

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA

COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO E MORFOLÓGICO
DA CULTURA DO ALGODÃO HERBÁCEO
(*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*)
IRRIGADA NAS CONDIÇÕES SEMI-ÁRIDAS DO
NORDESTE BRASILEIRO

RAIMUNDO NONATO BEZERRA FROTA

CAMPINA GRANDE - PB
SETEMBRO / 1994

RAIMUNDO NONATO BEZERRA FROTA

**COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO E MORFOLÓGICO
DA CULTURA DO ALGODÃO HERBÁCEO
(*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*)
IRRIGADA NAS CONDIÇÕES SEMI-ÁRIDAS DO
NORDESTE BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Meteorologia
da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento às
exigências para obtenção do Grau de Mestre (MSc)

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: METEOROLOGIA AGRÍCOLA

**PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO (PhD)
ORIENTADOR**

**BERNARDO BARBOSA DA SILVA
CO-ORIENTADOR (Dr)**

**CAMPINA GRANDE - PB
SETEMBRO / 1994**

F941c Frota, Raimundo Nonato Bezerra.
Comportamento fisiológico e morfológico da cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*) irrigada nas condições semi-áridas do nordeste brasileiro / Raimundo Nonato Bezerra Frota. - Campina Grande, 1994. 77 f.

Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1994. Referências.

"Orientação : Prof. Dr. Pedro Vieira de Azevedo, Prof. Dr. Bernardo Barbosa da Silva".

1. Algodão Herbáceo - Cultura Irrigada. 2. *Gossypium Hirsutum* R. *Latifolium* - Algodão. 3. Meteorologia Agrícola. 4. Meteorologia. 5. Dissertação - Meteorologia. I. Azevedo, Pedro Vieira de. II. Silva, Bernardo Barbosa da. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB) IV. Título

CDU 633.511:632.67(043)

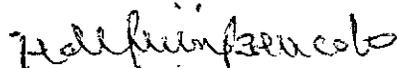
COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO E MORFOLÓGICO DA CULTURA DO ALGODÃO
HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*) IRRIGADO NAS
CONDIÇÕES SEMI-ÁRIDAS DO NORDESTE BRASILEIRO.

RAIMUNDO NONATO BEZERRA FROTA

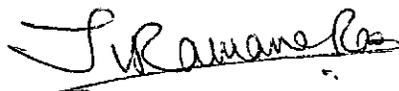
DISSERTAÇÃO

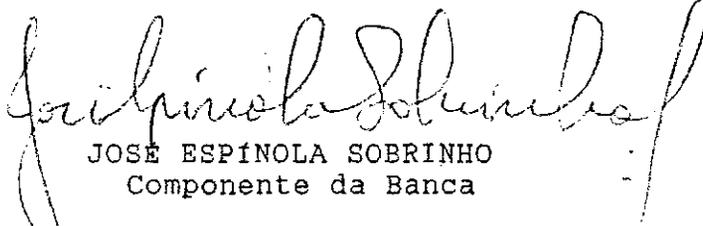
APROVADA

EM 16/9/94


PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO
Orientador


BERNARDO BARBOSA DA SILVA
Co-Orientador


TANTRAVAHÍ VENKATA RAMANA RAO
Componente da Banca


JOSE ESPÍNOLA SOBRINHO
Componente da Banca

CAMPINA GRANDE
SETEMBRO -1994

DEDICATÓRIA

Aos meus pais **José Quariguasi (Zeca) e Joana (in memoria)**.

À **tia Recy**, pelo esforço e dedicação no empenho da minha formação moral e pelas manifestações de confiança e carinho.

À minha esposa **Jandira**, pela dedicação, compreensão e paciência, suportando meus períodos de mau humor, compartilhando bons e maus momentos juntos.

Aos meus filhos **Luis Eduardo, Roberto e Murillo**. O carinho, a compreensão e a tolerância de vocês, ajudaram na construção de quem sou e na construção deste momento.

Aos meus sogros, **José Matias (Menininho) e Maria Lídia**, pelo apoio e incentivo à minha formação profissional.

AGRADECIMENTOS

Ao **Grande Arquiteto do Universo**, pelo amparo espiritual nos momentos mais difíceis.

Ao **Dr. Pedro Vieira de Azevedo**, professor e pesquisador do Centro de Ciências e Tecnologia (CCT) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campos II, Campina Grande - Pb, pela imprescindível orientação e dedicação.

Ao **Dr. Bernardo Barbosa da Silva**, professor e pesquisador do CCT-UFPB, Campos II, Campina Grande-Pb, pelo incentivo, amizade e desprendimento na co-orientação deste trabalho.

Ao **Dr. Tantravahi Venkata Ramana Rao**, professor e pesquisador do CCT-UFPB, Campos II, Campina Grande-Pb, pelas sugestões dadas que foram significativas na realização deste trabalho.

Ao Prof. **Renilson Targino Dantas**, professor e pesquisador do CCT-UFPB, Campos II, Campina Grande-Pb, pela amizade e acolhida no início do curso.

Ao Prof. **Mário Adelmo Varejão Silva**, professor e pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPe), pelo incentivo e sugestões valiosas.

Ao Prof. **José Espínola Sobrinho**, professor e pesquisador da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), pela valiosa colaboração no decorrer da fase experimental deste trabalho.

À Sra. **Divanete Cruz Rocha**, secretária da Coordenação do Curso de Mestrado em Meteorologia do CCT-UFPB, Campos II, Campina Grande-Pb, pelo constante apoio e compreensão.

À **Universidade do Estado da Bahia (UNEB)**, pela permissão para a realização do programa de mestrado.

À **Universidade Federal da Paraíba (UFPB)**, Campus II, Campina Grande-Pb, pelo apoio e contribuição dados, por intermédio do Departamento de

Ciências Atmosféricas e Coordenação de Pós Graduação em Meteorologia, para o meu aperfeiçoamento profissional.

À Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), por permitir a realização do experimento agrícola, deste trabalho, em suas áreas experimentais em Ipanguassu-Rn.

Ao Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPA), Campina Grande-Pb, pelo apoio material e humano na execução do experimento de campo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal do Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado. E, finalmente, a todos que direta ou indiretamente, contribuíram efetivamente e tornaram possível a realização deste trabalho.

ÍNDICE

1. Introdução	1
2. Revisão Bibliográfica	3
2.1. - Fisiologia Do Algodoeiro Herbáceo	3
2.2. - Índice De Área Foliar	5
2.3. - Estômatos E Seu Mecanismo De Funcionamento	8
2.4. - Resistência À Difusão Do Vapor D'água	10
3. Material E Métodos	15
3.1. - Material.....	15
3.1.1 - Descrição Do Experimento De Campo	15
3.1.2 - Cultura	15
3.1.3 - Tratos Culturais	15
3.1.4 - Instrumentação Utilizada	16
3.2. - Metodologia	16
3.2.1 - Sistemática De Observações	17
3.2.2 - Monitoramento Da Umidade Do Solo	18
3.2.3 - Determinação Da Resistência Aerodinâmica	18
3.2.4 - Determinação Da Produtividade Agrícola	19
4. Resultados E Discussões	21
4.1. - Medições Morfológicas	21
4.1.1 - Altura Média Da Cultura	21
4.1.2 - Biomassas Verde E Seca	21
4.1.3 - Área Foliar	25
4.1.4 - Índices De Crescimento	26
4.2. - Comportamento Diurno Dos Par. Físio. Da Cultura Nos Tratamentos PI e PII	29
4.2.1 - Resistência Estomática	29
4.2.2 - Temperatura Da Folha	33
4.2.3 - Transpiração	34
4.2.4 - Radiação Fotossinteticamente Ativa	36
4.2.5 - Ciclo Médio Diurno Da Resistência Estomática, Transpiração E Temperatura Da Folha No Tratamento Pi E Pii	37
4.2.6 - Variação Diurna Da Transpiração E Da Resistência Estomática Da Cultura Em Situação De Extrema Umidade No Solo, No Tratamento Pi	42
4.2.7 - Comportamento Diurno Da Resistência Estomática E Da Transpiração Da Cultura Em Condição De Extremo Estresse Hídrico No Tratamento Pii	43
4.2.8 - Transpiração em Função Da Resistência Estomática a Cultura Nos Tratamentos PI E PII	45
4.2.9 - Resistência Estomática Em Função Da Radiação Fotossinteticamente Ativa os Tratamentos Pi E Pii	48
4.2.10 - Resistência Estomática Em Função Da Temperatura Da Folha Da altura Nos Tratamentos PI e PII	51
4.2.11 - Resistência Aerodinâmica Nos Tratamentos PI e PII	54

4.3 - Comportamento Estacional Da Resistência Estomática (R_s), Transpiração (T_r) E Temperatura Da Folha (T_f)	58
4.3.1 - Tratamento Pi	58
4.3.2 - Tratamento PII	62
4.4. - Efeitos Do Estresse Hídrico Na Produtividade Da Cultura	66
5. Conclusões	67
6. Referências Bibliográficas.....	68

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Altura média (H), matéria verde (MV), matéria seca (MS) e área foliar média (AF) ao longo do ciclo da cultura, submetida aos tratamentos não estressado (PI) e estressado (PII). Ipanguassu-RN, 1990 22
- Tabela 2** - Índice de área foliar e taxa de assimilação líquida (TAL) ao longo do ciclo vegetativo da cultura, submetida aos tratamentos não estressado (PI) e estressado (PII). Ipanguassu-RN, 1990. 27
- Tabela 3** - Taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) ao longo do ciclo vegetativo da cultura, submetida aos tratamentos não estressado (PI) e estressado (PII). Ipanguassu-RN, 1990. 28
- Tabela 4** - Ciclo diurno da temperatura da folha (T_f), resistência estomática (r_s), transpiração (Tr) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) da cultura do tratamento PI, um dia antes (DAS=75) a uma irrigação, Ipanguassu-RN.1990 30
- Tabela 5** - Ciclo diurno da temperatura da folha (T_f), resistência estomática (r_s), transpiração (tr) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) da cultura no tratamento PI, um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990. 30
- Tabela 6** - Ciclo diurno da temperatura da folha (T_f), resistência estomática (rs), transpiração (tr) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) da cultura no tratamento PII um dia anterior (DAS=68) a uma irrigação, Ipanguassu-RN. 1990. 31
- Tabela 7** - Ciclo diurno da temperatura da folha (T_f), resistência estomática (rs), transpiração (tr) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) da cultura no tratamento PII, um dia posterior a uma irrigação (DAS=70), Ipanguassu-RN, 1990. 31
- Tabela 8** - Média aritmética dos ciclos diurnos da temperatura da folha (T_f), resistência estomática (rs), e transpiração (tr) durante o desenvolvimento da cultura no tratamento PI. Ipanguassu-RN, 1990. 39
- Tabela 9** - Média aritmética dos ciclos diurnos da temperatura da folha (T_f), resistência estomática (rs), e transpiração (tr), durante o desenvolvimento da cultura no tratamento PII, Ipanguassu-RN, 1990. 39
- Tabela 10** - Valores da resistência aerodinâmica (ra), temperatura do ar (T_a), temperatura da folha (T_f) da cultura e velocidade do vento (V) a 2m acima da superfície do solo, no tratamento PI, um dia anterior (DAS=75) e um dia posterior (DAS=65), a uma irrigação, Ipanguassu-RN, 1990. 55
- Tabela 11** - Valores da resistência aerodinâmica (ra), temperatura do ar (T_a), temperatura da folha (T_f) da cultura e velocidade do vento (V) a 2m acima da superfície do solo, no tratamento PII, um dia anterior (DAS=68) e um dia posterior (DAS=70) a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990. 55

Tabela 12 - Comportamento sazonal da resistência estomática (r_s), da temperatura da folha (T_f) e da transpiração (T_r) da cultura, no tratamento PI. Ipanguassu-RN, 1990. 59

Tabela 13 - Comportamento sazonal da resistência estomática (r_s), da temperatura da folha (T_f) e da transpiração (T_r) da cultura no tratamento PII. Ipanguassu-RN, 1990.63

Tabela 14 - Número de plantas e produção (kg) no stand final da cultura do algodoeiro, nos tratamentos Pi e PII, Ipanguassu-RN, 1990. 66

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Comportamento estacional da altura média da cultura (cm) correspondente aos tratamentos PI e PII, Ipanguassu-RN, 1990. 23
- Figura 2.** Comportamento estacional da biomassa verde (g) da cultura, nos tratamentos PI e PII, Ipanguassu-RN, 1990. 24
- Figura 3.** Comportamento estacional da biomassa seca (gr) da cultura, nos tratamentos PI e PII, Ipanguassu-RN, 1990. 24
- Figura 4.** Comportamento estacional do índice de área foliar (cm^2/cm^2) da cultura, nos tratamentos PI e PII, Ipanguassu-RN, 1990. 25
- Figura 5.** Ciclo diurno da resistência estomática (s/cm) da cultura, um dia anterior (DAS=75) e um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação no tratamento PI, Ipanguassu-RN, 1990. 32
- Figura 6.** Ciclo diurno da resistência estomática (s/cm) da cultura, um dia anterior (DAS=68) e um dia posterior (DAS=70) a uma irrigação no tratamento PII, Ipanguassu-RN, 1990. 32
- Figura 7.** Ciclo diurno da temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$) da cultura, um dia anterior (DAS=75) e um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação no tratamento PI, Ipanguassu-RN, 1990.... 33
- Figura 8.** Ciclo diurno da temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$) da cultura, um dia antes (DAS=68) e um dia após (DAS=70) a uma irrigação no tratamento PI, Ipanguassu-RN, 1990. 34
- Figura 9.** Ciclo diurno da transpiração ($\mu/\text{cm}^2.\text{s}$) da cultura, um dia antes (DAS=75) e um dia após (DAS=65) a uma irrigação no tratamento PI, Ipanguassu-RN, 1990 35
- Figura 10.** Ciclo diurno da transpiração ($\mu/\text{cm}^2.\text{s}$) da cultura, um dia antes (DAS=68) e um dia após (DAS=70) a uma irrigação, no tratamento PII, Ipanguassu-RN, 1990 35
- Figura 11.** Ciclo diurno da radiação fotossinteticamente ativa (w/m^2) da cultura, um dia anterior (DAS=75) e um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação, no tratamento PI, Ipanguassu-RN, 1990. 36
- Figura 12.** Ciclo diurno da radiação fotossinteticamente ativa (w/m^2) um dia anterior (DAS=68) e um dia posterior (DAS=70) a uma irrigação, no tratamento PII, Ipanguassu-RN, 1990. 37
- Figura 13.** Ciclo médio diurno da resistência estomática (s/cm), temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$) e transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) da cultura no tratamento PI, Ipanguassu-RN, 1990. 40

- Figura 14.** Ciclo médio diurno da resistência estomática (s/cm), temperatura da folha (°C) e transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) da cultura no tratamento PII. Ipanguassu-RN, 1990..... 41
- Figura 15.** Situação de extrema umidade ou de transpiração potencial, isto é, menor resistência estomática, da folha da cultura, verificada no dia 24/10 (DAS=48), no tratamento PI. Ipanguassu-RN, 1990. 42
- Figura 16 .** Situação de extrema umidade ou de menor resistência estomática (s/cm), isto é, maior transpiração potencial, ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) da folha da cultura, verificada no dia 24/10 (DAS=48), no tratamento PI. Ipanguassu-RN, 1990. 43
- Figura 17.** Situação de extremo estresse hídrico ou mínima transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) isto é, máxima resistência estomática (s/cm) da folha da cultura, verificada no dia 13/11(DAS=68), no tratamento PII. Ipanguassu-RN. 1990. 44
- Figura 18.** Situação de extremo estresse hídrico ou máxima resistência estomática (s/cm) isto é, mínima transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) da folha da cultura, verificada no dia 13/11 (DAS=68), no tratamento PII, Ipanguassu-RN, 1990. 44
- Figura 19.** Variação da transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) em função da resistência estomática (s/cm) da cultura no tratamento PI: a) um dia anterior (DAS=75) e b) um dia posterior (DAS=65), a uma irrigação, Ipanguassu-RN, 1990. 46
- Figura 20.** Variação da transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) em função da resistência estomática (s/cm) da cultura no tratamento PII: a) um dia anterior (DAS=68) e b) um dia posterior (DAS=70), a uma irrigação, Ipanguassu-RN, 1990. 47
- Figura 21.** Variação da resistência estomática (s/cm) em função da radiação Fotossinteticamente ativa (w/m^2) da cultura no tratamento PI: a) um dia anterior (DAS=75) e b) um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990. 49
- Figura 22.** Variação da resistência estomática (s/cm) em função da radiação fotossinteticamente ativa (w/m^2) da cultura, no tratamento PII: a) um dia anterior (DAS=68) e b) um dia posterior (DAS=70) a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990. 50
- Figura 23.** Variação da resistência estomática (s/cm) em função da temperatura da folha (°C) da cultura no tratamento PI: a) um dia anterior (DAS=75) e b) um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990. 52
- Figura 24.** Variação da resistência estomática (s/cm) em função da temperatura da folha (°C) da cultura no tratamento PII: a) um dia anterior (DAS=68) e b) um dia posterior (DAS=70) a uma irrigação, Ipanguassu-RN, 1990. 53
- Figura 25.** Ciclo diurno da resistência aerodinâmica s/cm) sobre a cultura, no tratamento PI: a) um dia anterior (DAS=75) e b) um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação, Ipanguassu-RN, 1990. 56

- Figura 26.** Ciclo diurno da resistência aerodinâmica (s/cm) sobre a cultura, no tratamento PII: a) um dia anterior (DAS=68) e b) um dia posterior (DAS=70) a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990.57
- Figura 27.** Comportamento estacional da resistência estomática (s/cm), temperatura da folha (°C) e transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) da cultura, no tratamento PI às 10h. Ipanguassu-RN, 1990. 60
- Figura 28.** Comportamento estacional da resistência estomática (s/cm) temperatura da folha (°C) e transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) da cultura no tratamento PI às 140h. Ipanguassu-RN, 1990. 61
- Figura 29.** Comportamento estacional da resistência estomática (s/cm), transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) e temperatura da folha (°C) da cultura, no tratamento PII às 10h, Ipanguassu-RN, 1990. 64
- Figura 30.** Comportamento estacional da resistência estomática (s/cm), temperatura da folha (°C) e transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) da cultura, no tratamento PI às 140h. Ipanguassu-RN, 1990. 65

ABSTRACT

The field experiment was conducted in the Experimental Station of the Rio Grande do Norte Agricultural Research Company (EMPARN), at Ipanguassu-RN. The objective of this study was to analyse the morphological and physiological behavior of the cotton (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*) crop well watered and stressed, grows in the North-East of Brazil semi-arid region. The experimental treatment included two parcels: a non stressed (PI) and a stressed treatments. The physiological parameters analysed were canopy stomatal resistance, biomass, crop height, leaf area index and crop productivity. The behavior of the morphological (crop height, leaf area index and green and dry weights) and physiological (stomatal resistance, transpiration rate and leaf temperature) started to be observed in the 35th day after emergence. The crop physiological behavior was observed with a dynamic equilibrium porometer (LI-1600 from LI-COR). The irrigation water amount applied in the stressed treatment (PII) can may be the main cause for the observed differences in the morphological and physiological parameters. The leaf temperature in the stressed treatment was significantly greater than that of the well watered one. When irrigation was applied after a situation of strong stress, the crop did not restore the standard values of transpiration, leaf temperature and stomatal conductance showed in a well watered condition. The productivity reduction observed in the stressed treatment, which reached 18% of that of the non stressed one, was also a result of the irrigation scheduling and the water amount applied in the PII treatment.

RESUMO

O experimento de campo foi conduzido na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), localizada no município de Ipanguassu-RN. Teve como objetivo estudar o comportamento morfológico e fisiológico da cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*) irrigada e estressada, no semi-árido do Nordeste do Brasil. Avaliou-se a resistência estomática ao fluxo de vapor d'água para a atmosfera, biomassa, altura da cultura, índice de área foliar e produtividade. O delineamento experimental constou de duas parcelas: tratamento PI - não estressado e tratamento PII - estressado. A partir do trigésimo quinto dia após a semeadura, iniciou-se o monitoramento do comportamento dos parâmetros morfológicos (altura, área foliar, peso verde e peso seco) e fisiológicos (resistência estomática, taxa de transpiração e temperatura da folha). No monitoramento do comportamento fisiológico foi utilizado um porômetro de equilíbrio dinâmico (LI-1600 da LI-COR). A lâmina de irrigação aplicada no tratamento estressado (PII) pode ter sido o principal responsável pelas diferenças observadas nos parâmetros morfológicos e fisiológicos estudados. A temperatura da folha no tratamento estressado mostrou-se significativamente maior do que na condição bem irrigada. Nas irrigações administradas após uma situação de forte estresse hídrico a cultura não restabeleceu os valores de transpiração, temperatura da folha e condutância estomática, apresentados na condição bem irrigada. A redução verificada na produtividade da cultura no tratamento estressado, que alcançou 18% daquela obtida em PI, não estressado, também resultou do turno de rega e das lâminas d'água aplicados em PII.

1 - INTRODUÇÃO

O algodão é a mais importante das fibras têxteis, naturais ou artificiais, quer considerando o volume, quer o valor econômico de produção, a multiplicidade de produtos que dela se origina e a popularidade de que goza. Por sua vez, o algodão é a planta de aproveitamento mais completo e a que oferece a mais variada gama de produtos de utilização universal (NEVES et al., 1986).

Por ocasião do descobrimento do Brasil, os indígenas já cultivavam o algodão e os primeiros colonos aqui chegados, logo passaram a cultivá-lo. Nesse período, porém, tinha pequena expressão no comércio mundial. Foi só pelos meados do século XVIII, com a revolução industrial, que o algodão foi transformado na principal fibra têxtil do mundo (CANABRAVA, 1984).

No início do século XIX, o Nordeste do Brasil figurava como a grande região algodoeira do Brasil. Até recentemente, a cultura do algodão era de suma importância social e econômica para o Nordeste do Brasil, ocupando, em 1977, uma área de 335,76 mil hectares, com uma produção anual total de 223,25 mil toneladas de algodão em caroço, o que representava cerca de 11% da produção nacional (PASSOS, 1977).

Atualmente, a cultura do algodoeiro no Nordeste, é responsável pela ocupação de aproximadamente 400 mil famílias, envolvendo cerca de 2,5 milhões de pessoas (IBGE, 1992). Entretanto, nos últimos anos o cultivo do algodoeiro no Nordeste, vem sofrendo reduções consideráveis no rendimento e em área plantada, em consequência, dentre outros fatores, do aparecimento, em 1983, da praga do bicudo (*Anthonomus grandis*).

Considerando as características edafo-climáticas peculiares da região Nordeste do Brasil, faz-se necessário o conhecimento dos efeitos do estresse hídrico sobre os processos fisiológicos e metabólicos das plantas cultivadas. As interações entre planta, clima e solo são complexas, do ponto de vista físico e mesmo agrônomo; porém, a produtividade depende basicamente do teor de água disponível para a cultura, notadamente nas fases críticas do desenvolvimento

vegetativo, desde que as propriedades do solo atendam às exigências da cultura e seu estado de sanidade seja bom.

Nas regiões áridas e semi-áridas a disponibilidade de água no solo condiciona, significativamente, a produção agrícola. A informação do consumo hídrico estacional ou dos diversos subperíodos do ciclo vegetativo de cada espécie vegetal, constitui elemento fundamental para o estudo das relações água-solo-planta (COSTA, 1989).

Isto justifica o desenvolvimento de pesquisas agrometeorológicas em cultivos irrigados e de sequeiro, visando uma melhora substancial na produtividade. Assim, deve-se estudar as causas do aumento ou diminuição da demanda hídrica para a cultura que, de certa forma, é responsável pela geração de biomassa e, portanto, pelo seu nível de produtividade.

A necessidade de se determinar a demanda de água para uma cultura qualquer, envolve o conhecimento dos principais parâmetros físicos e biológicos que concorrem para tal. O que se procura é caracterizar as influências desses parâmetros na produção agrícola, encontrando-se coeficientes que as quantifiquem, para tornar racional e econômica a administração de água à cultura através da irrigação.

Este trabalho tem como objetivos estudar o comportamento morfológico e fisiológico do algodão irrigado e estressado, no semi-árido do Nordeste do Brasil, quanto à resistência ao fluxo de vapor d'água para a atmosfera, biomassa, altura da cultura, índice de área foliar e produtividade.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - FISILOGIA DO ALGODOEIRO HERBÁCEO

No algodoeiro, as folhas representam a maior parte vivente da planta, pois além de serem constituídas quase que na totalidade de células vivas, seu grande número forma uma superfície maior do que a apresentada pelos demais órgãos. Elas se originam de células iniciais das gemas laterais do caule e seu desenvolvimento começa a partir da ponta. A formação das duas primeiras folhas do algodoeiro pode ser notada logo após a formação do embrião; nele já se delineiam formas dos cotilédones. Estes, desenvolvendo-se após a germinação, formam o primeiro par de folhas que o algodoeiro emite e tem uma forma definida, pois são sempre cordiformes.

A folha do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) não apresenta bainha; é longamente peciolada e na base do pecíolo aparecem duas estípulas, geralmente caducas. Apresenta grande limbo, que é a parte essencial da folha, pois constitui o seu sistema assimilador e cuja organização serve para melhor aproveitamento dos raios solares, do CO₂ do ar e da água, necessários ao processo de fotossíntese. O limbo possui simetria bilateral e forma as duas faces: a superior e a inferior, as quais são revestidas por uma epiderme. A epiderme superior é cutinizada na parede externa; na face inferior aparecem estômatos, em maior número que na face superior. Ambas apresentam pêlos gomíferos, aparecendo mais frequentemente na inferior.

Estudos das reações da cultura ao déficit de água no solo durante a fase de crescimento, muitas vezes implicam em medições constantes do status de água no solo e na planta. As análises das interações entre os vários índices frequentemente proporcionam uma maior compreensão do tipo de reação da cultura à estiagem e/ou à irrigação quando comparado às relações globais entre os índices sazonais de absorção de água e os produtos finais (SHIMSHI, 1979).

