

ERIC BESERRA DE MELO SOUSA

**INDICADORES FISIOQUÍMICOS PARA SELEÇÃO DE  
PLANTAS DE ALGODÃO HERBÁCEO TOLERANTES À SECA**

Recife – PE  
2008

ERIC BESERRA DE MELO SOUSA

**INDICADORES FISIOQUÍMICOS PARA SELEÇÃO DE  
PLANTAS DE ALGODÃO HERBÁCEO TOLERANTES À SECA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, como requisito para obtenção do título de Mestre em Botânica, área de concentração em Fisiologia Vegetal.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira.

**Conselheiros:** Dr<sup>a</sup>. Roseane Cavalcanti dos Santos.

Prof. PhD. Emídio Cantídio de Oliveira Filho.

Recife – PE  
2008

## FICHA CATALOGRÁFICA

S725i    Sousa, Eric Beserra de Melo  
          Indicadores físicoquímicos para seleção de plantas de algodão  
          herbáceo tolerantes à seca / Eric Beserra de Melo Sousa. – 2008.  
          93 f. : il.

          Orientadora : Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira  
          Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal  
          Rural de Pernambuco. Departamento de Biologia.  
          Inclui bibliografia.

CDD 581.1

1. *Gossypium hirsutum* L.
  2. Estresse hídrico
  3. Crescimento
  4. Relações hídricas
- I. Nogueira, Rejane Jurema Mansur Custódio  
II. Título

ERIC BESERRA DE MELO SOUSA

**INDICADORES FISIOQUÍMICOS PARA SELEÇÃO DE  
PLANTAS DE ALGODÃO HERBÁCEO TOLERANTES À SECA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, como requisito para obtenção do título de Mestre em Botânica, área de concentração em Fisiologia Vegetal.

Aprovada em 21 de fevereiro de 2008.

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira  
Orientadora  
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão  
Embrapa Algodão - CNPA

---

Prof. Dr. Mauro Guida dos Santos  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Lilia Gomes Willadino  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

*Aos meus pais, Zarah Beserra de Melo Sousa e João Batista Antonino de Sousa, e meus irmãos Andrey e Dimitri, cujo incentivo e ajuda me proporcionaram a realização de mais esta etapa de minha vida.*

*Dedico*

## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora, professora Dra. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira, pela orientação e ensinamentos durante o curso, proporcionando assim o meu crescimento profissional.

À minha família, pelo incentivo, compreensão, paciência, colaboração e carinho durante todo o curso, estando sempre presentes comigo.

Ao prof. Dr. André Dias de Azevedo Neto, pelo apoio e ajuda em todas as etapas desta pesquisa, como também pela amizade e grandes momentos de descontração, o que tornava o laboratório um ambiente agradável para o trabalho.

À CAPES, pela bolsa concedida para a realização do curso.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Botânica, onde pude realizar meu curso de mestrado.

À Dra. Roseane Cavalcanti dos Santos da Embrapa Algodão pela co-orientação e concessão dos recursos necessários para que o experimento pudesse ser executado.

Ao Prof. PhD. Emídio Cantídio de Oliveira Filho, pela co-orientação.

Aos amigos Marcio e Marcelle, pela grande amizade e companheirismo que conquistamos, sempre presentes em momentos super agradáveis, sem falar na ajuda prestada nas análises de cada etapa do experimento.

À Alice que me ajudou bastante nas análises porométricas, enfrentando comigo a temperatura alta na casa de vegetação e ainda pela amizade e companheirismo no laboratório.

Ao amigo Hugo Henrique pela ajuda e contribuição em cada etapa do experimento, como também na elaboração dos slides para as apresentações, além da amizade e companheirismo.

Aos estagiários do Laboratório de Fisiologia Vegetal, Filipe, Hugo, Marcelo, Danúbia, Cinthya, Ana, Rodrigo e a mestranda Érika, pela grande ajuda concedida em todas as etapas do experimento, desde a condução, realização das análises até o desmonte, e pela convivência agradável, amizade e companheirismo durante esse tempo.

À Elizamar por estar sempre presente no decorrer do curso, pelas grandes dúvidas tiradas nas análises, além da amizade, carinho e companheirismo.

Ao pesquisador da Embrapa Algodão João Luís da Silva Júnior pela grande ajuda prestada na correção das análises estatísticas dos dados.

Aos amigos que conquistei que fazem parte do PPGB.

Aos meus amigos Manoel, Ise, Marcio, Ernani, Juliana, Aurenivia, Marcelle, Hugo, Juarez, “A Lidhiane”, Millena, Clébio, pela amizade e grandes momentos de descontração que vivemos, especialmente nas “reuniões” de sextas-feiras, depois de uma semana de trabalho intenso.

À Ise Goreth e a Antônio Travassos, pela grande amizade que conquistamos e momentos super agradáveis nas programações culturais e de lazer das quais participamos juntos aqui em Recife, sem falar nas ajudas quando mais precisava.

Aos professores que fazem parte Programa de Pós-graduação em Botânica e ao coordenador do curso Ulysses Paulino de Albuquerque, pelas contribuições prestadas de forma direta ou indireta.

À secretária do PPGB, Margarida Clara da Silva, pela dedicação, paciência e ajuda a todos que fazemos parte do Programa.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições prestadas.

A todos aqueles que, de forma direta ou indiretamente, ajudaram na minha formação, me proporcionando chegar a mais esta etapa.

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

Figura 1: Altura da planta (cm) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 50

Figura 2: Número de folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007..... 50

Figura 3: Diâmetro do caule (cm) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 50

Figura 4: Área foliar (cm<sup>2</sup>) de três cultivares de algodão herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 51

Figura 5: Matéria seca da folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 53

Figura 6: Alocação de biomassa da folha (ABF), do caule (ABC), da raiz (ABR) e relação raiz/parte aérea (R/Pa) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 55

### Capítulo 2

Figura 1: Transpiração – E (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) (A, B e C) e resistência difusiva – Rs (s cm<sup>-1</sup>) (D, E e F), em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD), de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 73

Figura 2: Potencial hídrico foliar –  $\Psi_f$  (MPa) pre-dawn (4 h) e ao meio dia em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 74

- Figura 3: Teor Relativo de Água – TRA (%) em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 75
- Figura 4: Concentração de carboidratos solúveis ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF), em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) em folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 76
- Figura 5: Concentração de prolina livre ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF), em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) em folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 77
- Figura 6: Concentração de proteínas solúveis ( $\mu\text{g g}^{-1}$  MF), em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD), em folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 78
- Figura 7: Concentração de carboidratos solúveis ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF), prolina livre ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF) e proteínas solúveis ( $\mu\text{g g}^{-1}$  MF), em raízes de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 79

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 1

- Tabela 1: Análise de variância (quadrados médios) para a área foliar ( $\text{cm}^2$ ) de três cultivares de algodão herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 51
- Tabela 2: Análise de variância (quadrados médios) para a matéria seca da folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 52
- Tabela 3: Análise de variância (quadrados médios) para a alocação de biomassa da folha (ABF), do caule (ABC), da raiz (ABR) e relação raiz/parte aérea (R/Pa) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 54

### Capítulo 2

- Tabela 1: Análise de variância (quadrados médios) para o potencial hídrico foliar –  $\Psi_f$  (MPa) pre-dawn (4 h) e ao meio dia em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 74
- Tabela 2: Análise de variância (quadrados médios) para o Teor Relativo de Água – TRA (%) em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 75
- Tabela 3: Análise de variância (quadrados médios) para a concentração de carboidratos solúveis ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF), em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) em folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 76

Tabela 4: Análise de variância (quadrados médios) para a concentração de prolina livre ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF), em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) em folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 77

Tabela 5: Análise de variância (quadrados médios) para a concentração de proteínas solúveis ( $\mu\text{g g}^{-1}$  MF), em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) em folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007 ..... 78

Tabela 6: Análise de variância (quadrados médios) para a concentração de carboidratos solúveis ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF), prolina livre ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF) e proteínas solúveis ( $\mu\text{g g}^{-1}$  MF), em raízes de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007..... 79

**LISTA DE ABREVIATURAS**

ABC	Alocação de biomassa para os caules
ABF	Alocação de biomassa para as folhas
ABR	Alocação de biomassa para as raízes
Cv.	Cultivar
CP	Capacidade de Pote
DPV	Déficit de Pressão de Vapor
DAD	Dias após a diferenciação
E	Transpiração
MSC	Matéria seca dos caules
MSF	Matéria seca das folhas
MSR	Matéria seca das raízes
MST	Matéria seca total
R/Pa	Razão raiz/parte aérea
Rs	Resistência difusiva
TRA	Teor Relativo de Água
UR	Umidade relativa
$\Psi_f$	Potencial da água da folha

## SUMÁRIO

Resumo .....	xiv
Abstract.....	xv
1. Introdução.....	16
2. Revisão de Literatura.....	18
2.1. Características gerais sobre a espécie.....	18
2.2. O cultivo do algodoeiro .....	19
2.2.1. Economia mundial do algodão .....	20
2.2.2. Economia nacional do algodão.....	21
2.3. Ecofisiologia do algodoeiro herbáceo .....	22
2.4. As cultivares estudadas.....	23
2.5. O Déficit hídrico nos vegetais .....	24
2.6. Efeito do déficit hídrico sobre o crescimento das plantas .....	26
2.7. Efeito do déficit hídrico sobre as trocas gasosas, potencial hídrico e o ajustamento osmótico .....	27
3. Referências Bibliográficas.....	30
 <b>CAPÍTULO 1: AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE TRÊS CULTIVARES DE ALGODOEIRO HERBÁCEO SOB DÉFICIT HÍDRICO .....</b>	
	35
Introdução.....	38
Material e Métodos.....	39
Resultados e Discussão.....	41
Altura da planta, número de folhas, diâmetro do caule e área foliar.....	41
Matéria seca da folha (MSF), do caule (MSC), da raiz (MSR) e matéria seca total (MST).....	43
Alocação de biomassa da folha (ABF), caule (ABC), raiz (ABF) e relação raiz/parte aérea .....	45
Conclusões.....	46
Referências .....	47
Anexos.....	50

**CAPÍTULO 2: RELAÇÕES HÍDRICAS EM TRÊS CULTIVARES DE ALGODOEIRO**

HERBÁCEO SOB DÉFICIT HÍDRICO .....	56
Introdução .....	58
Material e Métodos .....	60
Resultados.....	62
Transpiração (E) e Resistência Difusiva (Rs) .....	62
Potencial Hídrico Foliar ( $\Psi_f$ ).....	63
Teor Relativo de Água (TRA).....	63
Concentração de Solutos Orgânicos .....	64
Discussão .....	65
Referências .....	69
Anexos .....	73
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>80</b>
Anexos .....	81
1. Análise física do solo.....	82
2. Análise de fertilidade do solo .....	82
Normas para publicação na Revista PAB.....	83
Normas para publicação na Brazilian Journal of Plant Physiology.....	90

Sousa, Eric Beserra de Melo; M.Sc.; Universidade Federal Rural de Pernambuco; Fevereiro de 2008; xiv Indicadores fisiológicos para seleção de plantas de algodão herbáceo tolerantes à seca; Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira (Orientadora); Dr<sup>a</sup>. Roseane Cavalcanti dos Santos (Conselheiro); Prof. PhD. Emídio Cantídio de Oliveira Filho (Conselheiro).

## RESUMO

A cultura do algodoeiro apresenta relevante importância econômico-social no Brasil e no mundo, estando situada dentre as dez maiores fontes de riqueza no setor agropecuário brasileiro. Dessa forma, fazem-se necessários estudos que avaliem essa cultura em situações de déficit hídrico, visto que a maioria das áreas cultiváveis no Brasil passa por longos períodos de escassez hídrica. Assim, objetivou-se avaliar o efeito do déficit hídrico em variáveis de crescimento e nas relações hídricas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), em casa de vegetação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 4, representado por três cultivares (7MH, CEDRO e 7H) e quatro níveis de água: 25, 50, 75 e 100% da capacidade de pote com 5 repetições. A cada sete dias, foram mensuradas a altura da planta, número de folhas e diâmetro do caule. Também foram mensuradas a transpiração, resistência difusiva, potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) pre-dawn e ao meio dia, teor relativo de água (TRA) e as concentrações de carboidratos e proteínas solúveis e prolina livre. Estes últimos avaliados com 15, 30 e 45 dias após a diferenciação (DAD). Ao final do período experimental foi calculada a área foliar e a concentração dos solutos orgânicos para a raiz. As plantas tiveram seus órgãos separados e levados à estufa para a obtenção da matéria seca das folhas, caule e raízes. Com isso calculou-se a alocação de biomassa para as folhas, caules, raízes e a relação raiz/parte aérea (R/Pa). O estresse hídrico aplicado provocou reduções significativas na altura da planta, número de folhas, diâmetro do caule, área foliar e na produção de matéria seca nas três cultivares estudadas. Houve aumento na alocação de biomassa da folha e da raiz. Também houve aumento na relação raiz/parte aérea nas três cultivares nos tratamentos mais severos. Com o prolongamento do estresse, a transpiração aumentou nas plantas sob tratamento severo (25% da CP) e conseqüentemente reduziu a resistência difusiva nas três cultivares estudadas. O inverso foi observado para as plantas com bom suprimento hídrico, com exceção da cv. CEDRO. O déficit hídrico reduziu o potencial hídrico foliar nos dois horários de avaliação e o TRA. De forma geral, houve acúmulo nos teores de carboidratos solúveis, prolina livre e proteínas solúveis para as três cultivares nas plantas sob estresse severo. Com esses resultados pode-se sugerir que a cv. 7MH é a mais recomendada para ser cultivada em locais com restrições hídricas, seguida da cv. CEDRO, enquanto que a cv. 7H mostrou-se mais sensível.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum* L., estresse hídrico, crescimento, relações hídricas.

## ABSTRACT

The cotton culture performs a relevant economical-social importance in Brazil and the entire world, being placed among the ten larger wealth sources in the Brazilian agricultural section. Brazil faces long periods of water shortage in most of the arable areas. Thus, evaluation about water deficit in this culture is necessary. This work was performed in order to evaluate the effect of water stress on growth and water relations of three cotton cultivars (*Gossypium hirsutum* L.) in greenhouse conditions. An experiment was carried out in a 3 x 4 factorial arrangement with three cotton cultivars (7MH, CEDRO and 7H) and four water levels: 25, 50, 75 and 100% of field capacity, with five replicates. The height, stem diameter and number of leaves were analyzed. At the end of the experimental period, dry matter of the leaves, stem, roots, root to shoot ratio and biomass allocation were determined and the leaf area was calculated. About the water relations, the parameters analyzed were: transpiration (E), diffusive resistance (rs), pre-dawn and noon leaf water potential ( $\Psi_w$ ), relative water content (RWC), and soluble carbohydrates, soluble proteins and free proline contents. These analyses were performed in three times (15, 30 and 40 days after differentiation). Water stress reduced the height, number of leaves, stem diameter, and leaf area in all cultivars. Water deficit reduced leaf, stem, and root dry matter. On the hardest treatments, biomass allocation to leaves and roots increased to all cultivars. Root to shoot ratio increased too on the three cultivars in the hardest treatments. At the end of the experimental period, transpiration was elevated in the plants under 25% FC and diffusive resistance was reduced in the three cultivars. The opposite was observed in the plants with good water availability, exception on the cv. CEDRO. Water deficit reduces the leaf water potential in the two evaluation times and the RWC. In general, the three cultivars under severe stress accumulated soluble carbohydrates, free proline and soluble proteins. Evaluating the growth and water relations, the results suggest that cv. 7MH is more adapted to drought, being followed to cv. CEDRO.

**Keywords:** *Gossypium hirsutum* L., water stress, growth, water relations.

## 1. INTRODUÇÃO

O suprimento de água para uma cultura resulta de interações que se estabelecem ao longo do sistema solo-planta-atmosfera, de forma que a condição hídrica de uma cultura dependerá sempre da combinação desses três segmentos. Na medida em que o solo seca, torna-se mais difícil às plantas absorver água, porque aumenta a força de retenção e diminui a disponibilidade de água no solo às plantas. Entretanto, quanto maior for a demanda evaporativa da atmosfera mais elevada será a necessidade de fluxo de água no sistema solo-planta-atmosfera. A diminuição do conteúdo de água no solo afeta acentuadamente alguns processos morfofisiológicos, enquanto outros são relativamente insensíveis (SANTOS e CARLESSO, 1998).

As principais respostas das plantas ao déficit hídrico é principalmente o fechamento dos estômatos, reduzindo assim a transpiração, economizando água para seu desenvolvimento. Com isso, ocorre redução no transporte de assimilados, da fotossíntese, do crescimento, e em muitas espécies, pode chegar a abscisão foliar, sob estresse severo, como garantia de economia do máximo de água possível, na tentativa de tolerar a escassez hídrica (CAIRO, 1995; YORDANOV, et al., 2000; PIMENTEL, 2004; NOGUEIRA, et al., 2005). A água é necessária a vida pelo crescimento das células, sendo o elemento essencial para manter a turgescência da mesma para realizar suas diferentes funções nos seres vivos.

Pimentel (2005) explica que as respostas das plantas à seca são caracterizadas por mudanças fundamentais na relação da célula com a água, nos seus processos fisiológicos, na estrutura de membranas e das organelas celulares, além das mudanças morfológicas e fenológicas da planta. Uma das primeiras respostas visuais ao estresse hídrico está relacionada ao crescimento, antes mesmo de haver variação no conteúdo em água dos tecidos, o qual está associado com as alterações no metabolismo de carbono e de nitrogênio.

Segundo Amorim Neto, et al. (1997) o algodoeiro herbáceo é uma das principais alternativas para a agricultura do semi-árido brasileiro, mas para que as cultivares externem, em termos de produção, o seu potencial genético, é importante explorá-las em locais que apresentem condições edafoclimáticas aptas ao seu crescimento e desenvolvimento.

O algodão possui grande importância econômica pelos produtos que sintetiza, dando maior destaque para a fibra na indústria têxtil, onde são produzidos mundialmente cerca de 25 milhões de toneladas de fibra por ano. A planta de algodão requer quantidades consideráveis de água no solo para seu crescimento e desenvolvimento favoráveis, apesar de, no geral, conseguir agüentar algum período com déficit hídrico. O estresse hídrico afeta principalmente o período de floração em algodoeiro e, algumas vezes, pode vir acompanhado

de abscisão foliar, redução no crescimento e aceleração do seu ciclo, afetando seu desenvolvimento e sua produtividade (BELTRÃO e SOUZA, 1999).

Muitos estudos já estão sendo feitos sobre os efeitos do déficit hídrico nas principais culturas de importância econômica, tendo em vista que a escassez de água no mundo como um todo está aumentando e a maioria das plantas não estão adaptadas para tal situação. Pesquisando-se como a planta se comporta em termos fisiológicos e bioquímicos com a água reduzida, pode ser estratégia para obtenção de cultivares tolerantes ao estresse hídrico, que alavancaria mais o cultivo dessa malvacea para regiões como o Nordeste brasileiro, onde são frequentes os problemas como escassez de água no solo.

Com base no exposto, objetivou-se avaliar algumas características fisiológicas em três cultivares de algodoeiro quando submetidas a tratamentos com déficit hídrico em casa de vegetação, com possível seleção de cultivares tolerantes à seca.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Características Gerais sobre a Espécie

O algodoeiro pertence ao grupo de plantas dicotiledôneas da família Malvaceae. O gênero *Gossypium* é constituído de 55 espécies, sendo que destas apenas quatro são cultivadas. As espécies cultivadas *Gossypium arboreum* L. e *Gossypium herbaceum* L. são diplóides ( $2n = 2x = 26$ ) e nativas do Velho Mundo. Por outro lado, as espécies cultivadas *Gossypium hirsutum* L. e *Gossypium barbadense* L. são alotetraplóides ( $2n = 4x = 52$ ) e nativas do Novo Mundo. As espécies restantes são silvestres e, portanto, não apresentam valor econômico. O *G. arboreum* L., cultivado na Índia, é importante comercialmente, enquanto que, o *G. herbaceum* L., que já teve maior importância no passado, atualmente é plantado apenas em algumas regiões secas da África e Ásia. O *Gossypium hirsutum* L. contribui com a maioria da fibra produzida mundialmente, em torno de 90% (CARVALHO, 1999).

O *Gossypium hirsutum* L. possui grande complexidade morfológica, possuindo particularidades importantes que os fazem distinguir a espécie dentro do gênero *Gossypium* e da família Malvaceae da qual faz parte. A principal via de propagação do algodoeiro herbáceo é a sexuada, através de sementes que germinam e dão origem a uma nova planta. Como toda dicotiledônea, possui um sistema radicular do tipo pivotante, que, em condições normais, é bastante desenvolvido e vigoroso. O caule, posicionado na vertical, é muitas vezes cilíndrico, tendo uma gema apical e vários nós e entre-nós. As folhas são simples, não possui bainha, sendo longamente pecioladas, este com estrutura interna parecida com a do caule, podendo ser revestidos de pêlos ou tricomas. As flores são isoladas e pedunculares, com brácteas codiformes, livres, onde cada ramo frutífero produz, em média, seis a oito botões que darão origem às flores. O fruto, quando está novo e em crescimento antes de abrir, é vulgarmente chamado de “maçã” e, depois que se abre, chama-se capulho. Por fim, a semente é coberta por línter (raça *latifolium* Hutch), constituída de fibras pequenas e muito ricas em óleo. (BELTRÃO e SOUZA, 1999).

