídrica do solo, conforme a Figura 4.1.

Saha et al. (1986) também obtiveram o valor do GDE acumulado, para a cultura do grão-de-bico, sendo menores no tratamento irrigado. Concluíram que tal comportamento se deve às altas taxas de transpiração do dossel da cultura irrigada, que mantêm-se com T_c abaixo da temperatura do ar, enquanto que na não irrigada, com menor transpiração, a temperatura do dossel é comparativamente superior a do ar. Jackson et al. (1977), obtiveram comportamento semelhante para o trigo. Esses autores obtiveram valores positivos mais elevados do GDE para a parcela de trigo estressada, muito antes da senescência. Já a videira, só apresentou valores comparáveis a partir dos 62 dias após a poda, acentuando-se até o final das observações (Figura 4.16b). Folegatti (1988) obteve, para o feijão, GDE positivo de até 128,2°C. Ferreira (1995) chegou a obter, para o melão, GDE positivo de até 37°C na parcela estressada. Na videira, obteve-se GDE positivo de até 35°C para o tratamento não irrigado, aos 90 dias após a poda, para ambos os horários de observações. É importante frisar que esse índice revela, segundo seu comportamento, a influência da água contida no solo na temperatura da cobertura

foliar ou seja, uma menor disponibilidade de água para a transpiração corresponde a um maior valor de GDE.



--*-- TNI

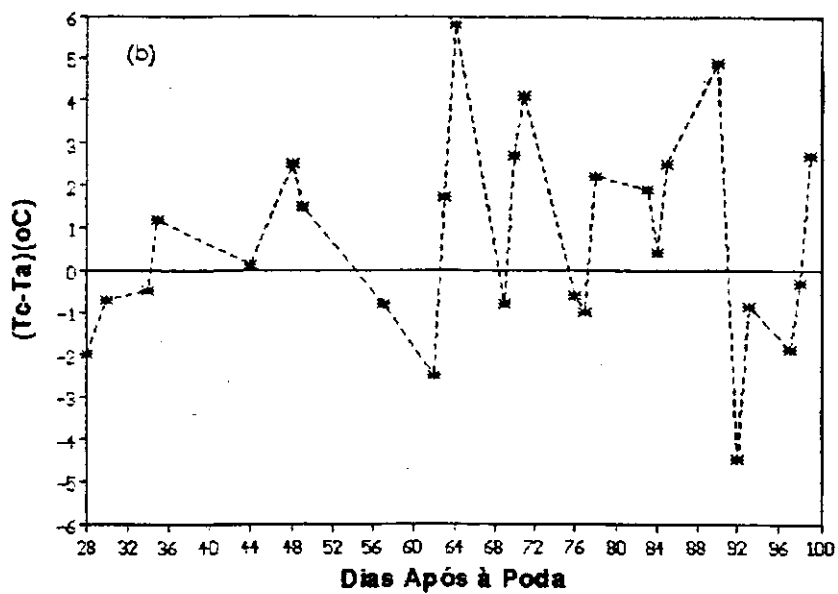


Figura 4.14 - Diferença da temperatura do dossel vegetativo e do ar ($T_c - T_a$), observada no tratamento não irrigado (TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00h.

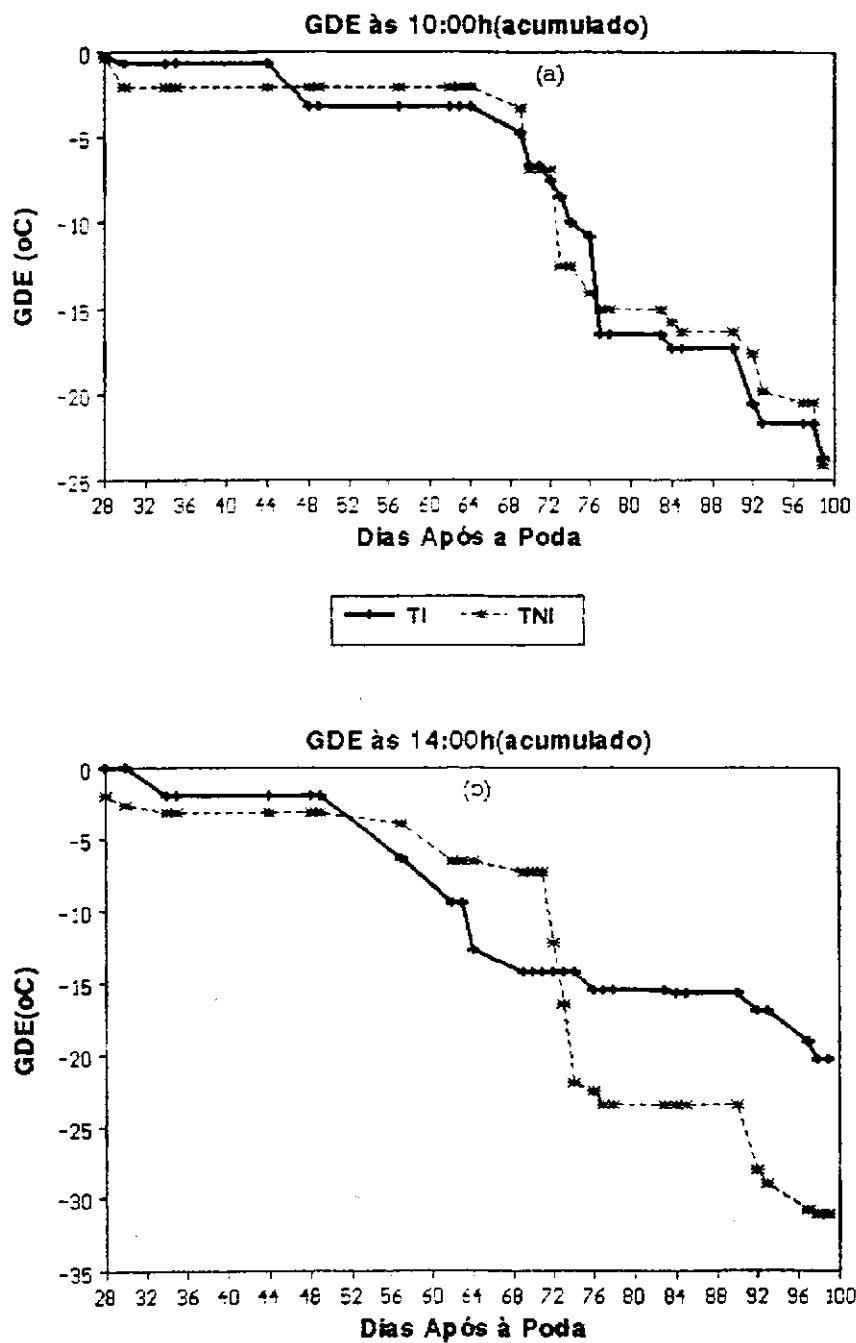


Figura 4.15 - Variação estacional dos graus dia de estresse (GDE) nos tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00h.