O crescimento da cultura é controlado diretamente pelo déficit de água nas plantas e apenas indiretamente pelo déficit de água no solo e por estresse atmosférico (RITCHE, 1974). Sob condições climáticas semi-áridas, o crescimento

do algodão é muitas vezes limitado pela quantidade de reservas de carboidratos armazenados (SOUZA et al. 1983). O algodoeiro é tido, por vários pesquisadores, como uma planta altamente sensível às variações do conteúdo de água no solo durante alguns estágios de seu crescimento (FISHER & HAGAN, 1965; HEARN, 1975). Quando as plantas são submetidas a estresse hídrico, surgem várias modificações morfológicas e os processos fisiológicos podem ser alterados (GATES, 1968). As plantas que são encontradas em diferentes regiões, diferem entre si em muitos aspectos e embora existam certas semelhanças, o balanço entre características favoráveis e desfavoráveis, do ponto de vista fisiológico, ou morfológico, determina seu êxito como concorrente da ordem das plantas.

Está perfeitamente constatado que a taxa de fotossíntese, fator determinante do crescimento, é influenciada pela temperatura da folha. Apesar da fotossíntese aumentar rapidamente com a temperatura até certo ponto, decai depois que as condições mais favoráveis são alcançadas e torna-se desprezível à temperaturas mais elevadas.

Os índices de estresse hídrico da cultura, desenvolvidos por IDSO et al (1981a) e por JACKSON et al (1981), têm provado ser úteis para a avaliação de muitas reações fisiológicas da planta ao estresse hídrico, por meio de medições remotas da temperatura da folhagem (IDSO et al, 1981b,c; PINTER & REGINATO, 1982). De particular interesse nessa observação, são as medições da condutância estomática da folha e das taxas de fotossíntese líquida, desde que esses parâmetros sejam relacionados à perda d'água pela transpiração e à produção de matéria seca (IDSO et al, 1984). HISIAO (1973) observou e resumiu as reações da planta ao estresse hídrico, sobre os seguintes parâmetros: redução na taxa de transpiração, taxa de assimilação do CO_2 , tamanho das células da folha, potencial de água na planta, taxa de crescimento e abertura dos estômatos.

A produção máxima ou potencial, de matéria seca de uma cultura em dada região, pode ser estimada em função da disponibilidade de energia solar durante o seu ciclo vegetativo. Para isto, basta estimar a interceptação, pelo dossel vegetativo, da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e considerar os valores de eficiência de conversão em matéria seca da energia interceptada, obtidos em condições ideais (GROSSE et al, 1986).

A produção total de matéria seca depende principalmente da magnitude da área foliar, da duração e da eficiência da área fotossinteticamente ativa, que em

sua maior parte corresponde ao limbo da folha. A quantificação da magnitude da área foliar portanto, é necessária no estudo fitotécnico quando se deseja estabelecer relações de eficiência na produção de matéria seca.

A produção final de uma cultura está diretamente relacionada com a quantidade de radiação solar fotossinteticamente ativa durante o seu ciclo (MONTEITH, 1972). As folhas iluminadas pelo sol, são os locais onde a maior parte da irradiação solar, colidindo sobre o dossel, é absorvida e convertida em energia sensível, latente e química. As pesquisas sobre a condutância estomática de cultura têm focado, principalmente, as folhas ensolaradas, enquanto que relativamente pouca atenção tem sido dada à condutância estomática da folha protegida ou sombreada (BIELORAI et al, 1983).

Sob condições de solo bem irrigado, MORESHET & FALKENFLUG (1978) observaram que a condutância estomática de folhas ensolaradas do algodoeiro relaciona-se linearmente com o aumento de densidade do fluxo solar, com um bom grau de precisão ($r^2=0,97$). ACKERSON & KRIEG (1977) relataram que a condutância responde primeiramente à intensidade de radiação incidente na superfície da folha, com folhas vegetativas e reprodutivas respondendo de forma semelhante. Tanto ACKERSON et al (1977) quanto MORESHET & FALKENFLUG (1978), observaram indiretamente que as mudanças do potencial hídrico diurno da folha tem pouca influência na relação entre a condutância estomática e a irradiação incidente. Contudo, o desenvolvimento do déficit de umidade no solo por um período de vários dias, altera a resposta estomática à luz.

2.2 - ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Para estudos da biologia de uma planta, o conhecimento da área foliar ocupa lugar de destaque, uma vez que a folha é sítio das mais importantes reações químicas que se processam nos vegetais superiores e, através dela, pode-se obter estimativas do potencial de assimilação da planta, bem como de outros parâmetros de interesse como transpiração, taxa de assimilação líquida, índice de área foliar etc. (SOUKUP et al, 1986). A área foliar é um importante índice para o estudo do crescimento, assimilação e transpiração da planta, quando relacionada a absorção da radiação solar. Como exemplo, HODGES & KANEMASU (1977) e AASE (1978), observaram que a fotossíntese, respiração e o acúmulo de matéria seca podem ser expressos em função do índice de área foliar. O IAF é definido como a relação

entre a superfície foliar e a superfície projetada da planta sobre o solo. O IAF varia ao longo da fenologia do cultivo, em consequência das atividades fotossintéticas e metabólicas da planta. O IAF tem sido também usado para estimar a interceptação de luz (BLACKMAN, 1956; MONTEITH & SZEICZ, 1962).

Em muitos estudos acerca do crescimento de culturas, o IAF e a duração da área foliar, têm sido registrados como sendo relacionados às produções biológica e econômica (PEARCE et al, 1965 e WELBANK et al, 1966). Para se determinar a duração da área foliar, esta deve ser estimada em vários estágios de desenvolvimento da planta.

A complexidade da análise do crescimento de culturas agrícolas pode ser simplificada usando-se índices que expressam o crescimento das plantas, tais como o índice de área foliar (IAF) e as taxas de assimilação líquida (TAL) e de crescimento relativo (TCR).

WILLIAMS et al (1965), segundo WATSON (1968), afirmaram que a área foliar de qualquer cultura é a medida verdadeira de sua grandeza fotossintetizante, sendo a produção um fator resultante da própria fotossíntese. Como há uma proporcionalidade direta entre superfície foliar e razão fotossintética, torna-se muito importante relacionar a variação da superfície foliar para se estimar o rendimento fotossintético (OMETO, 1981).

A área das folhas e sua relação com a massa seca da folha, são parâmetros importantes em muitos processos agronômicos e ecológicos, incluindo fotossíntese, transpiração e equilíbrio de energia do campo (PAYNE et al, 1991). Alguns autores têm estudado relações para descrever o efeito do déficit de água no desenvolvimento e transpiração da folha (MEYER & GREEN, 1980; ACEVEDO et al, 1971; RITCHIE et al, 1972). Entretanto, as pesquisas não têm enfatizado as relações entre o IAF, a duração de funcionamento da área foliar e a produção de matéria seca (SHIH & GASCHO, 1980).

O índice de área foliar tem sido também utilizado para caracterizar culturas do ponto de vista da interceptação e penetração da radiação fotossinteticamente ativa (ANDERSON, 1971 e MONTEITH, 1965), enquanto necessária para a fotossíntese ou para modelos de crescimento de cultura (ARKIN et al, 1976 e ROSS, 1970) e da partição de energia entre a evaporação da água do solo e a transpiração das plantas (KANEMASU et al, 1976 e TANNER & JURY, 1976). O índice de área foliar é ainda um parâmetro importante para estudos

do comportamento fisiológico das plantas e pode ser usado como indicador da taxa de crescimento e eficiência do uso da água pelas culturas (AZEVEDO et al, 1993b).

RITCHIE (1971) formulou relações empíricas para calcular a evaporação de culturas a partir de dados climatológicos, quando a água do solo era limitada. Nestas relações o desenvolvimento da cultura foi apresentado através do índice da área foliar. RITCHIE & BURNETT (1971) observaram que as relações entre a proporção de transpiração para a evaporação potencial e o índice de área das folhas, podiam ser usadas para o algodão e o sorgo no Texas central (USA). Várias combinações lineares e as proporções dos dados de reflectância espectral têm sido utilizadas para determinar parâmetros de crescimento de cultura tais como o IAF (REDELFS et al, 1987).

Medições da área foliar são frequentemente solicitadas em estudos agrônômicos e fisiológicos e podem ser obtidas em laboratório com medidores de área ou estimadas por métodos empíricos. Vários métodos para estimativa da área das folhas do algodoeiro têm sido descritos. Alguns empregam medições de várias dimensões da folha, sem que para isto seja necessário sacrificá-la. Outro método relaciona a área ao peso seco da folha e exige uma amostragem representativa para estabelecer a área por unidade de peso seco. A planimetria a partir de desenhos ou de gravuras é usada geralmente como base para cálculo de conversão ou comparação de resultados de estimativa com a área total. A superfície da folha do algodoeiro não é plana mas contém ondulações e qualquer projeção da borda da folha inclui aquela porção ondulada (JOHNSON, 1967), o que dificulta a estimativa da área foliar.

2.3 - ESTÔMATOS E SEU MECANISMO DE FUNCIONAMENTO

Os estômatos são órgãos pequenos observados microscopicamente que se encontram isolados ou agrupados na epiderme dos vegetais. Geralmente, são formados por duas células mais ou menos reniformes, denominadas células guardas, as quais são bastantes ricas em cloroplastos. Entre as células guardas fica uma pequena fenda que permite as trocas gasosas entre o meio exterior e os tecidos internos da planta. Segundo MILBURN (1979), o estômato é constituído de duas células estomáticas, localizadas em um lençol de células que muitas vezes se encaixam como pedras de um quebra-cabeça. Estes são encontrados mais na face inferior das folhas que nos caules. DALE (1961) verificou que a densidade

estomatal por mm^2 variou de 37 a 50 na face superior de folhas do algodão (*Gossypium hirsutum*) e de 107 a 121, na face inferior. MILLER (1968) encontrou que a umidade do ar e do solo exercem efeito sobre o tamanho e a densidade dos estômatos. Segundo KETELLEPPER (1963), a maior parte da transpiração e trocas gasosas entre o meio ambiente e as folhas, ocorre através dos estômatos. As trocas gasosas, transpiração e fotossíntese, são influenciadas pela densidade, distribuição e mecanismo de abertura dos estômatos. FAHN (1964) encontrou que a alteração no número de estômatos determina variações na taxa de trocas gasosas e fotossíntese. TEARE et al (1971) e TEARE & KANEMASU (1972) afirmaram que uma grande abertura estomatal ou uma maior densidade estomatal poderá permitir aumentos na taxa fotossintética na razão de decréscimo da resistência à difusão de CO_2 .

Tem-se observado atentamente a influência dos fatores ambientais, tais como luz, umidade, temperatura, concentração de CO_2 no ar, potencial de água na folha e déficit de água no solo, no processo de fechamento e abertura dos estômatos. Em ecofisiologia, a avaliação das reações estomáticas aos fatores ambientais e o relacionamento destas reações com o metabolismo e estado físico de plantas, são objetivos importantes. Diferenças qualitativas e quantitativas no comportamento estomático entre espécies de plantas e ecótipos, ou entre diferentes estágios fenológicos, representam importante papel no desenvolvimento e na adaptação da planta. Em seu habitat natural, as plantas são expostas a contínuas mudanças das condições do ambiente. Se a pressão externa de vapor para a folha é mantida constante, o gradiente de pressão de vapor aumentará enquanto a temperatura da folha se eleva e a condutância estomática pode diminuir, ao passo que com gradiente de pressão de vapor constante, a condutância pode aumentar com o aumento de temperatura. A resposta estomática à temperatura com gradiente de pressão de vapor constante, dependerá também da extensão desse gradiente de pressão de vapor. Interações entre a temperatura e os efeitos da umidade sobre o estômato, têm explicado esses resultados conflitantes.

Os estômatos têm um papel de grande importância na absorção de CO_2 da atmosfera e na transpiração da água das folhas para a atmosfera. A maior parte do CO_2 fixado pelas folhas penetra através dos estômatos (BROWN & ROSENBERG, 1970). O estômato normalmente se adapta ao estresse hídrico,

fechando-se em resposta à diminuição do potencial hídrico da planta. No tocante à fisiologia, pode-se dizer que a transpiração e a fotossíntese estão ligadas à abertura dos estômatos com maior intensidade na parte da manhã. A absorção do CO_2 pela face superior da folha é bem maior que pela face inferior, embora esta apresente maior número de estômatos.

Quanto à transpiração, experiências em vaso em Campinas, SP, mostraram que a transpiração média, por planta de 50 dias de vida, foi de 445g/dia. Guardadas as proporções, supondo-se condições iguais no campo, dependendo do número de plantas, em virtude do espaçamento adotado, esta quantidade corresponderia à transpiração de 36 a 44 toneladas de água por hectare de algodão. Estes dados são muito relativos, pois fatores como: umidade relativa do ar, irrigação da cultura, luminosidade, calor, temperatura baixa do solo etc., poderão neles influir.

A resposta da planta ao ambiente é frequentemente influenciada pelo funcionamento estomático através do efeito sobre o uso da água pela planta, do déficit hídrico na planta, fotossíntese líquida e temperatura do ar. DALE (1961) observou que a abertura dos estômatos na face adaxial do algodoeiro aumenta linearmente com a temperatura. Na face abaxial esta mostrou-se indiferente às variações de temperatura. O grau de abertura estomática é regulada pelos processos fotoativos e hidroativos (STALFELT, 1959). Os estômatos na maioria das plantas abrem ao nascer do sol e permanecem abertos até o por do sol, a menos que se desenvolva um desequilíbrio temporário entre o abastecimento e demanda de água às folhas. Variações no potencial hídrico de uma planta geram efeitos complexos sobre a abertura estomática e podem causar abertura passiva temporária ou fechamento estomático (MILBURN, 1979). MILBURN (1979) identificou também que o acúmulo de potássio nas células estomáticas, provenientes da seiva nas divisões celulares próximas aos estômatos, está fortemente correlacionado com a abertura estomática.

Hormônios, tais como ácido abscísico (ABA), podem provocar fechamento dos estômatos e aparentemente desempenhar esta função na natureza pela prevenção do acúmulo de potássio nas células estomáticas (MILBURN, 1979). Um aumento no nível endógeno do ABA frequentemente ocorre no tecido sob estresse hídrico, dando a entender que a modulação hormonal da reação

estomática ao estresse hídrico pode ser um importante mecanismo regulador da capacidade das plantas de resistirem a déficits hídricos temporários.

O fechamento parcial do estômato induzido artificialmente, pode aumentar a eficiência do uso da água pelas plantas através da redução da transpiração. A utilização cuidadosa de alguns inibidores metabólicos, pode alcançar a inibição requerida de abertura estomática; porém, a aplicação adequadamente controlada sob condições de campo é difícil e pode ocorrer inibição metabólica de fotossíntese no mesófilo (MANSFIELD, 1976). Entretanto, esse fechamento induzido dos estômatos deve inevitavelmente aumentar a resistência difusiva da folha à entrada do dióxido de carbono e pode, deste modo, reduzir a taxa fotossintética comprometendo o rendimento da cultura. Há, no entanto, fundamentos teóricos para se acreditar que um determinado grau de fechamento estomático exerceria um efeito proporcional mais amplo sobre a perda de água da folha, do que sobre a entrada do CO_2 , devido às diferenças na extensão dos caminhos de difusão deles (MEIDNER & MANSFIELD (1968) citado por MANSFIELD (1976).

2.4 - RESISTÊNCIA À DIFUSÃO DO VAPOR D'ÁGUA

A publicação da equação combinada de PENMAN (1948), foi um marco nos estudos da evapotranspiração das culturas no campo. PENMAN calculou o índice potencial de evaporação a partir de condições meteorológicas padrões ao mesmo tempo em que reconheceu ser a evaporação efetiva inferior ao total potencial se houvesse uma escassez de água no solo. Muitos estudiosos pesquisaram a relação entre o status de água no solo e a razão da taxa de evaporação potencial efetiva (PENMAN, 1948; VEIHMEYER & HENDRICKSON, 1965; THORNTHWAITE & MATHER, 1954). MONTEITH (1965) generalizou a equação de PENMAN especificando duas resistências à transferência de vapor: desde as superfícies evaporantes da cultura até o ar - resistência estomática (r_s), e através da difusão do vapor d'água no ar - resistência aerodinâmica (r_a). As resistências superficiais podem exercer um significativo controle sobre as taxas de evaporação das superfícies vegetadas e devem ser especificadas independentemente nas formas dos modelos combinados de MONTEITH (1965) e THOM (1971).

Os processos de transferência entre uma superfície vegetada e a atmosfera são basicamente os transportes de momentum, calor sensível, vapor d'água e CO_2 , sendo que essas trocas se processam principalmente através da turbulência superficial.

No estudo da transferência turbulenta de massa, calor e quantidade de movimento, é habitual a introdução de hipóteses simplificadoras, tendo em vista a conhecida complexidade dos processos físicos envolvidos. Os fluxos de calor e massa na camada limite turbulenta próximo à superfície, são geradas pelo movimento turbulento do ar, como uma consequência, na maior parte, do retardamento sofrido pelo vento soprando horizontalmente sobre essa superfície. Esse retardamento do movimento do ar pode ser considerado como um processo de absorção contínua de quantidade de movimento do vento, gerando um fluxo descendente de momentum. A ordem de grandeza do fluxo da quantidade de movimento em relação ao vento medido e à rugosidade da superfície, permite conhecer o grau de confiabilidade da eficácia do processo de transferência turbulenta de propriedades como: vapor d'água, calor sensível, CO_2 etc (SOUZA, 1991).

Com base em estudos realizados principalmente por PRANDTL (1932), (citado por BRUNINI et al, 1983 e DEACON, 1949), pode-se determinar os coeficientes de transferência turbulenta, para os processos de transporte de momentum, calor sensível, vapor d'água e dióxido de carbono de uma superfície vegetada para a atmosfera, através da solução do perfil aerodinâmico do vento na camada limite superficial. Nessa camada, o fluxo de uma propriedade qualquer é proporcional ao gradiente de determinados parâmetros do fluxo como, por exemplo: temperatura - fluxo de calor sensível; pressão de vapor - fluxo de vapor d'água; vento - fluxo da quantidade de movimento etc. Nos casos dos transportes verticais de calor sensível e latente - aquecimento ou resfriamento do ar e evaporação direta de superfície livre de água - o único obstáculo ao fluxo é a resistência aerodinâmica exercida pelo ar.

Do ponto de vista aerodinâmico, a superfície da terra é coberta por uma densa formação de corpos, através dos quais flui uma série de fluxos turbulentos (OMETO, 1981). A resistência aerodinâmica é uma função da dissipação turbulenta de vapor d'água na interface entre a vegetação e o ar e pode ser estimada com base nas características aerodinâmicas da cultura e no regime de vento próximo à

superfície (AZEVEDO et al., 1989). A resistência aerodinâmica do ar circundante à folha depende da velocidade do vento e aumenta exponencialmente para baixos valores da velocidade do vento. Para quaisquer condições de estabilidade do ar, r_a pode ser calculada com base nas propriedades aerodinâmicas da cultura, corrigido o efeito da estabilidade do ar, conforme MOTEITH (1973).

O cálculo da resistência aerodinâmica é requerida, na maioria dos modelos, para programação de irrigação baseada na temperatura das plantas e também, para a estimativa da evapotranspiração baseada na equação do balanço de energia sobre áreas vegetadas (GUERRA, 1990).

No caso de transporte de vapor d'água para a atmosfera, proveniente de superfícies vegetadas, a fonte de vapor d'água para o processo de transpiração é a cavidade estomatal das folhas, onde o ar está saturado, exceto se houver deficiência hídrica, causando dessecamento da planta. Na transpiração, o vapor d'água deve ser, primeiro, propagado através da abertura estomatal para em seguida ser difundido no meio atmosférico. Assim, na estimativa do fluxo de vapor d'água sobre superfícies vegetadas, deve-se levar em conta a resistência aerodinâmica bem como a resistência estomática extrapolada para a vegetação (r_c), as quais atuam em série (COSTA, 1989).

As taxas de fotossíntese e de transpiração nas plantas são muito influenciadas por uma série de resistências à difusão do CO_2 e ao vapor d'água. GAASTRA (1959) registrou que a fotossíntese é inversamente proporcional ao total da resistência difusiva ao CO_2 , e que a transpiração é inversamente proporcional ao total da resistência difusiva ao vapor d'água proveniente da folha.

Além da fotossíntese, a resistência difusiva da folha influencia direta ou indiretamente outros processos da planta, como consequência da resistência aos fluxos gasosos para e a partir de uma planta, e assim controla o fluxo de saída de água e de entrada de CO_2 . A ação conjunta dos estômatos nas folhas e em um dossel, influencia a resistência difusiva aos fluxos de CO_2 e de vapor d'água. O estado de estresse hídrico de uma planta está ligado à resistência difusiva da folhagem. Contudo, uma melhor compreensão da resistência difusiva, conduz a um entendimento melhor dos limites impostos sobre a atividade fotossintética e sobre os processos fisiológicos (PAW U & DAUGHTRY, 1984).

Deste modo, a transpiração é controlada principalmente pela resistência estomática à difusão de vapor d'água, enquanto a fotossíntese é sobretudo afetada

pelas resistências estomática e mesófila à difusão do CO_2 (FRANK & BARKER, 1976).

Um aumento na resistência estomática, induzido por estresse hídrico, fatores ambientais, redução na densidade estomática, ou anti-transpirante, geralmente resulta em uma redução maior na transpiração do que na fotossíntese (KRIED-MANN, 1971; MISKIN et al., 1972). As relações entre a resistência estomática, o potencial de água na folha, a temperatura da folha e os fatores ambientais, tais como temperatura e umidade, são particularmente importantes para o crescimento das plantas em condições áridas e semi-áridas. Inúmeros estudos revelam que o aumento da resistência difusiva da folha resulta de progressivas reduções dos potenciais de água da folha. A água desempenha papel fundamental no crescimento e desenvolvimento das plantas. Em condições favoráveis de umidade, através do processo fotossintético, as plantas produzem os hidratos de carbono, parte para o consumo imediato e parte para o armazenamento. O algodoeiro produz hidratos de carbono que podem ser armazenados nas folhas, caule e raízes. Todavia, em condições de déficit hídrico no solo, ocorre uma elevação na resistência estomatal e cuticular do algodoeiro no sentido de controlar a perda de água das folhas (SILVA, 1970). Este controle de perda de água pelos estômatos e cutícula varia tanto entre espécies com dentro das espécies. Contudo, o aumento da resistência estomática e cuticular acarreta reduções na fotossíntese, pela escassez de CO_2 (SOUZA et al, 1983). Um suprimento de CO_2 é necessário para a transformação fotossintética de luz em energia química (BROWN & ROSENBERG, 1970).

A resistência estomática abaxial aumenta consideravelmente com a diminuição do conteúdo hídrico do solo. O aumento da resistência estomática sobre a superfície abaxial, é maior do que aquele sobre a superfície adaxial sob condições de estresse (LU, 1989). RAWSON et al (1977) observaram que a superfície abaxial das folhas do trigo, tinham uma resistência menor do que a superfície adaxial e que a resistência adaxial era menos variável e mais sensível ao estresse hídrico do que a resistência da superfície abaxial.

Foi observado por MONTEITH (1981) para cevada, sorgo, soja e beterraba sacarina, que a resistência do dossel está próxima à resistência estomática de um dossel delimitado por todas as resistências estomáticas das folhas tratadas como resistências em paralelo. Isto é, a resistência do dossel de

uma cultura como um todo desempenha a mesma função que a resistência estomática de uma única folha, no que diz respeito a taxa de transpiração: a partição de irradiação líquida absorvida pelo dossel inteiro da cultura entre as perdas de calor sensível e latente é regulada pela resistência do dossel, a qual é controlada pela ação de abertura e fechamento dos estômatos em função do gradiente de pressão de vapor d'água entre o interior das células guardas e o meio ambiente e do nível de calor latente disponível à superfície da cultura (AZEVEDO et al., 1989).

A modelagem da condutância estomática, tanto de folhas iluminadas como sombreadas, sobre variações dos regimes de umidade do solo, é útil na compreensão da influência do estresse hídrico sobre o crescimento e o desenvolvimento da cultura (EPHRATH, 1987). Os fatores ambientais que são conhecidos por terem uma importante influência sobre a condutância estomática são irradiação, estado hídrico da folha, umidade ambiental, temperatura da folha e a concentração de dióxido de carbono.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO DE CAMPO

O experimento de campo foi conduzido na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), localizada no município de Ipanguassu-RN (5° 30' de latitude sul, 36° 52' de longitude oeste, 80m de altitude), no período de julho a dezembro de 1990. A parcela experimental ocupou uma área de aproximadamente 2.700m² de solo classificado como Aluvial Eutrófico.

3.1.2 - CULTURA

A cultura implantada foi o algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* r. *latifolium*, cultivar CNPA precoce I). A semeadura foi realizada logo após o preparo do solo que constou de aragem, gradagem e sulcamento no sentido norte-sul, obedecendo a um espaçamento de 1,0m entre fileiras e 0,20m entre covas, com 04 sementes por cova, ficando, após o desbaste, com duas plantas por cova, totalizando uma densidade populacional de 100 mil plantas/hectare.

3.1.3 - TRATOS CULTURAIS

Durante o experimento a cultura foi mantida livre de ervas daninhas, mediante a prática de capina periódica sempre que necessário. Também foi feito o controle de pragas e doenças, bem como as adubações necessárias, de modo que estes fatores não fossem limitantes ao pleno desenvolvimento da cultura.

A irrigação foi realizada em sulcos, por gravidade, utilizando-se tubos janelados. No período inicial do estágio vegetativo da cultura, a frequência de irrigação variou de três a sete dias. Posteriormente a esta fase, as irrigações foram estabelecidas de acordo com o teor de umidade do solo monitorado com uma sonda de nêutrons.

3.1.4 - INSTRUMENTAÇÃO UTILIZADA

Foram utilizados um porômetro de equilíbrio dinâmico (LI-1600 da LICOR), um integrador de área (LI-3300 da LICOR), uma balança de precisão, uma estufa e uma sonda de nêutrons da marca Troxler, modelo 3320. Além destes utilizou-se também um anemômetro totalizador instalado a 2,0m do solo e um termômetro de Hg, mantido no abrigo meteorológico instalado em área contígua à experimental.

3.2 - METODOLOGIA

Como o trabalho objetivou o estudo do comportamento fisiológico e morfológico do algodoeiro irrigado, o delineamento experimental constou de duas parcelas: tratamento PI, com 1.800m² e tratamento PII, com 900m². As parcelas foram irrigadas com lâminas d'água determinadas de acordo com o teor de umidade do solo estimado com base nos dados da sonda de nêutrons. O tratamento PI (não estressado) recebia a cada irrigação 100% da água necessária ao restabelecimento da capacidade de campo e o tratamento PII tratamento (estressado) recebia apenas 50% dessa lâmina.