Segundo Beltrão e Souza (2001) o algodoeiro herbáceo é uma planta de metabolismo fotossintético  $C_3$ , apesar de ser uma heliófita, possui altas taxas de fotorrespiração, não se saturando em condições de campo, mesmo com o máximo da radiação solar.

O algodão é a fibrosa de maior importância econômica pelo volume e valor da produção. É a fibra vegetal mais utilizada pelo homem, cujo comprimento pode atingir 38

mm. Do algodoeiro quase tudo é aproveitado, principalmente a semente e a fibra (RICHETTI e MELO FILHO, 2001).

Como a importância do algodão, na colheita têxtil, cresceu, assim fez a necessidade de seleção pelos humanos. Por conseguinte, cada espécie, que conhecemos agora, é o produto de “evolução pela domesticação”. Embora cada espécie surgisse pelos processos naturais de evolução, sua morfologia, composição genética, foram alteradas significativamente por atividade humana (BRUBAKER et al., 1999). Ou ainda, pela adaptação às novas condições ambientais que estão sendo expostas essas plantas para crescerem e se desenvolverem.

## **2.2. O Cultivo do Algodoeiro**

O algodoeiro produz uma das fibras vegetais cultivadas mais antigas do mundo. As primeiras referências registram seu cultivo alguns séculos antes de Cristo. A semente (caroço) representa aproximadamente 65% do peso da produção, e a fibra 35%. A semente é rica em óleo e contém média de 15% de proteína bruta nas cultivares atuais. O óleo extraído da semente, depois de refinado, é utilizado na alimentação humana e na fabricação de margarina e sabão. A torta, subproduto da extração do óleo é utilizada na alimentação animal devido ao seu alto valor protéico com 40 a 45% de proteínas. O tegumento é usado para fabricar certos tipos de plásticos e de borracha sintética. O línter, que é a fina penugem que fica agarrada à semente depois de extraída a fibra, é usada na indústria química de plásticos, raião e explosivos. O caroço, após a retirada da pluma, tem grande utilidade na nutrição de ruminantes. (RICHETTI e MELO FILHO, 2001).

Nos últimos 15 anos, o algodão tornou-se uma das grandes forças do agronegócio brasileiro, firmando raízes principalmente nas imensas regiões do cerrado e, à medida que convencia os mercados nacional e internacional quanto à qualidade da pluma, elevou o País à condição de grande exportador mundial de fibra à entrada do século XXI (ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2007).

Para o bom desenvolvimento e crescimento da cultura algodoeira é indispensável que o cotonicultor tenha uma visão holística não restrita à cultura, mas também de toda a cadeia do agronegócio do algodão. Conseqüentemente, isto requer o planejamento da cultura, começando por analisar o mercado com vistas a atender o consumidor final. Há, portanto, a necessidade de identificar claramente onde se dá a sua atuação na cadeia produtiva, deter o conhecimento científico da cultura, identificando as melhores e mais adequadas práticas culturais e insumos a serem aplicados, como também ter o domínio técnico das operações a

serem realizadas durante todo o ciclo da cultura, condizentes com o seu modelo produtivo, para obter a menor relação custo/benefício possível (CARVALHO e CHIAVEGATO, 1999).

Segundo Zanon (2002) o atual sistema de cultivo utilizado para o algodoeiro prioriza a produção e a qualidade da fibra. Apesar da alta rentabilidade obtida, o custo médio da lavoura aumentou significativamente nas últimas safras. Para que este cenário se modifique é necessário que o sistema produtivo seja sustentado, sobretudo pelo uso de cultivares potencialmente produtivas, ou seja, altamente responsivas aos insumos utilizados, resistentes às principais pragas e doenças e manejadas adequadamente durante todo o ciclo da cultura.

### ***2.2.1. Economia Mundial do Algodão***

No mundo inteiro o algodoeiro é cultivado em mais de 60 países somando uma área de mais de 34 milhões de hectares. São produzidos, por ano, cerca de 25 milhões de toneladas de fibra que gera 35 bilhões de dólares e centenas de milhares de empregos, demonstrando a grande importância mundial do cultivo do algodão. O Brasil já chegou a produzir quase um milhão de toneladas de pluma na safra de 1984/85 quando chegou a ser o quarto exportador mundial de algodão (VIANA e LIMA, 2006).

De acordo com o Anuário Brasileiro do Algodão (2007) a produção mundial de algodão está concentrada no hemisfério Norte. Três países destacam-se com mais de 60% do total: China, Estados Unidos da América e Índia. Na seqüência estão Paquistão e Brasil. Dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA) indicam que a safra 2005/06 encerrou com o beneficiamento de 24,814 milhões de toneladas de pluma: a China participou com 5,704 milhões de toneladas, os Estados Unidos, com 5,201 milhões de toneladas, e a Índia, com 4,148 milhões de toneladas. O Brasil registrou 1 milhão de toneladas beneficiadas.

Ainda de acordo com o Anuário Brasileiro do Algodão (2007) para a temporada 2006/07, contudo, as estimativas de maio de 2007 pode indicar aumento na produção, que ficará em cerca de 25,4 milhões de toneladas. Segundo o USDA, a China responde por incremento de 1 milhão de toneladas em relação ao período anterior, somando 6,728 milhões de toneladas e participação de 26%. Ainda assim, o consumo vai continuar superior ao volume ofertado, ficando na casa dos 26 milhões de toneladas.

Atualmente, a participação brasileira no mercado mundial é de 3,8% e a perspectiva é de elevação dessa fatia. O Brasil pode conquistar melhores mercados, antes supridos com o produto australiano. No período, a estimativa é embarcar 550 mil toneladas. Com estudos realizados pôde-se verificar que o País tem capacidade de chegar a 9,5% do

mercado nos próximos cinco anos, com o embarque de 1 milhão de toneladas de pluma na safra 2012/2013 (ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2007).

### ***2.2.2. Economia Nacional do Algodão***

Segundo o Anuário Brasileiro do Algodão (2007) os principais estados produtores de algodão do Brasil são: Mato Grosso, Bahia e Goiás, que representam 90% da colheita nacional. O desempenho garante o suprimento do mercado interno, com boa sobra para exportação, e é encabeçado por Mato Grosso, responsável por 54,3% da lavoura brasileira. Em segundo aparece a Bahia, com 26,7%, e em terceiro encontra-se Goiás, somando 6,6%. O clima foi o aliado da produtividade, que subiu em relação aos últimos dois anos, passando, no caso da pluma, de 1.212 quilos por hectare para 1.338 quilos por hectare. O incremento da safra em certo sentido também foi motivado pelos baixos preços da soja e do milho na época de planejamento do novo plantio, entre maio e junho de 2006. Isso estimulou o cultivo de algodão, embora nos meses posteriores a cotação dos dois grãos até tenha melhorado.

A safra 2006/07 caracteriza-se pela retomada de crescimento na produção de algodão do Brasil. De acordo com o levantamento de junho de 2007 da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), o plantio de 1,09 milhão de hectares deve resultar em 3,75 milhões de toneladas de algodão em caroço, com avanço de 37,2% frente às 2,723 milhões de toneladas do período 2005/06. O montante atual é estimado em 1,46 milhão de toneladas de pluma (38,9%) e 2,29 milhões de toneladas de caroço (61,1%). Esses dados são, respectivamente, 40,3 e 35,9% maiores do que os imediatamente anteriores (ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2007).

Segundo Richetti e Melo Filho (2001) até 1997, a produção de algodão concentrava-se nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Mas a partir de 1998, aumentou significativamente a participação da região Centro-Oeste, principalmente os estados de Mato Grosso e Goiás. Nos Estados de São Paulo e Paraná, a produção teve uma queda acentuada durante o período de 1985 a 1997, mantendo-se estável nas safras subseqüentes. Com a queda da área cultivada nos estados de São Paulo e Paraná, a cultura do algodão deslocou-se para a Região Centro-Oeste, principalmente para os estados de Mato Grosso e Goiás. O deslocamento da cultura para esta região foi resultante das condições favoráveis para seu desenvolvimento, da utilização de variedades adaptadas às condições locais, tolerantes a doenças e com maior potencial produtivo.

O Estado de Pernambuco apresenta ampla área para a produção do algodoeiro herbáceo de sequeiro, compreendida pela região fisiográfica do Agreste, ao centro, e leste do Estado, e no Sertão ao norte do oeste. Na região do Vale do São Francisco, ao sul do oeste do

Estado, as áreas se amoldam à exploração do algodoeiro herbáceo irrigado. Pequena faixa litorânea e do centro do Estado são inaptas à cotonicultura (AMORIM NETO e BELTRÃO, 1999).

### **2.3. Ecofisiologia do Algodoeiro Herbáceo**

Em experimentos de campo, conduzidos em condições favoráveis de umidade nas condições do Nordeste brasileiro, não ocorrendo estresse de umidade, temperatura, pragas e doenças, Beltrão e Souza (1999) dividem o ciclo do algodoeiro em cinco fases: a primeira vai do plantio a emergência, onde ocorre a embebição, germinação da semente e estabelecimento dos cotilédones (4 a 10 dias); a segunda fase surge o primeiro botão floral aos 30 dias, enquanto a terceira fase caracteriza-se pelo aparecimento da primeira flor, aos 45 dias; a quarta fase se dá pela abertura do primeiro capulho, aos 90 dias; e por fim, a quinta fase inclui as primeiras e última colheitas, quando as maçãs estão completamente abertas, mais ou menos aos 120 dias.

Segundo Beltrão e Souza (2001) o algodoeiro herbáceo é uma planta sensível aos mais diversos estresses do ambiente, tais como salino, hídrico, térmico e luminoso, podendo ter conseqüências graves, dependendo da magnitude do estresse e de sua duração. Em regiões semi-áridas, como na maior parte do Nordeste brasileiro, que podem ocorrer períodos de saturação hídrica do solo, causa conseqüências fatais para a cultura, seja reduzindo o crescimento, o desenvolvimento ou a produtividade, seja alterando a qualidade do produto final.

O crescimento do sistema radicular do algodoeiro é mais rápido no período de maior crescimento vegetativo. A redução de água no solo, em geral nas primeiras semanas, provoca maior crescimento do sistema radicular em relação a parte vegetativa, mostrando que a disponibilidade de água no solo é o principal fator de influência na distribuição e na taxa de crescimento da raiz (BELTRÃO e SOUZA, 1999; ROSOLEM, 2006).

Beltrão e Souza (1999) submeteram plantas de algodoeiro herbáceo, cultivar CNPA 7H por um longo e drástico déficit hídrico e observaram que ocasionou redução quase que total do crescimento, com nanismo, com desenvolvimento pleno, chegando a maturidade total precocemente, embora somente com um fruto.

Nos últimos anos, tem havido incremento do cultivo de algodoeiro em condições de irrigação, como solução para se contornar os problemas ocasionados com irregularidades de chuvas e com as secas periódicas, constituindo-se em boa opção para as áreas irrigadas. Apesar da concorrência com o produto importado, esta cultura mantém a sua importância

econômica e social, pela significativa contribuição para o consumo interno e pela grande absorção de mão de obra (SANTOS e BARROS, 1992).

## **2.4. As Cultivares Estudadas**

### *a) CNPA – 7MH*

A cultivar EMBRAPA 113 – CNPA 7MH é derivada da linhagem CNPA 91 – 194 oriunda de cruzamento entre os algodoeiros mocó (arbóreo) e herbáceo, pelo Centro Nacional de Pesquisa de Algodão – CNPA/Embrapa. Apresenta características de ser precoce (ciclo produtivo curto), boa produtividade, bom padrão de tamanho da fibra, alta resistência à seca e longevidade (BELTRÃO e SOUZA, 2001). Pode ser explorada no Seridó e em áreas de clima semelhante na região semi-árida, durante o período de 3 anos. Sua produtividade é 110% acima da do algodoeiro mocó, atingindo média de 1.347 kg/ha/ano, nos três anos do ciclo. Segundo Viana e Lima (2006) esta cultivar está sendo utilizadas com sucesso na região do Pajeú em Pernambuco e no Médio Oeste do Rio Grande do Norte.

### *b) BRS CEDRO*

A cultivar BRS CEDRO possui alta produtividade e alto rendimento de fibras (40 a 41%). Apresenta também, resistência a viroses e tolerância a ramulose, ramularia e bacteriose. Possui ciclo longo, porte alto e alta resistência de fibras. O plantio dessa cultivar deve ser efetuado em novembro no Mato Grosso do Sul e em dezembro no Mato Grosso. Cultivar adequada para produtores altamente tecnificados. Recomenda-se prever a possibilidade de controle de ramulária e ramulose iniciando-se as aplicações aos 30-40 dias no início do aparecimento dos sintomas (BELTRÃO e SOUZA, 2001).

### *c) CNPA 7H*

A cultivar CNPA 7H originou-se do cruzamento intervarietal da Tamcot SP 37 x IAC 17, realizado pelo Centro Nacional de Pesquisa de Algodão – CNPA/Embrapa. A cultivar apresenta percentagem de fibra considerada alta, 39,1%. Os capulhos são grandes, o comprimento inicial da fibra enquadra-se na faixa de 32-34 mm, considerada como fibra média. O fio possui forte tenacidade e bom alargamento. De acordo com Beltão e Souza (2001) é a cultivar mais plantada no Nordeste, tendo grande aceitabilidade para as condições de cultivo em sequeiro (produção de até 2.200 kg/ha, podendo chegar a atingir até 4.000 kg/ha, quando cultivado sob irrigação), com rendimento de fibra de 35-36%.

## 2.5. O Déficit Hídrico nos Vegetais

A água é a substância mais abundante na superfície do planeta, sendo de grande importância para a existência de vida na Terra. Nas formas líquida, sólida e gasosa, esta última sendo constituinte da atmosfera, cobre mais de dois terços da crosta terrestre. Nos seres vivos em geral, corresponde de 70 a 90% do peso total de um organismo. (CAIRO, 1995; PIMENTEL, 2004). A água é um recurso essencial para o metabolismo da planta e à nível celular participa de reações químicas, estando quimicamente associada aos constituintes do protoplasma, ligada a íons ou dissolvendo substâncias orgânicas (SHULZE, 1991; LARCHER, 2006). Atua na manutenção da turgescência, importante para a alongação da célula (ANGELOCCI, 2002), além de servir como meio de transporte de nutrientes junto com os elementos condutores do xilema e do floema (LARCHER, 2006).

Devido a grande importância que a água possui para todo ser vivo, a diminuição do seu conteúdo na célula abaixo de um valor crítico pode provocar mudanças estruturais e, dependendo do período sob estresse, pode causar injúrias irreparáveis, chegando até a morte celular. Pimentel (2004) completa que, como resposta a esta menor concentração de água na célula pode causar variações na atividade de enzimas, que pode ser favorável ou não ao processo evolutivo de adaptação à seca. Portanto, em relação a um determinado processo analisado em plantas estressadas, é difícil afirmar se este é uma causa ou consequência, isto é, um efeito do estresse ou é decorrente desse efeito.

O conceito de estresse é aplicado como algum fator externo que exerce reação desvantajosa sobre a planta (LICHTENTHALER, 1998; TAIZ e ZEIGHER, 2004). Segundo Larcher (2006):

O estresse é considerado como um desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz a mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, as quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanentes.

Em qualquer lugar que as plantas cresçam, elas estão frequentemente expostas às condições de múltiplos estresses, os quais limitarão seu desenvolvimento comprometendo sua sobrevivência. A temperatura, o clima, algumas das grandes regiões da Terra, como as zonas áridas, regiões com solos salinos, limitam a distribuição de espécies vegetais. Assim, a compreensão dos processos fisiológicos quanto às suas mudanças provocadas por estresse e dos mecanismos de adaptação e de aclimação de plantas sob estresses ambientais é de grande importância para a agricultura e o meio ambiente. (TAIZ e ZEIGER, 2004; LARCHER, 2006). Nepomuceno, et al. (2001) afirmam que a maioria das modificações

fisiológicas visa a manter o crescimento e a reprodução da planta em ambientes com limitações na disponibilidade de água, completando seu ciclo.

Apesar dos muitos estudos sobre as respostas dos vegetais à deficiência hídrica, desde o começo do século XX, ainda há muita discussão sobre seus efeitos em plantas, pois existe uma grande variabilidade no grau de tolerância à falta d'água entre espécies e, mesmo dentro de uma espécie, entre variedades (BLUM, 1997).

De acordo com Santos e Carlesso (1998) quando a ocorrência do déficit hídrico é rápida, os mecanismos morfofisiológicos são severamente afetados e a planta necessita adaptar-se à nova situação, de forma rápida. Desta forma, plantas conduzidas em condições de irrigação normalmente apresentam menos resistência a situações de déficit hídrico no solo; já em plantas submetidas ao déficit hídrico gradual ou a deficiência de água no solo no início do seu ciclo, mais facilmente ocorre a adaptação das plantas. A tolerância da planta ao déficit hídrico parece ser um importante mecanismo de resistência, para a manutenção do processo produtivo em condições de baixa disponibilidade de água às plantas.

As espécies vegetais no geral que passam por situações de déficit hídrico possuem mecanismos de tolerância à seca categorizados em **escape à seca** – habilidade da planta de desenvolver-se e complete seu ciclo rapidamente durante a estação úmida, antes do período de seca; **tolerância à seca com baixo potencial hídrico** – habilidade que a planta possui de fazer o ajustamento osmótico para tolerar a seca; e **tolerância à seca com alto potencial hídrico** – habilidade da planta de manter o máximo do seu conteúdo hídrico através do fechamento estomático, diminuição da área foliar e alterações da razão raiz/parte aérea. Para esta última, destacam-se as plantas que economizam água, com consumo moderado do líquido, conservando parte no solo para usar mais tarde em seu ciclo, e as plantas que despendem água, apresentando consumo irrestrito, utilizando muitas vezes grandes quantidades. (PIMENTEL, 1998; 2004; TAIZ e ZEIGER, 2004; NOGUEIRA, et al., 2005).

A produtividade das plantas, limitadas pela seca, depende da quantidade disponível de água naquele ambiente e da eficiência do seu uso pelo organismo. Assim, uma planta capaz de obter mais água ou que tenha maior eficiência no seu uso, resistirá melhor à seca. (TAIZ e ZEIGER, 2004). Larcher (2006) define seca como um período sem precipitação apreciável ao qual ocorre redução no conteúdo de água no solo e, conseqüentemente, as plantas sofrem com a sua ausência. Um estresse causado pela seca pode ser também resultado da absorção inadequada de água pelas plantas, por exemplo, que crescem em solos rasos, incapazes de proporcionar um desenvolvimento favorável do sistema radicular.

Segundo Nepomuceno (2001) o desenvolvimento de cultivares mais tolerantes a períodos de deficiência hídrica no solo, bem como o desenvolvimento de mecanismos que

auxiliem as plantas a tolerar períodos prolongados de seca, serão essenciais na manutenção da produção agrícola brasileira e mundial.

No nordeste brasileiro, nas áreas de caatinga, é comum a deficiência hídrica no solo devido ao regime pluvial anual irregular (250-700 mm), associado com altas temperaturas entre 26-27 °C e forte evaporação causada pela demanda evaporativa do ar e de altos níveis de radiação (LARCHER, 2006). Assim, a compreensão da tolerância das plantas à seca, deve ser julgada não só como problemas de ordem agrônômica, fisiológica ou ecológica, mas também como importante meta internacional de significância humanitária, econômica e política (NEPOMUCENO, 2001).

## **2.6. Efeito do Déficit hídrico sobre o Crescimento das Plantas**

A água, além de ser necessária ao crescimento das células, é um elemento essencial para a manutenção da turgescência da mesma (SANTOS e CARLESSO, 1998). Por ser a redução da turgescência das células o principal efeito do estresse hídrico, as atividades dependentes dessa turgescência, como a expansão foliar e o alongamento das raízes, são as mais sensíveis (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Todos os aspectos de crescimento e desenvolvimento das plantas são afetados pela deficiência hídrica nos tecidos, causado pela excessiva demanda evaporativa ou limitado suprimento de água. A diminuição da turgescência pode ser admitida como indutora de resposta ao estresse hídrico, sendo o processo de crescimento, principalmente em extensão, o primeiro afetado (NOGUEIRA, et al., 2005). Cairo (1995) afirma ainda que a redução ou completa interrupção do ritmo de crescimento é considerada a primeira e mais séria consequência fisiológica para as plantas quando submetidas a uma baixa disponibilidade hídrica no solo.

Taiz e Zeiger (2004) consideram que nas plantas em geral, a redução da área foliar é a primeira linha de defesa contra o déficit hídrico. Com a área foliar menor, a transpiração é reduzida, conservando um suprimento de água limitado no solo por um período mais longo. Ainda, em determinadas plantas, o déficit hídrico limita a altura, como também o número de folhas, ocorrendo redução na taxa de crescimento dos ramos.

O déficit hídrico estimula a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas do solo, o que possibilita, às plantas, explorar melhor a umidade e a fertilidade do solo, dependendo das características morfológicas e genotípicas da planta (SANTOS e CARLESSO, 1998; PIMENTEL, 2004, NOGUEIRA et al., 2005). Taiz e Zeiger (2004) completam que o crescimento acentuado das raízes em direção às zonas úmidas do solo,

durante o estresse, exige alocação de assimilados para as extremidades das raízes em crescimento.