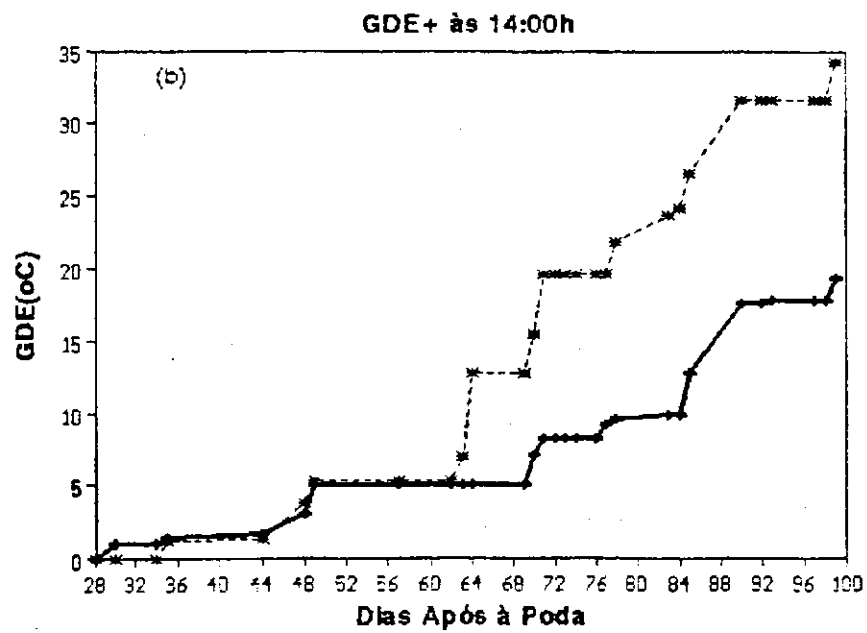
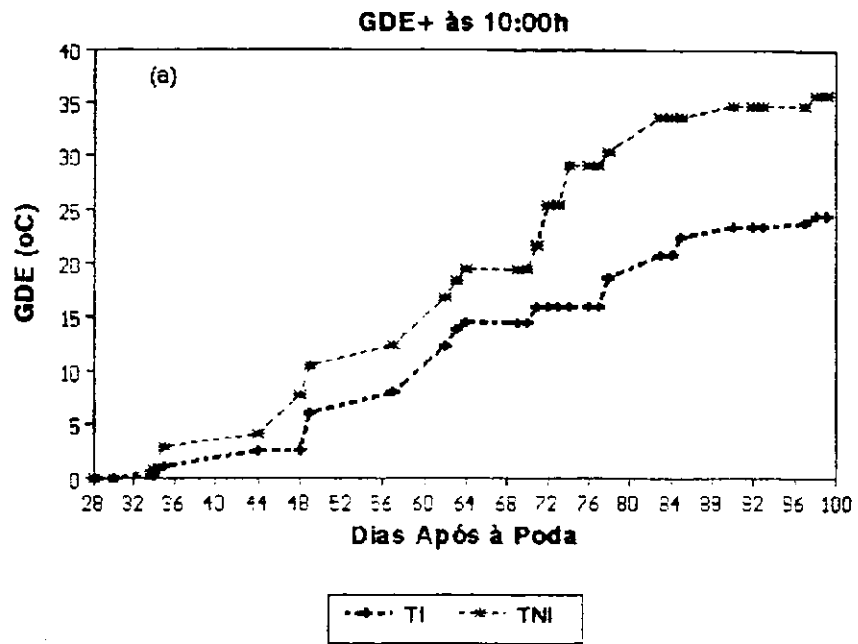


Figura 4.16 - Variação estacional do GDE positivo para os tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00h.

4.5.3 - Índice de estresse hídrico da cultura proposto por Idso et al. (IEHC_i)

O'Toole & Hatfield (1983) observaram que a estimativa da linha base superior da relação linear entre $(T_c - T_a)$ e DPV é um passo crítico no cálculo do IEHC_i. Supondo que não houve esgotamento de água disponível para a cultura no tratamento TNI, a linha base superior foi obtida a partir das observações realizadas em cada uma das fileiras do referido tratamento. O maior valor obtido para $(T_c - T_a)$ no TNI, foi igual a 5,8°C, quando considerou-se a temperatura do ar (T_a) obtida do abrigo. Então, esse valor foi usado para o cálculo do IEHC_i, cujos valores estão representados na figura 4.17. Para a alfafa, Abdul-Jabar et al. (1985) obtiveram, para a linha base superior $(T_c - T_a)$ igual a 4,0°C, enquanto que Silva (1994), com algodoeiro herbáceo, obteve o valor de 5,0°C.

Como pode-se observar, há uma grande variação associada aos valores do IEHC_i para ambos os tratamentos que podem ser atribuídos ao fator água e/ou a variação da radiação solar, sendo que os valores do tratamento não irrigado(TNI) são superiores aos do tratamento irrigado(TI). Observa-se no horário das 10:00h para o tratamento TNI (Figura 4.17a), que o IEHC_i chegou a ultrapassar o valor 0,7. No entanto, no mesmo tratamento às 14:00h (Figura 4.17b), o IEHC_i atingiu valor próximo de 0,9 aos 90 dias após a poda. Com base nos valores obtidos, observa-se que em apenas treze ocasiões, no horário das 10:00h, e em outras quinze ocasiões, às 14:00h, o IEHC_i foi superior a 0,5. Assim sendo, recomenda-se que as irrigações sejam administradas sempre que o IEHC_i for igual a 0,5.

De maneira geral, observando-se a figura 4.17, persiste a variabilidade do IEHC_i e não evidenciam-se estresse acentuado. Tal situação pode ter sido ocasionada pelo fato da fileira não irrigada situar-se entre duas fileiras irrigadas, além de possivelmente ter havido contribuição do lençol freático bem próximo da superfície durante o período das observações. A obtenção das linhas base superior e

inferior são determinantes no cálculo do IEHC_i e, dependendo da determinação destas, pode-se obter valores negativos e superiores a unidade.

Pinter e Reginato (1982), obtiveram para o algodoeiro, valores do IEHC_i variando entre -0,5 e 1,5 e Silva (1994), também com algodoeiro, obteve valores do IEHC_i variando entre -0,2 e 1,2. Sabe-se que, a linha base inferior é imprescindível para caracterizar o IEHC_i. Idso (1982) obteve, para a cultura do algodoeiro, $T_c - T_a = 1,49 - 2,09DPV$, com $r^2 = 0,971$ e $n=181$. Para isto foram considerados dias de céu claro. Howell et al. (1984) obtiveram diferentes coeficientes ao estudarem o efeito da salinidade no algodoeiro herbáceo cv. Acala. Para o Acala (SJ-2), Reginato (1983) obteve a relação $T_c - T_a = 1,0 - 1,70DPV$, com $r^2 = 0,94$. Hatfield et al. (1985) observaram que o coeficiente angular das regressões é afetado pelo índice de cobertura do solo. Estudaram ainda diversas variedades de algodoeiro herbáceo e observaram que a linha base inferior depende da variedade estudada.