Mais ou menos no centro de cada parcela foi demarcada, com barbante, uma área stand medindo 10,0m x 10,0m, contendo dez sulcos. Em sulcos alternados, a cada 20 plantas, a partir da quinta planta, uma era marcada com uma fita plástica, perfazendo um total de 04 plantas por sulco. A cada cinco dias, a partir do trigésimo quinto dia após a semeadura (DAS=35), foram feitas medições de altura (distância vertical entre o colo da planta e a última folha desenvolvida) em cada uma das plantas marcadas com fita plástica, obtendo-se a altura média de cada tratamento. Posteriormente, foram escolhidas aleatoriamente três plantas com alturas aproximadamente equivalentes à altura média do tratamento. Estas plantas foram colhidas e colocadas em sacos de papel de peso conhecido, sendo em seguida pesadas em balança de precisão. Na sequência, foram feitas as medições do comprimento e a largura das folhas de cada uma planta separadamente e, em seguida, foram passadas em um integrador de área (LI-3300 da LICOR) para medir a área foliar.

Todo o material verde colhido, ou seja, a planta como um todo, foi colocada em uma estufa a 80°C por um período de 24 horas. Após este período as plantas foram novamente pesadas para se obter o peso da matéria seca. Os dados

correspondentes às medições, referem-se à média aritmética das três plantas coletadas em cada um dos tratamentos.

Trinta e cinco dias após a semeadura (DAS=35), iniciou-se o monitoramento do comportamento fisiológico da cultura utilizando-se um porômetro de equilíbrio dinâmico (LI-1600 da LICOR), sendo avaliados os seguintes parâmetros: resistência estomática (r_s) à difusão de vapor, taxa de transpiração (t_r) por unidade de área foliar, temperatura da folha (T_f), temperatura (T_a) e umidade do ar (UR) no interior da câmara em contato com a folha e radiação fotossinteticamente ativa (RFA).

Os parâmetros acima descritos foram medidos sempre na face abaxial de folhas bem desenvolvidas e mais expostas à radiação solar. Para se obter médias mais representativas, as medições foram realizadas em quatro folhas de cada planta por tratamento.

3.2.1 - SISTEMÁTICA DE OBSERVAÇÕES

Diariamente, no período de 10/10/90 a 19/12/90, foram realizadas medições nos horários das 09h, 12h e 15h (tempo local) dos seguintes parâmetros: resistência estomática, transpiração, temperatura da folha e radiação fotossinteticamente ativa. A cada cinco dias, a partir do trigésimo quinto dia após a semeadura, foram feitas medições dos seguintes parâmetros: altura média da planta (H), índice de área foliar (IAF) e dados de matéria verde (MV) e seca (MS), enquanto que três vezes por semana foi determinado o teor de umidade do solo, com o uso da sonda de nêutrons. A cada quinze dias foram obtidos ciclos diurnos das 06h às 17h dos parâmetros mencionados acima, com intervalo de tempo de uma hora.

3.2.2 - MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO

Para efetivar a quantificação do conteúdo de umidade do solo, necessário se faz calibrar a sonda de nêutrons para o solo da área estudada. Nesse sentido, foram delimitadas quatro microbacias, com um metro quadrado cada uma, interiores à área experimental e afixados tubos de acesso de plástico no seu interior. As microbacias receberam lâminas de irrigação e turnos de rega

diferenciados, de forma a possibilitar um espectro mais amplo do conteúdo de umidade do solo.

A sistemática adotada consistiu na realização de duas contagens-padrão (CP), com a sonda de nêutrons acoplada em um tubo de acesso instalado em um tonel de ferro contendo água até o nível de 5cm da sonda. Logo após, foram feitas as contagens do meio (CM) nas profundidades de 20cm, 40cm, 60cm e 80cm e obtidas amostras de solo (duas por profundidade, com um anel coletor de 200cm³) em trincheiras abertas em torno do tubo de acesso. A cada valor de CM foi obtida a contagem relativa (CR), que é igual à razão entre CM e CP.

Os 52 pares de dados de Θ e CR resultaram na seguinte equação de regressão:

$$\Theta = (-0,2656 + 0,6884 \times CR) \times 100 \quad (1)$$

que apresentou coeficiente de determinação r^2 igual a 0,64, sendo CR a contagem relativa e Θ a umidade volumétrica, expressa em percentagem.

O monitoramento da umidade do solo foi iniciado no dia 11/09/90, diariamente no horário entre 08h e 09h (tempo local), nas profundidades de 20cm, 40cm, 60cm e 80cm em quatro tubos no tratamento PII e em seis tubos no tratamento PI.

3.2.3 - DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA AERODINÂMICA

A resistência aerodinâmica (r_a) ao fluxo de vapor d'água atmosférico, para qualquer condições de estabilidade, foi estimada com base nas propriedades aerodinâmicas do dossel vegetativo da cultura, através da expressão (MONTEITH, 1973; AZEVEDO et al, 1993a):

$$r_a = \left\{ \frac{[\ln(Z-d)/Z_0]^2}{0,16U(Z)} \right\}^x \left[1 - \frac{5g(Z-d)(T_f - T_a)}{TU(Z)^2} \right] \quad (2)$$

onde d e Z_0 representam, respectivamente, o deslocamento do plano zero e o coeficiente de rugosidade da superfície vegetada, obtidos em função da altura da vegetação (H) por: $d = 0,65 \cdot H$ e $Z_0 = 0,13 \cdot H$ (THOM, 1971); $U(Z)$ em cm/s é a velocidade média do vento ao nível Z acima do solo; g é a aceleração devido a

gravidade (cm/s^2); T é a média das temperaturas absolutas da folhagem (T_f) e do ar (T_a).

3.2.4 - DETERMINAÇÃO DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA

A produtividade biológica foi medida através da determinação da taxa de assimilação líquida (TAL), das taxas de crescimento relativo (TCR) e absoluto (TCA), da matéria verde (MV) e seca (MS) e da área foliar (AF). Após a coleta do material (plantas) foram feitas determinações do peso verde, área foliar e, após a secagem em estufa a 80°C por 24 horas, foi determinado o peso seco. Para o cálculo da área foliar utilizou-se a seguinte equação:

$$AF = L.C.K \quad (3)$$

onde AF é a área foliar, L é a largura da folha, C é o comprimento da folha e $K = 0,7$ é um fator de correção (ASHLEY et al., 1963). Utilizou-se, também, para a obtenção da área foliar um integrador de área (LI-3300 da LICOR).

A taxa de assimilação líquida (TAL), expressa em gr/dia foi calculada pela fórmula (RADFORD, 1967):

$$TAL = \frac{(\ln A_2 - \ln A_1) \times (P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1) \times (A_2 - A_1)} \quad (4)$$

onde Ln é o logaritmo neperiano, P_1 e P_2 representam o peso seco da planta nos períodos de tempo t_1 e t_2 e A_1 e A_2 a área foliar nos mesmos períodos de tempo (RADFORD, 1967).

A taxa de crescimento relativo (TCR), expressa em $\text{gr}/\text{gr.dia}$, foi calculada pela fórmula (RADFORD, 1967):

$$TCR = \frac{\ln P_2 - \ln P_1}{t_2 - t_1} \quad (5)$$

A taxa de crescimento absoluto (TCA), expressa em gr/dia, foi calculada pela fórmula (RADFORD, 1967):

$$TCA = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \quad (6)$$

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 - MEDIÇÕES MORFOLÓGICAS

Na Tabela 1, representada nas figuras 1, 2, 3 e 4, foram apresentados os dados de altura média de planta (H), matéria verde (MV), matéria seca (MS) e área foliar (AF) do algodoeiro herbáceo, cultivado nos tratamentos PI e PII, e que são discutidos a seguir.

4.1.1 - ALTURA MÉDIA DA CULTURA

Com relação a altura das plantas (Figura1), correspondente à média aritmética da altura de vinte plantas por tratamento, observou-se que a partir do trigésimo quinto dia após a sementeira a diferença de altura entre os tratamentos, estressado e não estressado, foi bastante acentuada e crescente até o sexagésimo dia após a sementeira (DAS=65). A partir do dia de ordem 65 a diferença passou a ser menor. Isto se deveu ao fato de que no início do ciclo da cultura, a diferença na umidade do solo entre as parcelas era significativa, enquanto que da metade para o final, em virtude do aumento da área foliar e por conseguinte uma diminuição na demanda evaporativa do solo, houve uma redução na diferença da altura média das plantas entre os tratamentos estressado e não estressado.

4.1.2 - BIOMASSAS VERDE E SECA

As diferenças de matéria verde (MV) e matéria seca (MS) (Figuras 2 e 3), foram pequenas e oscilantes do início até os 85 DAS. Dos 90 até os 115 DAS essas diferenças foram acentuadas e oscilantes. Isto decorreu do fato de que, nesse período, as plantas já estavam na fase de frutificação e como esperado, as plantas do tratamento PI se desenvolveram e frutificaram mais do que as do tratamento PII e por conseguinte, ocorreu uma maior diferença no peso da matéria verde (MV) e no peso da matéria seca

Tabela 1 - Altura média (H), matéria verde (MV), matéria seca (MS) e área foliar do algodoeiro herbáceo submetido aos tratamentos não estressado (PI) e estressado (PII). Ipanguassu, RN, 1990.

DIAS APÓS A SEMEADURA	H (cm)		MV (g)		MS (g)		AF (m ²)	
	PI	PII	PI	PII	PI	PII	PI	PII
35	24.3	20.5	29.5	29.5	04,8	04,8	1.00	0.50
40	32.0	24.1	79.0	79.0	14.0	14.0	1.20	0.56
45	41.3	28.9	80.2	80.2	13.1	13.1	1.50	0.60
50	47.3	30.7	109.0	90.6	22.6	17.9	1.47	0.86
55	54.4	35.7	121.4	90.7	26.7	19.6	3.48	0.94
60	60.0	40.6	149.8	132.0	35.1	32.0	3.10	0.79
65	63.0	50.1	191.6	155.3	50.4	26.2	3.21	1.90
70	65.9	56.2	253.9	171.2	49.5	42.7	4.68	4.18
75	66.4	56.5	253.9	208.8	72.5	50.5	5.86	3.88
80	67.1	59.4	253.2	204.4	72.1	48.0	4.08	1.99
85	68.1	59.8	336.2	293.3	85.4	53.7	3.84	2.24
90	68.7	60.8	405.0	198.7	97.9	55.1	4.82	3.01
95	69.1	61.2	355.5	195.2	106.2	51.9	4.84	2.81
100	69.1	61.6	339	143.3	103.1	41.7	5.11	2.89
105	69.1	62.3	335	191.4	104.2	61.1	3.61	2.46
110	71.0	62.3	324	111.4	118.8	44.2	2.91	1.74
115	71.0	64.2	318.5	134.4	129.0	50.5	2.05	0.89

(MS) entre os tratamentos. Observou-se que a matéria verde no tratamento PI alcançou o seu peso máximo de 405,0 gr, aos 90 DAS, enquanto que em PII o máximo foi de 293,2 gr, tendo ocorrido aos 85 DAS. Observou-se, também, que nesse mesmo período o peso da matéria verde passou a decrescer, em ambos os tratamentos, em consequência da senescência das plantas, o que ocorreu também com relação a área foliar. Com relação ao peso da matéria seca observou-se que no tratamento PI seu peso máximo foi de 139,0 gr alcançado aos 115 DAS enquanto que no tratamento PII seu peso máximo foi de 61,6 gr aos 105 DAS. Notou-se também que a partir deste ponto tanto o peso verde como o peso seco passaram a decrescer em consequência da senescência das plantas, o que ocorreu também com relação a área foliar.

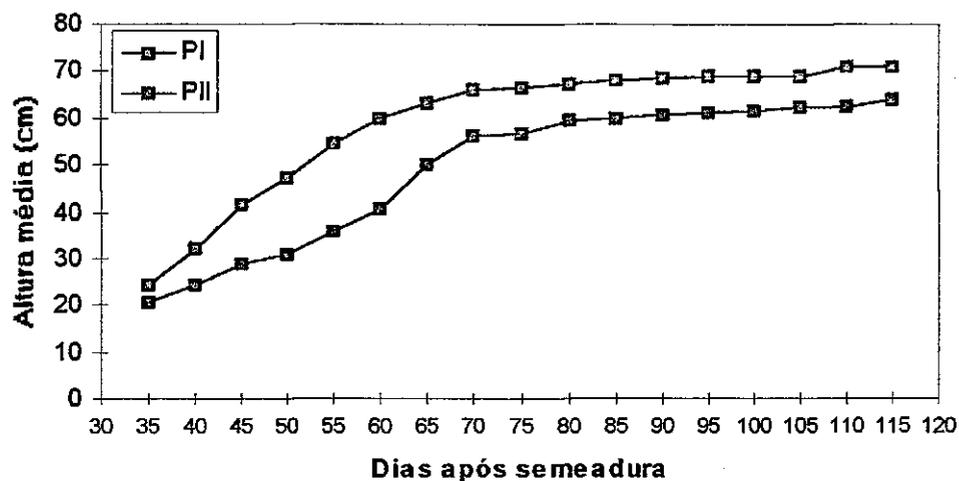


Figura 1 - Comportamento estacional da altura média da cultura (cm) correspondente aos tratamentos PI e PII, Ipanguassu-RN, 1990.

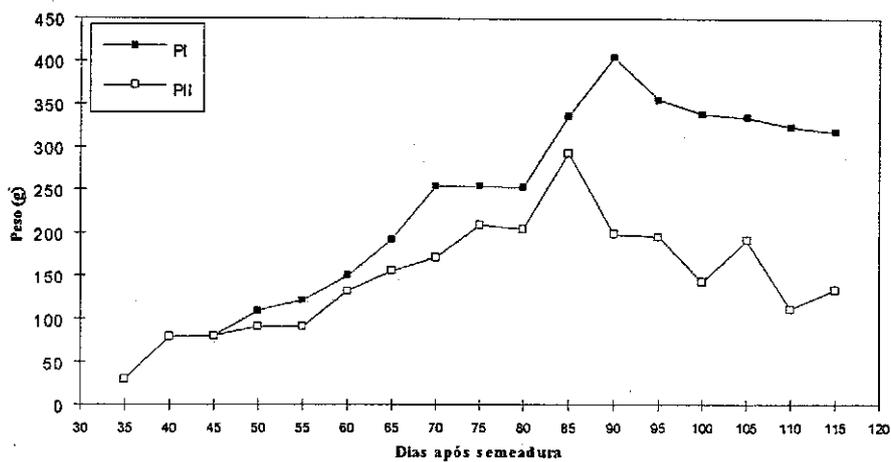


Figura 2 - Comportamento estacional da biomassa verde da cultura (gr), nos tratamentos PI e PII. Ipanguassu-RN, 1990.

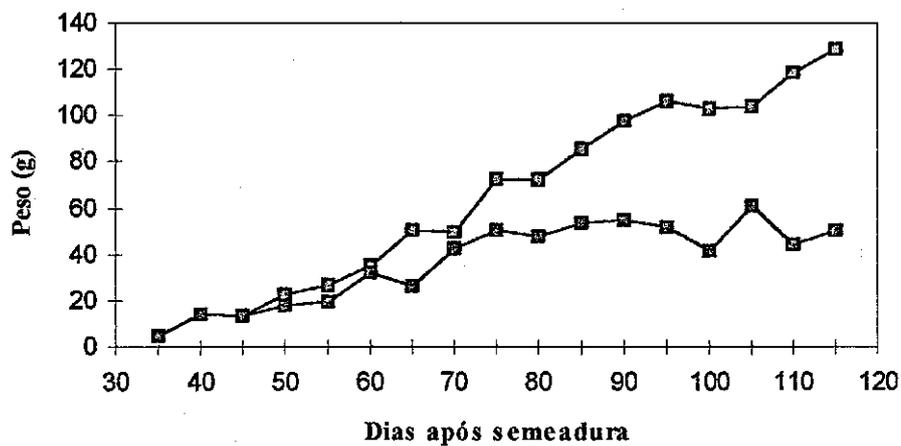


Figura 3 - Comportamento estacional da biomassa seca da cultura (gr) nos tratamentos PI e PII. Ipanguassu-RN, 1990.

4.1.3 - ÁREA FOLIAR

Para a área foliar, representada na Figura 4 sob a forma de índice de área foliar (IAF), observou-se que as diferenças entre os tratamentos PI e PII, foram crescentes do início até os 60 DAS e oscilantes dos 65 até os 115 DAS. Geralmente, a redução do potencial de água da folha também influenciou na respiração e na expansão foliar. Contudo, a expansão foliar é inibida antes e mais severamente do que a fotossíntese e a respiração (BOYER, 1970).

Como pode ser observado, no tratamento PI a cultura alcançou a relação máxima de $3,88 \text{ cm}^2 / \text{cm}^2$ aos 85 DAS, enquanto que no tratamento PII a relação máxima correspondeu a $2,39 \text{ cm}^2 / \text{cm}^2$ aos 75 DAS. Isto decorreu do fato de que as plantas não estressadas apresentaram maior área foliar do que as estressadas.

As oscilações de todos os parâmetros em estudo decorrem, em parte, da aleatoriedade da escolha das plantas visando a determinação e a quantificação destes parâmetros. Somente o parâmetro altura das plantas é equivalente ao stand.

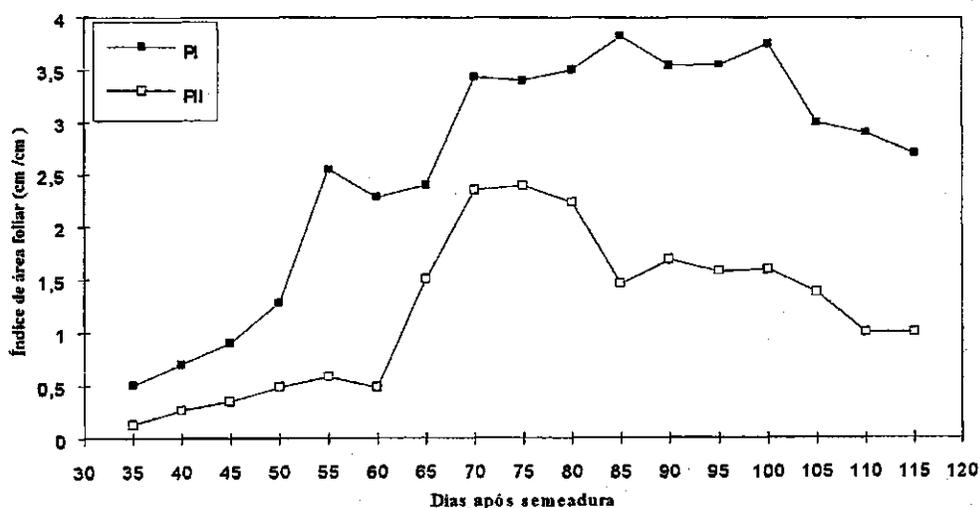


Figura 4 - Comportamento estacional do índice de área foliar (cm^2/cm^2) da cultura, nos tratamentos P I e P II. Ipanguassu-RN, 1990.

4.1.4 - ÍNDICES DE CRESCIMENTO

A complexa análise de crescimento de culturas agrícolas pode ser simplificada usando-se índices que expressam o crescimento da cultura, tais como o índice de área foliar, a taxa de assimilação líquida e a taxa de crescimento relativo (WILLIAMS et al, 1965). Na Tabela 2 foram apresentadas as taxas de assimilação líquida (TAL), tanto das plantas do tratamento não estressado como do tratamento estressado.

Percebe-se com muita clareza que tanto no tratamento PI quanto no tratamento PII, a taxa de assimilação líquida oscilou bastante desde os 40 DAS até o final do ciclo, apresentando uma diferença entre os tratamentos, quase insignificante. Verificou-se, assim, que as plantas que não têm de alimentar pontos frutíferos parecem aumentar sua capacidade fotossintética, o que poderia ser explicado pela drenagem de produtos nitrogenados das folhas para as cápsulas (TUCKER & TUCKER, 1968; BASSETT et al, 1970) correspondendo, certamente, a uma degradação da folha. Assim, contrariamente a outras plantas onde a existência de frutos em crescimento ativo aumentava a atividade fotossintética das folhas (HANSEN, 1970; EVANS, 1975), o algodoeiro apresentou um decréscimo na atividade assimilatória.

As taxas de crescimento relativo (TCR), apresentadas na Tabela 3, demonstraram um impulso de crescimento no tratamento não estressado, bem maior que no tratamento estressado. No tratamento não estressado, as taxas de crescimento absoluto e relativo apresentaram valores maiores e oscilantes dos 50 DAS até os 80 DAS e daí até os 115 DAS menores e oscilantes. É possível que a emergência dos botões florais das plantas desse tratamento tenha contribuído, em parte, para este decréscimo. Um outro possível fator que possa ter contribuído para o aumento no primeiro período, foi o estresse que as plantas do tratamento estressado, estava submetidas.

TABELA 2

Índice de área foliar (IAF) e taxa de assimilação líquida (TAL) ao longo do ciclo vegetativo da cultura, submetida aos tratamentos não estressado (P I) e estressado (P II). Ipanguassu - RN, 1990.

DIAS APÓS A SEMEADURA	IAF (cm^2/cm^2)		TAL ($g/cm^2.dia$)	
	P I	P II	P I	P II
35 - 40	0.70	0.27	1.66	3.37
40 - 45	0.90	0.35	-0.14	-0.30
45 - 50	1.28	0.48	1.11	0.20
50 - 55	2.55	0.58	0.33	0.38
55 - 60	2.28	0.48	0.53	2.97
60 - 65	2.40	1.50	1.11	-0.92
65 - 70	3.43	2.35	0.04	1.14
70 - 75	3.40	2.39	1.13	0.37
75 - 80	3.50	2.23	-0.02	-0.78
80 - 85	3.82	1.46	0.61	2.46
85 - 90	3.54	1.69	0.56	-1.40
90 - 95	3.55	1.58	0.83	-0.22
95 - 100	3.75	1.60	-0.12	-0.78
100 - 105	3.00	1.38	0.06	1.44
105 - 110	2.90	1.00	-0.88	-1.64
110 - 115	2.70	1.00	1.04	0.76

TABELA 3

Taxas de crescimento absoluto (TCA) e relativo (TCR) ao longo do ciclo vegetativo da cultura, submetida aos tratamentos não estressado (PI) e estressado (PII). Ipanguassu - RN, 1990.

DIAS APÓS A SEMEADURA	TCA (g/dia)		TCR (g/g.dia)	
	PI	PII	PI	PII
35 - 40	1.84	1.84	0.214	0.214
40 - 45	-0.18	-0.18	-0.014	-0.014
45 - 50	1.90	1.64	0.110	0.062
50 - 55	0.82	-0.22	0.030	0.020
55 - 60	1.68	2.64	0.056	0.098
60 - 65	3.06	-1.16	0.070	0.040
65 - 70	-0.18	3.30	0.000	0.010
70 - 75	5.80	1.56	0.080	0.030
75 - 80	-0.08	-0.50	0.000	0.010
80 - 85	2.66	5.14	0.030	0.086
85 - 90	2.50	-3.72	0.026	-0.056
90 - 95	1.66	-0.64	0.016	-0.014
95 - 100	-0.62	2.04	-0.010	-0.040
100 - 105	0.22	3.88	0.000	0.076
105 - 110	2.92	-3.38	0.030	-0.060
110 - 115	4.04	1.26	0.030	-0.026

4.2 - COMPORTAMENTO DIURNO DOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DA CULTURA NOS TRATAMENTOS PI E PII

Nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 foram apresentados os dados de resistência estomática (r_s), temperatura da folha (T_f), transpiração (t_r) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA), do algodoeiro herbáceo, medidos nos tratamentos não estressado e estressado, para os dias anterior e posterior às irrigações, os quais foram também apresentados de forma gráfica nas Figuras 5 a 12.

4.2.1 - RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA

As Figuras 5 e 6 mostram a variação diurna da resistência estomática (r_s), respectivamente nos tratamentos PI e PII, para o dia anterior e o dia posterior às irrigações, com as medições horárias das 08h às 17h (tempo local). Pode-se observar que a resistência estomática no dia anterior à irrigação em cada tratamento, se apresentou alta e com uma grande oscilação durante o período, principalmente no tratamento PII, isto quando comparada com a resistência estomática do dia após à irrigação, a qual se apresenta baixa e com pequenas oscilações, principalmente no tratamento PI. Tal fato já era esperado pois as plantas neste período e em condições de estresse, apresentaram um certo grau de fechamento parcial dos estômatos, enquanto que no dia posterior a uma irrigação, as plantas responderam à irrigação com a abertura dos estômatos e consequente redução na resistência estomática.

Verificou-se, ainda, que no tratamento PI houve uma pequena diferença entre os dias anterior e posterior a uma irrigação, em relação ao tratamento PII, onde se verificou uma grande diferença neste mesmo período. Isto decorre do fato de que uma cultura quando submetida a estresse hídrico, responde melhor a uma irrigação do que uma cultura que não está em estado de estresse hídrico elevado.

A baixa resistência estomática na parte da manhã em ambos os tratamentos e nos mesmos períodos, isto é, um dia antes e um dia após a uma irrigação e a alta no decorrer da tarde, deveu-se provavelmente à elevação da temperatura da folha, como resultado: i) da elevação da temperatura do ar e, ii) do fluxo de água extraído do solo se apresentar inferior ao fluxo de evaporação nas folhas que, combinadas, causam aumento da resistência estomática (TURNER & BEGG, 1973; SZEICZ et al, 1973).

TABELA 4

Ciclo diurno da temperatura da folha (T_f), resistência estomática (r_s), transpiração (tr) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) da cultura no tratamento PI, um dia anterior (DAS=75) a uma irrigação. Ipanguassu - RN, 1990

HORÁRIO	PARÂMETROS			
	T_f (°C)	r_s (s/cm)	tr ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$)	RFA ($\text{w}.\text{m}^{-2}$)
8:00	29.1	1.65	14.8	299.47
9:00	29.0	2.00	17.1	151.06
10:00	30.0	1.75	14.2	275.00
11:00	32.0	2.34	12.7	274.47
12:00	33.6	2.00	13.6	320.00
13:00	33.1	2.92	09,3	120.74
14:00	31.9	2.90	10.3	189.70
15:00	31.1	2.68	12.4	126.06
16:00	31.5	3.00	08,7	092,55
17:00	29.1	5.00	1.0	044,41

TABELA 5

Ciclo diurno da temperatura da folha (T_f), resistência estomática (r_s), transpiração (tr) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) da cultura no tratamento PI, um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação. Ipanguassu - RN, 1990.