Um ligeiro dessecação do solo causará uma maior concentração de ABA no xilema, que reduz o crescimento na folha e a expansão celular da raiz se mantém, pois o mesmo que foi acumulado na raiz impede a produção de etileno nesta, alterando a elasticidade de parede das células da raiz, permitindo o crescimento radicular (PIMENTEL, 2004).

A razão de biomassa de raízes para a parte aérea parece ser governada por um balanço funcional entre absorção de água pelas raízes e fotossíntese pela parte aérea (TAIZ e ZEIGER, 2004). O carbono que não é consumido pela respiração aumenta a matéria seca e pode ser aplicado para o crescimento ou reserva, havendo uma clara correlação entre o saldo do balanço de CO<sub>2</sub> e o aumento de matéria seca.

Em algumas plantas sob déficit hídrico mais severo, ocorre senescência das folhas, devido ao não fornecimento de nitrogênio suficiente para suprir as necessidades de crescimento da cultura em solo seco, e o nitrogênio do interior da planta é retranslocado das folhas mais velhas para os pontos de crescimento (SANTOS e CARLESSO, 1998). Isto pôde ser verificado no próprio algodoeiro, quando submetidas a estresse severo, ficam apenas algumas folhas no topo dos caules, ocorrendo abscisão das folhas inferiores.

Um decréscimo acentuado na matéria seca das diversas partes da planta de caupi foi verificado por Leite e Virgens Filho (2004) com o aumento da duração do déficit hídrico, havendo também diminuição do crescimento das plantas. Ainda com feijão caupi, Costa et al. (1997) encontrou reduções significativas, para as três cultivares, na área foliar, na matéria seca da parte aérea e das raízes e aumentou a relação raiz/parte aérea.

Correia e Nogueira (2004) verificaram redução nas variáveis de crescimento em plantas de amendoim sem, contudo, paralisá-lo, com o estresse aplicado. Ainda com amendoim, Araújo e Ferreira (1997) verificaram que a área foliar, peso seco da parte aérea, da raiz e a relação raiz/parte aérea em plantas de amendoim foram alterados com a imposição do déficit hídrico.

## **2.7. Efeito do Déficit Hídrico sobre as Trocas Gasosas, Potencial Hídrico e o Ajustamento Osmótico**

De acordo com Angelocci (2002) a regulação da abertura estomática é um processo complexo, envolvendo fatores tanto do ambiente como da própria planta. Alguns fatores do ambiente que afetam diretamente a transpiração, por terem relação com o déficit de pressão de vapor folha-ar, como a radiação solar, a umidade e a temperatura do ar, também concorrem para a regulação estomática, afetando a condutância à difusão de vapor da folha.

A diminuição da disponibilidade hídrica no solo, geralmente aliada à perda de turgescência, ocasiona queda no potencial da água da folha, acúmulo de ácido abscísico (ABA) e ao fechamento estomático, este reduzindo a transpiração. Conseqüentemente, a resistência difusiva aumenta, determinando menor perda de água, todavia, reduz a fotossíntese em função da diminuição da absorção de CO<sub>2</sub> (YORDANOV, et al., 2000; Nogueira et al., 2000; 2002). Reduzindo a fotossíntese, diminui também o consumo de assimilados nas folhas em expansão, diminuindo indiretamente a quantidade de fotossintatos exportados da folha (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Nogueira e Santos (2000) verificaram que a transpiração em cultivares de amendoim reduziu em 75% com a imposição do déficit hídrico em relação às controle, ocorrendo fechamento estomático ao final dos 45 dias de estresse. Com 48 h após a reirrigação observou-se recuperação na turgescência foliar e significativa retomada na abertura estomática.

Nogueira et al. (2000) estudando o comportamento estomático em dois genótipos de pitangueira verificaram que a temperatura foliar e a transpiração sofreram reduções significativas com a diminuição da disponibilidade hídrica do solo. Foi verificado ainda que quando foram regadas após 25 dias de estresse houve um aumento em torno de 30% da transpiração em relação às plantas estressadas, havendo, portanto, uma redução na resistência difusiva.

Para avaliar o grau de déficit hídrico de uma planta é comum utilizar-se de variáveis relacionadas às folhas, como o conteúdo relativo de água foliar e o potencial hídrico, sendo este último o mais utilizado em estudos fisiológicos (ANGELOCCI, 2002).

O conteúdo (teor) relativo de água (CRA ou TRA) é considerado como um indicador das condições hídricas da planta, que corresponde à quantidade de água no tecido, num dado instante, comparada com a máxima quantidade de água que ele poderá reter (CAIRO, 1995; ANGELOCCI, 2002). Reduções no TRA foram encontradas por Fumis e Pedras (2002) estudando o déficit hídrico em cultivares de trigo.

O potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) mede o estado de energia da água nas plantas e é mensurada através de uma metodologia simples descrita por Scholander, et al. (1965). São realizadas também medidas do potencial hídrico antes do amanhecer (pré-dawn), como estimativa de se obter o potencial hídrico do solo, pois se considera que de madrugada a planta esteja com seus tecidos reidratados, ausência da transpiração, havendo um equilíbrio entre os potenciais hídricos da folha e do solo (CAIRO, 1995).

Kato, et al. (2007) verificaram que as três cultivares de arroz estudadas respondem de forma diferente ao déficit hídrico, onde o potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) avaliado ao meio-

dia foi mais baixo, e uma das cultivares reduziu ainda mais em relação às demais. Mesmo comportamento foi observado para a transpiração e para a resistência difusiva à medida que aumenta a deficiência hídrica no solo.

Costa et al. (1997), trabalhando com três cultivares de caupi, verificaram que a deficiência hídrica determinou reduções expressivas no potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) das três cultivares estudadas. Na fase vegetativa houve redução de -0,25 para -1,1 MPa, para as controle e estressadas, respectivamente, e na fase reprodutiva, redução de -0,25 a -1,21 MPa.

O balanço hídrico sendo negativo ocorre redução no potencial osmótico ( $\Psi_s$ ), onde essa redução pode ser devida também ao aumento da concentração de açúcares, de prolina e de íons no vacúolo para manter o potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) e a turgescência de suas células próximas do nível ótimo, preservando o CRA, mecanismo este chamado de ajustamento osmótico. (CAIRO, 1995; NEPOMUCENO, et al., 2001; LARCHER, 2006). Taiz e Zeiger (2004) definem ajustamento osmótico como: “*acúmulo de solutos pelas células, um processo pelo qual o potencial hídrico pode ser diminuído sem que haja decréscimo da turgescência ou do volume celular*”. Assim, a turgescência é mantida, processos como condutância estomática sob potenciais hídricos mais baixos, taxa de fotossíntese (assimilação de  $\text{CO}_2$ ) e continuação do alongamento celular, sugerindo que o ajuste osmótico é uma aclimatação que aumenta a tolerância à desidratação (NEPOMUCENO et al., 2001; TAIZ e ZEIGER, 2004). A grande concentração, principalmente de prolina, tem sido um forte indicador nos estudos de plantas à tolerância à seca (CAIRO, 1995).

A capacidade de ajustamento osmótico é muito variável em diferentes espécies e culturas para suportar situações de seca. Oosterhuis e Wullschleger (1988) observaram alta capacidade de ajuste osmótico em espécies como o sorgo e o algodão. Em girassol obtém ajustes mais moderados, já o trigo e a soja normalmente apresentam baixa capacidade de ajuste.

Knipp e Honermeier (2006) trabalhando com batatas geneticamente modificadas verificaram que o déficit hídrico reduziu significativamente o potencial hídrico foliar. Em condições hídricas favoráveis estas plantas possuem um  $\Psi_w$  foliar em torno de -0,45 MPa, enquanto que as plantas estressadas ficaram em torno de -0,53 MPa. O déficit hídrico estimulou o acúmulo de prolina, tendo correlação significativa com o potencial hídrico foliar.

Em duas cultivares de milho, Pimentel (1999) verificou um aumento da concentração de açúcares solúveis e de aminoácidos quando impostas ao déficit hídrico. Comparando-se os híbridos estudados entre si, foi verificado diferenças apenas no teor de aminoácidos solúveis.

Em amendoim, Nogueira, et al. (1998) verificaram que as plantas com supressão hídrica, independente da cultivar, acumularam mais prolina em relação as cultivadas em regime hídrico normal. A cultivar tida como a mais sensível, quando submetidas à supressão hídrica, acumulou 9,5 vezes mais prolina em relação às controle. Já a mais resistente acumularam 14,8 vezes mais em relação às controle.

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM NETO, M. S.; BELTRÃO, N. E. M. Zoneamento do algodão herbáceo no Nordeste. In: BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. v.1, Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 211-221.

AMORIM NETO, M. S.; MEDEIROS, J. C.; BELTRÃO, N. E. M.; FREIRE, E. C.; NOVAES FILHO, M. B.; GOMES, D. C. **Zoneamento para a cultura do algodão no Nordeste. II. Algodão herbáceo**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997. 31p. (EMBRAPA-CNPA. Boletim de Pesquisa, 35).

ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: L. R. Angelocci, 2002. 272p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz. 2007, 143p.

ARAÚJO, W. F.; FERREIRA, L. G. R. Efeito do déficit hídrico durante diferentes estádios do amendoim. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 32, n. 5, p. 481-484, 1997.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G. Fisiologia e ecofisiologia do algodoeiro. In: **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados, MG: Embrapa Agropecuária Oeste Algodão, 2001. p. 54-75.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G. Fitologia do algodão herbáceo – sistemática, organografia e anatomia. In: BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. v.1, Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 55-85.

BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: BELHASSEN, E. (ed). **Drought tolerance in higher plants**. Genetical, physiological and molecular biological analysis. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, 1997.

- BRUBAKER, C. L.; BOURLAND, E. M.; WENDEL, J. E. The origin and domestication of cotton. In: SMITH, C. W.; COTHREN, J. T. **Cotton – origin, history, technology and production**. Canadá: Ed. John Wiley e Sons, Inc., 1999. p. 3-4.
- CAIRO, P. A. R. **Curso básico de relações hídricas de plantas**. Jaboticabal: FUNEP. 1998, 42p.
- CARVALHO, L. H.; CHIAVEGATO, E. J. A cultura do algodão no Brasil: fatores que afetam a produtividade. In: CIA, E. FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. (eds.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. p. 1-6.
- CARVALHO, L. P. O gênero *Gossypium* e suas espécies cultivadas e silvestres. In: BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. v. 1, Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 231-247.
- CORREIA, K. G.; NOGUEIRA, R. J. M. C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 4, n. 2, 2004.
- COSTA, M. M. M. N.; TÁVORA, F. J. A. F.; PINHO, J. L. N.; MELO, F. I. O. Produção, componentes de produção, crescimento e distribuição das raízes de caupi submetido à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 1, p. 43-50. 1997.
- FUMIS, T. F.; PEDRAS, J. F. Variação nos níveis de prolina, diâmina e poliaminas em cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 37, n. 4, p. 449-453, 2002.
- KATO, Y.; KAMOSHITA, A.; YAMAGISHI, J.; IMOTO, H.; ABE, J. Growth of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars under upland conditions with different levels of water supply – 3. Root system development, soil moisture change and plant water status. **Plant Production Science**. v. 10, p. 3–13, 2007.
- KNIPP, G.; HONERMEIER, B. Effect of water stress on praline accumulation of genetically modified potatoes (*Solanum tuberosum* L.) generating fructans. **Journal of Plant Physiology**, v. 163, p. 392-397, 2006.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. PRADO, C. H. B. A. (Trad.). São Carlos: Rima, 2006. 531p.

LEITE, M. L.; VIRGENS FILHO, J. S. Produção de matéria seca em plantas de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) submetidas a déficits hídricos. **Exact Soil Science, Agr. Sci. Eng.**, v. 10, n. 1, p. 43-51, 2004.

LICHTENTHALER, H. K. The Stress Concept in Plants: An Introduction. **Annals of New York Academy of Sciences**. 1998. p. 187-198.

NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas: Mecanismos fisiológicos e moleculares. **Revista Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**. KL3, n. 23, p. 12-18. 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. Aspectos ecofisiológicos da tolerância à seca em plantas da caatinga. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p. 22-31.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA JUNIOR, J. F.; SILVA, E. C.; LEDERMAN, I. E. Curso diário das perdas de vapor d'água, da temperatura e do potencial da água da folha em germoplasma de carambola (*Averrhoa carambola* L.). **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 2, p. 217-223, 2002.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C. Alterações fisiológicas no amendoim submetido ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 1, p. 41-45, 2000.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA JUNIOR, J. F.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E., BURITY, H. A.; SANTOS, V. F. Comportamiento estomático y tensión de agua em el xilema de dos genotipos de pitanga (*Eugenia uniflora* L.) cultivado bajo estrés hídrico. **Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales**, v. 15, n. 3, p. 213-225, 2000.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SANTOS, R. C.; BEZERRA NETO, E.; SANTOS, V. F. Comportamento fisiológico de duas cultivares de amendoim submetidas a diferentes regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 33, n. 12, p. 1963-1969, 1998.

OOSTERHUIS, D.; WULLSCHLEGER, S. D. Drought tolerance and osmotic adjustment of various crops in response to water stress. **Arkansas Farm Research**, p. 12, 1988.

PIMENTEL, C. Respostas fisiológicas à falta d'água: limitação difusiva ou metabólica? In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAÚJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T.

**Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas.** Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p. 13-21.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água.** Seropédica, RJ: Edur. 2004. 191p.

PIMENTEL, C. Relações hídricas em dois híbridos de milho sob dois ciclos de deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v. 34, n. 11, p. 2021-2027, 1999.

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical.** Rio de Janeiro: Edur, 1998. 158p.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G. A. Aspectos socioeconômicos do algodoeiro. In: **Algodão: tecnologia de produção /** Embrapa Algodão. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. p. 11-22.

ROSOLEM, C. A. Fenologia e ecofisiologia do algodoeiro. In: **Algodão: pesquisas e resultados para o campo.** v. 2, Fundo de Apoio à Cultura do Algodão (editor) – Cuiabá: FACUAL, 2006. p. 17-35.

SANTOS, R. F.; BARROS, M. A. L. **Impactos socioeconômicos causados pela expansão do bicudo na indústria têxtil de algodão do Nordeste.** In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. Relatório Técnico Anual. Campina Grande, 1992. p. 88-89.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; HEMMINGSEN, E. A.; BRADSTREET, E. D. Sap pressure in vascular plants. **Science,** Washington, v. 148, p. 339-346, 1965.

SHULZE, E. D. Water and nutrient interactions with plant water stress. In: MOONEY, H. A.; WINNER, W. E.; PELL E. J. **Response of plants to multiple stresses.** San Diego, California: Academic Press, Inc., 1991. p. 89-101.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** SANTARÉM, E. R., et al (Trad.). 3ª ed., Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VIANA, A.; LIMA, M. **Produção agroecológica – algodão.** Série cultivos agroecológicos. Recife: Diaconia, 2006.

YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant responses to drought, acclimation, and stress tolerance – review. **Photosynthetica**. v. 38, n. 1, p. 171-186, 2000.

ZANON, G. D. **Manejo de cultivares de algodoeiro em densidade populacional variável com o uso de regulador de crescimento**. 2002. 91 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba – São Paulo.

## **CAPÍTULO 1**

---

### **AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE TRÊS CULTIVARES DE ALGODOEIRO HERBÁCEO SOB DÉFICIT HÍDRICO\***

---

---

\* *Manuscrito a ser enviado à revista Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB.*

# **Avaliação do crescimento de três cultivares de algodoeiro herbáceo sob déficit hídrico<sup>(1)</sup>**

Eric Beserra de Melo Sousa<sup>(2)</sup>; Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira<sup>(3)</sup>; Roseane Cavalcanti dos Santos<sup>(4)</sup> e Emídio Cantídio de Oliveira Filho<sup>(5)</sup>.

<sup>(1)</sup>Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor; <sup>(2)</sup>Mestrando em Botânica – Programa de Pós-graduação em Botânica/UFRPE. Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, CEP 52.171-900 – Dois Irmãos, Recife – PE

(ericbiologo@yahoom.com.br); <sup>(3)</sup>Professora Doutora Associada do Departamento de Biologia/UFRPE. Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, CEP 52.171-900 – Dois Irmãos, Recife – PE (rjmansur@terra.com.br);

<sup>(4)</sup>Pesquisadora, Doutora – Embrapa Algodão. Rua Oswaldo Cruz, 1143, CEP 58.107-720 – Centenário,

Campina Grande – PB (caval@cnpa.embrapa.br); <sup>(5)</sup>Professor Ph.D Associado do Departamento de

Agronomia/UFRPE. Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, CEP 52.171-900 – Dois Irmãos, Recife – PE

(emidioc@urfpe.br);

Resumo – Objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito do déficit hídrico nas variáveis de crescimento de três cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), em casa de vegetação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 4, representado por três cultivares (7MH, CEDRO e 7H) e quatro níveis de água: 25, 50, 75 e 100% da capacidade de pote com 5 repetições. A cada sete dias, foram mensuradas a altura da planta (AP), número de folhas (NF) e diâmetro do caule (DC). Ao final do período experimental foi calculada a área foliar. As plantas tiveram seus órgãos separados e levados à estufa para a obtenção da matéria seca das folhas (MSF), caule (MSC) e raízes (MSR). Com isso calculou-se a alocação de biomassa para as folhas (ABF), caules (ABC), raízes (ABR) e a razão raiz/parte aérea (R/Pa). O estresse hídrico aplicado provocou reduções significativas na AP, NF, DC e área foliar e na produção de matéria seca nas três cultivares. Houve aumento na ABF e ABR. Também houve aumento na razão raiz/parte aérea nas três cultivares nos

1 tratamentos mais severos. Com esses resultados pode-se sugerir que a cv. 7MH é a mais  
2 recomendada para ser cultivada em locais com restrições hídricas, seguida pela cv. CEDRO.  
3 Termos para indexação: *Gossypium hirsutum* L., área foliar, matéria seca, alocação de  
4 biomassa, razão raiz/parte aérea.

## 5 **Growth evaluation of three cultivars of herbaceous**

### 6 **cotton under water deficit**

7 Abstract – This work was performed in order to evaluate the effect of water stress on growth  
8 variables of three cotton cultivars (*Gossypium hirsutum* L.) in green house conditions. Data  
9 were carried out on 3 x 4 factorial arrangement with three cotton cultivars (7MH, CEDRO  
10 and 7H) and four water levels: 25, 50, 75 and 100% of field capacity, with five replicates. The  
11 height, stem diameter and number of leaves were analyzed. At the end of the experimental  
12 period, dry matter of the leaves, stem, roots, root to shoot ratio and biomass allocation were  
13 determined and the leaf area was calculated. Water stress reduced the height, number of  
14 leaves, stem diameter, and leaf area in all cultivars. Water stress reduced leaf, stem and root  
15 dry matter. On the hardest treatments, biomass allocation to leaves and roots increased to all  
16 cultivars. Root to shoot ratio increased too on the three cultivars in the hardest treatments. All  
17 the variables showed variations to the three cultivars; however cv. 7MH seems to present  
18 lower sensitivity to the water stress. Thus, the results did show that cv. 7MH is the more  
19 recommended to be cultivated in areas with water restrictions, being followed to cv. CEDRO.

20 Index terms: *Gossypium hirsutum* L., leaf area, dry matter, biomass allocation, root to shoot  
21 ratio.

## Introdução

As respostas das plantas ao déficit hídrico são caracterizadas por mudanças fundamentais na relação da célula com a água, nos seus processos fisiológicos, na estrutura de membranas e das organelas celulares, além das mudanças morfológicas e fenológicas da planta (Taiz & Zeiger, 2004; Pimentel, 2005; 2004; Nogueira, et al., 2005; Larcher, 2006).

A redução ou a paralisação completa do crescimento, de forma geral, é considerada por muitos autores a primeira consequência fisiológica das plantas quando estão sob déficit hídrico. Isso pode ser compreensível, pois segundo Cairo (1995) a escassez de água compromete o alongamento celular, devido à redução da turgescência. Plantas submetidas à deficiência de água no solo podem caracterizar-se por apresentar reduções da produção de folhas, da área foliar, o fechamento estomático, aceleração da senescência e a abscisão foliar, o crescimento da raiz para regiões mais profundas do solo em busca de maior umidade, aumentando a relação raiz/parte aérea, e a redução da matéria seca (Santos & Carlesso, 1998; Taiz & Zeiger, 2004).

De acordo com Benincasa (1988) a análise de crescimento vegetal é muito útil no estudo do comportamento da planta em diferentes condições ambientais, como submetidas a locais com deficiência hídrica no solo, por exemplo, de forma a poder selecionar cultivares ou espécies que apresentem características de maior tolerância a essas condições.

Para a região Nordeste, um importante pólo de produção de fibra nacional, a indicação de cultivares adaptadas às condições de alta temperatura e tolerantes ao estresse hídrico é de grande relevância. Assim, de acordo com Amorim Neto et al. (1997) o algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*, L. r. *latifolium* H.) é uma das principais alternativas para a agricultura do semi-árido brasileiro, mas para que as cultivares externem, em termos de produção, o seu potencial genético, é importante explorá-las em locais que apresentem

1 condições edafoclimáticas aptas ao seu crescimento e desenvolvimento, apesar de, no geral,  
2 conseguir tolerar algum período com déficit hídrico, sem comprometer sua produtividade.