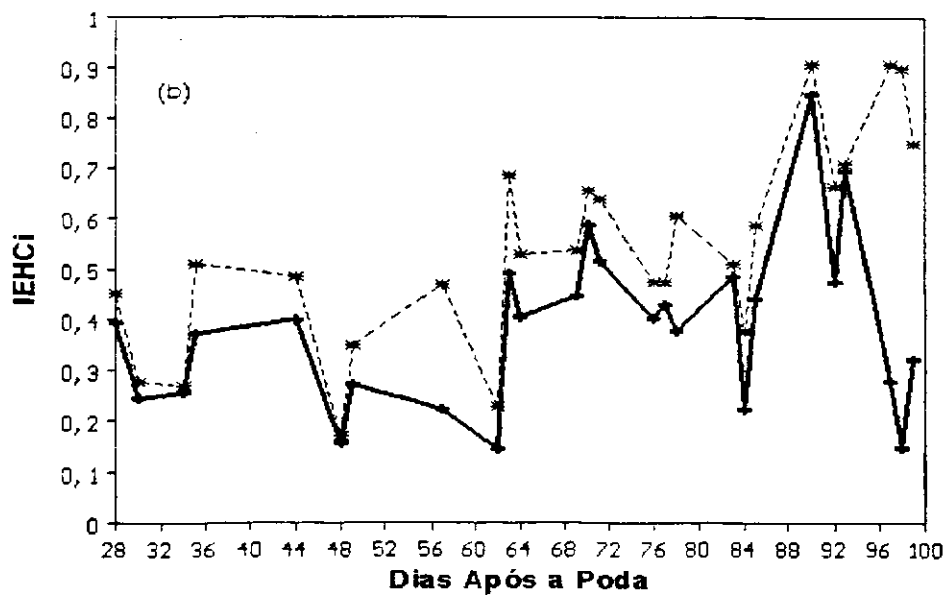
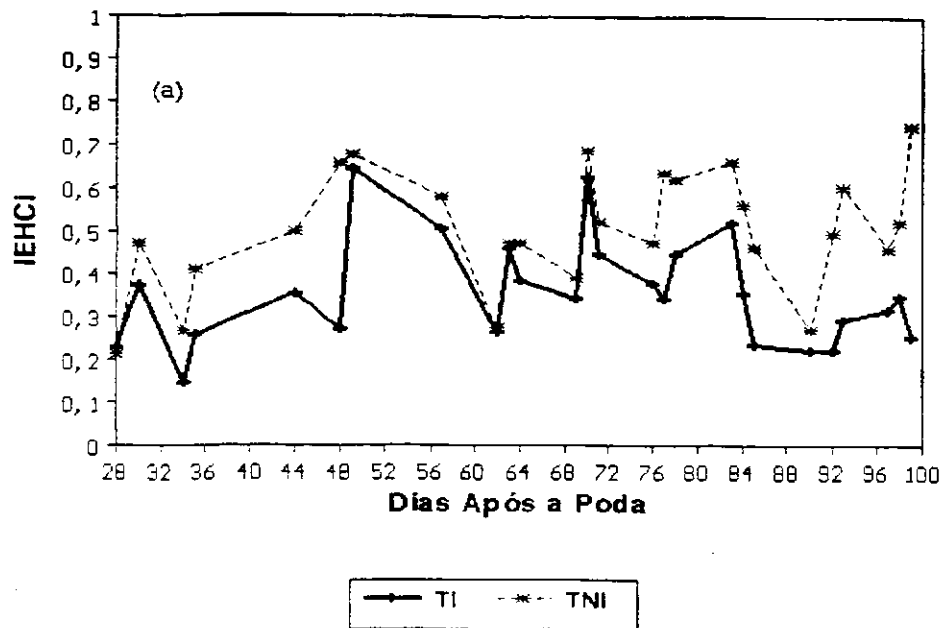


Figura 4.17 - Variação estacional do IEHC_i, com T_a obtida no abrigo meteorológico para os tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00 horas.

4.5.4 - Índice de estresse hídrico da cultura proposto por Jackson et al. (IEHC_j)

Na figura 4.18 está representada a variação do índice de estresse hídrico da videira proposto por Jackson et al. (1981), para o período de observações, dos 28 aos 99 dias após a poda, para ambos os tratamentos, sendo que o tratamento TI foi tomado como referencial, com as plantas evapotranspirando potencialmente, haja visto que não houve restrição de umidade no solo. A variação estacional do IEHC_j foi calculada com r_{cp} obtida pelo método de O'Toole & Real (1986), cujo valor foi de 18,40s/m. O valor de r_{cp} obtido através da porometria foi de 22,98 s/m. Como estes valores são próximos, praticamente não há diferença entre o comportamento do IEHC_j obtido pelos dois métodos, portanto, optou-se pela apresentação dos gráficos do IEHC_j com r_{cp} obtida através do primeiro método.

Os valores do IEHC_j no tratamento TNI, situaram-se entre 0,05 e 0,78. No entanto, o valor 0,4 foi ultrapassado em sete ocasiões para ambos os horários. A exemplo da variação estacional da diferença ($T_c - T_a$), no horário das 14:00h, o IEHC_j apresentou valores menores do que os observados às 10:00h. Resultados similares foram observados por Silva (1994), para o algodão, e Ferreira (1995), para o meloeiro. Portanto, observa-se uma grande variabilidade dos valores do IEHC_j, o que torna difícil definir um valor crítico, acima do qual, deve-se administrar as irrigações. Pode-se observar que os valores do IEHC_j para às 10:00h, oscilam entre 0,03 e 0,58. Já para às 14:00h, esses valores oscilam entre 0,05 e 0,78. Baseando-se nos valores do IEHC_j, as irrigações devem ser administradas quando o mesmo igualar-se a 0,4. Como o cálculo do IEHC_j depende de várias variáveis atmosféricas, o mesmo é confiável para se administrar às irrigações com base no limite estabelecido.

Para ambos os horários, no tratamento não irrigado, observa-se que praticamente não houve estresse hídrico acentuado. Isto pode ser explicado em razão desse tratamento encontrar-se entre dois tratamentos irrigados, sofrendo a influência do bulbo molhado das fileiras irrigadas. Também, há o problema já citado

anteriormente, relacionado a possível elevação do lençol freático. As figuras evidenciam uma tendência satisfatória do IEHC_j acompanhando o tratamento, com seus valores máximos próximos de 0,8. Os resultados obtidos mostram que este índice tem potencial para monitorar a irrigação da videira, sendo necessária a realização de novas pesquisas, usando-se tratamentos diferenciados em função de diferentes níveis de tensão de água no solo.

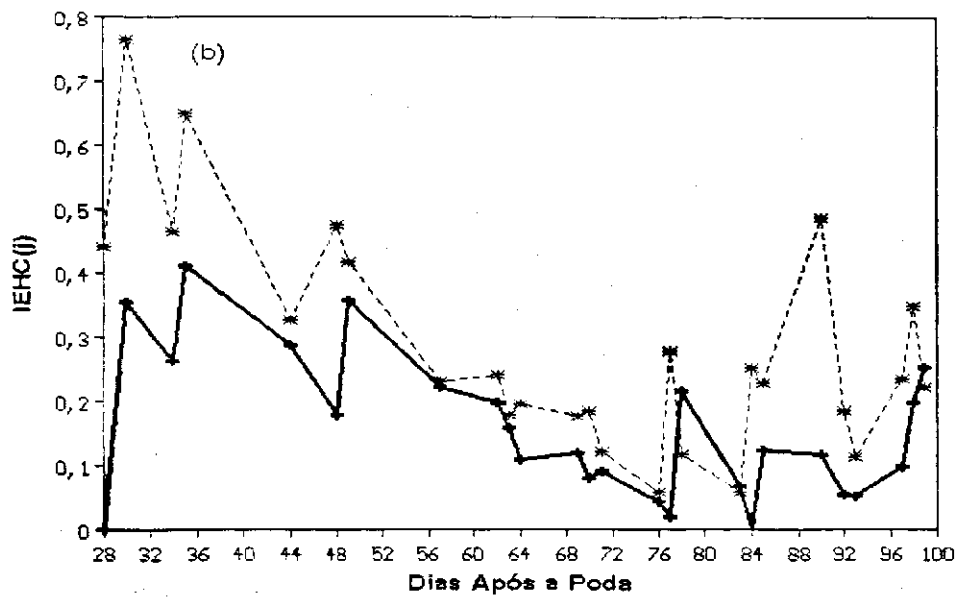
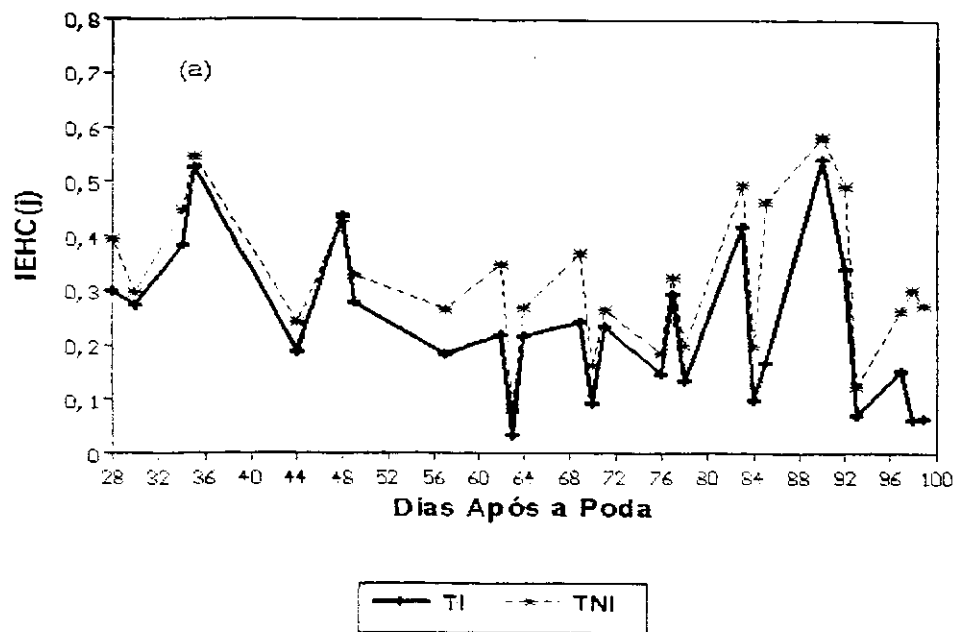