HORÁRIO	PARÂMETROS			
	T_f (°C)	r_s (s/cm)	tr ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$)	RFA ($\text{w}.\text{m}^{-2}$)
8:00	26.7	1.99	12.8	105.51
9:00	26.6	1.51	16.3	129.79
10:00	30.7	1.54	14.0	275.50
11:00	32.5	1.56	13.9	320.00
12:00	31.9	1.78	13.2	265.25
13:00	31.0	1.69	13.6	101.06
14:00	32.2	2.00	12.2	250.91
15:00	30.9	2.12	11.5	238.30
16:00	29.3	2.16	09,4	080,21
17:00	28.3	3.10	06,9	012,77

TABELA 6

Ciclo diurno da temperatura da folha (T_f), resistência estomática (r_s), transpiração (tr) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) da cultura no tratamento PII, um dia anterior (DAS=68) a uma irrigação. Ipanguassu - RN, 1990.

HORÁRIO	PARÂMETROS			
	T_f (°C)	r_s (s/cm)	tr ($\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)	RFA ($\text{w} \cdot \text{m}^{-2}$)
8:00	32.6	013,33	2.5	285.11
9:00	35.6	013,95	1.8	410.28
10:00	39.0	030,00	1.7	443.26
11:00	42.3	030,77	1.6	442.55
12:00	44.0	040,00	1.4	446.81
13:00	37.7	075,00	0.3	069,15
14:00	38.2	100.00	0.2	325.53
15:00	35.9	100.00	0.2	049,33
16:00	35.6	100.00	0.1	091,84
17:00	31.7	100.00	0.1	016,03

TABELA 7

Ciclo diurno da temperatura da folha (T_f), resistência estomática (r_s), transpiração (tr) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) da cultura no tratamento PII, um dia posterior (DAS=70) a uma irrigação. Ipanguassu - RN, 1990.

HORÁRIO	PARÂMETROS			
	T_f (°C)	r_s (s/cm)	tr ($\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)	RFA ($\text{w} \cdot \text{m}^{-2}$)
8:00	30.6	02,92	8.8	154.26
9:00	35.6	03,48	6.7	384.57
10:00	34.8	04,71	6.5	206.38
11:00	34.6	05,13	5.5	182.45
12:00	34.1	04,30	6.6	111.70
13:00	38.3	07,69	4.6	419.68
14:00	38.7	08,00	4.1	350.53
15:00	33.0	08,70	3.7	035,32
16:00	31.6	12.90	2.1	022,23
17:00	32.6	20.00	1.5	005,59

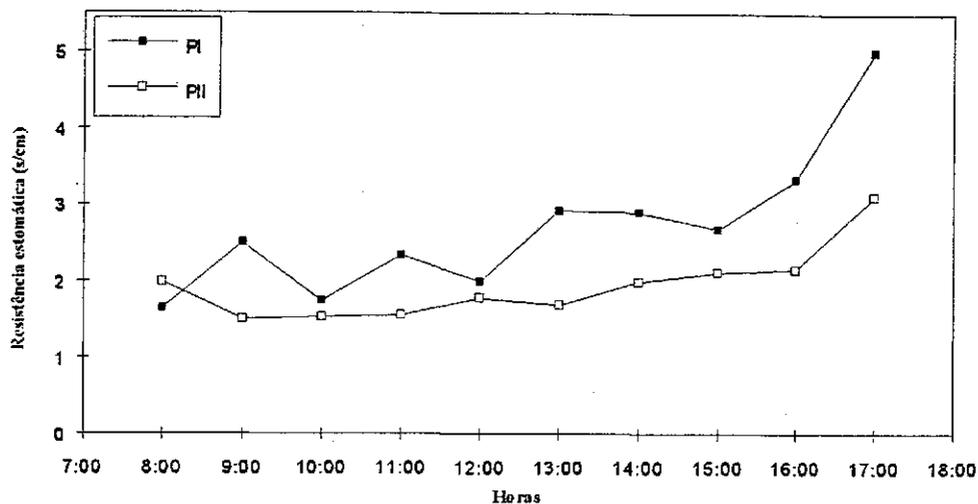


Figura 5. Ciclo diurno da resistência estomática da cultura, um dia anterior (DAS=75) e um posterior (DAS=65) a uma irrigação no tratamento PI. Ipanguassu-RN, 1990.

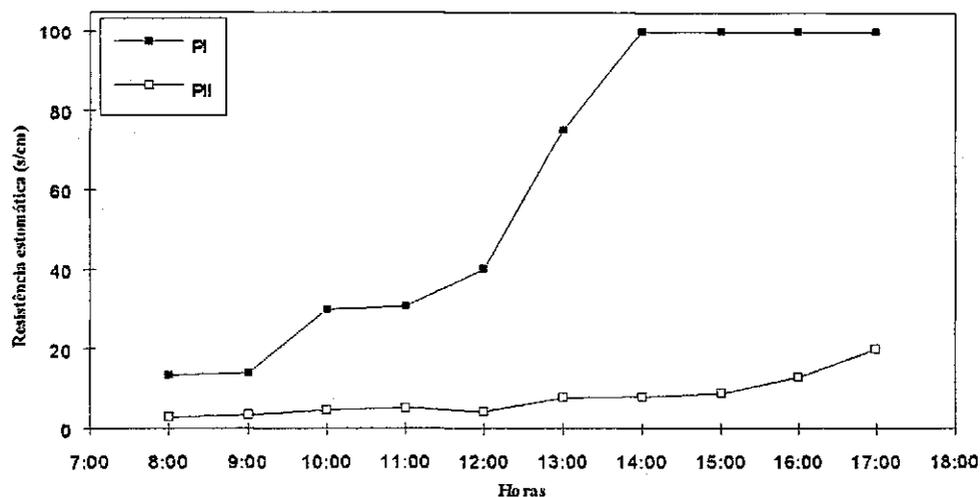


Figura 6. Ciclo diurno da resistência estomática da cultura um dia anterior (DAS=65) e um dia posterior (DAS=70) a uma irrigação no tratamento PII. Ipanguassu-RN, 1990.

4.2.2 - TEMPERATURA DA FOLHA

O comportamento diurno da temperatura da folha (T_f) do algodoeiro herbáceo está representado nas Figuras 7 e 8. Pode-se observar que no tratamento PI um dia antes e um dia após uma irrigação, a temperatura das folhas esteve sempre inferior à do tratamento PII. Por outro lado, nota-se claramente que as variações ocorridas em ambos os tratamentos, um dia antes de uma irrigação, ao longo do dia, mostraram-se mais expressivas e mais irregulares do que aquelas ocorridas um dia após uma irrigação. Isto deveu-se ao fato de que a temperatura da folha também é muito susceptível às variações devidas a parâmetros ambientais, tais como a radiação solar instantânea, umidade do ar, velocidade do vento etc.. No entanto, fica evidenciado que a influência da umidade do solo é maior que todos os demais parâmetros, embora esta afirmativa não contemple as variações devidas aos parâmetros atmosféricos, separadamente, uma vez que tais influências ainda não foram devidamente quantificadas em tratamentos estressados e não estressados.

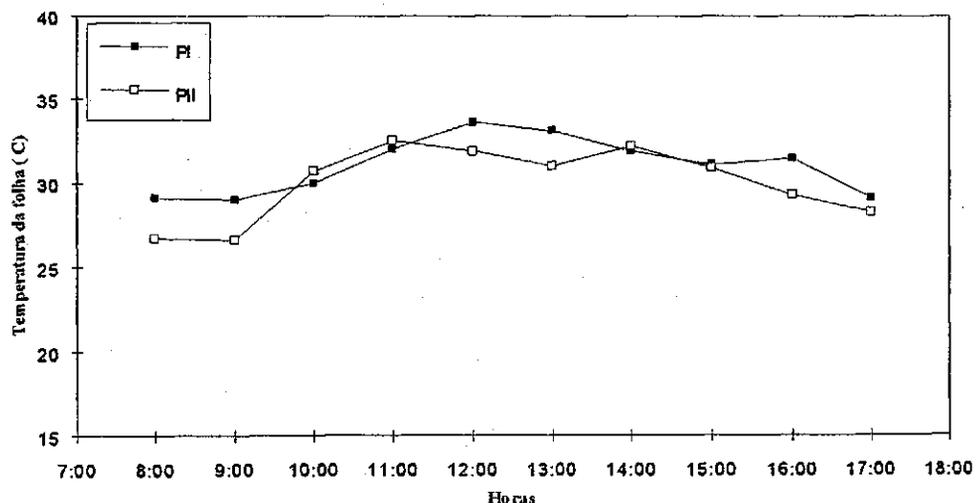


Figura 7. Ciclo diurno da temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$) da cultura um dia anterior (DAS=75) e um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação no tratamento PI. Ipanguassu-RN, 1990.

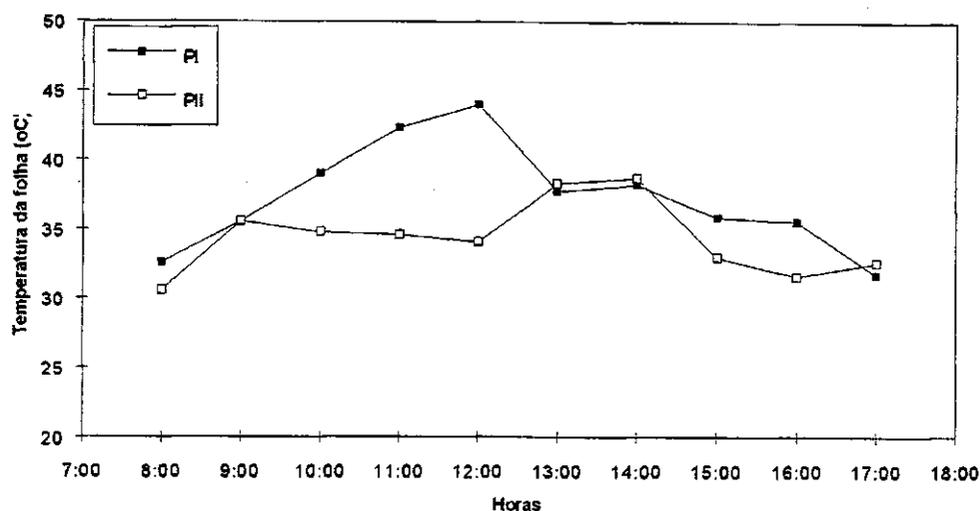


Figura 8. Ciclo diurno da temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$) da cultura um dia antes (DAS=68) e um dia após (DAS=70) a uma irrigação no tratamento PII. Ipanguassu-RN, 1990.

4.2.3 - TRANSPIRAÇÃO

A transpiração (t_s) é uma consequência inevitável do fato de que a planta precisa manter exposta ao ar uma grande área de paredes celulares úmidas a fim de facilitar a absorção de CO_2 pelas folhas.

Nas Figuras 9 e 10 estão representados os dados de transpiração do algodoeiro herbáceo, nos tratamentos PI e PII, um dia antes e um dia após a uma irrigação. Observa-se que no tratamento PII, as diferenças da transpiração entre os períodos, um dia antes e um dia após a uma irrigação, são bastante acentuadas, enquanto que no tratamento PI são pequenas. Atribui-se isto ao fato de que a abertura dos estômatos, por onde ocorre o processo de transpiração, depende dentre outros fatores, do teor de água na folha e consequentemente no solo. Obviamente, como o tratamento PII estava estressado os estômatos das plantas ficaram parcialmente fechados, diminuindo a transpiração.

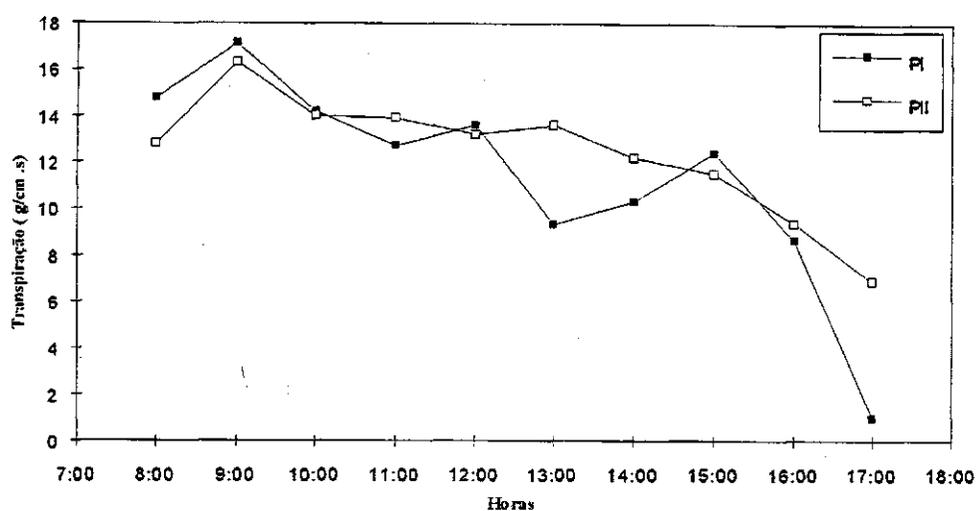


Figura 9. Ciclo diurno da transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) da cultura, um dia antes (DAS=75) e um dia após (DAS=65) a uma irrigação, no tratamento PI. Ipanguassu-RN, 1990.

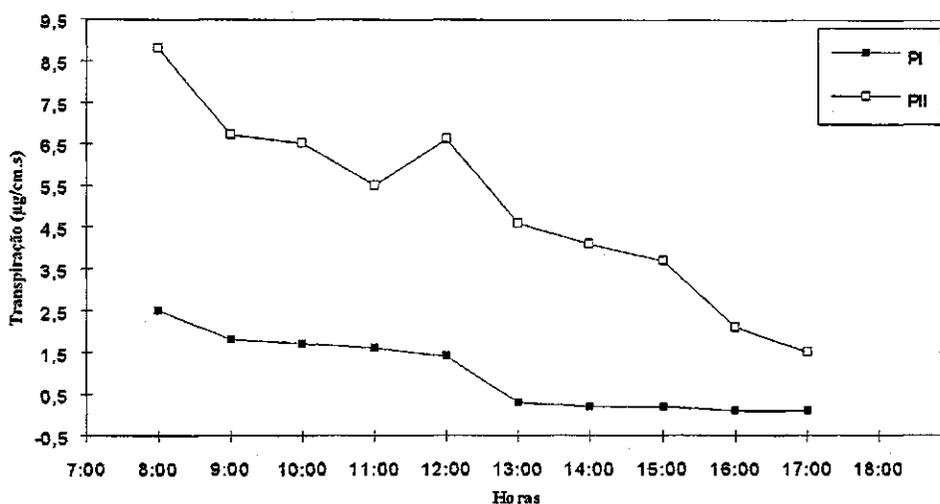


Figura 10. Ciclo diurno da transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) da cultura, um dia antes (DAS=68) e um dia após (DAS=70) a uma irrigação, no tratamento P II. Ipanguassu-RN, 1990.

4.2.4 - RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA

A radiação solar é praticamente a única fonte de energia para os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais. A produção final de matéria seca de uma planta depende, em dado instante, da eficiência com que as folhas convertem energia radiante em energia química através da fotossíntese. Contudo, somente uma fração do espectro solar é utilizada pelas plantas no processo de conversão por causa da sensibilidade seletiva dos cloroplastos. Esta fração, denominada de radiação fotossinteticamente ativa, corresponde ao fluxo de fótons na faixa 400 a 700 nm do espectro solar (Mc CREE, 1972).

Nas Figuras 11 e 12, referentes aos tratamentos PI e PII, respectivamente, foram apresentados os dados da radiação fotossinteticamente ativa correspondente aos dias que antecedem e sucedem uma irrigação. Observa-se que existe uma diferença oscilante entre os tratamentos, durante todo o período. Atribui-se esta diferença oscilante à nebulosidade existente no momento que se fazia a leitura, pois sabe-se que a radiação fotossinteticamente ativa depende exclusivamente da radiação solar incidente à superfície. Por conseguinte, o estresse hídrico não influenciou nesta diferença oscilante.

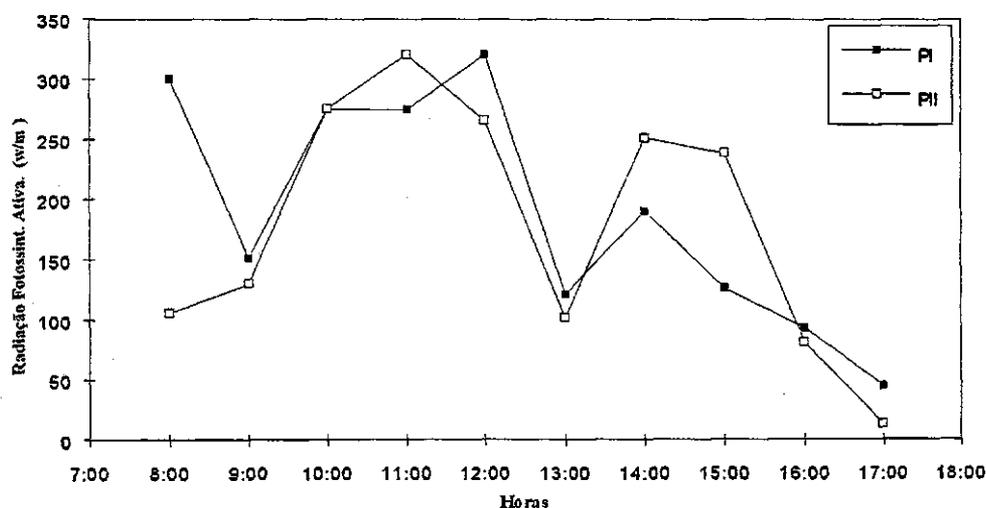


Figura 11. Ciclo diurno da radiação fotossinteticamente ativa (w/m^2), um dia anterior (DAS=75) e posterior (DAS=65) a uma irrigação, no tratamento PI. Ipanguassu-RN, 1990.

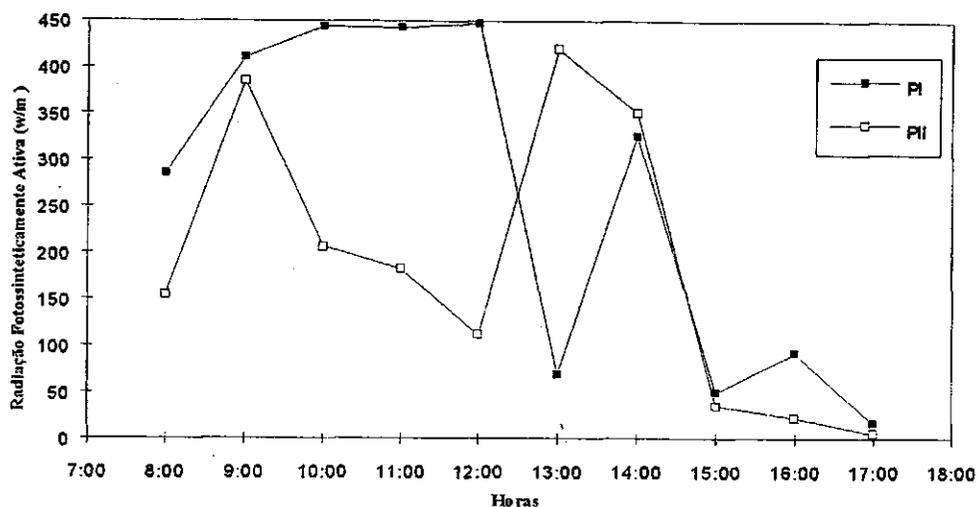


Figura 12. Ciclo diurno da radiação fotossinteticamente ativa (W/m^2) um dia anterior (DAS=68) e um dia posterior (DAS=70) a uma irrigação, no tratamento PII. Ipanguassu-RN, 1990.

4.2.5 - CICLO MÉDIO DIURNO DA RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA, TRANSPIRAÇÃO E TEMPERATURA DA FOLHA NOS TRATAMENTOS PI E PII

Nas Tabelas 8 e 9, representadas nas Figuras 13 e 14, estão os dados dos ciclos médios diurnos da resistência estomática (r_s), transpiração (t_r) e temperatura da folha (T_f) da cultura nos tratamentos PI e PII, respectivamente.

Observa-se uma grande diferença dos valores da resistência estomática, entre os tratamentos PI e PII, para todos os horários das medições. No tratamento PI a resistência estomática apresenta o valor de 2,25 s/cm às 06h, passando então a decrescer até atingir um valor mínimo de 1,67 s/cm às 10h, quando começa a crescer com pequenas oscilações até às 17h, onde alcança um valor máximo de 3,99 s/cm. Já no tratamento PII, a resistência estomática (r_s) atinge o seu valor máximo de 41,8 s/cm às 07h, passando a decrescer até atingir um valor mínimo de 22,7 s/cm às 09h, daí então cresce até às 12h e volta a decrescer com pequenas oscilações até às 17h local.

Sendo o comportamento da transpiração da cultura inverso ao da resistência estomática, ou seja, na medida em que a resistência estomática diminui aumenta a transpiração, observou-se tanto no tratamento PI como no tratamento

PII, que a transpiração atingiu um mínimo de $5,16 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ no tratamento PI e $2,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ no tratamento PII, às 07h, passando então a crescer até atingir um máximo de $17,27 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ às 10h no tratamento PI e de $13,7 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ às 09h no tratamento PII, quando passaram a decrescer até às 17h.

Com relação ao ciclo médio da temperatura da folha observou-se que em ambos os tratamentos a temperatura da folha aumentou de $26,2^\circ\text{C}$ às 07h, para $34,5^\circ\text{C}$, às 12h no tratamento PI e de $28,8^\circ\text{C}$ às 07h para $39,0^\circ\text{C}$, às 12h passando então a diminuir até atingir $29,7^\circ\text{C}$ no tratamento PI e $30,9^\circ\text{C}$ no tratamento PII, às 17h. Observa-se que no período de elevação, como no período de redução, a temperatura da folha comportou-se quase que linearmente em ambos os tratamentos. Observou-se, ainda, que a temperatura da folha no tratamento PI esteve baixa quando comparada com a do tratamento PII. Isto ocorreu em função da maior e menor taxa de transpiração entre os tratamentos.

TABELA 8

Média aritmética dos ciclos diurnos da temperatura da folha (T_f), resistência estomática (r_s) e transpiração (tr) durante o desenvolvimento da cultura no tratamento PI. Ipanguassu - RN, 1990.

HORAS	T_f (°C)	R_s (s/cm)	Tr ($\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)
6:00	24.1	2.25	02,25
7:00	26.2	2.00	05,16
8:00	28.6	1.71	15.74
9:00	30.3	1.68	16.13
10:00	32.5	1.67	17.27
11:00	30.8	1.92	16.16
12:00	34.5	2.00	13.00
13:00	34.5	2.26	13.40
14:00	32.8	2.09	16.16
15:00	32.4	2.54	14.07
16:00	31.0	2.48	10.99
17:00	29.7	3.99	07,2

TABELA 9

Média aritmética dos ciclos diurnos da temperatura da folha (T_f), resistência estomática (r_s) e transpiração (tr) durante o desenvolvimento da cultura no tratamento PII. Ipanguassu - RN, 1990.

HORAS	T_f (°C)	R_s (s/cm)	Tr ($\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)
7:00	28.8	41.8	02,5
8:00	30.9	24.9	09,8
9:00	34.0	22.7	13.7
10:00	35.4	25.7	12.7
11:00	37.7	32.5	13.2
12:00	39.0	35.6	02,1
13:00	37.6	34.0	12.2
14:00	36.6	26.2	12.2
15:00	34.8	29.8	11.4
16:00	32.90	26.8	09,4
17:00	30.90	29.9	05,6

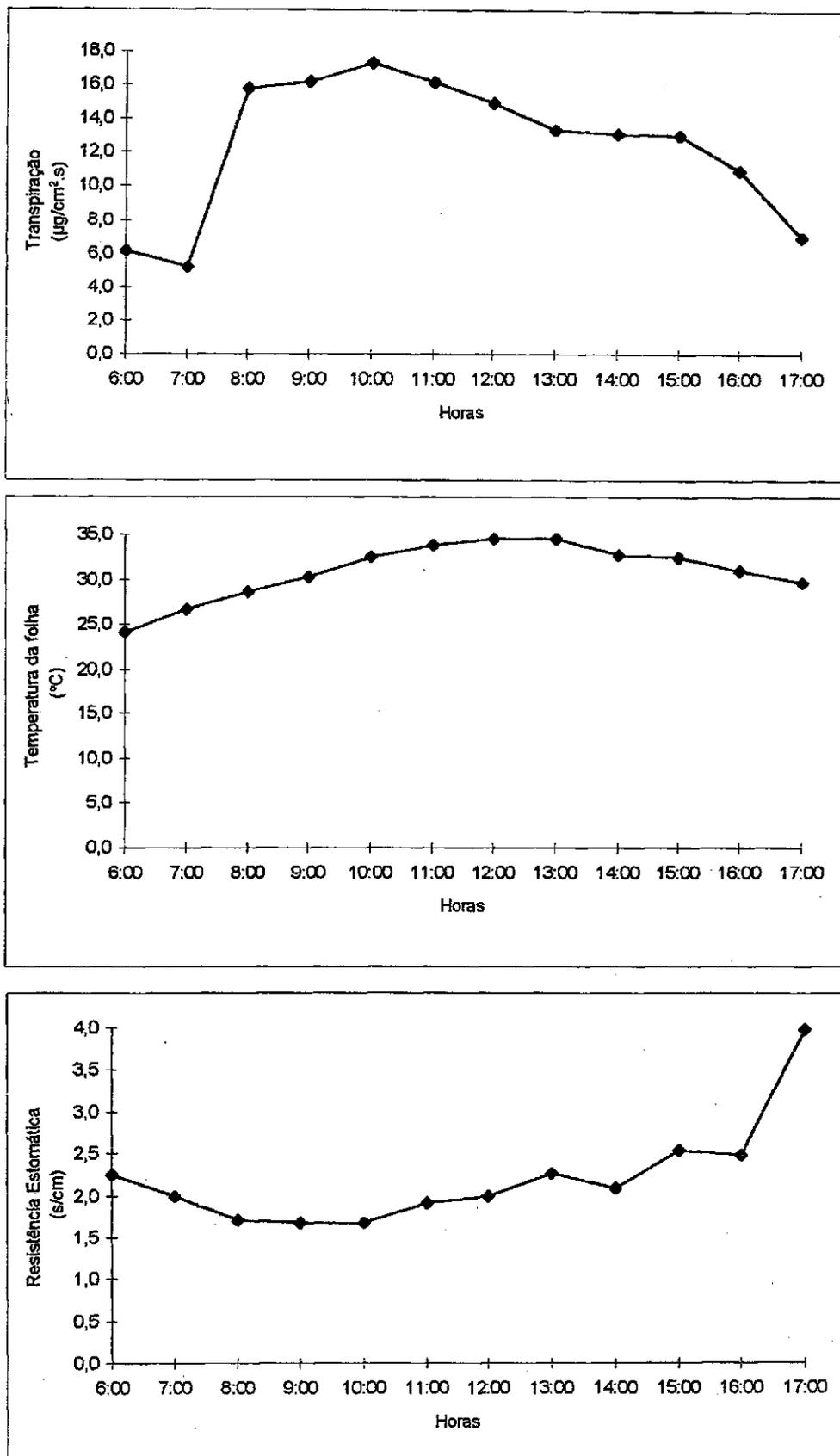


Figura 13. Ciclo médio diurno da resistência estomática (s/cm), temperatura da folha (°C) e transpiração (µg/cm².s) da cultura, no tratamento PI Ipanguassu-RN.