3 O algodoeiro possui importância econômica pelos produtos que sintetiza, dando  
4 maior destaque para a fibra têxtil, que apresenta mais de quatrocentas aplicações na indústria.  
5 Além da fibra, seu principal produto, o algodoeiro produz diversos subprodutos, destacando-  
6 se o línter, que corresponde a cerca de 10% da semente do algodão, o óleo bruto, média de  
7 15,5% da semente, a torta, que é quase a metade da semente, além da casca e do resíduo  
8 (4,9% do total) (Rosolem, 2006).

9 Diante da importância que esta cultura possui, se faz necessário que estudos sejam  
10 feitos para avaliar o comportamento fisiológico de cultivares desenvolvidas, no intuito de  
11 selecionar aquelas com maior capacidade de se desenvolverem em ambientes com escassez  
12 hídrica.

13 Com base no exposto, objetivou-se avaliar a influência do déficit hídrico nas  
14 variáveis de crescimento em três cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.),  
15 em casa de vegetação, com vista a seleção de cultivares mais tolerantes à seca.

## 16 **Material e Métodos**

17 O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia  
18 Vegetal – Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife –  
19 PE, no período de fevereiro a abril de 2007, utilizando três cultivares de algodoeiro herbáceo  
20 (*Gossypium hirsutum* L.) CNPA-7MH, BRS-CEDRO e CNPA-7H, cujas sementes foram  
21 cedidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Algodão – CNPA/Embrapa, localizada em  
22 Campina Grande – PB. Durante o período experimental, a temperatura variou de 27,25 a 37  
23 °C, a umidade relativa do ar de 39 a 79,67% e o déficit de pressão de vapor (DPV) de 0,7 a  
24 3,83 KPa. As sementes foram colocadas para germinar em bandejas de plástico em uma

1 mistura de solo, pó de côco e esterco de gado, procedentes de Aldeia, Camaragibe – PE, na  
2 proporção 1:1:1 (v/v). Após a germinação, quando as plântulas atingiram altura média de 14  
3 cm e emitiram 2 folhas, foram transferidas para vasos contendo 9 kg da mesma mistura de  
4 solo, onde foram mantidas por 15 dias com suprimento hídrico normal para aclimatação.  
5 Após esse período procedeu-se a diferenciação dos tratamentos hídricos.

6 O experimento foi constituído de 12 tratamentos, compreendendo três cultivares  
7 de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) e quatro níveis de água (25, 50, 75 e 100% da  
8 capacidade de pote – CP). O delineamento adotado foi inteiramente casualizado com cinco  
9 repetições, em esquema fatorial 3x4 e uma planta de algodoeiro por unidade experimental  
10 (vaso), totalizando 60 parcelas, por um período de 45 dias. Os tratamentos foram aplicados  
11 seguindo uma pesagem diária de cada vaso, em que a reposição de água foi feita de acordo  
12 com a água perdida por evapotranspiração, até atingir o peso determinado para cada  
13 tratamento.

14 A capacidade de pote foi determinada de acordo com a metodologia de Souza et al.  
15 (2000), com o conteúdo de água retida pelo solo após sofrer saturação e consequente ação da  
16 gravidade, até o cessamento da drenagem.

17 As medidas de altura, número de folhas e diâmetro do caule foram mensuradas  
18 semanalmente até o final do período experimental (45 dias sob estresse). A altura foi medida  
19 com auxílio de uma trena de 3 m, a partir da base do caule, devidamente marcada, até a base  
20 do meristema apical, de onde emergiam as folhas jovens. Para o diâmetro do caule utilizou-se  
21 um paquímetro de marca Calipers, com precisão de 0,002 mm, sempre na mesma posição e na  
22 marcação do caule. O número de folhas foram transformados em  $\sqrt{x+0,5}$ , segundo Zar  
23 (1999).

24 Ao final do experimento, foi determinado a área foliar, onde foram retiradas as  
25 folhas de cada repetição e pesadas, obtendo-se o peso da matéria fresca. Logo após, foram

1 feitos cortes de 1 cm<sup>2</sup> de cada e pesados em uma balança analítica. De posse desses pesos, a  
2 área foliar total foi obtida por regra de três simples (Mielke, et al., 1995). Em seguida as  
3 plantas tiveram seus órgãos separados em folhas, caules e raízes, os quais foram  
4 acondicionados em sacos de papel, devidamente etiquetados e postos para secar em estufa de  
5 circulação forçada de ar a 65°C até atingirem peso constante, para a obtenção da matéria seca  
6 das folhas (MSF), caules (MSC), raízes (MSR) e total (MST). Com esses dados calculou-se a  
7 alocação de biomassa para as folhas (ABF), caules (ABC), raízes (ABR) e a relação raiz/parte  
8 aérea (R/Pa), segundo Benincasa (1988).

9 Os resultados obtidos foram submetidos à análise de regressão, utilizando o  
10 software SAS.

## 11 **Resultados e Discussão**

### 12 **Altura da Planta, Número de Folhas, Diâmetro do Caule e Área Foliar**

13 O estresse hídrico aplicado às plantas de algodoeiro provocou reduções  
14 significativas na altura da planta, no número de folhas, no diâmetro do caule e na área foliar.

15 A partir do 17º dia após a diferenciação dos tratamentos hídricos a altura da planta  
16 e o número de folhas começaram a apresentar reduções significativas com a redução dos  
17 níveis de água no solo (Figuras 1 e 2). Ao final do período experimental (45 dias após a  
18 diferenciação hídrica), a altura variou de 71,3 a 145 cm, de 61,6 a 122,7 cm e de 42,7 a 123,9  
19 cm, para as cvs. 7MH, CEDRO e 7H, respectivamente, apresentando reduções de 50,83,  
20 49,80 e 65,54%, em relação às controles. O número de folhas variou de 4,95 a 8,66, de 3,96 a  
21 7,05 e de 4,20 a 7,67, para as cvs. 7MH, CEDRO e 7H, respectivamente, com reduções de  
22 42,84, 43,83 e 45,24%, em relação às controle ao final do período experimental.

23 O diâmetro do caule apresentou redução significativa já no 10º dia após a  
24 diferenciação hídrica para as plantas dos tratamentos mais severos (50 e 25% da CP),

1 variando de 0,859 a 1,758 cm, de 0,784 a 1,556 cm e de 0,732 a 1,608 cm, para as cultivares  
2 citadas acima, respectivamente, com reduções de 51,14, 49,61 e 54,48%, em relação às  
3 controle, ao final do período experimental (Figura 3).

4 Observando-se na figura 4, o estresse hídrico influenciou a área foliar nas três  
5 cultivares estudadas. Assim, de acordo com a tabela 1, essas alterações foram altamente  
6 significativas ( $p < 0,01$ ) entre os tratamentos hídricos, entre as cultivares e após o  
7 desdobramento da interação. Entretanto, apresentou reduções de 84,26, 85,80 e 91,67%, para  
8 as cvs. 7MH, CEDRO e 7H, respectivamente, em relação às controle.

9 Analisando as cultivares entre si, a cv. 7MH obteve os maiores valores em todos  
10 os tratamentos hídricos para a altura da planta, número de folhas e diâmetro do caule, ao final  
11 do período experimental (Figuras 1, 2 e 3). No entanto, não foi observado diferenças  
12 significativas para as cvs. CEDRO e 7H para a altura da planta. Já o diâmetro do caule não  
13 apresentou diferença significativa entre as cultivares estudadas.

14 Como reporta a literatura, mesmo o algodoeiro tolerar algum período de  
15 deficiência hídrica no solo, sem grandes prejuízos no desenvolvimento e na produção,  
16 dependendo de sua magnitude, foi notório o efeito do mesmo nas variáveis de crescimento  
17 nas cultivares estudadas, principalmente quando submetidas a níveis mais severos de água  
18 (25% da CP). Como afirma Larcher (2006), a deficiência hídrica resulta em uma diminuição  
19 do volume celular e uma progressiva desidratação do protoplasto, onde a primeira e mais  
20 sensível resposta é a diminuição da turgescência e, associada a esse evento, a diminuição do  
21 crescimento, principalmente em extensão. Assim, sugere que se mantenha um conteúdo de  
22 água no solo não muito baixo para o cultivo do algodoeiro, para assim, não haver perda na sua  
23 produtividade.

24 Semelhante aos resultados obtidos, Pereira et al. (1997) trabalhando com duas  
25 cultivares de algodoeiro herbáceo com baixos níveis de umidade no solo, observaram

1 diferenças significativas entre as cultivares, apresentando melhores resultados para a cv. 7H  
2 na altura e no número de folhas em relação a cv. Precoce-1. Ainda, trabalhando com a cv. 7H,  
3 Arruda et al. (2002) encontraram reduções significativas para a altura da planta e área foliar  
4 (5,4 e 18%, respectivamente) com 60% de água disponível no solo. Souza, et al. (1999)  
5 também verificaram redução na altura da planta, área foliar e ainda no diâmetro do caule com  
6 nível de 25% de água disponível no solo para a mesma cultivar de algodoeiro.

7 Continuando com a cv. 7H Lacerda et al. (2003) encontrou resultados diferentes  
8 desta pesquisa para a altura da planta, pois não verificaram diferenças significativas entre os  
9 tratamentos hídricos aplicados, talvez pelo período experimental não ter sido suficiente para  
10 mostrar tal diferença, mas houve redução significativa para a área foliar. Também diferente  
11 dos resultados quanto à área foliar, Ribeiro (2004), estudando duas das cultivares estudadas  
12 nesta pesquisa, verificou que as plantas de algodão da cv. 7MH foi mais sensível ao déficit  
13 hídrico em relação a cv. 7H, obtendo reduções 34,4 e 18% em relação às plantas controle.

14 As plantas de algodoeiro, segundo Taiz & Zeiger (2004), além de apresentarem  
15 redução no número de folhas e da área foliar, podem sofrer abscisão foliar em resposta ao  
16 estresse hídrico, podendo apresentar apenas um tufo de folhas no topo dos caules nas plantas  
17 severamente estressadas, como uma estratégia de sobrevivência, para diminuir a perda de  
18 água por transpiração.

### 19 **Matéria Seca da Folha (MSF), Caule (MSC), Raiz (MSR) e Matéria Seca Total (MST)**

20 De forma geral, observando-se a figura 5, o déficit hídrico no solo provocou  
21 reduções significativas na produção de matéria seca para os diversos órgãos da planta nas três  
22 cultivares estudadas. Analisando-se a tabela 2, verificou-se alterações altamente significativas  
23 ( $p < 0,01$ ) para as cultivares e os tratamentos hídricos, e significativos ( $p < 0,05$ ) para a  
24 interação entre eles.

1 Na cv. 7MH, a MSF foi reduzida em até 69,78% nas plantas submetidas a 25% da  
2 CP quando comparada às controle. Para as cvs. CEDRO e 7H, essas reduções foram de 75,20  
3 e 74,19% respectivamente. A MSC também foi afetada pelos níveis crescentes de seca no  
4 solo, com reduções de 81,14, 81,68 e 89,52% para as cvs. 7MH, CEDRO e 7H,  
5 respectivamente. Na MSR, as reduções induzidas pelos níveis mais severos de deficiência  
6 hídrica no solo foram de 32,12 e 74,31% para as cvs. 7MH e 7H, respectivamente, não  
7 havendo diferença para a cv. CEDRO.

8 A cv. CEDRO mostrou-se com menor produção de matéria seca total em relação  
9 às demais cultivares (Figura 5), mesmo em boas condições de água no solo (100% da CP).  
10 Verifica-se ainda que a cv. CEDRO produziu menor quantidade de matéria seca como um  
11 todo, em comparação com as demais mesmo em boas condições hídricas (100% da CP).

12 Pereira et al. (1997) verificaram também diferenças significativas entre as  
13 cultivares, para a matéria seca da raiz, caule e folhas, com os melhores valores para a cv. 7H  
14 em relação a cv. Precoce-1. Dessa forma, concluíram que a mesma denota ser mais eficiente  
15 no uso da água que a cv. Precoce-1, pois em um mesmo nível de água disponível, teve  
16 aproveitamento maior, resultando em maior crescimento e maior produção de matéria seca.

17 Apesar de Lacerda et al. (2003) não terem encontrado diferença significativa para  
18 a altura da planta, estudando a cv. 7H, com diferentes níveis de água, verificaram que com  
19 25% da água disponível no solo promoveu a maior produção de matéria seca da parte aérea,  
20 em média de 40,8 g planta<sup>-1</sup>.

21 Ribeiro (2004) verificou redução na matéria seca de 38,1 e 29,4% para as  
22 cultivares de algodão 7MH e 7H, respectivamente, em relação às controle, mostrando que a  
23 cv. 7MH foi mais afetada pelo déficit hídrico.

24 Tanto a área foliar como o acúmulo de matéria seca na parte aérea são  
25 considerados por Blum (1997) como variáveis mais sensíveis ao estresse.

## 1 **Alocação de Biomassa da Folha (ABF), Caule (ABC), Raiz (ABF) e Relação Raiz/parte** 2 **aérea**

3 Na tabela 3, verifica-se efeito altamente significativo ( $p < 0,01$ ) para os  
4 tratamentos hídricos na alocação de biomassa da folha, caule, raiz e na relação raiz/parte  
5 aérea, não havendo efeito significativo na interação entre tratamento e cultivares, com  
6 exceção da alocação de biomassa da folha (ABF).

7 De acordo com a figura 6, verificou-se que o déficit hídrico influenciou na  
8 alocação de biomassa da folha para a cv. 7H, não verificado nas demais cultivares. Com  
9 relação a ABC, os maiores valores encontrados foram nas plantas com boas condições  
10 hídricas (100% da CP), que alocaram 47,06, 48,53 e 47,11% em relação às plantas  
11 estressadas, para as cvs. 7MH, CEDRO e 7H, respectivamente. Na ABR, o déficit hídrico  
12 induziu às plantas alocarem maior biomassa na raiz em relação às plantas com boas condições  
13 hídricas, com um aumento de 34,31, 34,09 e 30,30% para as cultivares acima citadas,  
14 respectivamente em relação às controle.

15 A relação raiz/parte aérea teve aumento significativo de 65,68, 59,96 e 40,23%  
16 para as cvs. 7MH, CEDRO e 7H, respectivamente, com o incremento da deficiência hídrica  
17 no solo, no tratamento mais severo (25% da CP), o que confirmou a literatura, pois Rosolem  
18 (2006) afirma que uma planta de algodoeiro submetida à seca, a relação raiz/parte aérea  
19 aumentará, havendo mais crescimento radicular do que da parte aérea, habilitando a planta a  
20 explorar melhor a água do solo, fazendo com que a mesma sobreviva e o prejuízo para ela ser  
21 relativamente menor, se comparada às outras culturas.

22 A alocação de biomassa é uma das variáveis de fundamental importância para o  
23 estudo das plantas sob déficit hídrico, pois em situações como esta, investem mais na  
24 produção de biomassa principalmente para as raízes, objetivando aumentar a capacidade de  
25 absorção de nutrientes. O aprofundamento do sistema radicular, como retrata muitos autores

1 exige alocação de assimilados para as extremidades das raízes em crescimento (Taiz &  
2 Zeiger, 2004).

3 Arruda et al. (2002), trabalhando com a cv. 7H, observaram efeito altamente  
4 significativo entre os tratamentos hídricos aplicados para a alocação de biomassa da parte  
5 aérea. Pereira et al. (1997) verificaram também diferenças significativas para a fitomassa da  
6 folha, do caule a da raiz com os diferentes níveis de água, mostrando que a cv. Precoce-1 foi a  
7 mais afetada em relação a cv. 7H. Dessa forma, estes autores verificaram que a cv. 7H foi  
8 mais eficiente na utilização da água e sua conversão em matéria seca da parte vegetativa. Já  
9 para as raízes a cv. Precoce-1 alocou mais biomassa em relação a cv. 7H à medida que o  
10 déficit hídrico aumenta.

11 A redução no crescimento da parte aérea em relação à raiz constitui um  
12 mecanismo importante de adaptação ao déficit hídrico, pois como afirmam Santos & Carlesso  
13 (1998) estimula a expansão do sistema radicular para zonas mais profundas do solo, que  
14 possam ainda estar úmidas.

## 15 **Conclusões**

16 1. O déficit hídrico influenciou de forma significativa as variáveis de crescimento  
17 estudadas nas plantas de algodoeiro, sugerindo que níveis muito baixos de déficit hídrico  
18 (25% da CP) podem comprometer a sua produtividade;

19 2. Houve um maior investimento no aprofundamento da raiz na tentativa de  
20 absorver o máximo de água no solo;

21 3. As cultivares apresentaram variações significativas em todos as variáveis  
22 analisados, porém foi verificado que a cv. 7MH foi a que mostrou menor sensibilidade aos  
23 níveis de estresse aplicados. Desta maneira, pode-se sugerir que esta cultivar é a mais

1 recomendada para ser cultivada em locais que apresentam restrições hídricas, seguidas pela  
2 cv. CEDRO.

### 3 **Agradecimentos**

4 À CAPES, pela bolsa concedida; Ao Centro Nacional de Pesquisa de Algodão – Embrapa,  
5 Campina Grande – PB, pelo material cedido para o experimento; e ao Programa de Pós-  
6 Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela realização do  
7 mestrado.

### 8 **Referências**

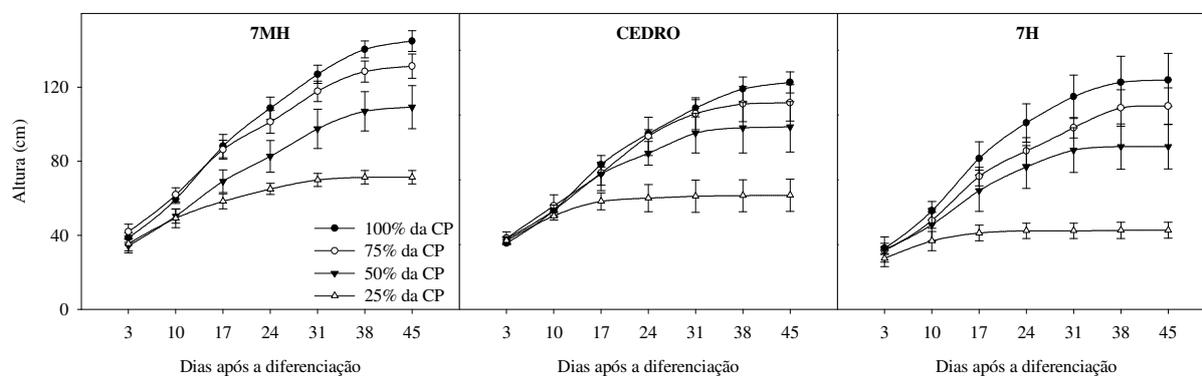
- 9 AMORIM NETO, M.S.; MEDEIROS, J.C.; BELTRÃO, N.E.M.; FREIRE, E.C.; NOVAES  
10 FILHO, M.B.; GOMES, D.C. **Zoneamento para a cultura do algodão no Nordeste. II.**  
11 **Algodão herbáceo.** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997. 31p. (EMBRAPA-CNPA.  
12 Boletim de Pesquisa, 35).
- 13 ARRUDA, F.P.; ANDRADE, A.P.; SILVA, I.F.; PEREIRA, I.E.; GUIMARÃES, M.A.M.  
14 Emissão/abscisão de estruturas reprodutivas do algodoeiro herbáceo, cv. CNPA 7H: efeito do  
15 estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande,  
16 v.6, n.1, p.21-27, 2002.
- 17 BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas.** 1. ed. Jaboticabal: FUNEP,  
18 1988. 42 p.
- 19 BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: BELHASSEN,  
20 E. (ed). Drought tolerance in higher plants. **Genetical, physiological and molecular**  
21 **biological analysis.** Kluwer Academic Publ., Dordrecht, 1997.

- 1 CAIRO, P.A.R. **Curso Básico de Relações Hídricas de Plantas**. Jaboticabal: FUNEP. 1995,  
2 42p.
- 3 LACERDA, N.B.; OLIVEIRA, F.A.; CAVALCANTE, L.F.; SOUZA, C.C.; SANTIAGO,  
4 R.D. Manejo de água disponível no solo e da adubação nitrogenada sobre a cultura do  
5 algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. latifolium Hutch). **Agropecuária Técnica**,  
6 v.24, n.1, p.31-38, 2003.
- 7 LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. PRADO, C.H.B.A. (Trad.). São Carlos: Rima, 2006.  
8 531p.
- 9 MIELKE, M.S.; HOFFMANN, A.; ENDRES, L.; FACHINELLO, J.C. Comparação de  
10 métodos de laboratório e de campo para a estimativa da área foliar em fruteiras silvestres.  
11 **Science. Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.1, p.82-88, 1995.
- 12 NOGUEIRA, R.J.M.C.; ALBUQUERQUE, M.B.; SILVA, E.C. Aspectos ecofisiológicos da  
13 tolerância à seca em plantas da caatinga. In: NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E.L.;  
14 WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T. **Estresses ambientais: danos e benefícios em**  
15 **plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p.22-31.
- 16 PEREIRA, M.N.B.; AZEVEDO, N.C.; FERNANDES, P.D.; AMORIM NETO, M.S.  
17 Crescimento e desenvolvimento de duas cultivares de algodoeiro herbáceo em baixos níveis  
18 de umidade no solo, em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**  
19 **Ambiental**, Campina Grande, v.1, p.1-7, 1997.
- 20 PIMENTEL, C. Respostas fisiológicas à falta d'água: limitação difusiva ou metabólica? In:  
21 NOGUEIRA, R.J.M.C.; ARAÚJO, E.L.; WILLADINO, L.G.; CAVALCANTE, U.M.T.  
22 **Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas**. Recife: UFRPE, Imprensa  
23 Universitária, 2005. p.13-21.
- 24 PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, RJ: Edur. 2004. 191p.