Figura 4.18 - Variação estacional do IEHC_j com r_{cp} obtida pelo método de O'Toole & Real (1986) nos tratamentos irrigado (TI) e não irrigado (TNI): (a) às 10:00h e (b) às 14:00h.

4.6 - Resultado da produção de frutos

A produção de frutos por tratamento, em kg de uvas/videira, encontra-se na tabela 4.4. Foram selecionadas cinco plantas por fileira aleatoriamente. Observa-se que o tratamento que obteve maior produtividade foi o tratamento irrigado (TI). Estes resultados indicam que o fator água influenciou consideravelmente a produtividade. Mesmo assim, a produção foi considerada satisfatória para ambos os tratamentos.

Tabela 4.4 - Dados da produção de frutos por tratamento, irrigado (TI) e não irrigado (TNI).

Plantas	TRATAMENTOS			
	TI(Kg/videira)	TI(t/ha)	TNI(Kg/videira)	TNI(t/ha)
A	13,63	17,04	8,00	10,00
B	11,38	14,23	7,88	9,85
C	14,38	17,97	9,50	11,87
D	11,25	14,06	9,50	11,87
E	9,88	12,35	9,50	11,87
MÉDIA	12,10	15,13	8,88	11,09

Analogamente às outras culturas perenes, o rendimento da videira varia consideravelmente de um ano para outro e de uma planta para outra. Nas zonas tropicais, em sistema de produção para fins de comercialização, são considerados bons os rendimentos da ordem de 5 a 10 t/ha.

Portanto, o estresse refletiu efetivamente no rendimento, sem no entanto ser suficiente para afetar os elementos utilizados para o cálculo dos índices.

5 - CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos no presente trabalho pode-se concluir que:

a) Foi possível obter uma relação entre $(T_c - T_a)$ e o DPV para a cultura da videira européia nas condições climáticas da área, na forma: $(T_c - T_a) = 0,19 - 1,87$ DPV que possibilitou a determinação do IEHC;

b) A resistência estomática (r_{cp}) da cultura transpirando a taxas potenciais pode ser obtida com a mesma precisão, tanto pelo método de O'Toole & Real quanto pelo método da porometria. No caso da videira européia cultivada, sob irrigação, nas condições climáticas da região do submédio São Francisco, o valor de r_{cp} é da ordem de 20 s/m.

c) As plantas do tratamento irrigado (TI), praticamente não sofreram estresse hídrico, em consequência do mesmo ter sido irrigado diariamente. Já o tratamento não irrigado (TNI) sofreu estresse, não muito acentuado, talvez em consequência da fileira não irrigada situar-se entre duas fileiras irrigadas.

d) Em virtude da grande variação dos valores obtidos, o $IEHC_j$ não deve ser usado como parâmetro de controle da irrigação, nas condições observadas na pesquisa. Recomenda-se que novos experimentos sejam conduzidos visando comprovar tal observação;

e) Para a cultura da videira alcançar rendimento satisfatório, as irrigações devem ser ministradas sempre que o $IEHC_j$ atinja o valor 0,4; levando-se em consideração que para a obtenção deste índice, utiliza-se um número maior de parâmetros ambientais e da planta.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDUL-JABBAR, A.S., LUGG, D. G., SAMMIS, T.W.; GAY, L.W. Relationships between crop water stress index and alfafa yield and evapotranspiration. **TRANSACTIONS of The ASAE**, 28: 454-461, 1985.
- ALBUQUERQUE, P.E.P. **Evapotranspiração, balanços de energia e da água no solo e índice de estresse hídrico da cultura, em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) submetido a diferentes frequências de irrigação.** FCA, Botucatu - SP, 147p, 1997. (Tese de doutorado).
- ALBUQUERQUE, T. S. A. de; SOUSA, J. S I. de; OLIVEIRA, F. Z. A expansão da viticultura no Vale do Submédio São Francisco. In: Garibaldi, RS. Anais do Simpósio Latino-americano de Enologia e Viticultura, do II Simpósio Anual de Viticultura. Garibal-dine, (s.n), 1987. p. 1-8.
- AMORIM NETO, M. da S. **Termometria a infravermelho associada ao balanço de energia na determinação do índice de estresse hídrico da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigado.** UFV, Viçosa-MG, 89p, 1995. (Tese de doutorado)
- ASTON, A. R. & VAN BAVEL, C. H. M. Soil surface water depletion and leaf temperature. **Agronomy Journal**, 64: 368-373, 1972.
- AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; RAMANA RAO, T. V. Resistência do algodoeiro herbáceo ao fluxo de vapor d'água em condições de transpiração potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 39-44, 1995.
- BASCUR, G.A.B.; OLIVA, M.A.; LAING, D. Termometria infrarroja en seleccion de genótipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequia. I. Bases fisiológicas. **Turrialba**, 35(1): 43-47, 1985.
- BERGAMASCHI, H.; VIEIRA, H. J.; OMETTO, J. C.; ANGELOCCI, L. R.; LIBARDI, P. L. Deficiência hídrica em feijoeiro. I. Análise de crescimento e fenologia. **Pesquisa Aagropecuária Brasileira**, 23(7) : 733-743, 1988.