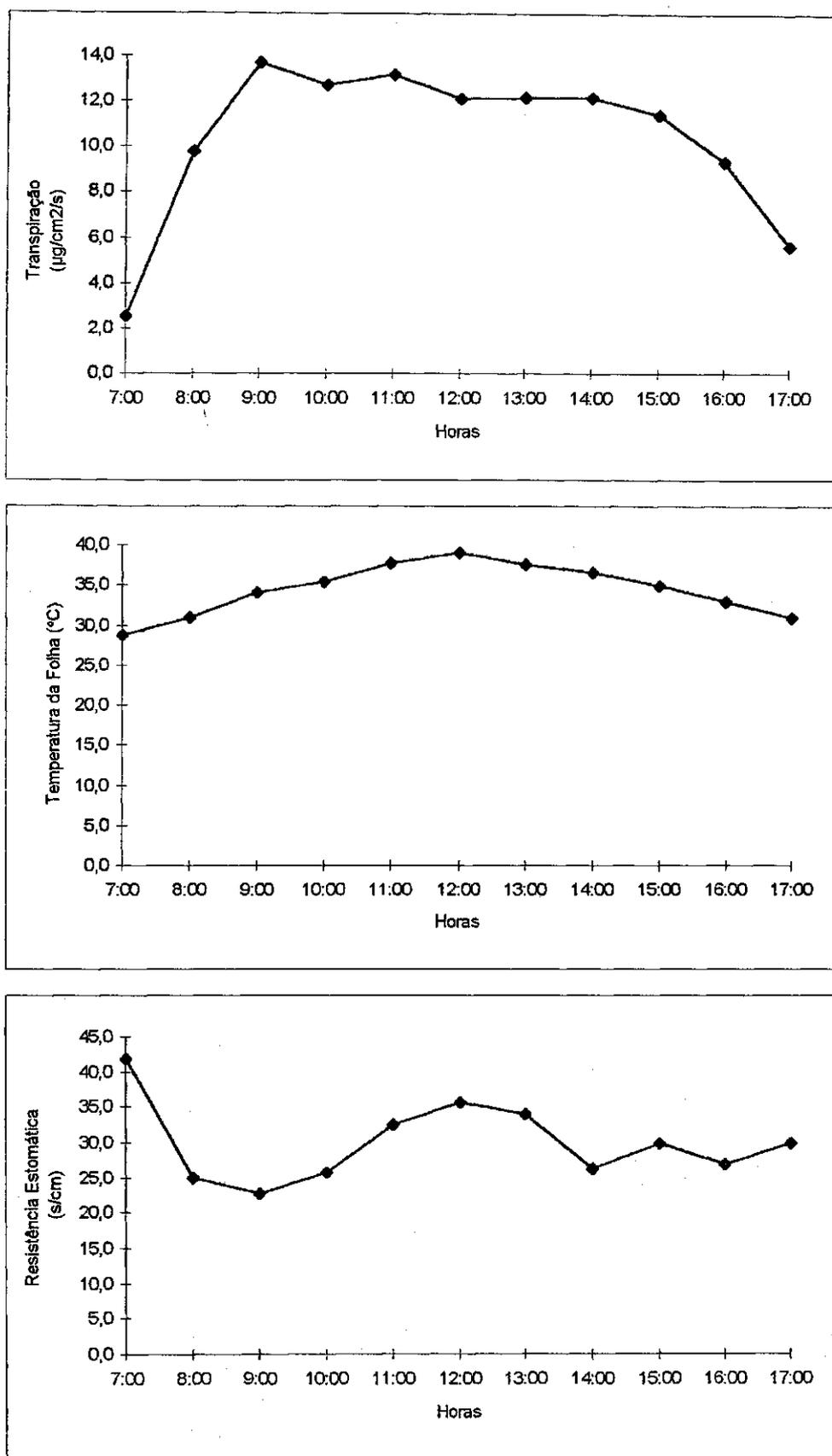


Figura 14. Ciclo médio diurno da Resistência Estomática (s/cm), Temperatura da Folha ($^{\circ}\text{C}$) e Transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) da cultura, no tratamento PII, Ipanguassu - RN

4.2.6 - VARIACÃO DIURNA DA TRANSPIRAÇÃO E DA RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA DA CULTURA EM SITUAÇÃO DE EXTREMA UMIDADE NO SOLO, NO TRATAMENTO PI

Para o dia 24/10, que no tratamento PI foi considerado o de menor resistência estomática (r_s) durante o ciclo da cultura e por conseguinte, o de maior transpiração (tr), foram plotados os valores da resistência estomática e da transpiração da cultura de hora em hora das 08h às 17h e que são apresentados nas figuras 15 e 16. Nota-se que durante o período diurno a resistência estomática aumentou linearmente das 08h, quando alcançou o seu menor valor durante o ciclo da cultura (0,1 s/cm), até às 11h, quando passou a decrescer até às 14h aumentando novamente até às 17h quando atingiu seu valor máximo do dia, que foi de 0,72 s/cm. Com relação à transpiração o comportamento foi inverso, porém, concordante e variou de $62 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$, valor máximo alcançado durante todo o ciclo da cultura às 08h, a $27 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$, valor mínimo alcançado no dia às 17h. Este comportamento de ambos os parâmetros se justifica pelo fato de que nesse dia a cultura se encontrava em situação de extrema umidade do solo.

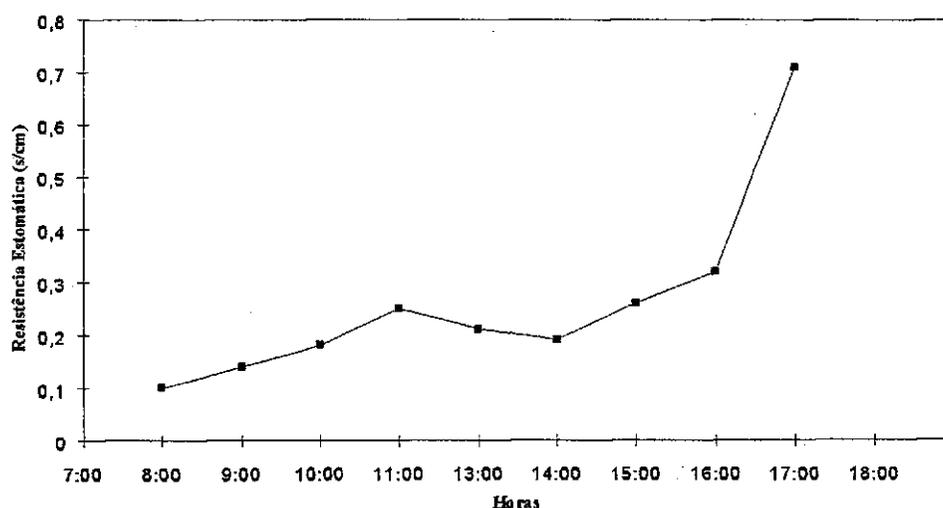


Figura 15. Situação de extrema umidade ou de transpiração potencial, isto é, menor resistência estomática da folha da cultura, verificada no dia 24/10 (DAS=48) no tratamento PI. Ipanguassu-RN, 1990.

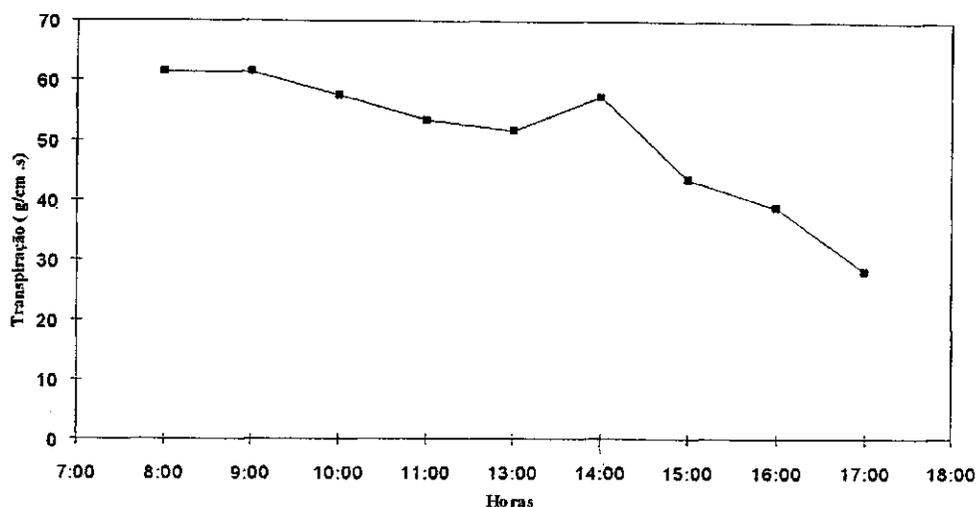


Figura 16. Situação de extrema umidade ou de menor resistência estomática (r_s), isto é, maior transpiração potencial (T_r) da folha da cultura, verificada nodia 24/10, (DAS=48), no tratamento PI, Ipanguassu-RN, 1990.

4.2.7 - COMPORTAMENTO DIURNO DA RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA E DA TRANSPIRAÇÃO DA CULTURA EM SITUAÇÃO DE EXTREMO ESTRESSE HÍDRICO NO TRATAMENTO PII

Para o dia 13/11, que no tratamento PII foi considerado o de maior resistência estomática durante todo o ciclo da cultura e, por conseguinte, o de menor transpiração, os valores da resistência estomática e da transpiração foram plotados de hora em hora das 08h às 17h. As Figuras 17 e 18 representam graficamente estes valores. Observa-se uma grande oscilação tanto da resistência estomática, quanto da transpiração, no decorrer do dia. A resistência estomática, durante todo o ciclo da cultura, alcançou seu valor máximo, de 100 s/cm, às 07h, enquanto que a transpiração alcançou seu valor mínimo de 0,1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$ neste mesmo horário. A partir das 08h a resistência estomática, que decresceu para 15 s/cm, passou então a aumentar, com pequenas oscilações, até atingir novamente o seu valor máximo de 100 s/cm às 17h. Isto foi acompanhado por um comportamento inverso da transpiração que alcançou um valor máximo do dia de 2,5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$, às 09h, passando a diminuir até atingir novamente o seu valor mínimo de 0,1 $\mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$. Este fato ocorreu devido a cultura se encontrar em extremo estresse hídrico, ou seja, a 14 dias de uma irrigação.

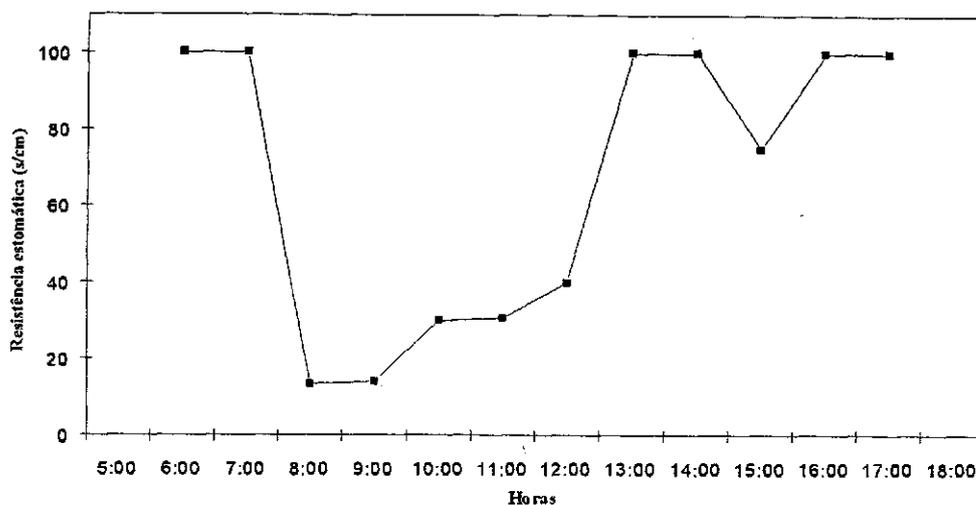


Figura 17. Situação de extremo hídrico ou mínima transpiração isto é, mínima resistência estomática da folha da cultura, verificada no dia 13/11 (DAS=68) no tratamento PII, Ipanguassu-RN, 1990.

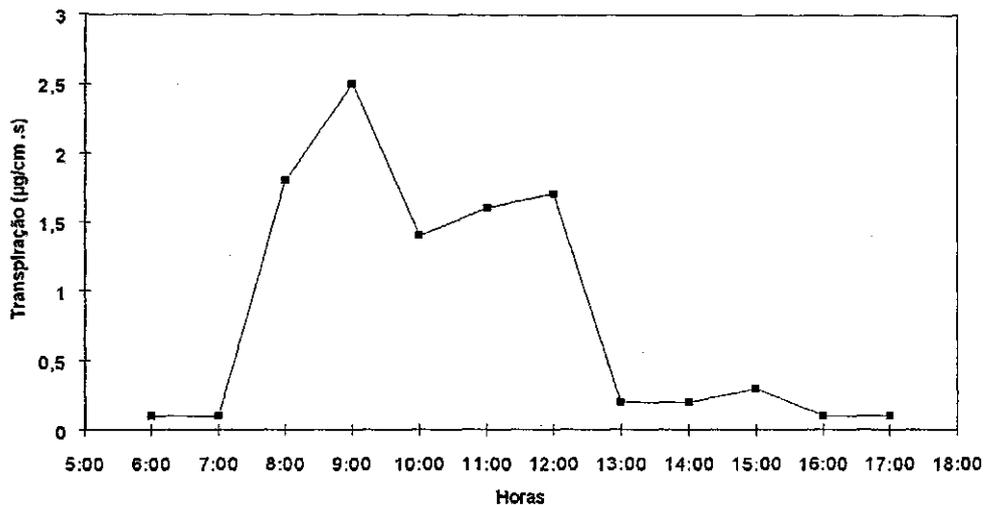


Figura 18. Situação de extremo estresse hídrico ou máxima resistência estomática, isto é, mínima transpiração da folha da cultura verificada no dia 13/11, DAS=68, no tratamento PII. Ipanguassu-RN, 1990.

4.2.8 - TRANSPIRAÇÃO EM FUNÇÃO DA RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA DA CULTURA NOS TRATAMENTOS PI E PII

As Figuras 19 e 20 mostram a variação da transpiração em função da resistência estomática do algodoeiro herbáceo, nos tratamentos PI e PII, um dia antes e um dia após a uma irrigação. Verificou-se que tanto no tratamento PI como no tratamento PII, um dia antes de uma irrigação, a transpiração oscilou muito durante todo o período. Já um dia após a uma irrigação não se notou uma oscilação significativa e sim uma proporcionalidade coerente entre a transpiração e a resistência estomática. Isto é, quando a resistência estomática aumentou a transpiração diminuiu. Isto decorre do fato de que quando a planta reage ao estresse hídrico com o fechamento parcial ou total dos estômatos, aumenta a sua resistência estomática e conseqüentemente, reduz-se a transpiração, resultando nesta oscilação nos tratamentos PI e PII no período que antecedeu uma irrigação.

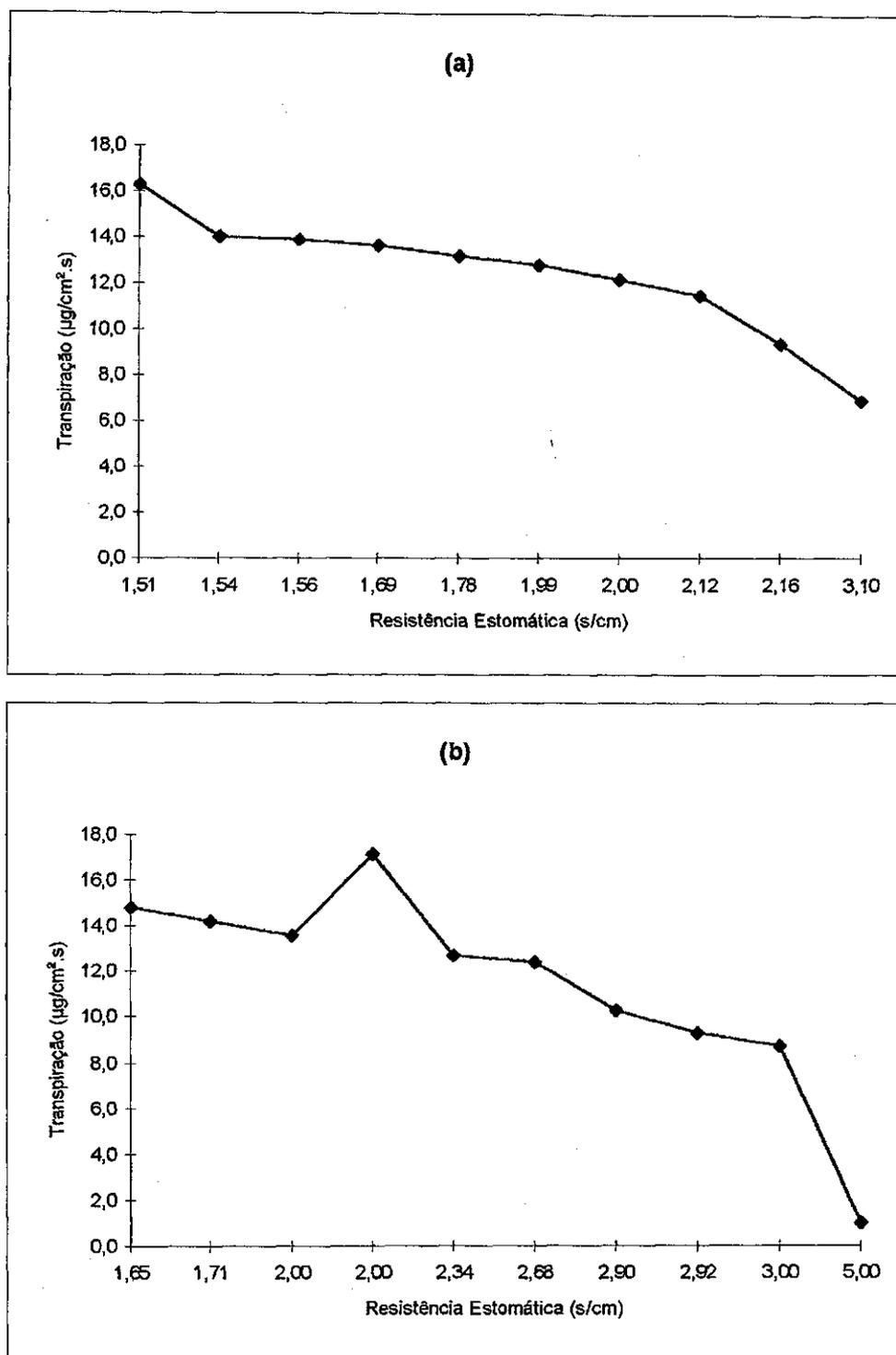


Figura 19 - Variação da transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$) em função da resistência estomática (s/cm) da cultura no tratamento PI: a) um dia anterior (DAS=75) e b) um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990.

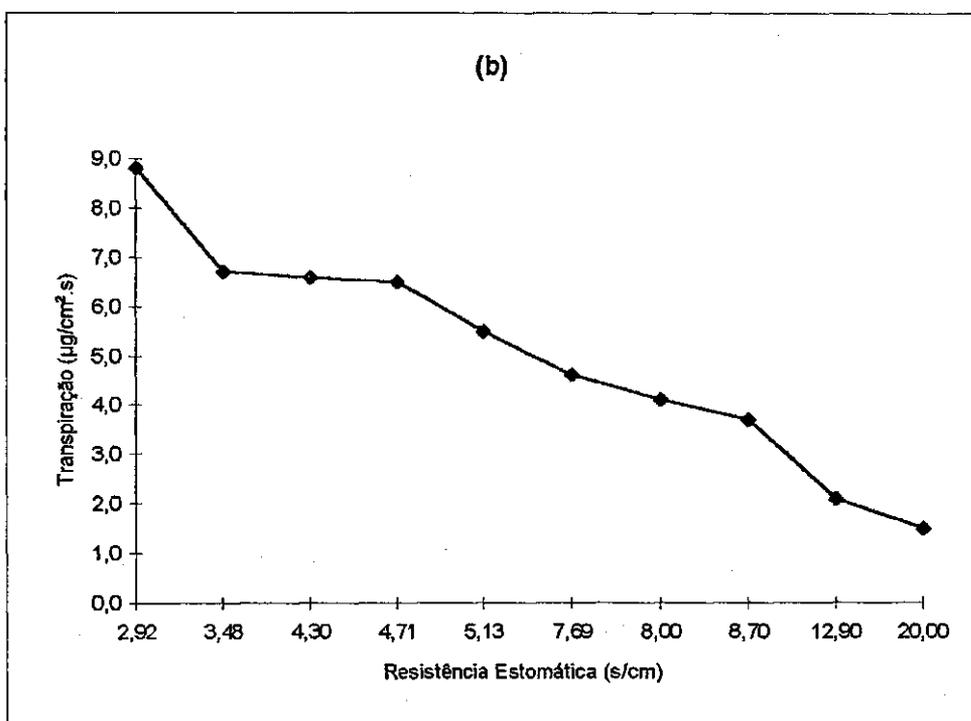
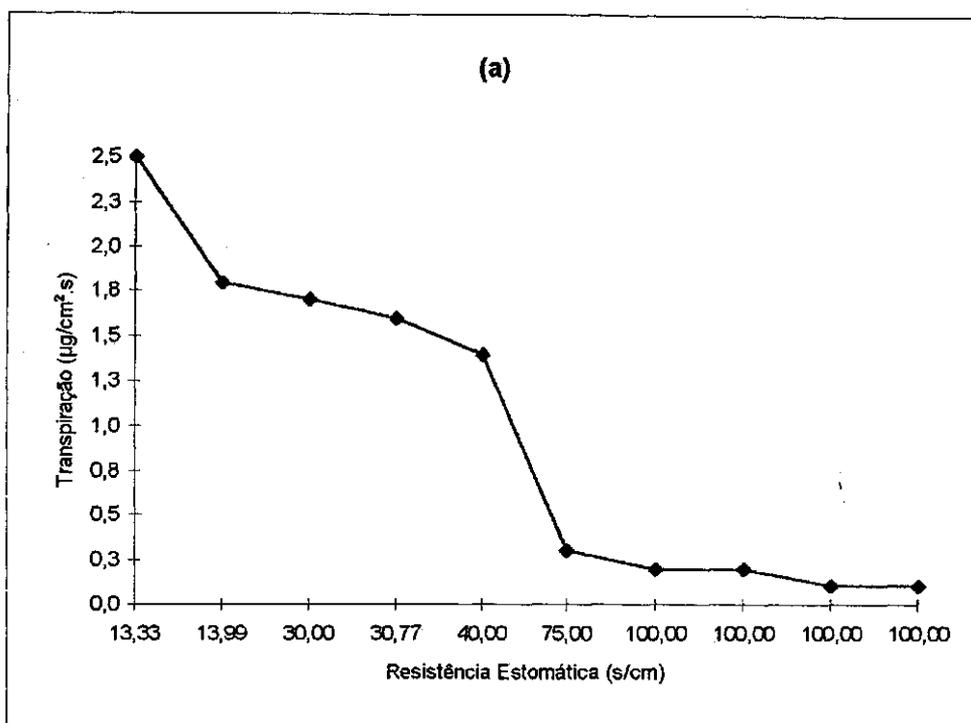


Figura 20 - Variação da transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$) em função da resistência estomática (s/cm) da cultura no tratamento PII: a) um dia anterior (DAS=68) e b) um dia posterior (DAS=70) a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990.

4.2.9 - RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA EM FUNÇÃO DA RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA NOS TRATAMENTOS PI E PII

As Figuras 21 e 22 mostram a variação da resistência estomática em função da radiação fotossinteticamente ativa um dia anterior e um dia posterior a uma irrigação para os tratamentos PI e PII, respectivamente.

No tratamento PI (Figura 21) evidenciou-se uma redução da resistência estomática, com o aumento dos níveis energéticos, atingindo valores próximo de 2,0 s/cm no dia anterior a irrigação e de 1,5 s/cm no dia posterior a irrigação. De um modo geral e para um mesmo nível energético, a resistência estomática medida no dia anterior a irrigação foi superior àquela do dia posterior a irrigação. Tal redução da resistência estomática com o aumento da radiação fotossinteticamente ativa, atingindo valores mínimos com a saturação energética, foi observado e relacionado por AZEVEDO et al (1993) para o algodão. Essa pequena diferença no comportamento da variação da resistência estomática com a radiação fotossinteticamente ativa para as situações anterior e posterior a irrigação, se deve ao fato de que no tratamento PI as plantas não foram em momento algum, submetidas a estresse hídrico significativo sendo, portanto, um resultado apenas do ato da irrigação.

No tratamento PII (Figura 22), entretanto, observou-se uma variação desordenada da resistência estomática com o aumento da radiação fotossinteticamente ativa, com valores da resistência estomática flutuantes e bem superiores àqueles observados no tratamento PI, principalmente para o dia anterior a irrigação. No caso do dia posterior a irrigação (Figura 22b), apesar de uma variação da resistência estomática (entre 20,0 e 2,5 s/cm) bem superior àquela observada no tratamento PI (3,0 e 1,5 s/cm), o comportamento das funções de variações $r_s = f(\text{RFA})$ mostraram-se semelhantes, isto é, redução da resistência estomática com o aumento da radiação fotossinteticamente ativa (rfa) até atingir um mínimo com a saturação energética. Conclui-se que o estresse hídrico forte (tratamento PII, Figuras 22a e b), não altera a forma da função de variação da resistência estomática com o nível energético. No entanto, a resistência estomática para um nível energético médio variou de 3,0 s/cm, no tratamento não estressado, para 20,0 s/cm no tratamento estressado.