- 1 RIBEIRO, L.G. **Caracteres fisiológicos e bioquímicos de dois cultivares de algodão**  
2 **submetidos a déficit hídrico**. 2004. 77 f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) –  
3 Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE.
- 4 ROSOLEM, C.A. Fenologia e ecofisiologia do algodoeiro. In: **Algodão: pesquisas e**  
5 **resultados para o campo**. v. 2. Fundo de Apoio à Cultura do Algodão (editor) – Cuiabá:  
6 FACUAL, 2006. p. 17-35.
- 7 SANTOS, R.F., CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológicos e fisiológicos  
8 das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.3, p.287-294,  
9 1998.
- 10 SOUZA, C.C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I.F.; AMORIM NETO, M.S. Avaliação de  
11 métodos de determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo  
12 de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.4, n.3,  
13 p.338-342, 2000.
- 14 SOUZA, C.C.; OLIVEIRA, F.A.; SILVA, I.F.; ANDRADE, A.P. Manejo da irrigação e da  
15 adubação nitrogenada na cultura do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia**  
16 **Agrícola e Ambiental**. v.3, n.2, p.125-130, 1999.
- 17 TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. SANTARÉM, E. R., et al (Trad.). 3ª ed., Porto  
18 Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- 19 ZAR, J.H. **Biostatistical Analyses**. 4ª ed. 1999. 663p.

1

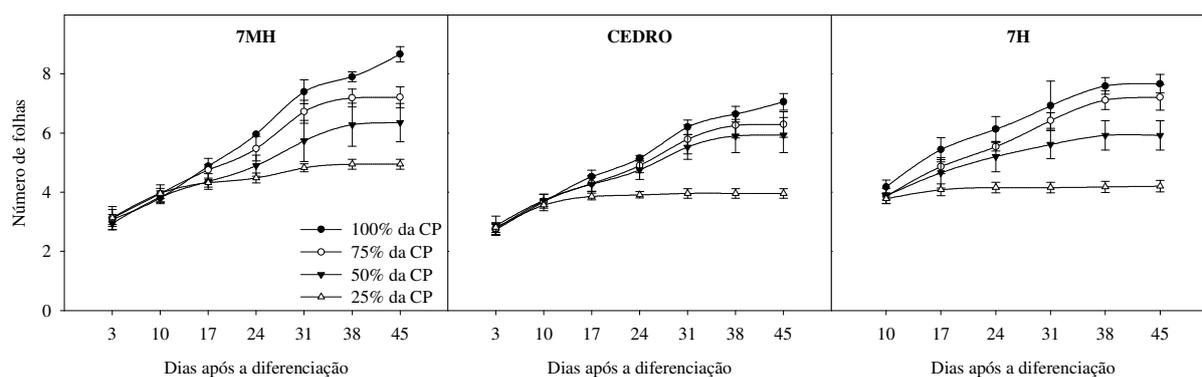
## Anexos



2

3 **Figura 1.** Altura da planta (cm) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob  
4 diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. (Linhas verticais indicam desvio-padrão).

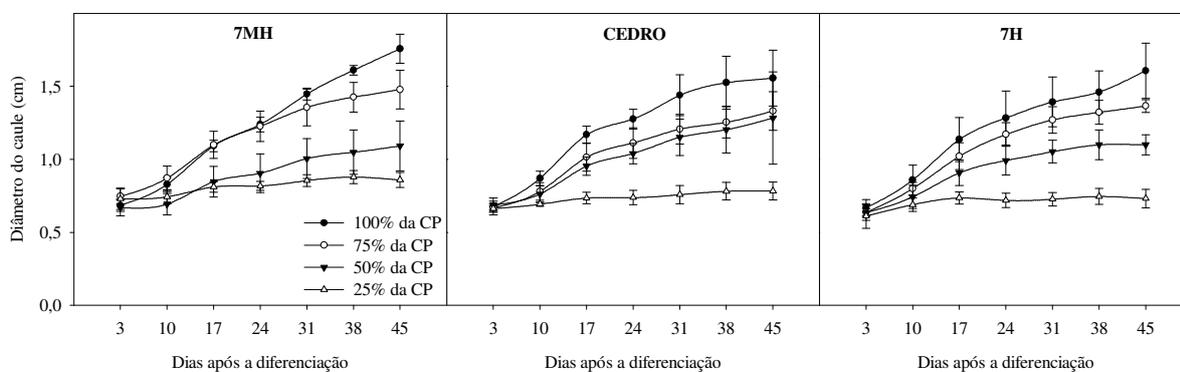
5 Recife – PE, 2007.



6

7 **Figura 2.** Número de folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob  
8 diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. (Linhas verticais indicam desvio-padrão).

9 Recife – PE, 2007.



10

11 **Figura 3.** Diâmetro do caule (cm) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob  
12 diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. (Linhas verticais indicam desvio-padrão).

13 Recife – PE, 2007.

1 **Tabela 1.** Análise de variância (quadrados médios) para a área foliar (cm<sup>2</sup>) de três cultivares  
 2 de algodão herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de  
 3 vegetação. Recife – PE, 2007.

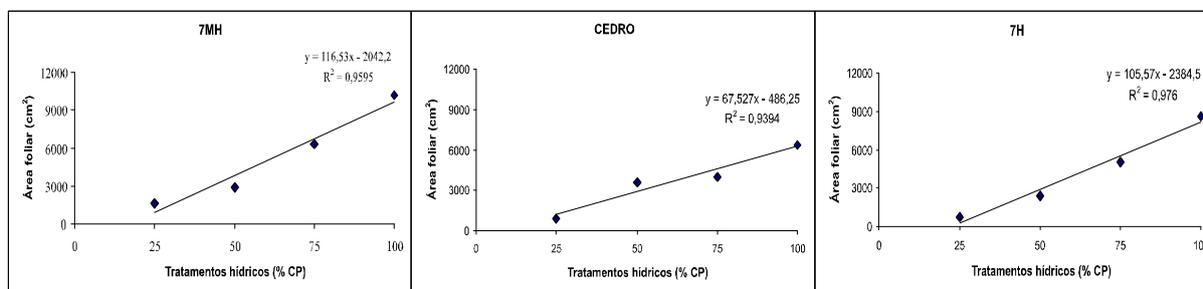
	Fv	Gl	QM (Área)
Cult. (C)	2		10.202.896,1**
Trat. (T)	3		121.435.326,1**
C x T	6		4.199.637,3*
Trat./7H			
Modelo	1		174.150.621,10**
Desvio	2		2.141.465,45 <sup>ns</sup>
Trat./7MH			
Modelo	1		159.243.749,40**
Desvio	2		4.062.464,30 <sup>ns</sup>
Trat./Cedro			
Modelo	1		55.556.900,01**
Desvio	2		2.276.172,99 <sup>ns</sup>
Resíduo	44		1.455.639,9
Média			4.119,04
CV %			29,29

4 \*\* Altamente significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

5 \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

6 <sup>ns</sup> não significativo.

7



8

9 **Figura 4.** Área foliar (cm<sup>2</sup>) de três cultivares de algodão herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob  
 10 diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

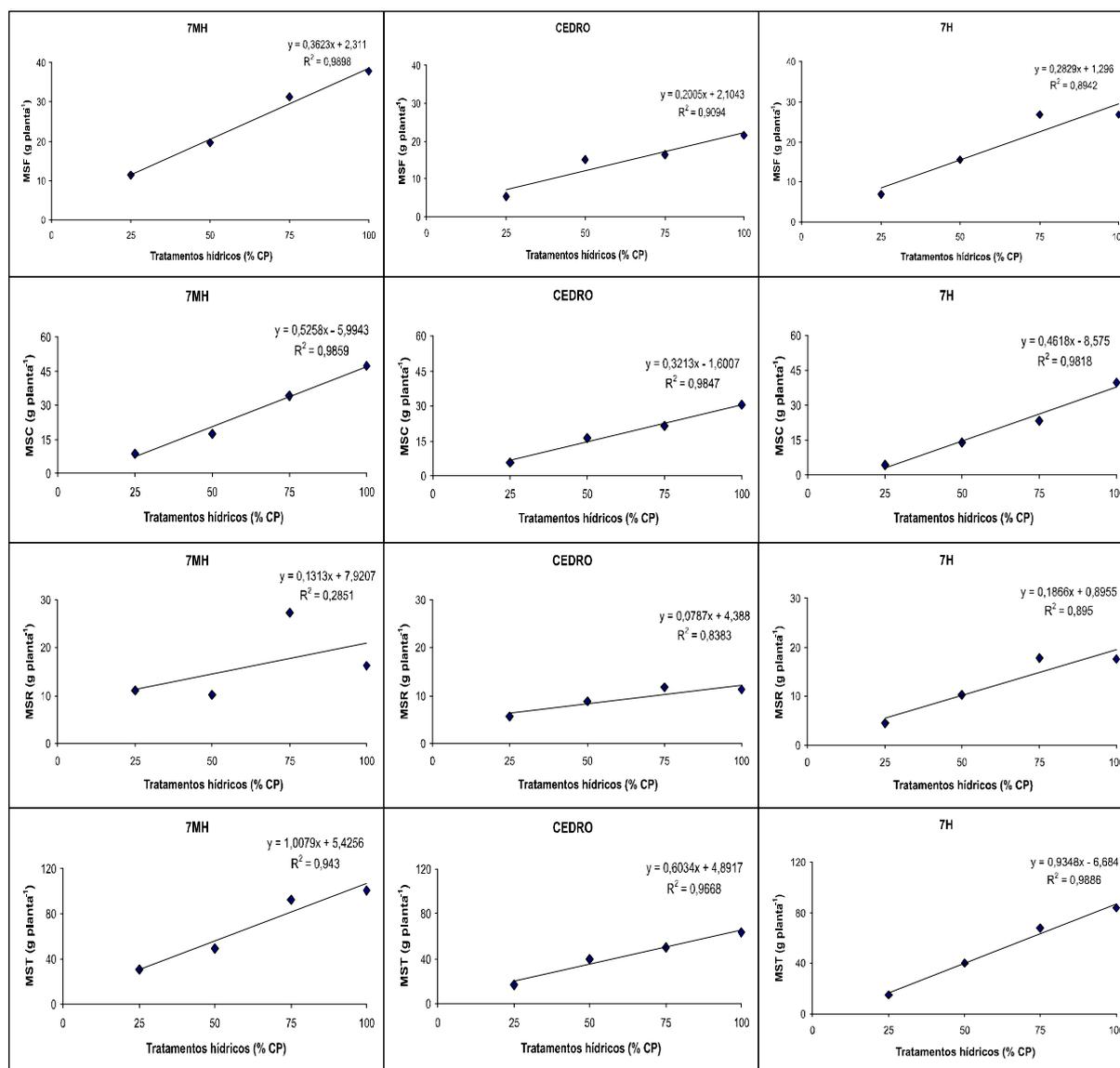
1 **Tabela 2.** Análise de variância (quadrados médios) para a matéria seca da folha (MSF), caule  
 2 (MSC), raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de três cultivares de algodoeiro herbáceo  
 3 (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE,  
 4 2007.

Fv	Gl	QM (MSF)	QM (MSC)	Gl	QM (MSR)	QM (MST)
Cult. (C)	2	460,69**	337,75**	2	184,59**	2.714,46**
Trat. (T)	3	1.137,34**	2.492,32**	3	370,68**	9.472,67**
C x T	6	48,48*	62,20*	6	54,46*	293,15*
Trat./7H						
Modelo	1	1.250,18**	3.331,82**	1	477,40**	12.255,35**
Desvio	2	73,95**	30,80 <sup>ns</sup>	2	31,28 <sup>ns</sup>	77,82 <sup>ns</sup>
Trat./7MH						
Modelo	1	1.690,53**	3.408,05**	1	269,45**	12.745,60**
Desvio	2	9,64 <sup>ns</sup>	30,52 <sup>ns</sup>	2	255,69*	367,69**
Trat./Cedro						
Modelo	1	521,86**	1.282,24**	1	86,28*	4.625,27**
Desvio	2	30,83 <sup>ns</sup>	12,50 <sup>ns</sup>	2	7,04 <sup>ns</sup>	93,30 <sup>ns</sup>
Resíduo	44	10,55	23,37	40	17,91	110,02
Média		18,79	20,66		12,52	52,19
CV %		17,28	23,39		33,78	20,05

5 \*\* Altamente significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

6 \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

7 <sup>ns</sup> não significativo.



1  
 2 **Figura 5.** Matéria seca da folha (MSF), caule (MSC), raiz (MSR) e matéria seca total (MST) de três  
 3 cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa  
 4 de vegetação. Recife – PE, 2007.

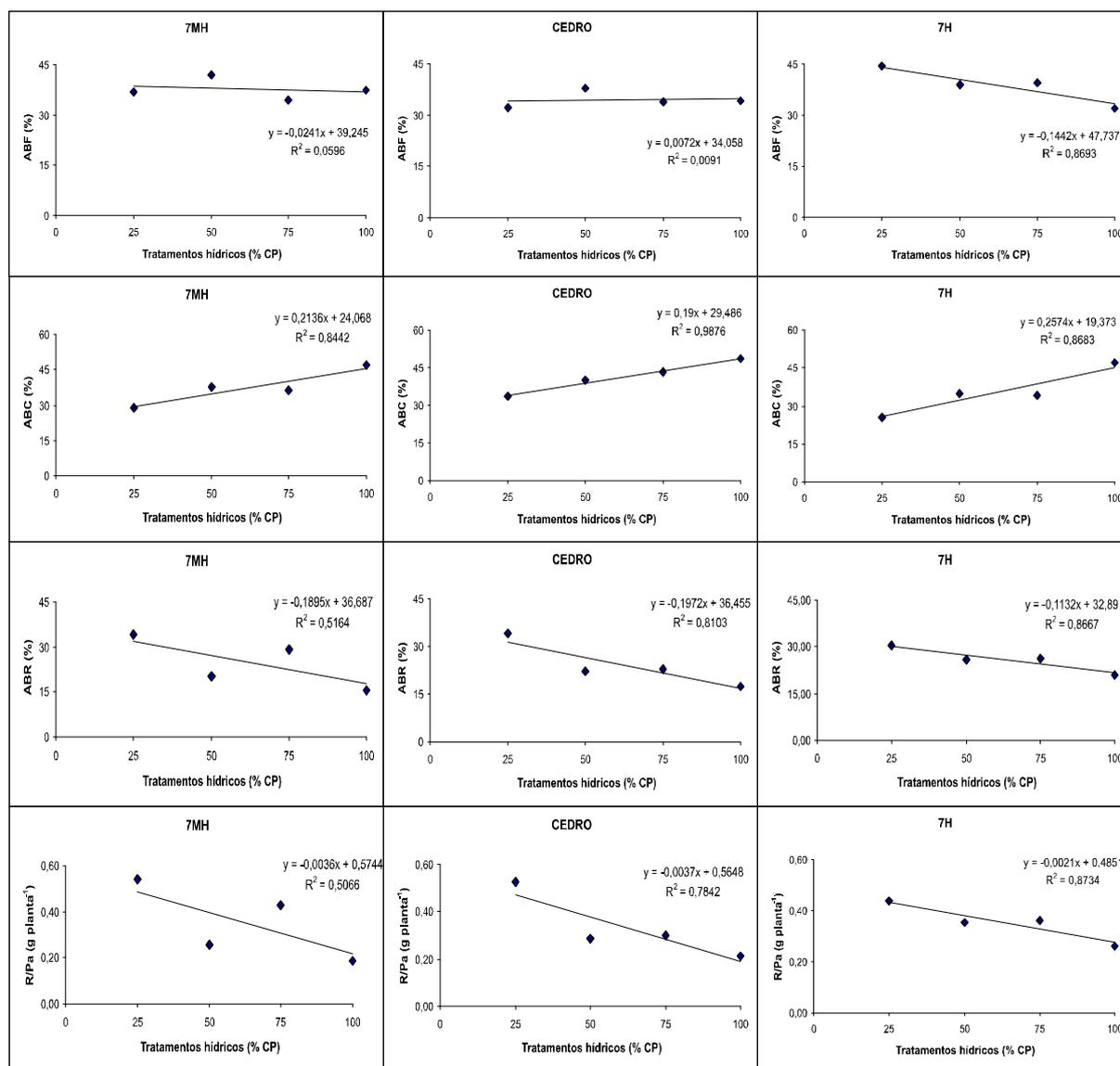
1 **Tabela 3.** Análise de variância (quadrados médios) para a alocação de biomassa da folha  
 2 (ABF), do caule (ABC), da raiz (ABR) e relação raiz/parte aérea (R/Pa) de três cultivares de  
 3 algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de  
 4 vegetação. Recife – PE, 2007.

Fv	Gl	QM (ABF)	QM (ABC)	QM (ABR)	QM (R/PA)
Cult. (C)	2	82,71**	155,32**	12,60 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>
Trat. (T)	3	61,34**	659,69**	489,58**	0,178**
C x T	6	55,74**	13,75 <sup>ns</sup>	38,21 <sup>ns</sup>	0,014 <sup>ns</sup>
Trat./7H					
Modelo	1	292,14**	928,94**	179,26**	0,060 <sup>ns</sup>
Desvio	2	24,37 <sup>ns</sup>	78,28**	15,36 <sup>ns</sup>	0,004 <sup>ns</sup>
Trat./7MH					
Modelo	1	5,55 <sup>ns</sup>	533,62**	430,01**	0,156 <sup>ns</sup>
Desvio	2	58,36*	51,22*	209,73**	0,077 <sup>ns</sup>
Trat./Cedro					
Modelo	1	2,14 <sup>ns</sup>	442,68**	506,50**	0,185 <sup>ns</sup>
Desvio	2	43,36*	3,37 <sup>ns</sup>	69,49 <sup>ns</sup>	0,029 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	10,67	13,70	24,07	0,010
Média		36,95	37,52	25,52	0,356
CV %		8,84	9,86	19,22	29,36

5 \*\* Altamente significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

6 \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

7 <sup>ns</sup> não significativo.



1  
 2 **Figura 6.** Alocação de biomassa da folha (ABF), do caule (ABC), da raiz (ABR) e relação raiz/parte  
 3 aérea (R/Pa) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes  
 4 tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

## **CAPÍTULO 2**

---

### **RELAÇÕES HÍDRICAS EM TRÊS CULTIVARES DE ALGODOEIRO HERBÁCEO SOB DÉFICIT HÍDRICO\***

---

---

\* *Manuscrito a ser enviado à revista Brazilian Journal of Plant Physiology.*

1 **Relações hídricas em três cultivares de algodoeiro herbáceo sob**  
 2 **déficit hídrico<sup>1</sup>**

3 **Eric Beserra de Melo Sousa<sup>2\*</sup>; Rejane Jurema Mansur Custódio Nogueira<sup>3</sup>; Roseane**  
 4 **Cavalcanti dos Santos<sup>4</sup>; Emídio Cantídio de Oliveira Filho<sup>5</sup>; André Dias de Azevedo**  
 5 **Neto<sup>6</sup>.**

6 <sup>1</sup> Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor; <sup>2</sup> Mestrando em Botânica – Programa  
 7 de Pós-graduação em Botânica/UFRPE; <sup>3</sup> Professora Doutora Associada do Departamento  
 8 de Biologia/UFRPE; <sup>4</sup> Pesquisadora, Doutora – Embrapa Algodão;  
 9 <sup>5</sup> Professor Ph.D Associado do Departamento de Agronomia/UFRPE; <sup>6</sup> Professor Doutor  
 10 Adjunto Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas/UFRB. \*Autor correspondente:  
 11 *ericbiologo@yahoo.com.br*

12 Objetivou-se com esta pesquisa avaliar a influência do déficit hídrico nas relações hídricas em  
 13 três cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), em casa de vegetação. O  
 14 delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 x 4,  
 15 representado por três cultivares (7MH, CEDRO e 7H) e quatro níveis de água: 25, 50, 75 e  
 16 100% da capacidade de pote com 5 repetições, por um período de 45 dias. Foram mensuradas  
 17 a transpiração (E), resistência difusiva (Rs), potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) pre-dawn (às 4 h) e  
 18 ao meio dia, teor relativo de água (TRA) e determinação dos teores de carboidratos e  
 19 proteínas solúveis e prolina livre. Todas estas análises foram realizadas em três épocas de  
 20 avaliação, 15, 30 e 45 dias após a diferenciação (DAD). Ao final do período experimental, a  
 21 transpiração aumentou nas plantas sob tratamento severo (25% da CP) e conseqüentemente  
 22 reduziu a resistência difusiva nas três cultivares estudadas. O inverso foi observado para as  
 23 plantas com bom suprimento hídrico, com exceção da cv. CEDRO. O déficit hídrico reduziu o  
 24 potencial hídrico foliar nos dois horários de avaliação e o TRA. De forma geral, houve  
 25 acúmulo nos teores de carboidratos solúveis, prolina livres e proteínas solúveis para as três

1 cultivares nas plantas sob estresse severo. Com esses resultados pode-se sugerir que a cv.  
2 7MH é mais adaptada às condições de seca, seguida pela cv. CEDRO.