- BONNANO, A. R.; MACK, H. J. Use of canopy-air temperature differentials as a method for scheduling irrigations in snap beans. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, Mount Vernon, v. 108(5), p. 826-831, 1983.
- CHOUDHURY, E. N.; MILLAR, A. A. Características físico-hídricas de três latossolos irrigados do Projeto Bebedouro. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE. *Pesquisa em irrigação no trópico semi-árido: solo, água, planta*. Petrolina, PE, 1981. p. 1-14. (EMBRAPA-CPATSA. Boletim de Pesquisa, 4).
- DANTAS, R. T.; RAMANA RAO, T. V. Monitoramento de deficiência hídrica na cultura do milho com o termômetro infravermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29(11): 1743-1749, 1994.
- EHLER, W. L. Cotton leaf temperatures as related to soil water depletion and meteorological factors. *Agronomy Journal*, 65: 404-409, 1973.
- EPIPHANIO, J. C. N. Avaliação da condição hídrica da cultura do milho através de sensoriamento remoto termal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 18, n. 11, p. 1233-1241. 1983.
- FERREIRA, J. A. S. **Monitoramento da deficiência hídrica do meloeiro (*Cucumis melo* L.) com Termometria infravermelha.** DCA/CCTUFPB, Campina Grande - PB, 79p, 1995. (Tese de Mestrado)
- FOLEGATTI, M. V. **Avaliação do desempenho de um "Scheduler" na detecção do estresse hídrico em cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) irrigada com diferentes lâminas.** Piracicaba, ESALQ/USP, 1988. 188p. ilustr.(Tese de Doutorado).
- FROTA, R. N. B. **Comportamento fisiológico e morfológico do algodoeiro herbáceo irrigado nas condições semi-áridas do Nordeste brasileiro.** DCA/CCT/UFPA, Campina Grande-PB, 110p, 1994. (Tese de mestrado)
- FUCHS, M.; TANNER, C. B. Infrared thermometry of vegetation. *Agronomy Journal*, 58: 597-601, 1966.

- GARDNER, B. R.; BLAD, B. L.; WATTS, D. G. Plant and air temperatures in differentially irrigated corn. **Agricultural Meteorology**, 25: 207-217, 1981.
- HATFIELD, J. L. Evapotranspiration obtained from remote sensing methods. In: **Advances in Irrigation**. Hillel, D. (ed), Academic Press, New York, v. 2., 1983, p. 395-416.
- HATFIELD, J. L.; WANJURA, D. F.; BARKER, G.L. Canopy temperature response to water stress under partial canopy. **Transactions of the ASAE**. 28(5): 1607-1611, 1985.
- HATTENDORF, M. J.; CARLSON, R. E.; HALIM, R. A. ; BUXTON, D. R. Crop water stress index and yield of water-deficit-stressed alfalfa. **Agronomy Journal**, 80 : 871-875, 1988.
- HOWELL, T. A.; YAMADA, H.; DAVIS, K. R. Evaluation of cotton canopy temperature to detect crop water stress. **Transactions of the ASAE**, 27(1): 84-88, 1984.
- HOWELL, T. A.; MUSICK, J. T.; TOLK, J. A. Canopy temperature of irrigated winter wheat. **Transactions of the ASAE**, 29(6) : 1692-1698, 1986.
- IDSO, S. B.; Stomatal regulation of evapotranspiration from well-watered plant canopies: a new synthesis. **Agricultural and Forest Meteorology**, 29: 213-217, 1983.
- IDSO, S. B.; JACKSON, R. D.; REGINATO, R. I. Remote sensing of crop yields. **Science**, 196: 19-25, 1977.
- IDSO, S. B.; JACKSON, R. D.; PINTER Jr., P. J. Normalizing the stress degree day parameter for environmental variability. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v.24. p. 45-55, 1981.
- IDSO, S. B.; REGINATO, R. J. Soil - and atmosphere - induced water stress in cotton as inferred from foliage temperatures. **Water Resources Research**, 18(4): 1143-1148, 1982.

- JACKSON, R. D., Canopy temperature and crop water stress. in: HILLEL, D. (ed). **Advances in irrigation**. volume 1. Academic Press, New York, 1982. p. 43-85.
- JACKSON, R. D.; IDSO, S. B.; REGINATO, R. J.; PINTER Jr., P. J. Canopy temperature as a crop water stress indicator. **Water Resources Research**, 17: 1133-1138, 1981.
- JACKSON, R. D.; REGINATO, R. J.; IDSO, S. B. Wheat canopy temperature: a practical tool for evaluating water requirements. **Water Resources Research**, Washington, v.13, n. 3, p. 651-656, 1977.
- JACKSON, R. D.; KUSTAS, W. P.; CHOUDHURY, B. J. A reexamination of the crop water stress index. **Irrigation Science**, 9: 309-317, 1988.
- JUNG, P. K.; SCOTT, H. D. Leaf water potential stomatal resistance and temperature in relation growth soybeans. **Agronomy Journal**, 72: 986-990, 1980.
- KLAR, A. E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo, Nobel, 65-74, 1984.
- LIMA FILHO, J. M. P. Temperatura foliar de genótipos de feijão sob duas condições de umidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 18(7): 703-706, 1983.
- LORENTE, A. Nuevas variedades de uva de mesa: su comportamiento y manejo cultural. JORNADAS LATINO AMERICANAS DE VITICULTURA Y ENOLOGIA UVAS Y VINOS DEL V CENTENÁRIO", 5., 1992, Montevideo, Uruguai. **anales**. Montevideo: Asociacion de Enólogos del Uruguai, 1992.
- MONTEITH, J. L.; SZEICZ, G. Radiative temperature in the heat balance of natural surfaces. **Q. J. R. Meteorology Soc.** 88: 469-507, 1962.
- MONTEITH, J. L. Principles of environmental physics. First Edition. Edward Arnold, London, 241p., 1973.
- MONTEITH, J. L.; UNSWORTH, M. H. Principles of environmental physics. Second Edition. Edward Arnold. London. 1990. 291p. ilustr.

- NAKAIAMA, F. S.; BUCKS, D. A. Crop water stress index, soilwater and rubber yield relations for the guayale plant. *Agronomy Journal*, **76** : 791-794, 1984.
- NIELSEN, D. C.; ANDERSON, R. L. Infrared thermometry to measure single leaf temperatures for quantification of water stress in sunflower. *Agronomy Journal*, **81** : 840-842, 1989.
- O'TOOLE, J. C.; HATFIELD, J. L. Effect of wind on the crop water stress index derived by infrared thermometry. *Agronomy Journal*, **75** : 811-817, 1983.
- O'TOOLE, J. C.; REAL, J. G. Estimation of aerodynamic and crop resistances from canopy temperature. *Agronomy Journal*, **78**: 305-310, 1986.
- PAZZETTI, O. G. A. *Aplicação da termometria infravermelha na irrigação da cultura de milho (Zea mays L.) e do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)*. Viçosa, UFV, 1990. 61 p. (Tese de Mestrado).
- PAZZETTI, G. A.; OLIVA, M. A.; RESENDE, M. Aplicação da termometria infravermelha a irrigação do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.): parâmetros fisiológicos. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, **4**(1): 27-31, 1992.
- PAZZETTI, G. A.; OLIVA, M. A.; LOPES, N F. Aplicação da termometria ao infravermelho à irrigação do feijoeiro: crescimento e produtividade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, **28**(12): 1371-1377, 1993.
- PINTER JR, P. J.; REGINATO, R. J. A thermal infrared technique for monitoring cotton water stress and scheduling irrigation. *Transactions of the ASAE*. St. Joseph, v. 25, p.1651-1655, 1982.
- RAMANA RAO, T. V.; SILVA, B. B.; AZEVEDO, P. V.; MEDEIROS, A. M. T.; SOUZA, C. B.; ACCIOLY, C. V.; ESPÍNDOLA SOBRINHO, J. Comportamento diurno da temperatura do dossel e da resistência estomática do algodão herbáceo irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8, Porto Alegre, 27 a 30 de julho de 1993. *Resumos...*, p.52, 1993.
- REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. da S. **Dados de precipitação, evapotranspiração potencial, radiação solar global de alguns locais e**

classificação climática do Nordeste do Brasil. Petrolina-PE, EMBRAPA/CPATSA, 1983. 280p.