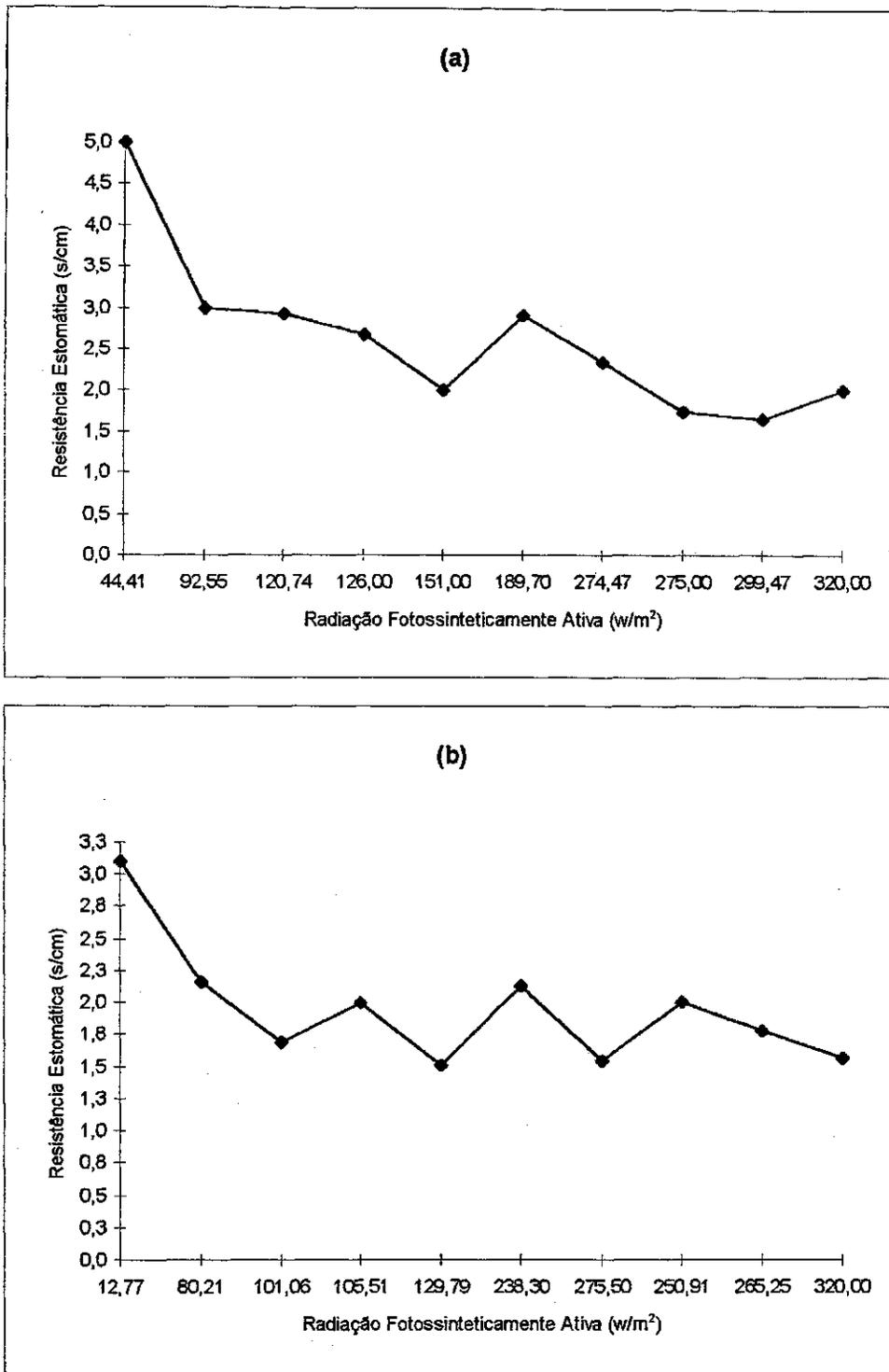


Figura 21 - Variação da resistência estomática (s/cm) em função da radiação fotossinteticamente ativa (W/m^2) em PI: a) um dia anterior (DAS=68) e b) um dia posterior a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990

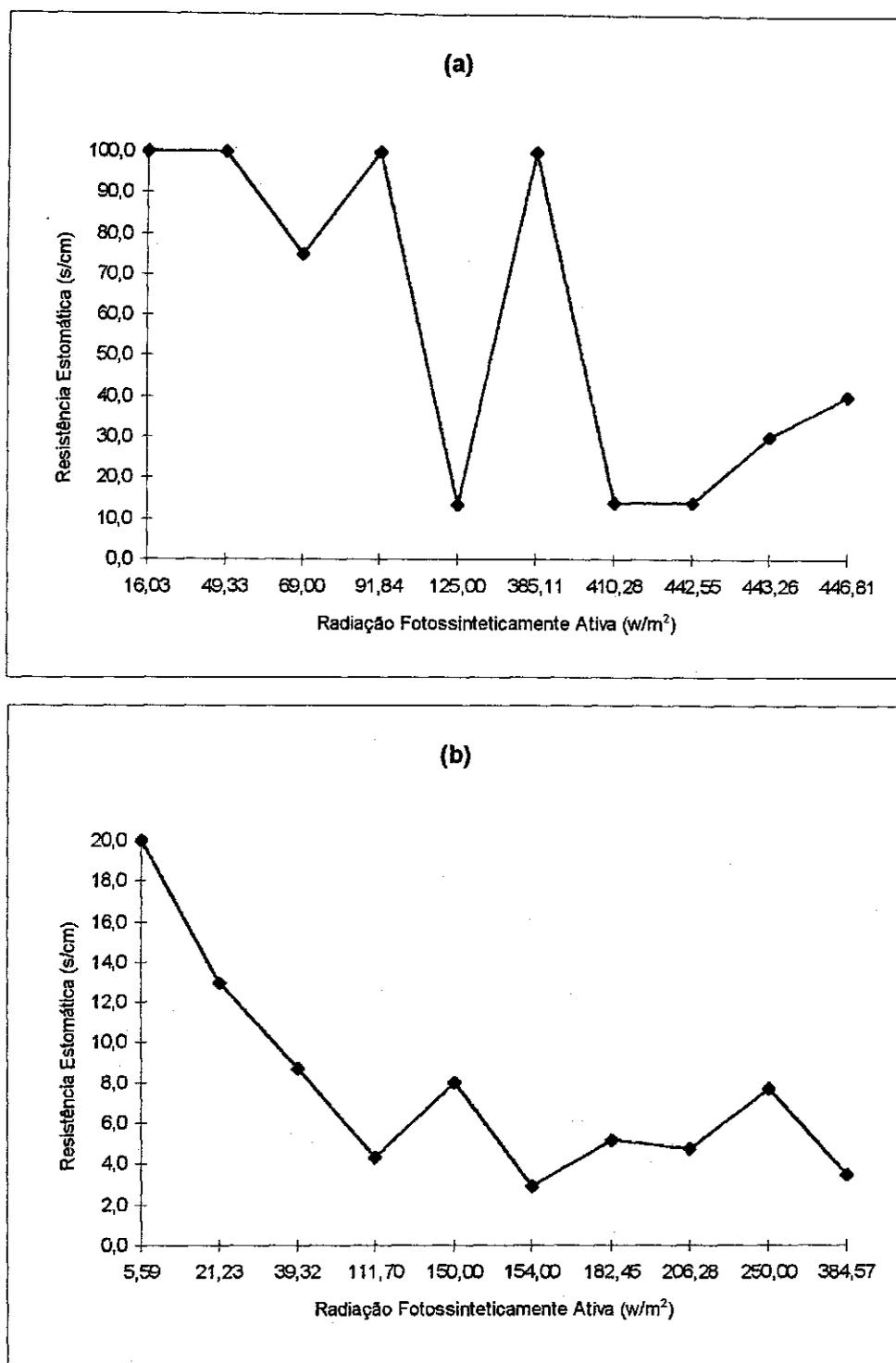


Figura 22 - Variação da resistência estomática (s/cm) em função da radiação fotossinteticamente ativa (W/m^2) em PII: a) um dia anterior (DAS=68) e b) um dia posterior a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990.

4.2.10 - RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA DA FOLHA DA CULTURA NOS TRATAMENTOS PI E PII

A variação da resistência estomática com a temperatura da folha pode ser observada nas Figuras 23a e 23b para o tratamento PI e 24a e 24b para o tratamento PII. Essas figuras evidenciam que o efeito da temperatura da folha sobre a resistência estomática foi mais ou menos constante para uma dada condição de umidade no solo. Entretanto, em condições de estresse hídrico acentuado (Figuras 24a e b), a resistência estomática tornou-se bastante variável e elevada para uma variação da temperatura da folha entre 31,0°C e 40,0°C. Por outro lado, para situação não estressada (Figuras 23a e b), a variação da resistência estomática com a temperatura da folha foi mais uniforme. De um modo geral, a resistência estomática variou de 3,0 s/cm no tratamento PI (não estressado) para 20,0 s/cm no tratamento PII (estressado). Isto equivale a um efeito de estresse hídrico acentuado sobre a resistência estomática semelhante àquele observado para o nível energético, ou seja, aumento da resistência estomática com o nível de estresse hídrico a que as plantas estão submetidas.

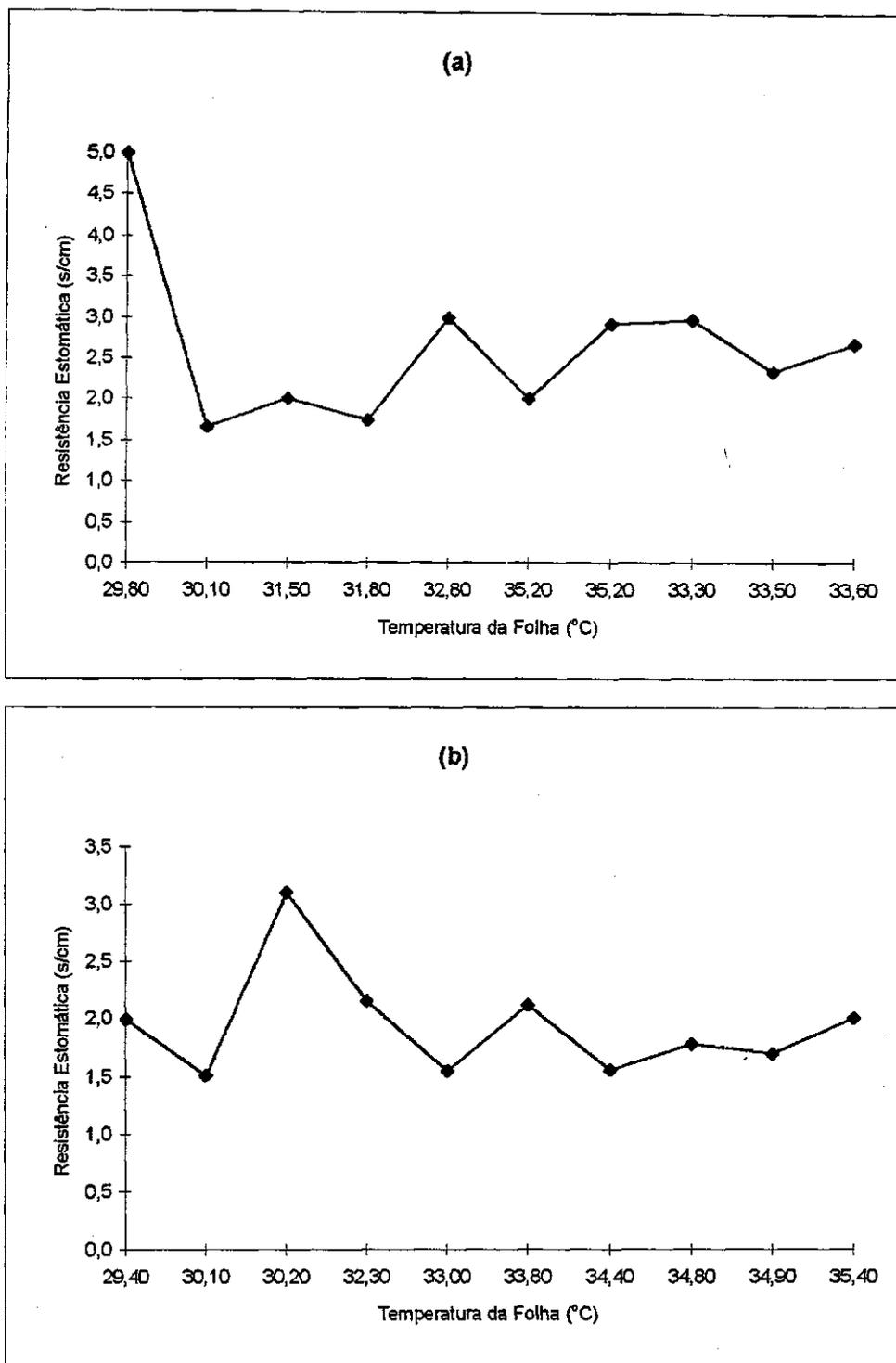


Figura 23 . Variação da resistência estomática (s/cm) em função da temperatura da folha (°C) da cultura, no tratamento PI: a) um dia anterior (DAS=75) e b) um dia posterior (DAS=65), a uma irrigação. Ipanguassu - RN, 1990.

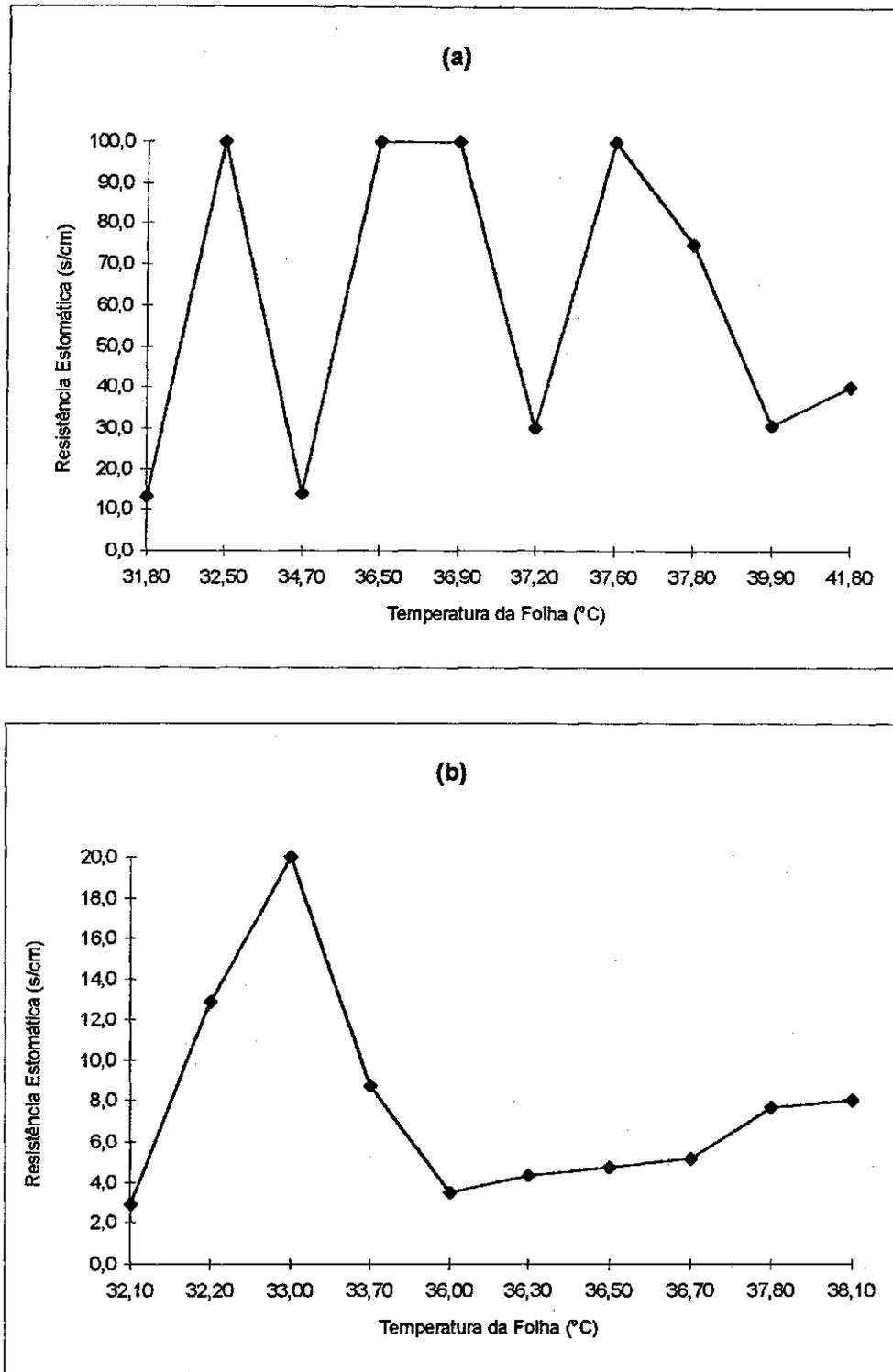


Figura 24 . Variação da resistência estomática (s/cm) em função da temperatura da folha (°C) da cultura, no tratamento PI: a) um dia anterior (DAS=68) e b) um dia posterior (DAS=70), a uma irrigação. Ipanguassu - RN, 1990.

4.2.11 - RESISTÊNCIA AERODINÂMICA NOS TRATAMENTOS PI E PII

O movimento do ar sobre a superfície da folha tende a remover o vapor d'água e desse modo aumentar o gradiente do potencial de água, provocando assim a transpiração. Entretanto, sob grande velocidade do vento, a taxa de transpiração pode diminuir, uma vez que isto induz o fechamento dos estômatos, seja por distúrbios mecânicos como resultado da agitação das folhas, seja por aumento do déficit de água que controla a síntese do ácido abscísico e o subsequente fechamento dos estômatos. A velocidade do vento é um dos principais fatores determinante da resistência aerodinâmica (r_a) sobre uma cultura (SUTCLIFFE, 1980).

Nas Tabelas 10 e 11 estão apresentados os valores dos principais fatores determinantes da resistência aerodinâmica, um dia antes e um dia após a irrigação, nos tratamentos PI e PII, respectivamente. Estas tabelas estão representadas graficamente nas figuras 25 e 26, respectivamente. Fazendo uma comparação entre estes fatores verifica-se que a resistência aerodinâmica é influenciada tanto pelo vento como pela temperatura da folha. Observa-se na Figura 25 que a resistência aerodinâmica, no dia anterior a uma irrigação, manteve-se mais ou menos equivalente a do dia posterior a uma irrigação, das 08h às 11h. A partir das 12h houve um pequeno aumento permanecendo constante até às 16h, enquanto que a do dia posterior permaneceu constante, embora com valores menores, até o final do dia. Já na Figura 26, nota-se um aumento, com pequenas oscilações, dos valores tanto no dia anterior como no dia posterior a uma irrigação, das 08h até às 10h.

A conclusão que se tira sobre a resistência aerodinâmica é que a mesma não é afetada pelo nível de estresse hídrico a que está submetida a cultura. Entretanto, r_a mostrou-se cerca de 10 vezes inferior à resistência estomática, observação feita anteriormente por AZEVEDO et al, (1993).

TABELA 10 - Valores da resistência aerodinâmica (r_a), temperatura do ar (T_a), temperatura da folha da cultura (T_f) e velocidade do vento (VV) a 2m acima da superfície do solo, no tratamento PI um dia anterior (DAS=75) e um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990.

HORAS	r_a (s/cm)	r_a (s/cm)	T_a (°C)	T_a (°C)	T_f (°C)	T_f (°C)	VV (m/s)	VV (m/s)
8:00	0,16	0,18	24,4	28,8	29,4	30,1	03,0	03,0
9:00	0,18	0,18	30,0	29,8	30,1	31,5	03,0	03,0
10:00	0,13	0,13	31,6	31,0	33,0	31,8	04,0	04,0
11:00	0,13	0,13	32,5	32,6	34,4	32,5	04,0	04,0
12:00	0,14	0,13	33,7	33,1	34,8	35,2	04,0	04,0
13:00	0,14	0,13	34,7	33,7	34,9	35,2	04,0	04,0
14:00	0,14	0,13	34,4	33,0	35,4	33,3	04,0	04,0
15:00	0,14	0,13	33,5	32,9	33,8	33,6	04,0	04,0
16:00	0,14	0,13	33,3	32,0	32,3	32,8	04,0	08,0
17:00	0,13	0,13	31,8	29,8	30,2	29,8	04,0	08,0

TABELA 11 - Valores da resistência aerodinâmica (r_a), temperatura do ar (T_a), temperatura da folha da cultura (T_f) e velocidade do vento (VV) a 2m acima da superfície do solo, no tratamento PI um dia anterior (DAS=75) e um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990.

HORAS	r_a (s/cm)	r_a (s/cm)	T_a (°C)	T_a (°C)	T_f (°C)	T_f (°C)	VV (m/s)	VV (m/s)
8:00	0,18	0,18	28,5	29,3	32,1	31,8	03,0	03,0
9:00	0,16	0,17	29,7	30,2	36,1	34,7	03,0	03,0
10:00	0,14	0,11	31,7	31,6	36,5	37,2	04,0	05,0
11:00	0,14	0,12	33,0	33,2	36,7	39,9	04,0	05,0
12:00	0,15	0,12	34,4	34,4	36,3	41,8	04,0	05,0
13:00	0,14	0,14	35,0	35,4	37,8	37,8	04,0	04,0
14:00	0,14	0,14	35,6	35,3	38,1	37,6	04,0	04,0
15:00	0,15	0,15	35,0	33,3	33,7	36,9	04,0	04,0
16:00	0,16	0,12	34,2	32,9	32,2	36,5	04,0	05,0
17:00	0,15	0,12	32,8	33,0	33,0	32,5	04,0	05,0

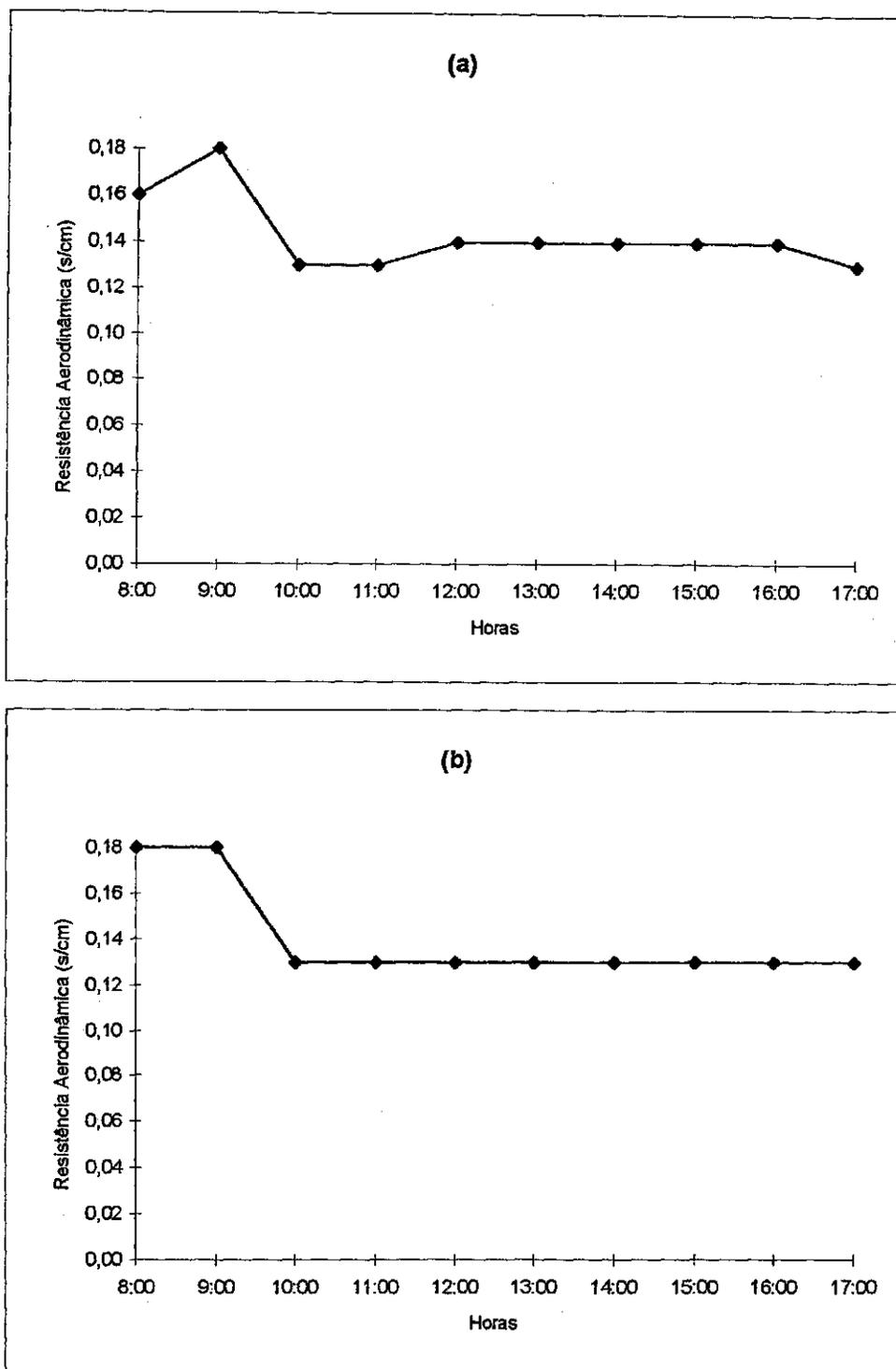


Figura 25 . Ciclo diurno da resistência aerodinâmica (s/cm) sobre a cultura, no tratamento PI: a) um dia anterior (DAS=75) e b) um dia posterior (DAS=65) a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990.