3 **Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*, potencial hídrico foliar, resistência difusiva, solutos  
4 orgânicos, transpiração

5 **Water relations in three cultivars of herbaceous cotton under water deficit:** this work  
6 was performed in order to evaluate the effect of water stress on growth parameters of three  
7 cotton cultivars (*Gossypium hirsutum* L.) in green house conditions. Data were carried out on  
8 3 x 4 factorial arrangement with three cotton cultivars (7MH, CEDRO and 7H) and four water  
9 levels: 25, 50, 75 and 100% of field capacity, with five replicates. The parameters analyzed  
10 were: transpiration, diffusive resistance, leaf water potential pre-dawn and noon, relative  
11 water content (RWC) and contents of soluble carbohydrates, soluble proteins and free proline.  
12 These analyses were performed in three times (15, 30 and 40 days after differentiation). At the  
13 end of the experiment, transpiration was elevated in the plants under the several treatments  
14 and reduces the diffusive resistance on the three cultivars. It was observed the opposite in the  
15 plants with good amount of water, exception on the cv. CEDRO. Water deficit reduces the  
16 leaf water potential in the two evaluation times, and the RWC. In general, the three cultivars  
17 under several stress accumulated soluble carbohydrates, free proline and soluble proteins. The  
18 results suggest cv. 7MH is more adapted to drier conditions, being followed to cv. CEDRO.

19 **Keywords:** *Gossypium hirsutum*, diffusive resistance, leaf water potential, organic solutes,  
20 transpiration.

## 21 INTRODUÇÃO

22 A cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) apresenta relevante importância  
23 econômico-social no Brasil e no mundo, situando entre as dez maiores fontes de riqueza no

1 setor agropecuário brasileiro. A pluma do algodoeiro é considerada a mais importante e a  
2 mais utilizada dentre as fibras têxteis naturais e artificiais (Zanon, 2002).

3 Embora o algodoeiro exija os mais altos níveis de umidade no solo entre a floração  
4 e a formação de maçãs, a frutificação por etapas permite que as plantas suportem um curto  
5 período de estresse sem apresentar reduções consideráveis no rendimento (Federación  
6 Nacional de Algodoneros, 1990). O algodoeiro herbáceo, pertencente a família malvaceae, é  
7 uma planta considerada com uma certa tolerância ao estresse hídrico, mas dependendo da  
8 magnitude do estresse e de sua duração pode ter conseqüências graves, (Beltrão e Souza,  
9 2001).

10 Para um determinado fator estressante, cada planta tem um limite de tolerância, a  
11 partir do qual as alterações são intensivamente mais profundas e permanentes. Além de variar  
12 entre espécies, o seu efeito pode variar entre genótipos de uma mesma espécie e entre fases  
13 fenológicas de um mesmo genótipo (Samallwood, 1999).

14 Além dos efeitos no crescimento de forma geral, geralmente, a diminuição da  
15 disponibilidade hídrica no solo ocasiona queda no potencial da água da folha, levando à perda  
16 de turgescência e ao fechamento estomático. Como resultado, a resistência difusiva aumenta,  
17 restringindo a perda de água e, conseqüentemente reduzindo a fotossíntese em função da  
18 diminuição da absorção de CO<sub>2</sub>. Em condições naturais, a taxa de transpiração nas folhas é  
19 influenciada pela incidência da energia radiante, pelo déficit de saturação do vapor do ar e  
20 pela resistência difusiva (Nogueira et al., 2000; 2002; Pimentel, 2004). Muitas plantas fazem  
21 o ajustamento osmótico, acúmulo de solutos compatíveis, para manter a turgescência das  
22 células e com isso a continuação do alongamento celular, facilitando a condutância estomática  
23 mais alta sob potencial hídrico mais baixo, aumentando a tolerância a desidratação (Taiz e  
24 Zeiger, 2004).

25 Diante disso, objetivou-se avaliar a influência do déficit hídrico nas relações  
26 hídricas em três cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.), em casa de

1 vegetação, avaliando as trocas gasosas, potencial hídrico foliar, teor relativo de água e  
2 conteúdo de solutos orgânicos.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

4 O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia  
5 Vegetal – Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife –  
6 PE, no período de fevereiro a abril de 2007, utilizando três cultivares de algodoeiro herbáceo  
7 (*Gossypium hirsutum* L.) CNPA-7MH, BRS-CEDRO e CNPA-7H, cujas sementes foram  
8 cedidas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Algodão – CNPA/Embrapa, localizada em  
9 Campina Grande – PB. Durante o período experimental, a temperatura variou de 27,25 a 37  
10 °C, a umidade relativa do ar de 39 a 79,67% e o déficit de pressão de vapor (DPV) de 0,7 a  
11 3,83 KPa. As sementes foram colocadas para germinar em bandejas de plástico em uma  
12 mistura de solo, pó de côco e esterco de gado, procedentes de Aldeia, Camaragibe – PE, na  
13 proporção 1:1:1 (v/v). Após a germinação, as plântulas que atingiram altura média de 14 cm e  
14 emitiram 2 folhas, foram transferidas para vasos contendo 9 kg da mesma mistura de solo,  
15 onde foram mantidas por 15 dias com suprimento hídrico normal para aclimatação. Após esse  
16 período procedeu-se a diferenciação dos tratamentos hídricos.

17 O experimento foi constituído de 12 tratamentos, compreendendo três cultivares de  
18 algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) e quatro níveis de água (25, 50, 75 e 100% da capacidade  
19 de pote – CP). O delineamento adotado foi inteiramente casualizado com cinco repetições, em  
20 esquema fatorial 3x4 e uma planta de algodoeiro por unidade experimental (vaso), totalizando  
21 60 parcelas, por um período de 45 dias. Os tratamentos foram aplicados seguindo uma  
22 pesagem diária de cada vaso, em que a reposição de água foi feita de acordo com a água  
23 perdida por transpiração, até atingir o peso determinado para cada tratamento.

1 A capacidade de pote foi determinada de acordo com a metodologia de Souza et al.  
2 (2000), com o conteúdo de água retida pelo solo após sofrer saturação e conseqüente ação da  
3 gravidade, até o cessamento da drenagem.

4 Foram mensuradas a transpiração, resistência difusiva, potencial hídrico foliar,  
5 teor relativo de água (TRA) e determinação dos teores de carboidratos e proteínas solúveis e  
6 prolina livre. Todas estas análises foram realizadas em três épocas de avaliação, 15, 30 e 45  
7 após a diferenciação (DAD).

8 A transpiração (E) e resistência difusiva (Rs), foram avaliadas em folhas  
9 completamente expandidas localizadas no terço médio superior da planta, com o auxílio do  
10 porômetro de equilíbrio dinâmico, modelo LI-1600 (LI-COR, Inc. Lincoln, NE, USA), entre  
11 10h e 11h da manhã, horário este definido, em função do curso diário realizado anteriormente  
12 para averiguação da ocorrência de maior abertura estomática.

13 Para a avaliação do potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) utilizaram-se as mesmas folhas  
14 onde foram feitas as avaliações porométricas, as quais após destacadas, foram envoltas em  
15 filme plástico, armazenadas em recipiente refrigerado em isopor com gelo para realização das  
16 medidas, com o auxílio da câmara de pressão de Scholander, modelo 3035 (Soil Moisture  
17 Equipment Corp, Santa Bárbara, CA, USA), segundo a metodologia descrita por Scholander  
18 et al. (1965). Estas medidas foram realizadas no horário de 4 h (pre-dawn) e 12 h (meio dia).

19 O TRA foi determinado com as mesmas folhas utilizadas no potencial hídrico de  
20 meio dia, de acordo com Cairo (1995), calculado pela fórmula  $TRA = \frac{PF-PS}{PT-PS} \times 100$ .

21 Para as análises bioquímicas foram utilizadas 1 g de matéria fresca do limbo da  
22 folha para a preparação do extrato. Triturou-se em almofariz com 8 mL de solução tampão  
23 fosfato de potássio 100 mM, pH 7,0 contendo EDTA a 0,1 mM. A amostra foi colocada em  
24 eppendorfs e centrifugada a 10.000 x g por 10 min, para utilizar o sobrenadante. Os  
25 carboidratos solúveis foram determinados pelo método de fenol-ácido sulfúrico (Dubois et al.,  
26 1956) a 490 nm. A determinação de proteínas solúveis pelo método da ligação ao corante

1 coomassie brilliant blue, de acordo com a metodologia de Bradford (1976) a 595 nm. Por fim,  
2 a concentração de prolina livre foi determinada pelo método da ninhidrina e ácido fosfórico a  
3 520 nm, segundo a metodologia de Bates (1973).

4 Os resultados obtidos foram submetidos à análise de regressão, utilizando o  
5 software SISVAR.

## 6 **RESULTADOS**

### 7 *Transpiração (E) e Resistência Difusiva (Rs)*

8 De maneira geral, o déficit hídrico influenciou a transpiração nas plantas de  
9 algodoeiro, sendo mais expressivo nas plantas sob estresse severo (25% da CP). O DPV se  
10 situou, em média de 2,93, 2,90 e 3,38 KPa aos 15, 30 e 45 DAD, respectivamente. No início  
11 da imposição dos tratamentos hídricos, 15 dias após a diferenciação (DAD), as três cultivares  
12 mostraram comportamento semelhante, reduzindo significativamente a transpiração nas  
13 plantas sob estresse severo comparada com as controle, em 76,16, 88,04 e 88,86%, para as  
14 cvs. 7MH, CEDRO e 7H, respectivamente. Com o decorrer do tempo de estresse, aos 45  
15 DAD, observou-se uma queda abrupta na transpiração das plantas com boa disponibilidade  
16 hídrica (100 e 75% da CP), com exceção da cv. CEDRO. Essas reduções foram de 89,76 e  
17 66,43%, para as cvs. 7MH e 7H, respectivamente. Já as plantas cultivadas com apenas 25% da  
18 CP se ajustaram as condições de baixa disponibilidade hídrica, aumentando  
19 significativamente a transpiração em 82,05, 81,96 e 80,68% para as cvs. 7MH, CEDRO e 7H,  
20 em relação aos valores iniciais (15 DAD) (Figura 1A, B e C).

21 Assim como a transpiração, o déficit hídrico influenciou também a resistência  
22 difusiva (Rs). Com 15 DAD, as cultivares mostraram comportamento semelhante, com  
23 valores mais baixos para as plantas com boa disponibilidade hídrica, e com aumento  
24 significativo de 76,74, 89,16 e 90,89% para as cvs. 7MH, CEDRO e 7H, nas plantas  
25 submetidas a estresse severo (25% da CP), em relação às controle. Ao final do período

1 experimental, com 45 DAD, como a transpiração decresceu nas plantas com boa  
2 disponibilidade hídrica (100 e 75% da CP), com exceção da cv. CEDRO, a resistência  
3 difusiva aumentou nesses tratamentos em relação às plantas mais estressadas. Para cv. 7MH,  
4 esse aumento foi de 90,61 e 71,36% e para a cv. 7H, 76,33 e 93,88% para os tratamentos de  
5 100 e 75% da CP em relação aos valores iniciais (15 DAD) (Figura 1D, E e F).

#### 6 *Potencial Hídrico Foliar ( $\Psi_f$ )*

7 As plantas de algodoeiro mostraram comportamento semelhante para as medidas  
8 do potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ), apresentando valores, independente da cultivar, mais altos nas  
9 medições antes do amanhecer (pre-dawn) e mais baixos ao meio dia, horário de maior  
10 radiação solar e alto DPV. Na tabela 1 pôde-se verificar efeito altamente significativo ( $p <$   
11  $0,01$ ) para o déficit hídrico nas três épocas de avaliação e nos dois horários avaliados, como  
12 também no desdobramento dos tratamentos para cada cultivar. A interação entre o tratamento  
13 e a cultivar mostrou-se significativo ( $p < 0,05$ ) apenas com 15 e 45 DAD para o pre-dawn e  
14 com 45 DAD ao meio dia. Observando-se a figura 2, verificou-se que as plantas sob déficit  
15 hídrico reduziu o  $\Psi_f$ , principalmente nas medições ao meio dia.

16 A cv. 7MH apresentou maiores valores de  $\Psi_f$  antes do amanhecer e a cv. CEDRO  
17 com menores valores ao meio dia. À medida que o estresse se prolongou, com 45 DAD, foi  
18 observado uma diminuição maior do  $\Psi_f$  nos dois horários de avaliação, em relação às medidas  
19 anteriores, atingindo valores mais altos (-1,08 MPa) para as cvs. 7MH e CEDRO (100% da  
20 CP) e mais baixos (-3,05 MPa) para cv. CEDRO (25% da CP).

#### 21 *Teor Relativo de Água (TRA)*

22 Os resultados da análise de variância (tabela 2) evidenciaram que houve efeito  
23 altamente significativo ( $p < 0,01$ ) para o déficit hídrico nas três cultivares de forma geral. Na  
24 figura 3 pôde-se verificar uma redução no TRA de forma semelhante nas três épocas de

1 avaliação nas três cultivares estudadas. A cv. 7MH apresentou maiores valores de TRA, com  
2 redução significativa de 16,78%, aos 15 DAD. A cv. CEDRO apresentou reduções  
3 significativas de 16,72% aos 45 DAD. Por fim, foi observada redução significativa de  
4 17,30%, para a cv. 7H aos 30 DAD, todas em relação às controle.

#### 5 *Concentração de Solutos Orgânicos*

6 De forma geral, o déficit hídrico influenciou no acúmulo de solutos orgânicos no  
7 algodoeiro de forma significativa, mostrando valores maiores na concentração de carboidratos  
8 solúveis, prolina livre e proteínas solúveis nas plantas mais estressadas tanto para as folhas  
9 como para as raízes.

10 Com a análise de variância apresentados na tabela 3, pôde-se verificar que o déficit  
11 hídrico teve efeito altamente significativo ( $p < 0,01$ ) para o acúmulo de carboidratos solúveis  
12 nas folhas nas três épocas de avaliação, assim como na interação das cultivares com os  
13 tratamentos hídricos. Observando a figura 4, a cv. 7MH apresentou maior acúmulo de  
14 carboidratos solúveis com 15 e 30 DAD, reduzindo a concentração ao final do período  
15 experimental (45 DAD). Nas cvs. CEDRO e 7H, aos 45 DAD, houve aumento de 74,44 e  
16 30,23%, respectivamente, no acúmulo de carboidratos solúveis, em relação às controle.

17 Para a concentração de prolina livre a análise de variância, apresentada na tabela 4,  
18 apresentou efeito altamente significativo ( $p < 0,01$ ) para o déficit hídrico nas três épocas de  
19 avaliação, não havendo efeito para as cultivares. Na figura 5, pôde-se verificar um aumento na  
20 concentração de prolina livre nas três cultivares, sendo mais expressivos ao final do período  
21 experimental (45 DAD), com aumento de 66,61, 66,60 e 50,30% para as cvs. 7MH, CEDRO e  
22 7H, respectivamente, em relação às controle. Ainda na figura 5, pôde-se observar um maior  
23 acúmulo nas plantas sob estresse severo nas cvs. CEDRO e 7H.

24 Por fim, a concentração de proteínas solúveis nas folhas, a tabela 5 mostrou efeito  
25 altamente significativo ( $p < 0,01$ ) para os tratamentos hídricos nas três épocas de avaliação,  
26 assim como na interação entre as cultivares e os tratamentos hídricos. O desdobramento dos

1 tratamentos hídricos em relação a cada cultivar, com exceção da cv. CEDRO, apresentaram  
2 efeito altamente significativo.

3 Observando a figura 6, o aumento na concentração de proteínas solúveis foi de  
4 forma semelhante para as três cultivares, nas três épocas de avaliação, sendo mais  
5 pronunciado ao final do período experimental (45 DAD), com o prolongamento do estresse.  
6 Este aumento foi de 58,54, 80,30 e 57,11%, para as cvs. 7MH, CEDRO e 7H, em relação às  
7 controle. É possível verificar ainda que a cv. CEDRO se destaca com maior acúmulo de  
8 proteínas em relação às demais.

9 Nas análises realizadas com as raízes, ao final do período experimental, verificou-  
10 se efeito altamente significativo ( $p < 0,01$ ) para o déficit hídrico na concentração de  
11 carboidratos solúveis, prolina livre e proteínas solúveis, como também na interação entre as  
12 cultivares e os tratamentos hídricos, com exceção da concentração de prolina ( $p < 0,05$ ).

13 Analisando a figura 7, houve pouco acúmulo de carboidratos solúveis para a cv.  
14 7H nas plantas sob tratamento severo (25% da CP). As demais cultivares, um maior acúmulo  
15 foi observado nas plantas com boas condições hídricas (100% da CP), de 45,63 e 75,84%,  
16 para as cvs. 7MH e CEDRO, respectivamente. A concentração de prolina livre foi maior nas  
17 plantas sob estresse nas três cultivares estudadas, com aumento de 80,30, 79,56 e 75,89%,  
18 para as cvs. 7MH, CEDRO e 7H, respectivamente, em relação às controle, observando uma  
19 tendência da cv. 7MH ter acumulado mais. Nas proteínas solúveis, a cv. 7H apresentou com  
20 maior concentração (35,80%), em relação às demais, nas plantas sob estresse. Observa-se  
21 ainda que a cv. 7MH não apresentou efeito significativo algum com os tratamentos aplicados  
22 para a concentração de proteínas solúveis.

## 23 **DISCUSSÃO**

24 Com os resultados observados nesta pesquisa pôde-se observar que o déficit  
25 hídrico influenciou nas relações hídricas das plantas de algodão independente da cultivar. O

1  $\Psi_f$  foi reduzido com o déficit hídrico, pois além da pouca água existente nas células, pode ter  
2 havido um acúmulo de solutos orgânicos, na tentativa de manter a turgescência celular e  
3 assim continuar as trocas gasosas nas mesmas, como acontece com a maioria das plantas  
4 quando estão sob estas condições. No geral, as plantas reduzem a transpiração e aumenta a  
5 resistência difusiva quando estão submetidas a déficit hídrico, na tentativa de economizar o  
6 máximo de água para o seu metabolismo, podendo chegar, em muitos casos, ao fechamento  
7 estomático.

8 Assim, como foi verificado, houve redução do  $\Psi_f$ , mostrando que pode ter sido  
9 devido ao acúmulo de solutos orgânicos que ocorrera nestas plantas e, com esse ajustamento  
10 osmótico, puderam elevar a transpiração, fazendo com que, mesmo em condições de pouca  
11 água no solo, elas pudessem realizar as trocas gasosas, mantendo seu metabolismo, e assim  
12 tentar tolerar a situação imposta. Com esse possível ajustamento, e a queda do  $\Psi_f$  estas plantas  
13 tentam absorver o máximo de água contida no solo, conseguindo manter a turgescência das  
14 células e com isso explicar o aumento da transpiração. Nepomuceno, et al. (1998) afirma que  
15 com a turgescência mantida, processos como condutância estomática taxa de assimilação de  
16  $\text{CO}_2$  e a expansão dos tecidos são total ou parcialmente mantidos.

17 Já a queda da transpiração nas plantas com bom suprimento hídrico sugere que as  
18 mesmas estariam passando por um estresse por excesso de água, comprovando o que a  
19 literatura reporta de que, no geral, o algodoeiro resiste algum período de seca, não  
20 necessitando de muita água para seu desenvolvimento.

21 Os estômatos são muito sensíveis aos diversos fatores ambientais, como a  
22 temperatura, umidade do ar, potencial hídrico foliar, dentre outros, fazendo com que regule a  
23 abertura e fechamento do mesmo, interferindo no processo transpiratório. A queda dos valores  
24 encontrados para o  $\Psi_f$  ao meio-dia parecem está de acordo com o alto valor do DPV. Já os  
25 valores máximos encontrados no  $\Psi_f$  antes do amanhecer (pré-dawn) representam o equilíbrio  
26 entre os potenciais hídricos do solo e da planta na ausência de um fluxo de água e transpiração

1 (Tardieu e Simonneau, 1998; Cairo, 1995). Assim, de acordo com Pimentel (2004) o  
2 algodoeiro de forma geral está classificada como “plantas mais tolerantes à falta d’água”,  
3 podendo atingir  $\Psi_f$  de até -3,5 MPa. Em algodão, a fotossíntese é mais sensível a baixos  
4 potenciais em folhas do que o movimento estomatal (Krieg, 1986).

5 Ribeiro (2004), comparando duas das cultivares de algodoeiro estudadas nesta  
6 pesquisa, verificou que o déficit hídrico reduziu a transpiração em 64,8 e 38,6% nas cvs. 7H e  
7 7MH, respectivamente. O autor verificou também que a cv. 7H foi mais afetada no  $\Psi_f$ , com  
8 uma redução de 27,9% em relação ao controle ao meio dia, não observando diferença  
9 significativa com a cv. 7MH. Já na medição do  $\Psi_f$  na antemanhã, o déficit hídrico não alterou  
10 significativamente a cv. 7H, embora tenha causado uma redução de 24,6% em relação ao  
11 controle na cv. 7MH.