REGINATO, R. J. Field quantification of crop water stress. **Transactions of the ASAE.** St. Joseph, v. 26, p. 772-781, 1983.

REICOSKY, D. C.; DEATON, D. E. Soybean water extration leaf water potential and evapotranspiration during droughth. **Agronomy Journal**, 71: 45-50, 1979.

REICOSKY, D. C.; DEATON, D. E.; PARSONS, J. E. Canopy air temperature and evaporation from irrigated and stressed soybeans. **Agricultural Meteorology**, 21: 21-35, 1980.

ROSENBERG, N. J.; BLAD, B. L.; VERMA, S. B. **Microclimate: the biological environment.** Second edition, John Wiley & Sons, New York, 495p, 1983.

SAHA, S. K.; AJAI, A. K. S.; GOPALAN ; KAMAT, D. S. Relations between remotely sensed canopy temperature, crop water stress, air vapor pressure deficit and evapotranspiration in chickpea. **Agricultural and Forest Meteorology**, 38: 17-26, 1986.

SILVA, B.B. **Estresse hídrico em algodoeiro herbáceo irrigado evidenciado pela termometria infravermelha.** DEC/CCT/UFPB, Campina Grande-PB, 139p, 1994. (Tese de doutorado)

SILVA, B. B.; KUMAR, K. K.; AZEVEDO, P. V.; SOUZA, C. B. Estimativa das resistências aerodinâmica e da cultura com base na temperatura do dossel para o algodão herbáceo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 8, Porto Alegre, 27 a 30 de julho de 1993. Resumos...,p.54, 1993.

SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. **Avaliação Técnica de Sistemas de Irrigação Localizada.** Boletim de Pesquisa, Petrolina-PE: EMBRAPA - CPATSA, 1994. 18p.

SOUZA, C. B. **Estudos de parâmetros morfológicos na cultura do algodoeiro herbáceo em condições diferenciadas de irrigação no Vale do Assu-RN.** DCA/ CCT/UFPB, Campina Grande-PB, 1994. (Tese de mestrado)

STEGMAN, E. C.; SODERLUND, M. Irrigation scheduling of spring wheat using infrared thermometry. **Transactions of the ASAE**, 35(1): 143-152, 1992.

STEINER, J. L.; SMITH, R. C. G.; MEYER, W. S.; ADENEY, J. A. Water use, foliage temperature and yield of irrigated wheat in south-eastern Australia. **Australian Journal of Agricultural Research**, 36: 1-11, 1985.

TANNER, C. B. Plant temperature. **Agronomy Journal**, 55: 210-211, 1963.

THOM, A. S.; OLIVER, H. R. On Penman's equation for estimating regional evaporation. **Q. J. R. Met. Soc.**, 103: 345-357, 1977.

VALEEXPORT/SEBRAE, **Produção e melhoramento de uvas sem sementes no Vale do Submédio São Francisco.** Petrolina -PE. 1993, 17p.

WANJURA, D. F.; KELLY, C. A.; WENDT, C. W.; HATFIELD, J. L. Canopy temperature and water stress of cotton crops with complete and partial ground cover. **Irrigation Science**, 5: 37-46, 1984.

WEAVER, R. J. Vine structure. In: WEAVER, R. J. **Grape growing.** New York: J. Wiley, 1976. cap. 2, p. 10-22.

SOUZA, C. B. Estudos de parâmetros morfológicos na cultura do algodoeiro herbáceo em condições diferenciadas de irrigação no Vale do Assu-RN. DCA/ CCT/UFPB, Campina Grande-PB, 1994. (Tese de mestrado)

STEGMAN, E. C.; SODERLUND, M. Irrigation scheduling of spring wheat using infrared thermometry. *Transactions of the ASAE*, 35(1): 143-152, 1992.

STEINER, J. L.; SMITH, R. C. G.; MEYER, W. S.; ADENEY, J. A. Water use, foliage temperature and yield of irrigated wheat in south-eastern Australia. *Australian Journal of Agricultural Research*, 36: 1-11, 1985.

TANNER, C. B. Plant temperature. *Agronomy Journal*, 55: 210-211, 1963.

THOM, A. S.; OLIVER, H. R. On Penman's equation for estimating regional evaporation. *Q. J. R. Met. Soc.*, 103: 345-357, 1977.

VALEEXPORT/SEBRAE, *Produção e melhoramento de uvas sem sementes no Vale do Submédio São Francisco*. Petrolina -PE. 1993, 17p.

WANJURA, D. F.; KELLY, C. A.; WENDT, C. W.; HATFIELD, J. L. Canopy temperature and water stress of cotton crops with complete and partial ground cover. *Irrigation Science*, 5: 37-46, 1984.

WEAVER, R. J. Vine structure. In: WEAVER, R. J. *Grape growing*. New York: J. Wiley, 1976. cap. 2, p. 10-22.

APÊNDICE

Tabela A1 - Ciclo diurno de T_a (abrigo)(°C), T_c (°C), $DT1$ (abrigo)(°C), e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 22 de maio de 1996.

Tratamento	Hora	T_c	T_a	$DT1$	DPV	S_r
TI	7	23,2	23,5	-0,3	0,56	60,2
TNI		22,9	23,5	-0,6	0,56	60,2
TI	8	25,1	25,7	-0,6	1,01	233,0
TNI		23,5	25,7	-2,2	1,01	233,0
TI	9	25,3	27,5	-2,2	1,48	392,2
TNI		24,0	27,5	-3,5	1,48	392,2
TI	10	25,8	27,7	-1,9	1,44	299,4
TNI		25,7	27,7	-2,0	1,44	299,4
TI	11	27,1	29,1	-2,0	1,77	440,7
TNI		26,7	29,1	-2,4	1,77	440,7
TI	12	30,6	29,1	1,5	1,89	201,7
TNI		31,4	29,1	2,3	1,89	201,7
TI	13	30,8	31,3	-0,5	2,64	507,4
TNI		31,5	31,3	0,2	2,64	507,4
TI	14	31,1	30,8	0,3	2,50	310,7
TNI		30,5	30,8	-0,3	2,50	310,7
TI	15	28,1	31,8	-3,7	2,87	289,4
TNI		28,0	31,8	-3,8	2,87	289,4
TI	16	28,3	32,0	-3,7	2,93	176,8
TNI		29,6	32,0	-2,4	2,93	176,8
TI	17	27,0	29,8	-2,8	2,26	10,3
TNI		27,2	29,8	-2,6	2,26	10,3

Tabela A₂ - Ciclo diurno de T_a (abrigo)(°C), T_c (°C), DT1(abrigo)(°C), e S_r (W/m²), nos tratamentos TI e TNI, no dia 29 de maio de 1996.

Tratamento	Hora	T_c	T_a	DT1	DPV	S_r
TI	7	22,9	22,1	0,80	0,51	43,6
TNI		23,7	22,1	1,60	0,51	43,6
TI	8	24,8	23,7	1,10	0,83	165,9
TNI		26,0	23,7	2,30	0,83	165,9
TI	9	24,2	25,1	-0,90	1,16	204,6
TNI		26,3	25,1	1,20	1,16	204,6
TI	10	26,1	25,2	0,90	1,15	161,1
TNI		28,9	25,2	3,70	1,15	161,1
TI	11	28,2	26,1	2,10	1,30	153,2
TNI		29,1	26,1	3,00	1,30	153,2
TI	12	27,5	27,1	0,40	1,56	259,1
TNI		28,8	27,1	1,70	1,56	259,1
TI	13	28,5	26,9	1,60	1,46	187,2
TNI		28,8	26,9	1,90	1,46	187,2
TI	14	28,2	27,8	0,40	1,66	347,9
TNI		29,8	27,8	2,00	1,66	347,9
TI	15	27,9	27,7	0,20	1,68	143,2
TNI		28,5	27,7	0,80	1,68	143,2
TI	16	26,8	27,2	-0,40	1,46	87,11
TNI		27,4	27,2	0,20	1,46	87,11
TI	17	24,7	26,8	-2,10	1,33	5,87
TNI		26,8	26,8	0,00	1,33	5,87

Tabela A3 - Ciclo diurno de T_a (abrigo)(°C), T_c (°C) DT1 (abrigo) (°C) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 07 de junho de 1996.