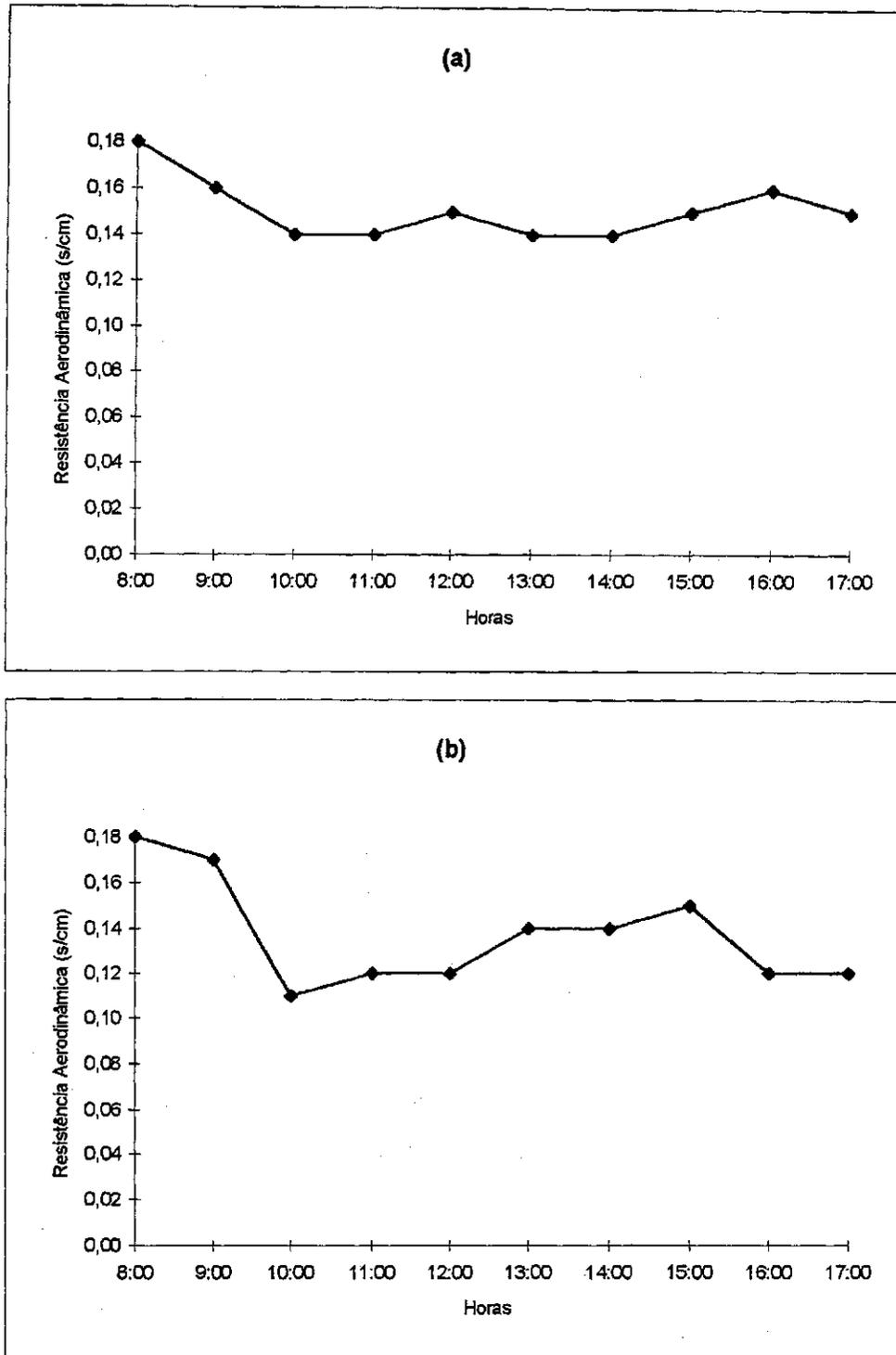


Figura 26 . Ciclo diurno da resistência aerodinâmica (s/cm) sobre a cultura, no tratamento PII: a) um dia anterior (DAS=68) e b) um dia posterior (DAS=70) a uma irrigação. Ipanguassu-RN, 1990.

4.3 - COMPORTAMENTO ESTACIONAL DA RESISTÊNCIA ESTOMÁTICA, TRANSPIRAÇÃO E TEMPERATURA DA FOLHA

4.3.1 - TRATAMENTO PI

Na Tabela 12, representada nas Figuras 27 e 28, são apresentados os valores diários da resistência estomática, transpiração e temperatura da folha, referentes aos horários das 10h e das 14h, para o tratamento PI. Como pode ser observado, o comportamento dos parâmetros acima citados em ambos os horários foi mais ou menos idêntico, isto é, dos 48 DAS aos 62 DAS a resistência estomática atingiu seus valores mínimos, variando entre 0,18 a 0,40 s/cm no horário das 10h e entre 0,19 a 0,29 s/cm, no horário das 14h, passando a crescer com pequenas oscilações até o final do ciclo da cultura, atingindo valores máximos de 2,74 s/cm aos 87 DAS no horário das 10h e de 3,23 s/cm aos 84 DAS no horário das 14h. Com relação à transpiração o comportamento é inverso ao da resistência estomática, ou seja, dos 48 DAS aos 62 DAS a transpiração atingiu seus valores máximos variando entre 57,5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ e 30,4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$, no horário das 10h e entre 64,8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ e 39,0 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$, no horário das 14h, passando a decrescer até atingir valores mínimos de 7,3 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$, aos 86 DAS no horário das 10h e de 3,7 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ aos 103 DAS no horário das 14h.

O comportamento da temperatura da folha, mesmo recebendo influência de outros fatores tais como a radiação solar, a nebulosidade etc., também apresentou-se mais ou menos idêntico nos dois horários. Observou-se, no entanto, que no horário das 10h a temperatura da folha se apresentou com variações crescentes e bastante oscilante entre 34,9°C e 29,0°C durante todo o ciclo da cultura, enquanto que no horário das 14h a variação também foi crescente mas com pequenas oscilações entre 37,0°C e 30,0°C.

Mediante o exposto conclui-se que a resistência estomática aumentou ao longo do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do algodão herbáceo irrigado, variando de aproximadamente 0,20 s/cm no início da fase de floração para 3,2 s/cm ao final do ciclo da cultura. A transpiração teve um comportamento inverso, decrescendo no mesmo período de 57,5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$ para 7,3 $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$.

TABELA 12

Comportamento sazonal da resistência estomática (r_s), da temperatura da folha (T_F) e da transpiração (tr) da cultura, no tratamento PI, Ipanguassu - RN, 1990.

Dias após a semeadura	Dias após a uma irrigação	Horários					
		10:00			14:00		
		r_s (s/cm)	T_F (°C)	T_r ($\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)	r_s (s/cm)	T_F (°C)	tr ($\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)
48	04	0,18	34,7	57,5	0,19	31,6	57,4
54	03	0,20	29,6	49,6	0,12	30,0	64,8
60	irrigação	0,40	31,4	31,9	0,27	31,5	46,3
62	02	0,21	31,9	30,4	0,29	32,2	39,0
63	irrigação	1,26	29,0	14,3	1,76	33,6	14,1
64	01	1,56	30,7	13,2	1,54	32,2	16,3
66	03	1,72	30,8	14,1	1,65	32,0	13,2
75	08	1,75	30,0	14,2	2,90	31,9	09,3
81	05	1,22	33,8	20,1	1,57	32,7	13,7
82	06	2,15	32,1	12,8	2,75	33,8	09,3
83	07	2,20	31,6	09,6	2,31	33,1	10,4
84	irrigação	1,72	33,6	13,5	3,23	37,0	10,2
86	02	2,48	32,7	07,3	2,74	34,1	09,2
87	03	2,74	31,4	09,9	2,25	35,3	10,3
96	06	1,91	30,2	11,4	2,44	33,3	10,9
98	irrigação	1,80	32,5	09,6	2,35	32,8	10,1
99	01	1,90	33,7	13,0	2,76	34,8	10,9
100	02	2,03	32,5	13,0	3,17	34,4	08,9
101	03	1,90	33,0	12,4	2,23	35,2	12,4
102	04	2,19	34,9	11,7	2,61	33,3	10,2
103	05	2,27	33,3	11,6	7,84	34,9	03,7

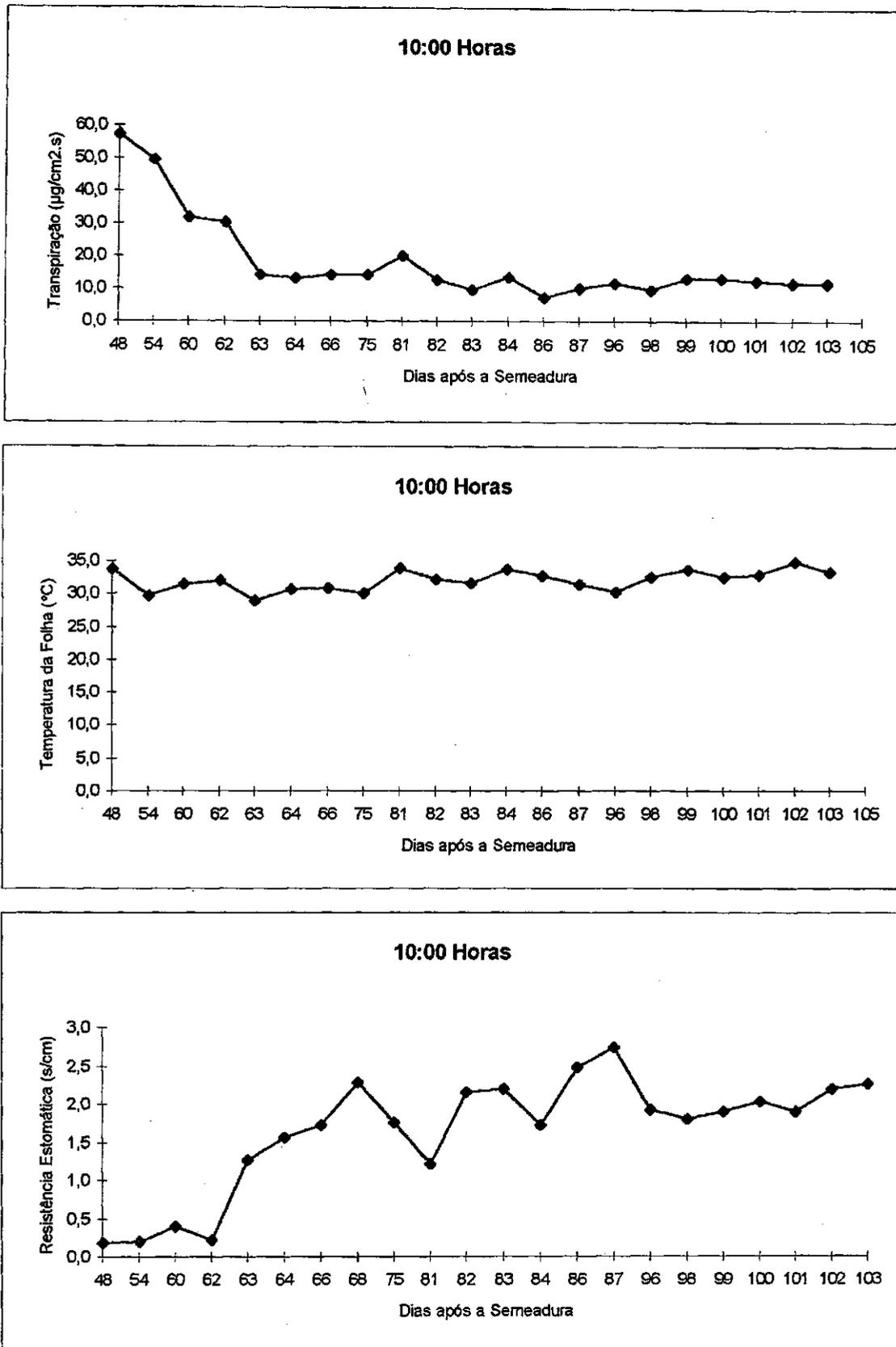


Figura 27 . Comportamento estacional da resistência estomática (s/cm), temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$) e transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) da cultura no tratamento PI às 10h. Ipanguassu-RN, 1990.

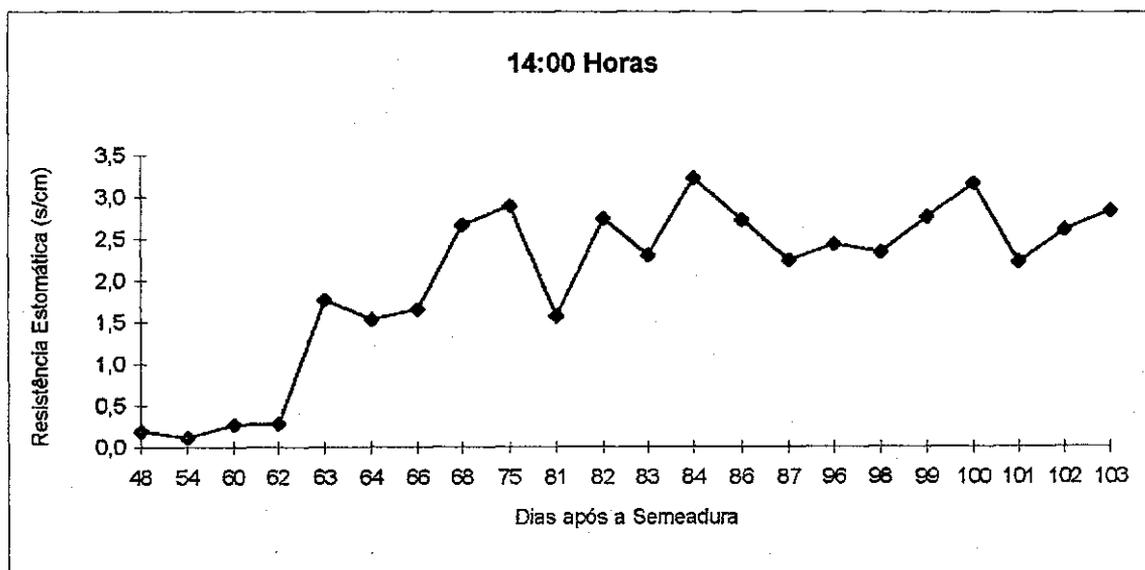
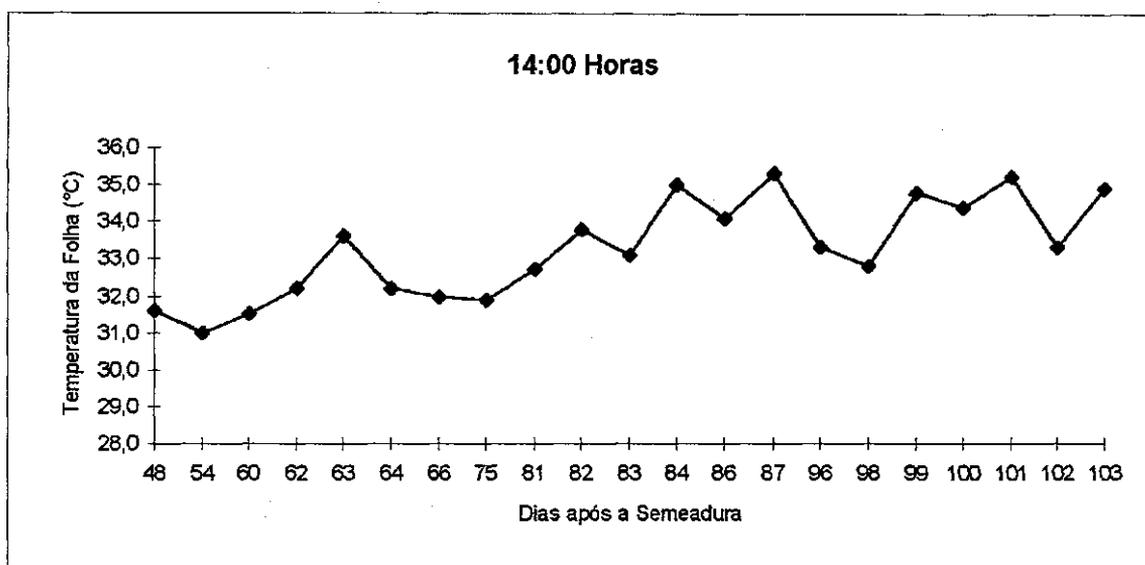
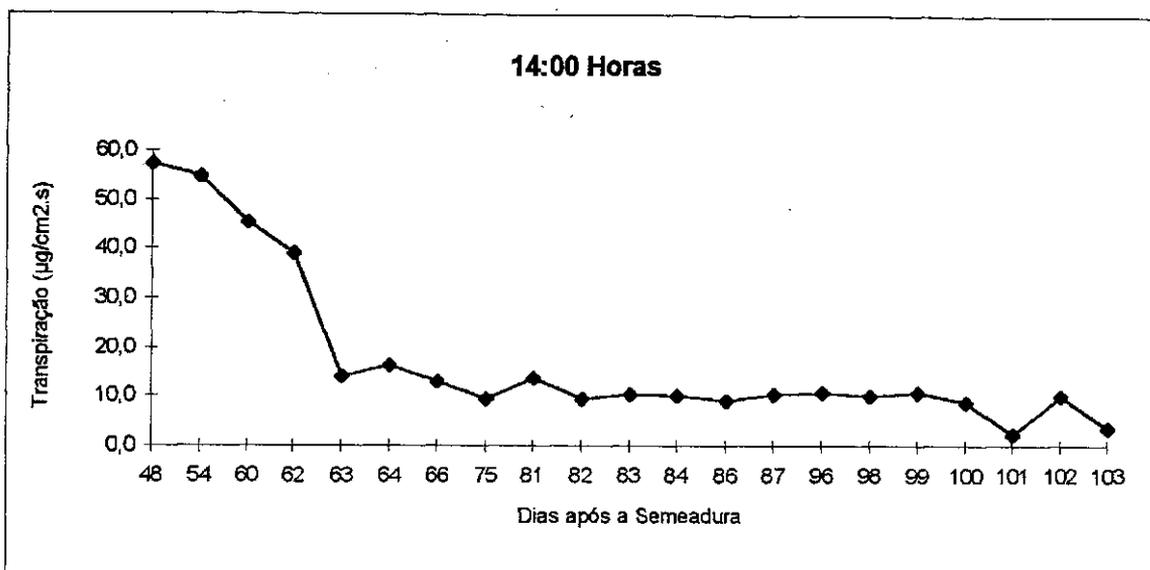


Figura 28 . Comportamento estacional da resistência estomática (s/cm), temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$) e transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) da cultura no tratamento PI às 14h. Ipanguassu-RN, 1990.

4.3.2 - TRATAMENTO PII

Na Tabela 13 são apresentados os valores da resistência estomática, transpiração e temperatura da folha do algodoeiro herbáceo no tratamento PII, referente aos horários das 10h e das 14h, os quais são representados nas Figuras 29 e 30, respectivamente. Observou-se uma variabilidade menos acentuada entre os valores da resistência estomática no horário das 10h, quando comparados com os valores do horário das 14h. A resistência estomática atingiu um mínimo de 0,31 s/cm no horário das 10h e de 0,15 s/cm no horário das 14h00, dos 54 DAS aos 62 DAS, passando então a aumentar para atingir um máximo de 40,0 s/cm. No horário das 10h a resistência estomática decresceu com pequenas variações até os 103 DAS, enquanto que no horário das 14h a resistência estomática variou com grandes oscilações dos 63 DAS até os 85 DAS, onde atingiu um valor máximo de 66,67 s/cm, passando então a decrescer até atingir os 6,9 s/cm aos 100 DAS quando voltou a subir atingindo 40,0 s/cm aos 103 DAS.

Analisando o comportamento da transpiração, verificou-se que em ambos os horários a transpiração atingiu seus valores máximos ($51,6 \mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) no horário das 10h e ($57,5 \mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$) no horário das 14h dos 54 DAS aos 62 DAS, passando a reduzir até atingir um mínimo de $0,1 \mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$ no horário das 10h e de $0,6 \mu\text{g}/\text{cm}^2.\text{s}$ no horário das 14h, até os 82 DAS, e daí até os 103 DAS variou com grandes oscilações em ambos os horários.

Com relação a temperatura da folha no horário das 10h, variou de $32,4 \text{ }^\circ\text{C}$ aos 54 DAS até $40,7 \text{ }^\circ\text{C}$ aos 103 DAS, enquanto que no horário das 14h observa-se uma variação com grandes oscilações dos 54 aos 103 DAS. Observou-se, portanto, uma tendência de elevação da temperatura da folha ao longo da fase vegetativa e reprodutiva da cultura.

TABELA 13

Comportamento sazonal da resistência estomática (r_s), da temperatura da folha (T_F) e da transpiração (T_r) da cultura, no tratamento PII, Ipanguassu - RN, 1990.

Dias após a semeadura	Dias após a uma irrigação	Horários					
		10:00			14:00		
		R_s (s/cm)	T_F (°C)	T_r ($\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)	R_s (s/cm)	T_F (°C)	T_r ($\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$)
54	16	00,36	32,4	35,00	00,15	29,5	57,50
60	09	00,31	33,0	51,60	00,42	31,9	34,40
62	11	00,77	34,9	32,50	01,20	37,8	25,40
63	12	35,00	35,8	01,20	30,77	37,7	01,50
65	14	18,18	35,3	02,00	13,33	34,7	02,02
66	15	23,53	33,3	01,20	50,00	34,5	00,60
68	irrigação	100,00	39,2	00,10	40,00	39,9	01,02
82	01	33,33	35,4	01,50	20,00	34,7	01,60
84	03	00,23	36,4	09,80	03,03	36,2	09,70
85	04	25,00	34,7	01,20	66,67	40,2	00,60
86	05	08,89	34,9	03,20	02,72	32,8	09,50
100	02	02,25	35,5	12,20	06,90	36,2	04,30
103	05	44,44	40,7	01,20	40,00	37,1	03,80

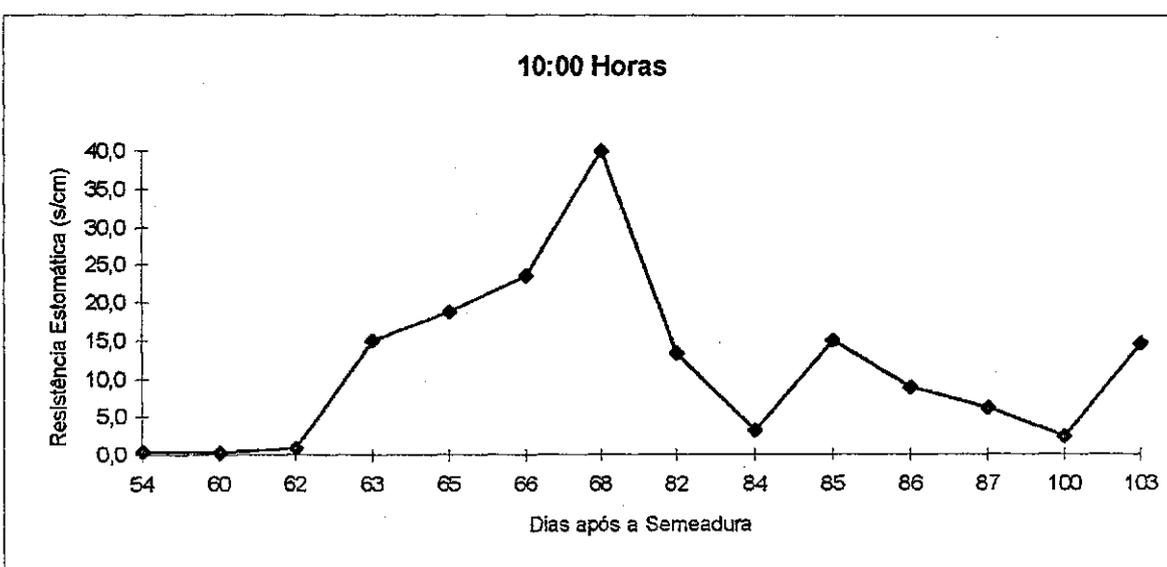
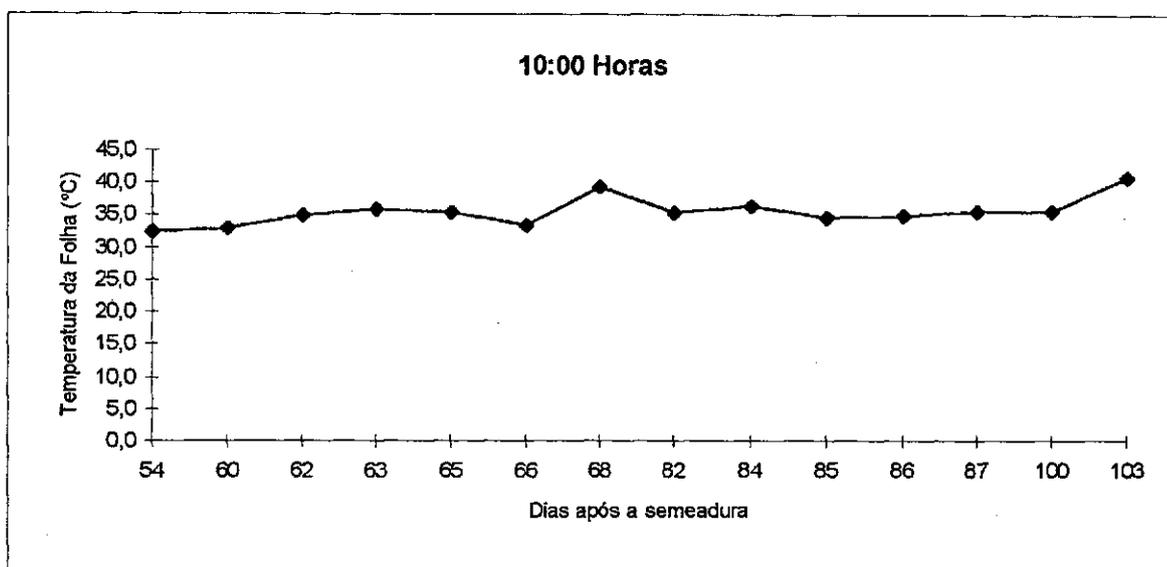
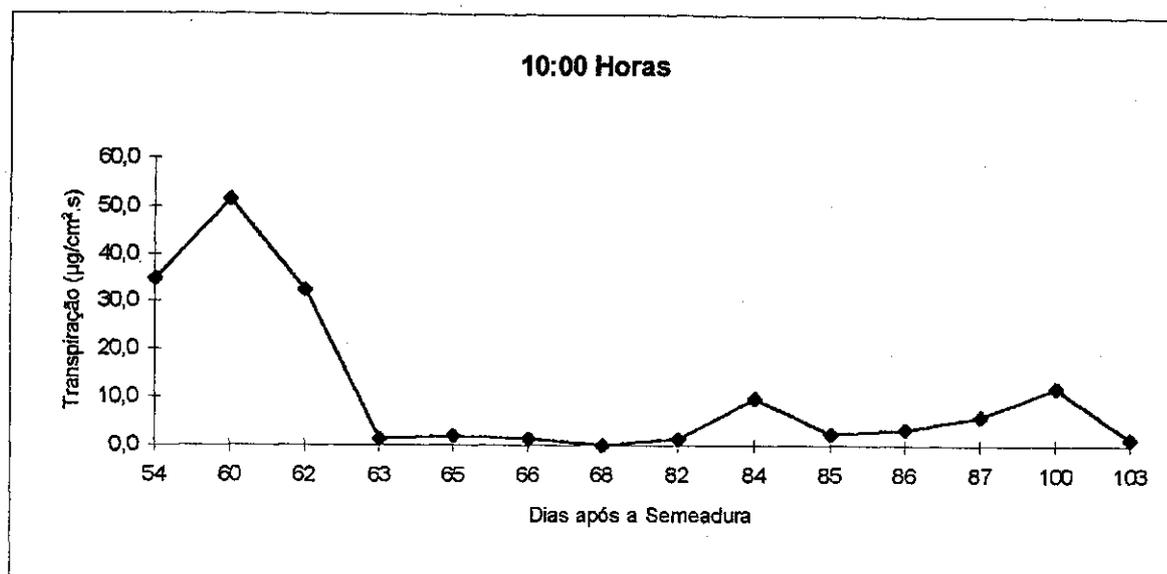