12 Marur, et al. (1996), trabalhando com duas cultivares de algodoeiro sob déficit  
13 hídrico observaram que as plantas estressadas, quando comparadas com as controle,  
14 reduziram em aproximadamente 85% da assimilação de carbono. Ainda, as folhas das plantas  
15 estressadas alcançaram valores de  $\Psi_f$  inferiores a -2.0 MPa, em torno das 14 h, enquanto que  
16 as plantas controle, atingiram valores de -1,30 MPa, neste mesmo horário. Marur (1991)  
17 comparando outras duas cultivares de algodoeiro observou que houve um aumento gradativo  
18 no estado de deficiência hídrica, verificado pelo aumento nos valores de resistência difusiva,  
19 que chegaram próximos de  $20 \text{ s cm}^{-1}$ , aos 25 dias de estresse.

20 Tanto o TRA como o potencial de água da folha são reduzidos com o declínio da  
21 disponibilidade hídrica do solo (LAWLOR e CORNIC, 2002), levando à perda da  
22 turgescência e ao fechamento estomático (MANSUR e BARBOSA, 2000). Pôde-se observar  
23 com os valores obtidos nesta pesquisa que a resposta do déficit hídrico no TRA para as  
24 plantas de algodão foi independente da cultivar estudada. Cairo 1995 afirma que normalmente  
25 uma diminuição do  $\Psi_f$  está associada à preservação do TRA. Ribeiro (2004) observou que o

1 déficit hídrico reduziu ainda em 4,6% o TRA da cv. 7H, em relação às controle, com 12 dias  
2 após a aplicação do estresse, o que não afetou significativamente a cv. 7MH.

3 Com cultivares de trigo, Fumis e Pedras (2001) verificaram que o déficit hídrico  
4 aplicado também reduziu o TRA, havendo respostas diferentes entre as cultivares. Em milho,  
5 Pimentel (1999), trabalhando com dois híbridos, verificou que o TRA não mostrou diferença  
6 entre os mesmos sob estresse, porém houve uma redução significativa durante os dias de  
7 deficiência hídrica para os dois híbridos. Valandro, et al. (2004) encontrou reduções no TRA  
8 juntamente com o potencial hídrico foliar em tomateiros quando submetidos à deficiência  
9 hídrica.

10 Em relação aos solutos orgânicos estudados, pode-se sugerir que, no geral, as  
11 plantas de algodoeiro tiveram algum tipo de ajustamento osmótico nas plantas sob estresse em  
12 todas as épocas de avaliação, na tentativa de tolerar a deficiência hídrica no solo, dando  
13 continuidade ao seu desenvolvimento para completar o ciclo. Segundo Betrão e Souza (2001)  
14 as reservas e distribuições dos carboidratos no algodoeiro são muito variáveis, tanto entre  
15 cultivares como entre os órgãos de uma mesma planta. Dessa forma, de acordo com  
16 Oosterhuis (1999) tanto o algodoeiro como o sorgo apresentam alta capacidade de  
17 ajustamento osmótico, o que pôde ser comprovado com os resultados das concentrações de  
18 solutos orgânicos desta pesquisa.

19 De forma pouco semelhante, Ribeiro (2004) observou aumento significativo no  
20 teor de carboidratos nas folhas, somente na cv. 7MH, enquanto que no teor de prolina livre  
21 houve aumento significativo nas duas cultivares, sendo mais pronunciado na cv. 7MH em  
22 relação ao 7H. Já para os teores de proteínas, diferentemente dos resultados obtidos nesta  
23 pesquisa, não diferiram estatisticamente entre si.

24 Em amendoim, Nogueira, et al. (1998) verificaram ajustamento osmótico na  
25 cultivar mais resistente à seca através do acúmulo de prolina nas folhas. Pimentel (1999)  
26 encontrou aumento no teor de carboidratos solúveis em dois híbridos de milho, logo no início

1 do estresse, não ocorrendo diferença significativa entre eles. Acúmulo de prolina também foi  
2 encontrado em plantas de trigo submetidas à déficit hídrico por Fumis e Pedras (2002) e em  
3 folhas de plantas de batatas por Knipp e Hoermeier (2005).

4 Com esses resultados, pode-se chegar a conclusão de que plantas de algodão não  
5 necessita de muita água para o seu desenvolvimento, porém um estresse mais severo prejudica  
6 seu desenvolvimento pleno, mas a planta tenta se ajustar, dando continuidade ao seu  
7 desenvolvimento e completar seu ciclo. A redução no potencial hídrico pode ter sido devido  
8 ao acúmulo da concentração de solutos orgânicos, fazendo com que houvesse um maior  
9 ganho de água possível. Dessa forma, no geral, a cv. 7MH destacou-se com os melhores  
10 resultados na maioria das variáveis analisadas, sugerindo que esta cultivar é a mais adaptada  
11 às condições de seca, seguida pela cv. CEDRO.

## 12 **AGRADECIMENTOS**

13 À CAPES, pela bolsa concedida; Ao Centro Nacional de Pesquisas do Algodão – Embrapa,  
14 Campina Grande – PB; e ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade  
15 Federal Rural de Pernambuco.

## 16 **REFERÊNCIAS**

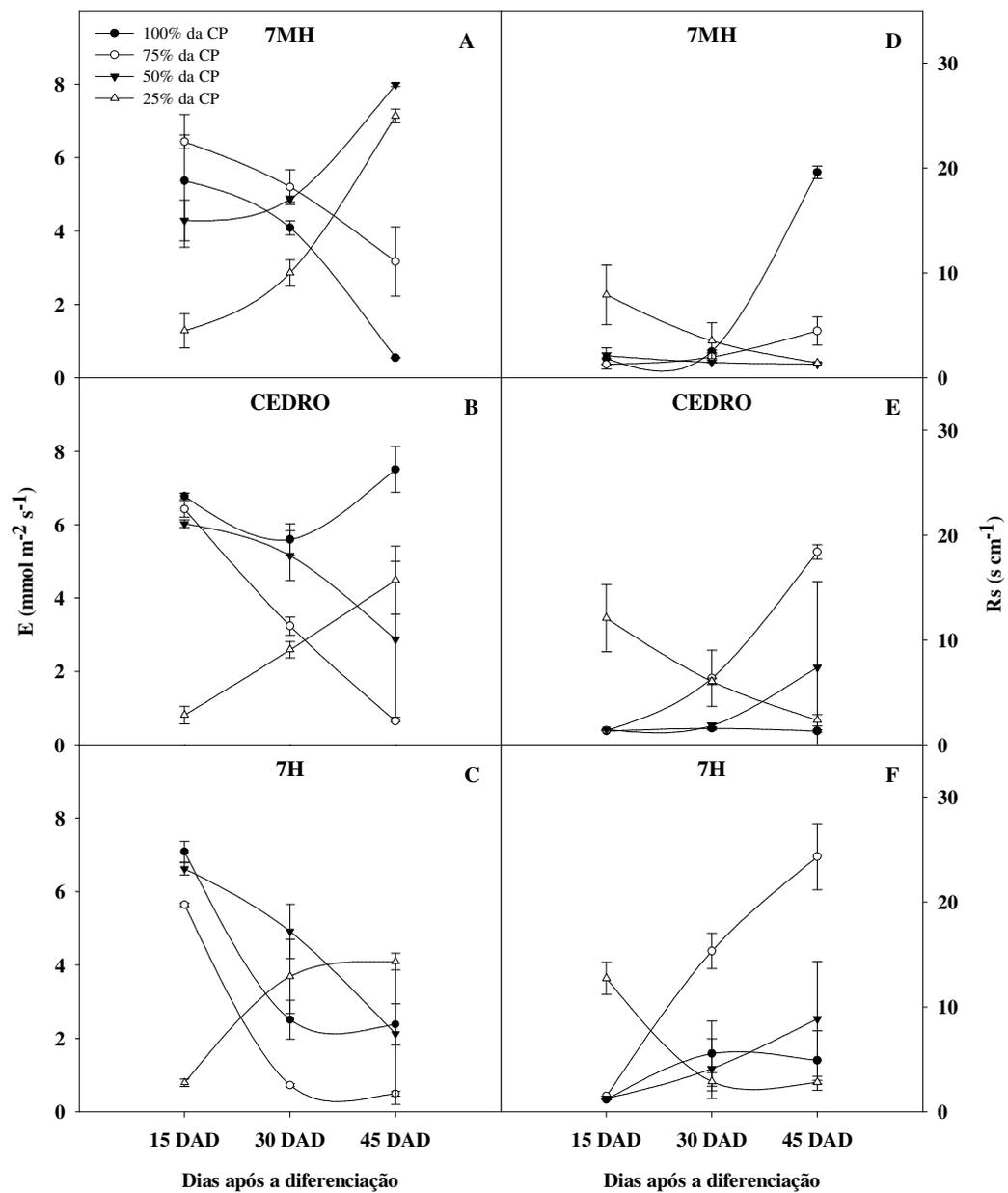
- 17 Bates LS (1973) Rapid determination of free proline for water-stress studies. Short  
18 communication. Plant Soil 39:205-207.
- 19 Beltrão NEM, Souza JG (2001) Fisiologia e ecofisiologia do algodoeiro. In: Algodão:  
20 Tecnologia de Produção. Dourados, MG: Embrapa Agropecuária Oeste Algodão. pp.54-75.
- 21 Bradford MM (1976) A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram  
22 quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72:248-  
23 254.

- 1 Cairo, PAR (1995) Curso básico de relações hídricas de plantas. Jaboticabal: FUNEP. 42p.
- 2 Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F (1956) Colorimetric method for  
3 determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.* 28:350-356.
- 4 Federación Nacional de Algodoneiros (1990) Bases técnicas para el cultivo del algodón em  
5 Colombia. Bogota. 714p.
- 6 Fumis TF, Pedras JF (2002) Variação nos níveis de prolina, diamina e poliaminas em  
7 cultivares de trigo submetidas a déficits hídricos. *Pesq. Agropec. Bras.* 37(4):449-453.
- 8 Knipp G, Honermeier B (2005) Effect of water stress on proline accumulation of genetically  
9 modified potatoes (*Solanum tuberosum* L.) generating fructans. *J. Plant Physiol.* 163:392-397.
- 10 Krieg DR (1986) Feedback control and stress effects on photosynthesis. In: Mauney JR,  
11 Stewart JM (ed.). *Cotton Physiology*. The Cotton Foundation, Memphis, pp.227-242.
- 12 Lawlor DW, Cornic G (2002) Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism  
13 in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environ*, 25:275-294.
- 14 Mansur RJC, Barbosa DCA (2000) Comportamento fisiológico em plantas jovens de quatro  
15 espécies lenhosas da caatinga submetidas a dois ciclos de estresse hídrico. *Phyton.* 68:97-106.
- 16 Marur CJ (1991) Comparação das taxas de fotossíntese líquida, resistência estomática e  
17 produtividade de duas cultivares de algodoeiro submetidas ao estresse hídrico. *Pesq. Agropec.*  
18 *Bras.* 26(2):153-161.
- 19 Marur CJ, Massafra P, Magalhães AC (1996) Carbon assimilation and export in leaves of  
20 cotton plants under water deficit. *R. Bras. Fisiol. Veg.* 8(3):181-186.
- 21 Nepomuceno AL, Oosterhuis DM, Stewart JM (1998) Physiological responses of cotton  
22 leaves and roots to water deficit induced by polyethyleneglycol. *Envir. Exper. Botany*, 40:29-  
23 41.

- 1 Nogueira RJMC, Silva Junior JF, Silva EC, Lederman, IE (2002) Curso diário das perdas de  
2 vapor d'água, da temperatura e do potencial da água da folha em germoplasma de carambola  
3 (*Averrhoa carambola* L.). Acta Bot. Bras. 16(2):217-223.
- 4 Nogueira RJMC, Silva Junior JF, Bezerra JEF, Lederman IE, Burity HA, Santos VF (2000)  
5 Comportamiento estomático y tensión de agua em el xilema de dos genotipos de pitanga  
6 (*Eugenia uniflora* L.) cultivado bajo estrés hídrico. Investig. Agrar. Prod. Prot. Veg.  
7 15(3):213-225.
- 8 Nogueira RJMC, Santos RC, Bezerra Neto E, Santos VF (1998) Comportamento fisiológico  
9 de duas cultivares de amendoim submetidas a diferentes regimes hídricos. Pesq. Agropec.  
10 Bras. 33(12):1963-1969.
- 11 Oosterhuis DM (1999) Growth and development of a cotton plant. In: Cia E.; Freire EC,  
12 Santos WJ (ed.). Cultura do algodoeiro. Piracicaba: POTAFOS. p.35-55.
- 13 Pimentel, C (2004) A relação da planta com a água. Seropédica, RJ: Edur. 191p.
- 14 Pimentel, C (1999) Relações hídricas em dois híbridos de milho sob dois ciclos de deficiência  
15 hídrica. Pesq. Agropec. Bras. 34(11):2021-2027.
- 16 Ribeiro LG (2004) Caracteres fisiológicos e bioquímicos de dois cultivares de algodão  
17 submetidos a déficit hídrico. Fortaleza – CE, Universidade Federal do Ceará. Dissertação de  
18 Mestrado.
- 19 Samalwood MF, Calvert CM, Bowles DJ (1999) Plant responses to environmental stress.  
20 New York: Bios Scientific Publishers Limited. 224p.
- 21 Souza CC, Oliveira FA, Silva IF, Amorim Neto MS (2000) Avaliação de métodos de  
22 determinação de água disponível e manejo da irrigação em terra roxa sob cultivo de  
23 algodoeiro herbáceo. Rev. Agriambi, 4(3):338-342.
- 24 Taiz L, Zeiger E (2004) **Fisiologia vegetal**, 3ª ed., Porto Alegre: Artmed. 719p.

- 1 Tardieu F, Simonneau T (1998) Variability among species of stomatal control under
- 2 fluctuating soil water status and evaporative demand: modelling isohydric and anisohydric
- 3 behaviours. *J. Exp. Bot.* 49:419-432.
  
- 4 Valandro J, Burio GA, Martins SR, Heldwein AB, Stanger R (2004) Relação entre o conteúdo
- 5 de água, potencial hídrico e resistência estomática em plantas de tomateiro cultivadas sob
- 6 distintos níveis hídricos em ambiente protegido. *Rev. Bras. Agrometeorol.* 12(1):57-66.
  
- 7 Zanon GD (2002) Manejo de cultivares de algodoeiro em densidade populacional variável
- 8 com o uso de regulador de crescimento. Piracicaba – São Paulo, Escola Superior de
- 9 Agricultura Luiz de Queiroz. Dissertação de Mestrado.

## 1 ANEXOS



2

3 Figura 1: Transpiração – E ( $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) (A, B e C) e resistência difusiva – Rs ( $\text{s cm}^{-1}$ ) (D, E e F), em  
 4 três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) de três cultivares de algodoeiro  
 5 herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. (Linhas  
 6 verticais nas médias indicam desvio-padrão). Recife – PE, 2007.

1 Tabela 1: Análise de variância (quadrados médios) para o potencial hídrico foliar –  $\Psi_f$  (MPa)  
 2 pre-dawn (4 h) e ao meio dia em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a  
 3 diferenciação – DAD) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob  
 4 diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

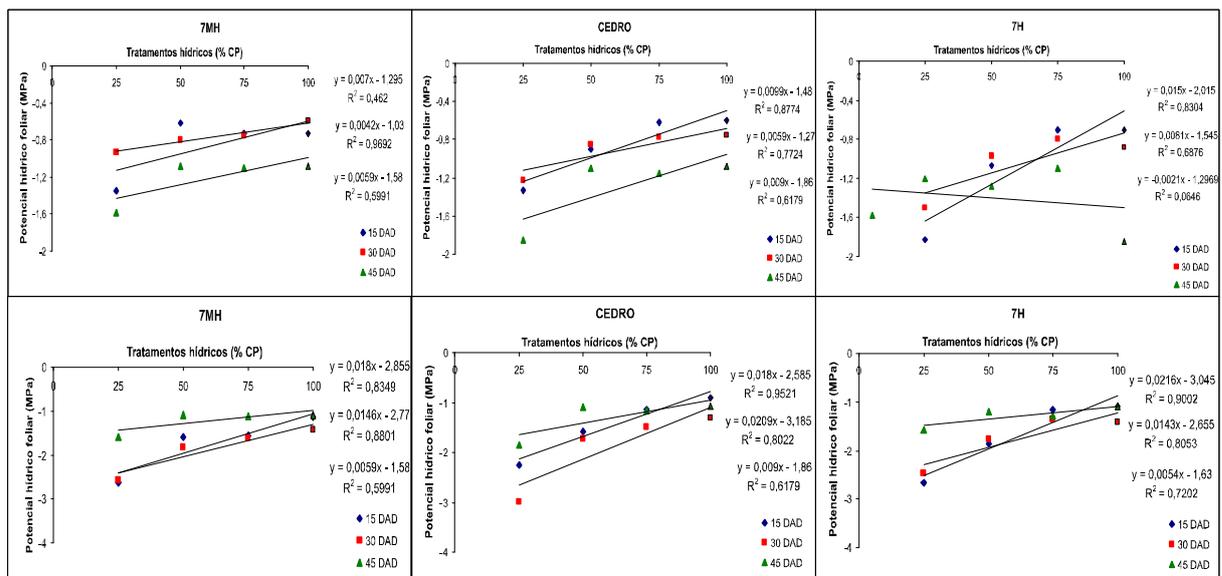
Fv	Gl	$\Psi_f$ pre-dawn			$\Psi_f$ meio dia		
		QM (15 DAD)	QM (30 DAD)	QM (45 DAD)	QM (15 DAD)	QM (30 DAD)	QM (45 DAD)
Cult. (C)	2	0,182**	0,213**	0,032**	0,250*	0,043 <sup>ns</sup>	0,126*
Trat. (T)	3	1,377**	0,420**	0,622**	3,751**	3,107**	2,618**
C x T	6	0,078**	0,037 <sup>ns</sup>	0,022**	0,071 <sup>ns</sup>	0,082 <sup>ns</sup>	0,112*
Trat./7H							
Modelo	1	2,116**	0,610**	0,280**	4,374**	1,926**	1,552**
Desvio	2	0,218**	0,143**	0,039**	0,241*	0,234**	0,290**
Trat./7MH							
Modelo	1	0,450**	0,165**	0,330**	3,060**	1,995**	1,890**
Desvio	2	0,271**	0,002 <sup>ns</sup>	0,087**	0,300*	0,136 <sup>ns</sup>	0,122*
Trat./Cedro							
Modelo	1	0,925**	0,322**	0,759**	3,015**	4,129**	3,360**
Desvio	2	0,066*	0,047 <sup>ns</sup>	0,190**	0,076 <sup>ns</sup>	0,511**	0,448**
Resíduo	24	0,013	0,015	0,004	0,074	0,040	0,031
Média		-0,931	-0,902	-1,238	-1,627	-1,831	-1,991
CV %		-12,42	-14	-5,63	-16,76	-10,96	-8,95

5 \*\* Altamente significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

6 \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

7 <sup>ns</sup> não significativo.

8



9

10 Figura 2: Potencial hídrico foliar –  $\Psi_f$  (MPa) pre-dawn (4 h) e ao meio dia em três épocas de avaliação  
 11 (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH,  
 12 CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

1 Tabela 2: Análise de variância (quadrados médios) para o Teor Relativo de Água – TRA (%)  
 2 em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) de três cultivares  
 3 de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de  
 4 vegetação. Recife – PE, 2007.

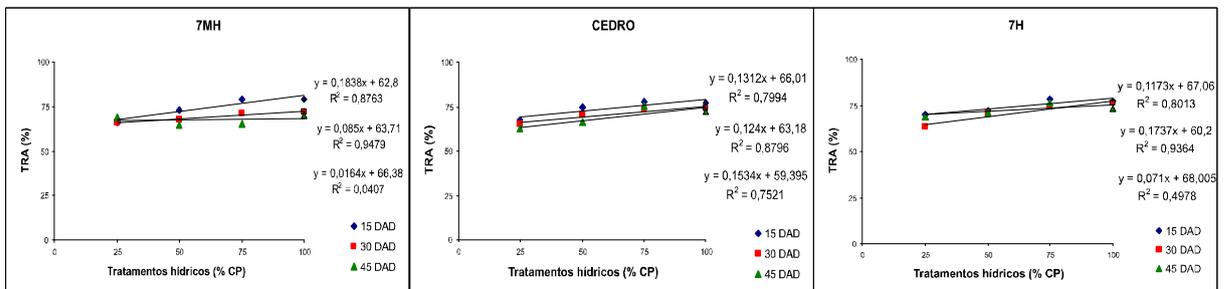
Fv	Gl	QM (15 DAD)	QM (30 DAD)	QM (45 DAD)
Cult. (C)	2	0,16 <sup>ns</sup>	26,04 <sup>ns</sup>	132,67*
Trat. (T)	3	379,43**	273,44**	126,55*
C x T	6	11,34 <sup>ns</sup>	12,60 <sup>ns</sup>	61,64 <sup>ns</sup>
Trat./7H				
Modelo	1	214,73**	471,62**	78,81 <sup>ns</sup>
Desvio	2	26,67 <sup>ns</sup>	16,03 <sup>ns</sup>	39,65 <sup>ns</sup>
Trat./7MH				
Modelo	1	527,02**	112,48*	4,16 <sup>ns</sup>
Desvio	2	37,17 <sup>ns</sup>	3,11 <sup>ns</sup>	49,25 <sup>ns</sup>
Trat./Cedro				
Modelo	1	269,12**	240,65**	367,64**
Desvio	2	33,88 <sup>ns</sup>	16,45 <sup>ns</sup>	60,54 <sup>ns</sup>
Resíduo	48	25,69	24,16	40,10
Média		74,29	70,33	69,60
CV %		6,82	6,99	9,10

5 \*\* Altamente significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

6 \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

7 <sup>ns</sup> não significativo.