Tratamento	Hora	T_a	T_c	DT1	DPV	S_r
TI	7	-	12,9	-	-	-
TNI		-	20,7	-	-	-
TI	8	22,2	20,9	-1,30	0,62	12,92
TNI		22,2	23,4	1,20	0,62	12,92
TI	9	23,4	26,2	2,80	0,94	244,9
TNI		23,4	26,5	3,10	0,94	244,9
TI	10	24,4	25,8	1,40	1,18	7,71
TNI		24,4	25,5	1,1	1,18	7,71
TI	11	25,5	25,7	0,20	1,44	8,71
TNI		25,5	26,3	0,80	1,44	8,71
TI	12	25,5	26,2	0,70	1,39	9,21
TNI		25,5	27,3	1,80	1,39	9,21
TI	13	25,8	26,5	0,70	1,40	10,17
TNI		25,8	26,3	0,50	1,40	10,17
TI	14	26,9	27,2	0,30	1,62	10,83
TNI		26,9	27,4	0,50	1,62	10,83
TI	15	27,3	24,3	-3,00	1,70	11,81
TNI		27,3	26,4	-0,90	1,70	11,81
TI	16	26,7	24,2	-2,50	1,47	11,68
TNI		26,7	25,5	-1,20	1,47	11,68
TI	17	25,3	23,3	-2,00	1,17	11,49
TNI		25,3	23,8	-1,50	1,17	11,49

Tabela A4 - Ciclo diurno de T_a (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$), T_c ($^{\circ}\text{C}$), DT1 (abrigo) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 20 de junho de 1996.

Tratamento	Hora	T_c	T_a	DT1	DPV	S_r
TI	7	19,4	18,7	0,70	0,26	69,86
TNI		18,4	18,7	-0,30	0,26	69,86
TI	8	23,1	20,9	2,20	0,66	84,13
TNI		22,6	20,9	1,70	0,66	84,13
TI	9	25,2	24,2	1,00	1,33	24,14
TNI		25,5	24,2	1,30	1,33	24,14
TI	10	27,2	25,2	2,00	1,55	60,03
TNI		27,2	25,2	2,00	1,55	60,03
TI	11	25,8	26,8	-1,00	2,01	177,0
TNI		28,6	26,8	1,80	2,01	177,0
TI	12	28,2	27,3	0,90	2,04	396,0
TNI		29,3	27,3	2,00	2,04	396,0
TI	13	24,0	28,1	-4,10	2,24	440,4
TNI		28,8	28,1	0,70	2,24	440,4
TI	14	24,4	28,7	-4,30	2,44	232,7
TNI		27,9	28,7	-0,80	2,44	232,7
TI	15	24,4	28,9	-4,50	2,50	287,0
TNI		27,4	28,9	-1,50	2,50	287,0
TI	16	24,0	28,6	-4,60	2,42	104,0
TNI		26,5	28,6	-2,10	2,42	104,0
TI	17	23,8	27,2	-3,40	2,04	11,87
TNI		23,3	27,2	-3,90	2,04	11,87

Tabela A5 - Ciclo diurno de T_a (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$), T_c ($^{\circ}\text{C}$), DT1 (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 26 de junho de 1996.

Tratamento	Hora	T_c	T_a	DT1	DPV	S_r
TI	7	20,6	21,0	-0,40	0,49	50,32
TNI		20,1	21,0	-0,90	0,49	50,32
TI	8	24,8	22,7	2,10	0,82	184,1
TNI		22,3	22,7	-0,40	0,82	184,1
TI	9	27,3	24,9	2,40	1,28	327,9
TNI		26,5	24,9	1,60	1,28	327,9
TI	10	28,1	26,6	1,50	1,82	445,0
TNI		29,5	26,6	2,90	1,82	445,0
TI	11	30,7	28,6	2,10	2,32	481,9
TNI		31,5	28,6	2,90	2,32	481,9
TI	12	31,4	29,7	1,70	2,85	537,8
TNI		33,5	29,7	3,70	2,85	537,8
TI	13	31,5	30,6	0,90	3,08	505,4
TNI		33,3	30,6	2,70	3,08	505,4
TI	14	31,0	30,9	0,10	3,18	362,6
TNI		32,7	30,9	1,80	3,18	362,6
TI	15	27,1	30,8	-3,70	3,08	315,7
TNI		30,8	30,8	0,00	3,08	315,7
TI	16	27,3	30,7	-3,40	3,01	180,0
TNI		28,1	30,7	-2,60	3,01	180,0
TI	17	26,3	29,4	-3,10	2,68	34,53
TNI		26,3	29,4	-3,10	2,68	34,53

Tabela A₆ - Ciclo diurno de T_a (abrigo) (°C), T_c (°C), DT1 (abrigo) e S_r (W/m²), nos tratamentos TI e TNI no dia 18 de julho de 1996.

Tratamento	Hora	T _c	T _a	DT1	DPV	S _r
TI	7	19,5	20,4	-0,90	0,51	44,95
TNI		19,6	20,4	-0,80	0,51	44,95
TI	8	22,4	21,1	1,30	0,58	121,8
TNI		22,5	21,1	1,40	0,58	121,8
TI	9	22,4	22,0	0,40	0,70	190,9
TNI		22,9	22,0	0,90	0,70	190,9
TI	10	24,9	23,2	1,70	0,97	155,5
TNI		25,2	23,2	2,00	0,97	155,5
TI	11	25,4	24,2	1,20	1,24	161,0
TNI		25,6	24,2	1,40	1,24	161,0
TI	12	25,3	25,3	0,00	1,46	207,6
TNI		25,7	25,3	0,40	1,46	207,6
TI	13	27,5	26,0	1,50	1,59	211,8
TNI		27,8	26,0	1,80	1,59	211,8
TI	14	28,5	27,5	1,00	1,95	351,8
TNI		29,5	27,5	2,00	1,95	351,8
TI	15	27,6	27,4	0,20	1,93	191,4
TNI		28,7	27,4	1,30	1,93	191,4
TI	16	26,1	27,4	-1,30	1,93	149,0
TNI		26,7	27,4	-1,20	1,93	149,0
TI	17	24,2	25,3	-1,10	1,34	23,74
TNI		24,5	25,3	-0,80	1,34	23,74

Tabela A7 - Ciclo diurno de T_a (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$), T_c ($^{\circ}\text{C}$), DT1 ($^{\circ}\text{C}$) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI no dia 26 de julho de 1996.