Figura 29. Comportamento estacional da resistência estomática (s/cm), temperatura da folha (°C) e transpiração (µg/cm².s) da cultura, no tratamento PII às 10:00 Horas Inanguassu - RN 1990

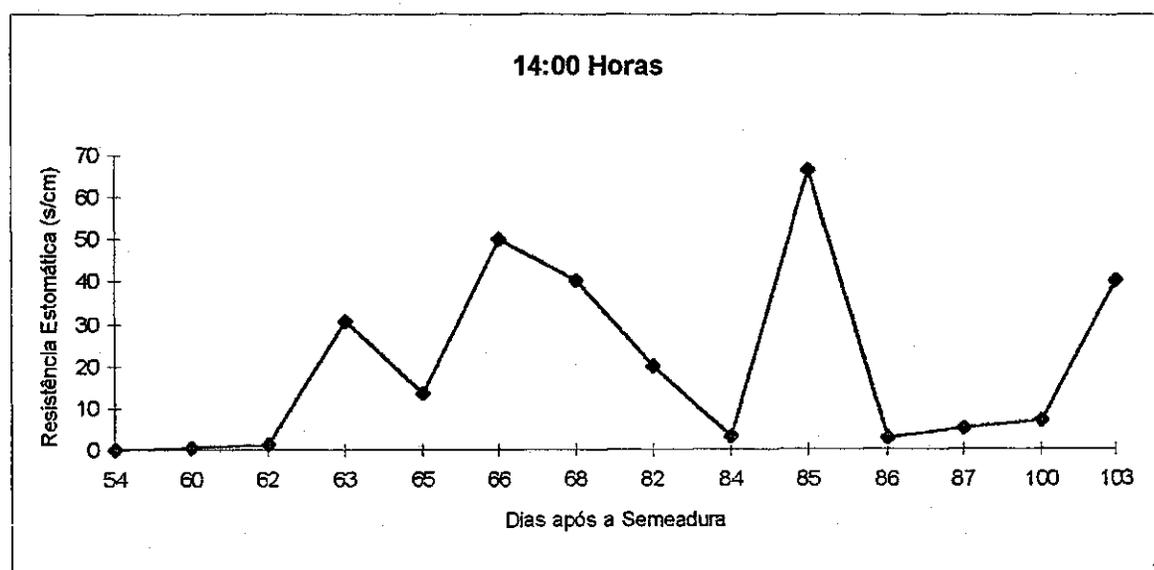
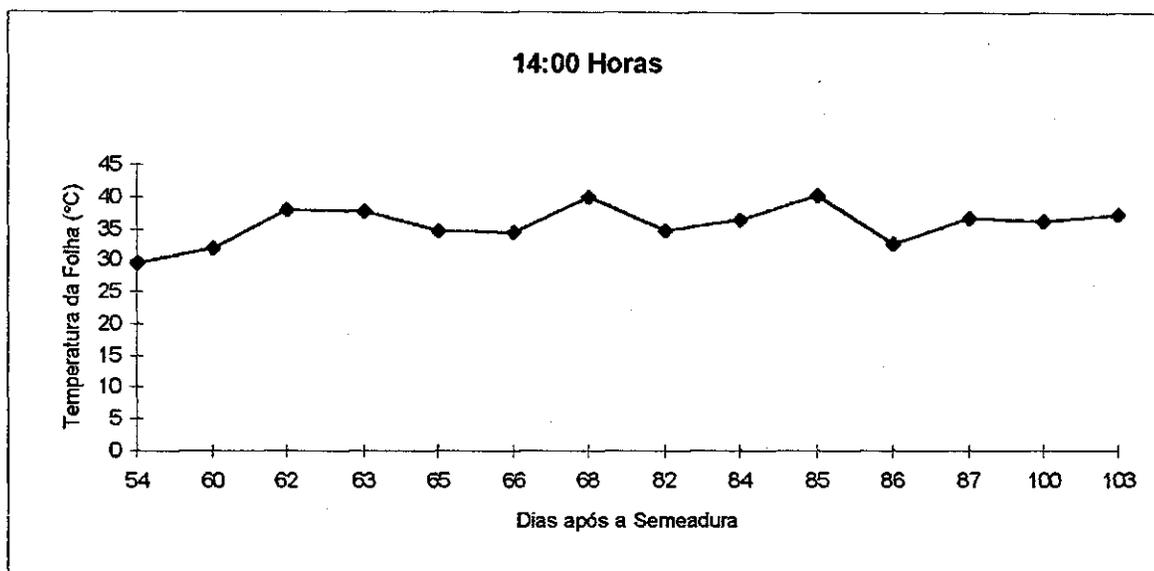
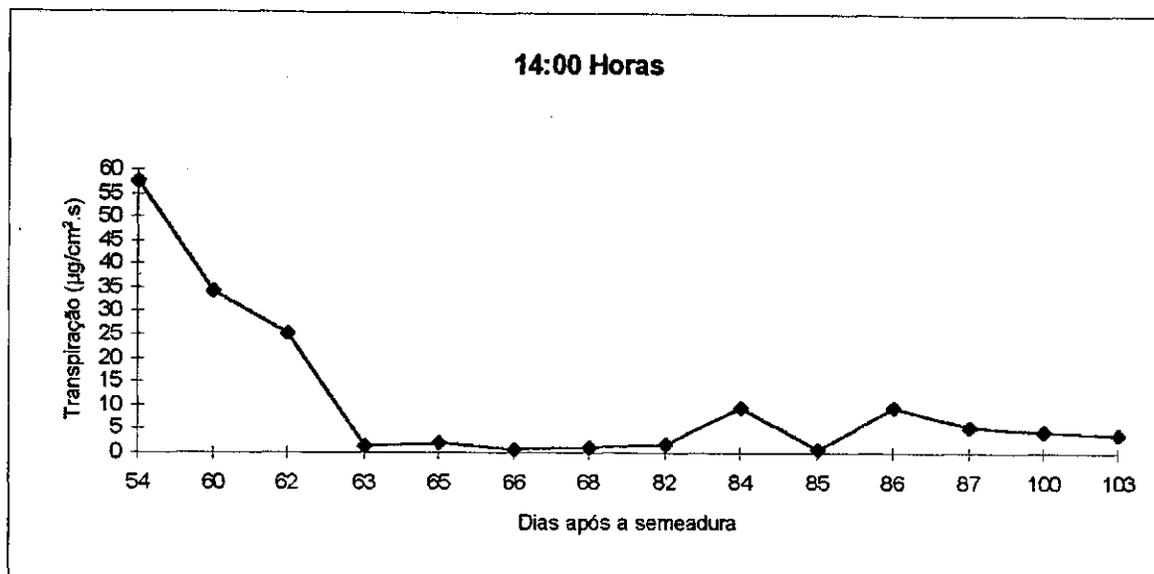


Figura 30. Comportamento estacional da resistência estomática (s/cm), temperatura da folha ($^{\circ}\text{C}$) e transpiração ($\mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$) da cultura, no tratamento PII às 14:00 Horas. Inanussu - RN 1999

4.4 - EFEITOS DO ESTRESSE HÍDRICO NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA

Na Tabela 14 estão relacionados o número de plantas e a produção final da cultura do algodoeiro nos tratamentos PI e PII. Observa-se que o número de plantas no stand final em ambos os tratamentos foi igual, mas a produção final no tratamento PII, estressado, foi de apenas 18% (75,0 Kg) da produção final do tratamento PI, não estressado, que foi de 414,0 Kg. Segundo FISHER & HAGAN (1965) e HEARN (1975) o algodoeiro é tido, por vários pesquisadores, como uma planta altamente sensível às variações do conteúdo de água no solo durante alguns estágios do seu crescimento e também segundo GATES (1968) quando as plantas são submetidas a estresse hídrico, surgem modificações morfológicas e os processos fisiológicos podem ser alterados. Estas afirmativas justificam a grande diferença na produção final entre os tratamentos PI e PII.

TABELA 14

Número de plantas e produção (Kg) no stand final da cultura do algodoeiro, nos tratamentos PI e PII, Ipanguassu-RN, 1990.

TRATAMENTO	NÚMERO DE PLANTAS	PRODUÇÃO (Kg)
PI	666	414,00
PII	660	75,00

5 - CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos com a pesquisa podem ser tiradas as seguintes conclusões: a) A lâmina de irrigação aplicada no tratamento estressado (PII) pode ser a principal responsável pelas diferenças observadas nos parâmetros morfológicos e fisiológicos estudados; b) A redução verificada na produtividade da cultura no tratamento estressado (PII), que alcançou 18% daquela obtida em PI, não estressado, também resultou do turno de rega e lâminas d'água aplicados nos tratamentos; c) As taxas de crescimento relativo (TCR) e absoluto (TCA) obtidas, não expressaram as diferenciações que foram praticadas na irrigação entre os dois tratamentos PI e PII; d) A temperatura da folha (T_f) no tratamento estressado mostrou-se significativamente maior do que na condição da cultura bem irrigada; e) Após as irrigações administradas depois de uma situação de forte estresse hídrico a cultura não restabelece os valores de transpiração, temperatura da folha e condutância estomática, apresentados na condição bem irrigada; f) O estresse hídrico imposto à cultura no tratamento PII, provocou uma substancial diminuição na produtividade do algodão em caroço.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASE, J. K., 1978. Relationship between leaf and dry matter in winter wheat. **Agronomy Journal**, **70**: 563-565.

ACEVEDO, E; HSIAO, T. C. and HENDERSON, P. W., 1971. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. **Plant Physiology**, **48**: 631-636.

ACKERSON, R. C. & KRIEG, D. R., 1977. Stomatal and Nonstomatal regulation of water use in cotton, corn, and sorghum. **Plant Physiology**, **60**: 850-853.

ANDERSON, M. C., 1971. Radiation and crop structure. p 412-466. In: Z. Sestak, J. Catsky, and P. G. Jarvis (eds) *Plant Photosynthetic Production*. The Haque. Juuk.

ARKIN, G. F; VANDERLIP, R. L. and RITCHIE, J. T., 1976. A dynamic grain sorghum growth model. **Transactions American Society of Agricolgy Engeneering.**, **19**: 622-626.

ASHLEY, D. A.; DOSS, B. D.; BENNETT, O. L., 1963. A method of determining leaf area in cotton. **Agronomy Journal**, **55**: 584-585.

AZEVEDO, P. V. de; RAMANA RAO, T. V.; AMORIM NETO, M. S.; SOBRINHO, J. E.. & MACIEL, G. F., 1993.(a) Resistências estomática e aerodinâmica da cultura do algodão herbáceo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, **1 (1)**: 19-24.

AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; RAMANA RAO, T. V; FROTA, R. N. B. e SOBRINHO, J. E., 1993.(b) Modelos de estimativa da área foliar do algodoeiro herbáceo. In: *Congressò Brasileiro de Agrometeorologia, VIII Porto Alegre. Resumos*, p.197.

- BASSETT, D. M.; ANDERSON, W. D. e WERKHOVEN, C. H. E., 1970. Dry matter production and nutrient uptake in irrigated cotton (*Gossypium hirsutum*). **Agronomy Journal**, **62**: 299-303.
- BIELORAI, H; MANTEL, A. & MORESCHET, S., 1983. Water relations of cotton. p49-87. In: T. T. Zozlowski (ed) **Water deficits and plant growth, vol.VII**. Academic, press. New York.
- BLACKMAN, G. E., 1956. Influence of light and temperature on leaf growth. 151-167. In: F. L. Milthorp (ed). **The growth of leaves**. Butterworths, London.
- BOYER, J. S., 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. **Plant Physiology**, **46**: 233-235.
- BROWN, K. W. & ROSENBERG, N. J., 1970. Effect of windbreaks and soil water potential on stomatal diffusion resistance and photosynthetic rate of sugar beets (*Beta vulgaris*). **Agronomy Journal**, **62**: 4-8.
- BRUNINI, O.; JANUÁRIO, M.; FISCH, G. F. e CABRAL, O. M., 1983. Parâmetros aerodinâmicos de uma cultura de milho. III Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. **Anais...** 255-264. Campinas-S.P.
- CANABRAVA, A. P., **O Algodão em São Paulo**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 325p. Campinas. S.P.
- COSTA, J. P. R. da, 1989. **Comportamento fisiológico e consumo hídrico da cultura da soja (*Glycine max Merrill L*) irrigada, nas condições semi-áridas do Nordeste Brasileiro**. Campina Grande-PB. (Dissertação de Mestrado), 111p.
- DALE, J. E., 1961. Investigation into the stomatal physiology of upland cotton. **Annals of Botany**, **25**: 38-50.
- DEACON, E. L., 1949. Vertical diffusion in the lowest Atmosphere. **Quarterly Journal of Royal Meteorology Society of London**, **75**: 89-103.

EPHRATH, J., E., 1987. **The effect of moisture stress on photosynthesis and translocation of photosynthates in the cotton plant (*Gossypium hirsutum* L.)**. Ph. D. Dissertation. The Hebrew University of Jerusalem, Faculty of Agriculture, Rehovot, Israel.

EVANS, L. T., 1975. **The physiological basis of crop yield**. In: EVANS, L. T. ed. *Crop physiology*. Cambridge, Cambridge University Press. p. 327-355.

FAHN, A., 1964. Some anatomical adaptations of desert plant. **Phytomorphology**. p93-102.

FISHER, R. A. & HAGAN, R. M., 1965. Plant water relations. Irrigation management and crop yield. **Experimental Agricultural**, 1: 101-117 ✓

FRANK, A. B. and BARKER, R. E., 1976. Rates of photosynthesis and transpiration and diffusion resistance of six grasses grown under controlled conditions. **Agricultural Meteorology**. 68: 487-490.

GAASTRA, P., 1959. Photosynthesis of crop plants as influenced by light, carbon dioxide, temperature, and stomatal diffusion resistance. **Meded. Landbouwhogeschool, Wageningen** 59: 1-68.

GATES, C. T., 1968. Water deficits and growth of herbaceous plants. In: KOZLOWSKI, T. T. (ed). *Water deficits and plant. Growth*. vol.2 New York, Academic Press, p135-190.

GROSSE, G; VARLET-GRANCHER, C; BONHOMME, R; CHARTIER, M; ALLIRAND, J. M. & LEMAIRE, G., 1986. Production maximale de matière sèche et rayonnement solaire intercepté par un couvert végétal. **Agronomie**, 6: 47-56.

GUERRA, A. F., 1990. Analysis of parameters for evolution of Canopy and aerodynamic resistances over turfgrass. Ph.D. Dissertacion. Department of agricultural and Biosystems Engineering. University of Arizona. Arizona, U.S.A, 233p.

HANSEN, P., 1970. The influence of the fruit on the photosynthesis of the leaves, and the relative photosynthetic yields of fruits and leaves. **Plant Physiology**, **23**: 805-810.

HEARN, A. B., Emergence of crops in clay soils of the control sundam rainbands in relation to soil water and air-fulled pore space. **Experimental Agricultural**, **6(4)**: 287-302.

HODGES, T. & KANEMASU, E. T., 1977. Modeling daily dry mater production of winter wheat. **Agronomy Journal**, **69**: 674-678.

HSIAO, T. C., 1973. Plant responses to water stress. **Ann. Rev. Plant Physiol.** **24**: 519-570.

IDSO, S. B.; JACKSON, R. D.; PINTER, P. J. Jr; REGINATO, R. J. and HATFIELD, J. L., 1981a. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. **Agricultural Meteorology**, **24**: 45-55.

IDSO, S. B.; REGINATO, R. J.; JACKSON, R. D. and PINTER, P. J. Jr., 1981b. Measuring yield reducing plant water potential depressions in wheat by infrared thermometry. **Irrigation Science**, **2**: 205-212.

IDSO, S. B.; REGINATO, R. J.; REICOSKY, D. C. and HATFIELD, J. L., 1981c. Determining soil-induced plant water potential depressions in alfalfa by means of infrared thermometry. **Agronomy Journal**, **73**: 826-830.

IDSO, S. B.; PINTER, P. J. Jr; REGINATO, R. J. and CLAWSON, K. L., 1984. Stomatal conductance and photosynthesis in water hyacinth: effects of removing water from roots as quantified by a foliage-temperature-based plant water stress index. **Agricultural and Forest Meteorology**, **32**: 249-256.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 1992. Campina Grande-PB.

JACKSON, R. D.; IDSO, S. B.; REGINATO, R. J. and PINTER, P. J. Jr., 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. **Water Resources Research**, **17**: 1133-1138.

JOHNSON, R. E., 1967. Comparison of methods for estimating cotton leaf area. **Agronomy Journal**, **59**: 493-494.

KANEMASU, E. T.; STONE, L. R. and POWERS, W. L., 1976. Evapotranspiration model tested for soybean and sorghum. **Agronomy Journal**, **68**: 569-572.

KETELLEPPER, H. J., 1963. Stomatal physiology. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, **14**: 249-270.

KRIEDE-MANN, P. E., 1971. Photosynthesis and transpiration as a function of gaseous diffusive resistance in orange leaves. **Physiol. Plant**, **24**:

LU, Z.- M., 1989 Ratio of stomatal resistance on two sides of wheat leaves as effected by soil water content. **Agricultural and Forest Meteorology**, **49**: 1-7.

MANSFIELD, T. A., 1976. Chemical control of stomatal movements. **Trans. R. Soc. London, B.**, **273**: 541-550.

McCREE, K. J., 1972. Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. **Agricultural Meteorology**, **10**: 443-453.

MEYER, W. S. and GREEN, G. C., 1980. Water use by wheat and plant indicators of available soil water. **Agronomy Journal**, **72**: 253-257.

MILBURN, J. A., 1979. **Water flow in plants**. Longnan Inc. New York. Chapter 7:127-141.

MILLER, E. C., 1968. **Plant Physiology**. McGraw, New York. 198p.

MISKIN, K. E. ; RASMUSSEN, D. C. and MOSS, D. N., 1972. Inheritance and physiological effects of stomatal frequency in barley. **Crop Science**, **12**: 780-783.

MONTEITH, J. L., 1963. Gas exchange in plant communities. In: L. T. Evans (ed) **Environmental control of plant growth**. Acad. Press., New York., pp 95-112.

MONTEITH J. L., 1965.(a) Evaporation and Environment. In: **The state and movement of water in living organisms**. Symp. Soc. Exp. Biol. 19th, pp205-234.

MONTEITH, J. L., 1965.(b) Light distribution and photosynthesis in field crops. **Annals of Botany., N.S. 29: 17-37.**

MONTEITH, J. L., 1972. Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. **Journal of Applied Ecology, 9: 747-766.**

MONTEITH, J. L., 1973. **Principles of environmental physics**. Edward Arnold, London. 241p.

MONTEITH, J. L., 1981. Evaporation and surface temperature. **Quartely Journal of Royal Meteorology Society, 107: 1-27.**

MONTEITH, J. L. and SZEICZ, G., 1962. Radioactive temperature in the heat balance of natural surface. **Quartely Journal of Royal Meteorology Society, 88: 496-507.**

MORESHET, S. and FALKENFLUG, V., 1978. A krypton diffusion porometer for the direct field measurement of stomatal resistance. **Journal of Experimental Botannic, 219: 257-275.**

NEVES, O. S.; CAVALIEREI, P. A.; VERDADE, F. C.; JUNQUEIRA, A. A. B. e BRIDI- PAPP, I. L., 1986. **Cultura e adubação do algodoeiro**. 67p. Editor - Instituto Brasileiro de Potassa. São Paulo.

OMETTO, J. C., 1981. **Bioclimatologia vegetal**. 245p. Editora CERES Ltda. São Paulo .

PASSOS, S. M. G., 1977. **Algodão**. 424p. Institutio Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas - S.P.

PAW U, K. T. and DAUGHTRY, C. S. T., 1984. A new method for the estimation of diffusive resistance of leaves. **Agricultural and Forest Meteorology**, **33**: 141-155.

PAYNE, W. A.; WENDT, C. W.; HOSSNER, L. R. and GATE, C. E., 1991. Estimating pearl uniliet leaf area and specific leaf area. **Agronomy Journal**, **83**: 937-941.

PEARCE, R. B.; BROWN, R. H. and BALSER, R. E., 1965. Relationship between leaf area index, light interaction and net photosynthesis in orchardgrass. **Crop Science**, **5**: 553-556.

PENMAN, J. L., 1948. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of Royal Society of London, S.A**, **193**: 120-146.

PINTER, P. J. JR. & REGINATO, R. J., 1982. A thermal infrared technique for monitoring cotton water stress and scheduling irrigations. **Transactions of the ASAE**, **25**: 1651-1655.

RADFORD, P. J., 1967. Growth analysis formulae-their use and abuse. **Crop Science**, **7**: 171-175.

RAWSON, H. M.; BEGG, J. E. and WOODWARD, R. G., 1977. The effect of atmospheric humidity on photosynthesis, transpiration and water use efficiency of leaves of several plant species. **Planta**, **134**: 5-10.

REDELFS, M. S.; STONE, L. R.; KANEMASU, E. T. and KIRKHAN, M. B., 1987. Greenness-leaf area index relationships of seven row crops. **Agronomy Journal**, **79**: 254-259.

RITCHIE, J. T., 1971. Dryland evaporative flux in a subhumid climate I. Micrometeorological influences. **Agronomy Journal**, **63**: 51-55.

RITCHIE, J. T. 1974. Atmospheric and soil-water influences on the plant-water balance. **Agricultural Meteorology**, **14**: 183-198.

RITCHIE, J. T. and BURNETT., 1971. Dryland evaporative flux in a subhumidclimate II. Plant influences. **Agronomy Journal**, **63**: 56-62.

RITCHIE, J. T.; BURNETT, E. and HENDERSON, R. C., 1972. Dryland, evaporative flux in a subhumid climate. 3. Soil water influences. **Agronomy Journal**, **64**: 168-173.

ROSS, J., 1970. Mathematical models of photosynthesis in a plant stand. p29-45. In: I.Seltik (ed) **Prediction and measurement of photosynthetic production. Produc.** Wageningen. The Netherlands.

SHIN, S. F. and GASCHO, G. J., 1980. Relationships among stalk length, leaf area, and dry biomass of sugarcane. **Agronomy Journal**, **72**: 309-312.

SHIMSHI, D., 1979. Leaf permeability as an index of water relation, CO₂ uptake and yield of irrigated wheat. **Irrigation Science**, **1**: 107-117.

SILVA, J. V. da., 1970. **Recherches sur diverses manifestations de la résistance à la secheresse chez les cotonniers.** Paris. Faculté des Sciences D'Orsay Université de paris. 193p. Tese de doutorado.

SOUKUP, C. V. B.; PERECIM, D.; DEMATTÊ, M. E. S. P., 1986. Equações de regressão para estimativa de área foliar. Aplicações a duas espécies de begonias. **Científica**, **14(1/2)**: 93-99.

SOUZA, I. F.de, 1991. **Balanço de radiação e consumo hídrico de um cultivo de feijão macassar (Vigna unguiculata L. walp) irrigado.** (Dissertação de Mestrado) UFPB, Campina Grande-PB.

SOUZA, J. G.; BARROS, A. C. Q. T. e SILVA, J. V., 1983. Reservas de hidratados de carbono e resistência do algodoeiro à seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, **18**: 269-273. X

STALFELT, M. G., 1959. Die stomatare transpiration und die physiologie der spaltoffnungen. In. **Handbuch der Pflanzenphysiologie**, ed.by W. Ruhland, **3**: 351-426.

SUTCLIFFE, J. F., 1980. **As plantas e a água** (tradução de Héstio Etedo Temfuss Maciel) - São Paulo: EPU: ed. Universidade de São Paulo. v-23, p.126.

SZEICZ, G.; VAN BAVEL, C. H. M.; TAKAMI, S., 1973. Stomatal factor in the water use and dry matter production by sorghum. **Agricultural Meteorology**, **12**: 361-389.

TANNER, C. B. and JURY, W. A., 1976. Estimating evaporation and transpiration from a row crop during incomplete cover. **Agronomy Journal**, **68**: 239-243.

TEARE, I. D.; PETERSON, O.J. & LAW, A. G. 1971. Size and frequency of leaf stomata cultivars of triticum aestivum L. and Triticum species. **Crop Science**, **11**: 496-498.

TEARE, I. D. & KANEMASU, E. T., 1972. Stomatal frequency and distribution on the inflorescence of triticum aestivum. **Con. J. Sci.**, **52**: 89-94.

THOM, A. S., 1971. Momentum mass and heat exchange of vegetation. **Quartely Journal of Royal Meteorology of Soc.**, **98**: 124-134.

THORNTHWAITE, C. W. and MATHER, J.R., 1954. The computation of soil moisture. **Publications in Climatology**, Cinteron, N. J., **7**:397-402.

TUCKER, T. C. & TUCKER, B. B., 1968. Nitrogen nutrition. In: ELLIOTT, F. C. et al. **Advances in production and utilization of quality cotton principles and practices** Ames, Iowa Univer. Press., p.183-211.

TURNER, N.C. & BEGG, J. E., 1973. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum and tabacco under field conditions. I At high soil water potential. **Plant Physiology**, **51**: 31-36.

VEIHMEYER, F. J. and HENDRICKSON, A. H., 1965. Does transpiration decrease as the soil moisture decreases. **Trans. Am. Geophys. Union**, **36**: 421-468.

- WATSON, D. J., 1968. Perspectives of crop physiology. **Appl. Biology, London, 62: 1-9.**
- WELBANK, P. J.; FRENCH, S. A. W. and WITTS, K. J., 1966. Dependence of yields of wheat varieties on the leaf area duration. **Annals of Botany, 30: 291-299.**
- WILLIAMS, W. A.; LOOMIS, R. S. e LEPLEY, C. R., 1965. Vegetative growth of corn as affected by population density. II. Components of growth net assimilation rate and leaf area index. **Crop Science, 5: 215-219.**