Tratamento	Hora	T_c	T_a	DT1	DPV	S_r
TI	7	20,4	20,2	0,20	0,65	62,5
TNI		21,2	20,2	1,00	0,65	62,5
TI	8	21,9	21,1	0,80	0,80	165,0
TNI		22,0	21,1	0,90	0,80	165,0
TI	9	23,4	22,8	0,60	1,22	224,4
TNI		24,9	22,8	1,90	1,22	224,4
TI	10	25,1	24,2	0,90	1,48	203,0
TNI		23,3	24,2	2,10	1,48	203,0
TI	11	32,4	26,4	4,00	1,88	517,0
TNI		30,7	26,4	4,30	1,88	517,0
TI	12	30,3	28,4	1,90	2,35	629,8
TNI		32,6	28,4	4,20	2,35	629,8
TI	13	30,3	28,5	1,80	2,42	420,8
TNI		31,2	28,5	2,70	2,42	420,8
TI	14	31,4	29,5	1,80	2,70	453,6
TNI		33,8	29,5	4,20	2,70	453,6
TI	15	29,8	29,3	0,50	2,65	151,1
TNI		32,3	29,3	3,00	2,65	151,1
TI	16	30,3	30,3	0,00	2,84	241,3
TNI		31,4	30,3	1,10	2,84	241,3
TI	17	26,4	27,4	-1,00	2,12	8,62
TNI		27,3	27,4	-0,20	2,12	8,62

Tabela A8 - Ciclo diurno de T_a (abrigo) ($^{\circ}\text{C}$), T_c ($^{\circ}\text{C}$), DT1 ($^{\circ}\text{C}$) e S_r (W/m^2), nos tratamentos TI e TNI, no dia 01 de agosto de 1996.

Tratamento	Hora	T_c	T_a	DT1	DPV	S_r
TI	7	19,2	17,8	1,40	0,19	29,99
TNI		19,5	17,8	1,70	0,19	29,99
TI	8	23,4	----	----	----	----
TNI		24,9	----	----	----	----
TI	9	25,3	----	----	----	----
TNI		28,4	----	----	----	----
TI	10	24,6	25,5	0,90	1,61	412,4
TNI		29,7	25,5	4,20	1,61	412,4
TI	11	30,6	26,6	4,00	1,94	508,7
TNI		31,7	26,6	3,10	1,94	508,7
TI	12	31,3	28,8	2,50	2,53	573,3
TNI		32,8	28,8	4,00	2,53	573,3
TI	13	31,1	28,4	2,70	2,39	277,6
TNI		32,7	28,4	4,30	2,39	277,6
TI	14	31,6	29,4	2,20	2,62	435,4
TNI		33,1	29,4	3,70	2,62	435,4
TI	15	27,7	30,2	-2,50	2,85	333,3
TNI		32,8	30,2	2,60	2,85	333,3
TI	16	28,4	30,3	-1,90	2,88	202,7
TNI		31,8	30,3	1,60	2,88	202,7
TI	17	26,7	28,2	-1,70	2,38	2,19
TNI		27,5	28,2	-0,70	2,38	2,19

Tabela Ag - Variação estacional das temperaturas do ar, T_a (°C), do dossel, T_c (°C) nos tratamentos TI e TNI, déficit de pressão de vapor, DPV (KPa), saldo de radiação, S_r (W/m²) e as diferenças entre T_c e T_a , DT1 (°C) com T_a do abrigo meteorológico, no horário das 10:00 horas.

DAP	T_c TI	T_c TNI	T_a	DT1 TI	DT1 TNI	DPV	S_r
28	25,8	25,7	26,1	-0,3	-0,4	207,31	299,4
30	26,2	24,8	26,6	-0,4	-1,8	205,18	143,2
34	24,2	25,0	24,1	0,1	0,9	180,07	223,2
35	26,1	27,1	25,1	1,0	2,0	189,78	161,1
44	25,8	25,6	24,4	1,4	1,2	182,93	247,7
48	23,0	25,5	21,9	-2,5	3,6	160,20	210,9
49	26,5	25,8	23,0	3,5	2,8	186,82	371,2
57	27,2	27,2	25,2	2,0	2,0	200,97	183,6
62	27,8	27,9	23,5	4,3	4,4	216,03	340,3
63	28,1	28,2	26,6	1,5	1,6	213,82	445,0
64	28,0	27,3	26,3	0,7	1,0	207,31	458,7
69	25,7	26,1	27,3	-1,6	-1,2	212,72	377,8
70	28,3	26,6	30,2	-1,9	-3,6	197,87	417,2
71	27,0	27,6	25,5	1,5	2,1	202,02	408,7
76	27,6	26,8	28,4	-0,8	-1,6	205,18	411,8
77	23,8	28,5	29,5	-5,7	-1,0	198,90	411,6
78	27,5	26,1	24,8	2,7	1,3	200,97	438,8
83	27,4	28,5	25,3	2,1	3,2	203,07	395,8
84	22,8	22,9	23,6	-0,8	-0,7	187,80	278,4
85	24,9	22,6	23,2	1,7	-0,6	168,98	155,5
90	25,7	26,0	24,9	0,8	1,1	191,77	239,0
92	26,1	28,1	29,4	-3,3	-1,3	199,93	463,0
93	25,6	24,6	26,7	-1,1	-2,1	178,18	182,7
97	26,9	25,7	26,4	0,5	-0,7	208,39	208,2
98	27,0	27,4	26,4	0,6	1,0	208,39	295,6
99	27,6	26,0	29,7	-2,1	-3,7	205,18	361,2

Tabela A10 - Variação estacional das temperaturas do ar, T_a (°C), do dossel, T_c (°C), nos tratamentos TI e TNI, déficit de pressão de vapor, DPV (KPa), saldo de radiação, S_r (W/m²) e as diferenças entre T_c e T_a , DT1 (°C) com T_a do abrigo meteorológico, no horário da 14:00 horas.

DAP	T_c TI	T_c TNI	T_a	DT1 TI	DT1 TNI	DPV	S_r
28	31,1	30,5	32,5	-1,4	-2,0	255,29	310,7
30	28,6	26,9	27,6	1,0	-0,7	222,76	122,3
34	26,1	27,6	28,1	-2,0	-0,5	207,31	209,0
35	28,2	29,0	27,8	0,4	1,2	218,25	347,9
44	27,2	27,0	26,9	0,3	0,1	208,39	304,1
48	24,8	26,0	23,5	1,3	2,5	194,80	284,7
49	26,0	25,5	24,0	2,0	1,5	193,79	203,3
57	24,4	27,9	28,7	-4,3	-0,8	205,18	232,7
62	26,5	27,1	29,6	-3,1	-2,5	206,24	340,3
63	31,0	32,7	30,9	0,0	1,7	255,29	362,6
64	26,3	35,4	29,6	-3,3	5,8	229,68	213,4
69	30,1	30,8	31,6	-1,5	-0,8	239,17	367,7
70	32,3	32,9	30,2	2,1	2,7	260,42	408,4
71	31,2	34,2	30,1	1,1	4,1	251,49	442,1
76	31,2	31,9	32,5	-1,3	-0,6	259,13	384,1
77	29,9	27,9	28,9	1,0	-1,0	236,76	238,6
78	31,1	32,9	30,7	0,4	2,2	252,75	439,4
83	29,6	29,4	27,7	0,2	1,9	227,35	287,8
84	24,6	25,2	24,8	-0,2	0,4	190,77	167,2
85	30,5	30,0	27,5	3,0	2,5	226,20	351,8
90	30,4	30,5	25,6	4,8	4,9	220,50	311,7
92	30,6	27,3	31,8	-1,2	-4,5	230,84	392,5
93	33,3	32,2	33,1	0,2	-0,9	255,29	453,6
97	31,6	31,8	33,7	-2,1	-1,9	261,72	428,8
98	30,9	31,9	32,2	-1,3	-0,3	261,72	409,0
99	33,1	34,3	31,6	1,5	2,7	250,23	334,5