8



10 Figura 3: Teor Relativo de Água – TRA (%) em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a  
 11 diferenciação – DAD) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes  
 12 tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

1 Tabela 3: Análise de variância (quadrados médios) para a concentração de carboidratos  
 2 solúveis ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF), em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação –  
 3 DAD) em folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob  
 4 diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

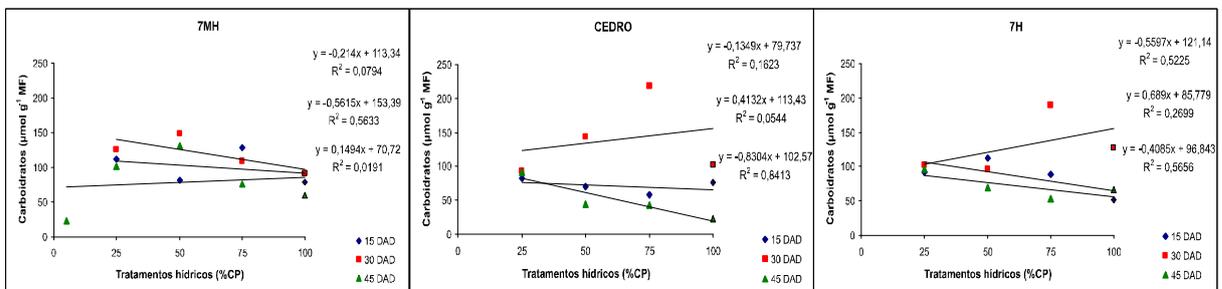
Fv	GI	QM (15 DAD)	QM (30 DAD)	QM (45 DAD)
Cult. (C)	2	4.065,48**	1.340,23 <sup>ns</sup>	5.821,19**
Trat. (T)	3	1.141,14**	7.550,58**	5.676,19**
C x T	6	1.825,91**	5.424,19**	1.344,59*
Trat./7H				
Modelo	1	3.916,64**	5.932,63*	2.059,02*
Desvio	2	1.789,89**	8.024,79**	1.461,32 <sup>ns</sup>
Trat./7MH				
Modelo	1	45,81 <sup>ns</sup>	4.631,44*	7.682,22**
Desvio	2	2.717,74**	1.836,73 <sup>ns</sup>	3.241,97**
Trat./Cedro				
Modelo	1	227,34 <sup>ns</sup>	1.201,71 <sup>ns</sup>	5.598,35**
Desvio	2	586,91 <sup>ns</sup>	11.854,04**	174,97 <sup>ns</sup>
Resíduo	36	194,94	950,41	470,83
Média		86,87	125,66	69,08
CV %		16,07	24,53	31,14

5 \*\* Altamente significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

6 \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

7 <sup>ns</sup> não significativo.

8



10 Figura 4: Concentração de carboidratos solúveis ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF), em três épocas de avaliação (15, 30 e  
 11 45 dias após a diferenciação – DAD) em folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH,  
 12 CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

1 Tabela 4: Análise de variância (quadrados médios) para a concentração de prolina livre ( $\mu\text{mol}$   
 2  $\text{g}^{-1}$  MF), em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) em folhas  
 3 de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos  
 4 hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

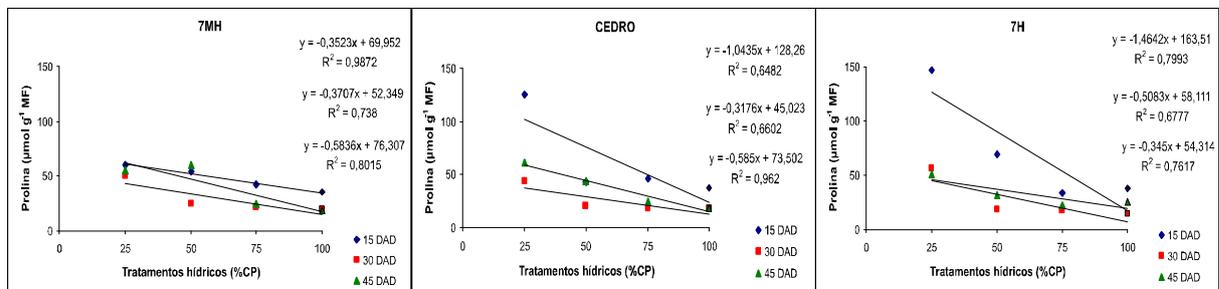
Fv	GI	QM (15 DAD)	QM (30 DAD)	QM (45 DAD)
Cult. (C)	2	1.241,63 <sup>ns</sup>	21,09 <sup>ns</sup>	113,92 <sup>ns</sup>
Trat. (T)	3	8.684,37**	2.468,69**	2.978,09**
C x T	6	1.204,08 <sup>ns</sup>	101,10*	321,18**
Trat./7H				
Modelo	1	16.603,20**	3.229,10**	1.487,81**
Desvio	2	1.636,94 <sup>ns</sup>	767,95**	232,73 <sup>ns</sup>
Trat./7MH				
Modelo	1	1.551,35 <sup>ns</sup>	1.041,84**	2.898,63**
Desvio	2	10,05 <sup>ns</sup>	148,04*	782,25**
Trat./Cedro				
Modelo	1	7.837,63**	1.260,71**	4.275,76**
Desvio	2	1.995,72*	324,50**	84,61 <sup>ns</sup>
Resíduo	36	579,68	38,64	89,84
Média		57,08	26,32	35,79
CV %		42,18	23,61	26,48

\*\* Altamente significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

<sup>ns</sup> não significativo.

5  
6  
7  
8



9

10 Figura 5: Concentração de prolina livre ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF), em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias  
 11 após a diferenciação – DAD) em folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e  
 12 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

1 Tabela 5: Análise de variância (quadrados médios) para a concentração de proteínas solúveis  
 2 ( $\mu\text{g g}^{-1}$  MF), em três épocas de avaliação (15, 30 e 45 dias após a diferenciação – DAD) em  
 3 folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes  
 4 tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

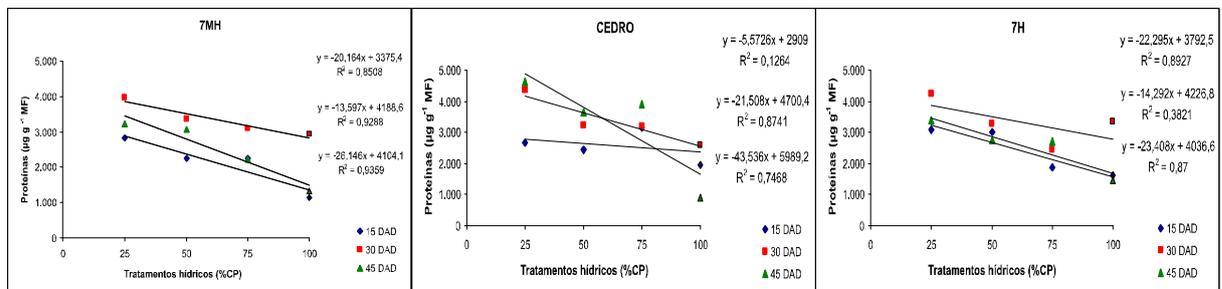
Fv	GI	QM (15 DAD)	QM (30 DAD)	QM (45 DAD)
Cult. (C)	2	971.894,86**	72.541,90 <sup>ns</sup>	3.015.823,66**
Trat. (T)	3	3.659.206,49**	3.296.383,74**	14.394.508,94**
C x T	6	1.016.435,68**	599.814,78**	1.235.540,22**
Trat./7H				
Modelo	1	6.768.428,55**	3.096.250,84**	8.311.169,46**
Desvio	2	695.140,48*	2.497.056,66**	361.477,37 <sup>ns</sup>
Trat./7MH				
Modelo	1	5.354.148,33**	1.182.260,95**	8.544.983,42**
Desvio	2	246.359,33 <sup>ns</sup>	52.968,83 <sup>ns</sup>	292.857,59 <sup>ns</sup>
Trat./Cedro				
Modelo	1	388.160,84 <sup>ns</sup>	3.759.932,05**	22.472.604,20**
Desvio	2	1.341.248,12**	174.772,55 <sup>ns</sup>	4.979.670,56**
Resíduo	36	137.003,53	142.020,48	139.599,04
Média		2.320,80	3.360,28	2.789,33
CV %		15,95	11,21	13,39

5 \*\* Altamente significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

6 \* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

7 <sup>ns</sup> não significativo.

8



9

10 Figura 6: Concentração de proteínas solúveis ( $\mu\text{g g}^{-1}$  MF), em três épocas de avaliação (15, 30 e 45  
 11 dias após a diferenciação – DAD), em folhas de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO  
 12 e 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

1 Tabela 6: Análise de variância (quadrados médios) para a concentração de carboidratos  
 2 solúveis ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF), prolina livre ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF) e proteínas solúveis ( $\mu\text{g g}^{-1}$  MF), em raízes  
 3 de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e 7H) sob diferentes tratamentos  
 4 hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

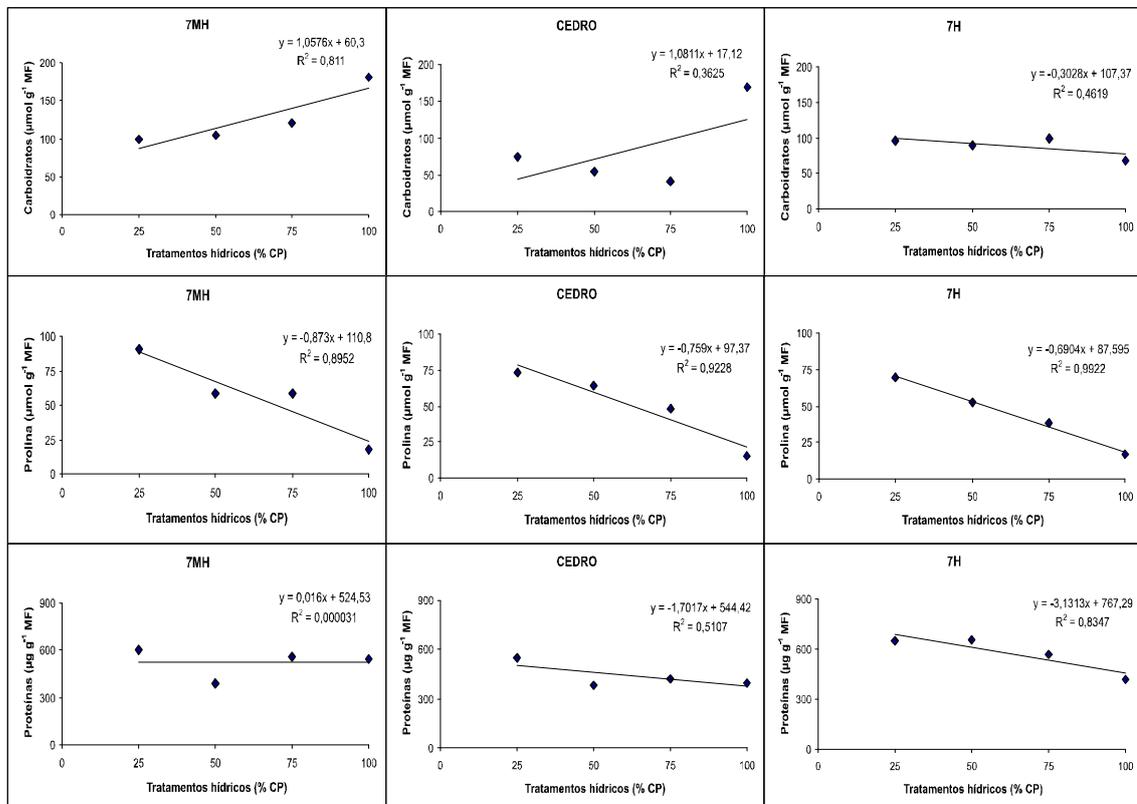
Fv	Gl	QM (Carboidratos)	QM (Prolina)	Gl	QM (Proteínas)
Cult. (C)	2	6.214,49**	493,18*	2	73.589,88**
Trat. (T)	3	7.029,69**	8.211,25**	3	50.469,92**
C x T	6	4.221,60**	118,12 <sup>ns</sup>	6	28.285,63**
Trat./7H					
Modelo	1	900,52 <sup>ns</sup>	5.957,97 <sup>ns</sup>	1	122.559,86**
Desvio	2	507,55 <sup>ns</sup>	23,44 <sup>ns</sup>	2	12.134,06 <sup>ns</sup>
Trat./7MH					
Modelo	1	13909,63**	10.260,45*	1	3,18 <sup>ns</sup>
Desvio	2	1385,68 <sup>ns</sup>	210,27 <sup>ns</sup>	2	51.711,40**
Trat./Cedro					
Modelo	1	17008,94**	8.216,86 <sup>ns</sup>	1	36.196,43**
Desvio	2	8115,02**	343,87 <sup>ns</sup>	2	17.336,28*
Resíduo	33	599,25	2.404,92	36	4.465,77
Média		101,83	50,19		511,72
CV %		24,03	22,28		13,05

\*\* Altamente significativo a 1% de probabilidade pelo teste F;

\* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F;

<sup>ns</sup> não significativo.

5  
6  
7  
8



9

10 Figura 7: Concentração de carboidratos solúveis ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF), prolina livre ( $\mu\text{mol g}^{-1}$  MF) e  
 11 proteínas solúveis ( $\mu\text{g g}^{-1}$  MF), em raízes de três cultivares de algodoeiro herbáceo (7MH, CEDRO e  
 12 7H) sob diferentes tratamentos hídricos em casa de vegetação. Recife – PE, 2007.

## 1 **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

2 Com os resultados apresentados nesta pesquisa pôde-se observar a ocorrência de  
3 alterações metabólicas e fisiológicas em plantas de algodão quando submetidas às condições  
4 de estresse hídrico. Foi observado que a maneira como tais modificações ocorrem para  
5 suportarem a situação imposta é diferente para cada cultivar, apesar de se tratar da mesma  
6 espécie.

7 Muitas são as variáveis estudadas para avaliar essas modificações nas plantas,  
8 sempre correlacionadas com outras. A literatura reporta que as plantas de algodoeiro possuem  
9 certa tolerância a escassez de água no solo, entretanto, foi notório os efeitos causados nas  
10 mesmas para tentarem sobreviver a um estresse severo aplicado e assim completar seu ciclo.

11 Como o algodoeiro herbáceo é uma planta de ciclo curto, os efeitos começaram a  
12 aparecer logo cedo. De forma geral, as plantas de algodoeiro submetidas a estresse severo  
13 (25% da capacidade de pote) apresentaram redução no crescimento, na área foliar, na matéria  
14 seca, acúmulo de biomassa principalmente para as raízes, redução do potencial hídrico foliar,  
15 no TRA, e surpreendentemente, aumentou a transpiração com o prolongamento do estresse,  
16 fato este que pode ser explicado pelo acúmulo de solutos orgânicos que houve, mantendo  
17 assim a turgescência de suas células. Com todos esses efeitos foi possível observar que a cv.  
18 7MH se destacou melhor a essas condições, seguida pela cv. CEDRO, apresentando  
19 modificações no processo fisiológico na tentativa de se adaptarem a situação de seca, e  
20 conseguir chegar ao período reprodutivo completando, dessa forma, seu ciclo. Ainda assim,  
21 sem a necessidade de muita água, pois não chegaram a prejudicar suas funções metabólicas,  
22 quando cultivadas com 75% da capacidade de pote.

23 Dessa forma, as respostas avaliadas com as principais culturas de importância  
24 econômica, como o algodoeiro, por exemplo, quando submetidas aos estresses abióticos, pode  
25 obter ferramentas suficientes para serem enviados para estudos de melhoramento genético de  
26 plantas, por exemplo, na tentativa de expressarem alguma tolerância à seca, já que a escassez  
27 de água nos solos está cada vez mais constante atualmente, fazendo com que ocorra também  
28 seleção daquelas cultivares que se adapte logo a essas condições sem muitos prejuízos para as  
29 mesmas, completando seu ciclo.

30

## **ANEXOS**

---

## 1. ANÁLISE FÍSICA DO SOLO

**Amostra:** mistura de solo, pó de côco e esterco de gado – proporção 1:1:1 (v/v)

Amostras			Composição Granulométrica (%)					Classificação Textural
Nº	Ref. da Amostra	Prof (cm)	Areia	Argila	Silte	Silte/Arg	Arg. Nat	
01		nc	71,8	13,9	14,3	1,03	8,4	Franco arenoso

Nº	Grau Floc. (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )		Porosidade P. total (%)	Umidade (%)			Cond. Hidráulica (cm/h)
		Solo	Partícula		1/3 atm	15 atm	Água Disp.	
01	39,57	1,28	2,50	48,8	16,08	7,8	8,28	9,62

nc = não consta a profundidade

Análises realizadas segundo os métodos EMBRAPA/CNPS.

## 2. ANÁLISE DE FERTILIDADE DO SOLO

**Amostra:** mistura de solo, pó de côco e esterco de gado – proporção 1:1:1 (v/v)

Complexo Sortivo (cmol <sub>d</sub> /dm <sup>3</sup> )									%			pH	pH
Nº	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	S	T	V	m	PST	(H <sub>2</sub> O)	(KCl)
01	3,42	6,16	1,40	3,54	0,0	nd	14,52	nd	nd	0,0	nd	7,0	6,7

					Micronutrientes (ppm)			
Nº	C (g/Kg)	MO (g/Kg)	N (g/Kg)	P (MG/dm <sup>3</sup> )	Fe	Cu	Zn	Mn
01	nd	nd	nd	432	485,76	10,83	47,57	42,18

nd: não determinado

Análises realizadas segundo os métodos Embrapa/CNPS

S – Soma de bases;

T – Capacidade de troca de cátions;

m – Saturação com alumínio no complexo de troca;

PST – Percentagem de sódio trocável.



## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

- [Escopo e política](#)
- [Forma e preparação de manuscritos](#)
- [Envio de manuscritos](#)

ISSN 0100-204X versão  
impressa

ISSN 1678-3921 versão online

### Escopo e política editorial

A revista **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (PAB) é uma publicação mensal da Embrapa, que edita e publica trabalhos técnico-científicos originais, em português, espanhol ou inglês, resultantes de pesquisas de interesse agropecuário. A principal forma de contribuição é o Artigo, mas a PAB também publica Notas Científicas, Novas Cultivares e Revisões a convite do Editor.

### Forma e preparação de manuscritos

#### Análise dos artigos

A Comissão Editorial faz a análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como escopo, apresentação do artigo segundo as normas da revista, formulação do objetivo de forma clara, clareza da redação, fundamentação teórica, atualização da revisão da literatura, coerência e precisão da metodologia, resultados com contribuição significativa, discussão dos fatos observados em relação aos descritos na literatura, qualidade das tabelas e figuras, originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassa a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério é aplicado somente aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

#### Forma e preparação de manuscritos

Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos e não podem ter sido encaminhados a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas, Novas Cultivares e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor.

Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

O texto deve ser digitado no editor de texto Microsoft Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, com margens de 2,5 cm e com páginas e linhas numeradas.

#### Organização do Artigo Científico

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

Artigos em português - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e

figuras.

Artigos em inglês - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.

O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.

O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

### **Título**

Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.

Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como "efeito" ou "influência".

Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.

Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.

As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura.

### **Nomes dos autores**

Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção "e", "y" ou "and", no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.

O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à chamada de endereço do autor.

### **Endereço dos autores**

São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.

Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.

Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

### **Resumo**

O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.

Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.

Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos, os resultados e a conclusão.

Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.

O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

### **Termos para indexação**

A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.

Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.

Não devem conter palavras que compoam o título.

Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.

Devem, preferencialmente, ser termos contidos no AGROVOC: Multilingual Agricultural Thesaurus ([http://www.fao.org/aims/ag\\_intro.htm](http://www.fao.org/aims/ag_intro.htm)) ou no Índice de Assuntos da base SciELO (<http://www.scielo.br/>).

### **Introdução**

A palavra Introdução deve ser centralizada e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.

Deve ocupar, no máximo, duas páginas.

Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.

O último parágrafo deve expressar o objetivo de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

### **Material e Métodos**

A expressão Material e Métodos deve ser centralizada e grafada em negrito; os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.

Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.

Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.

Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.

Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.

Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.

Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.

Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.

Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.

### **Resultados e Discussão**

A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Deve ocupar quatro páginas, no máximo.

Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.

As tabelas e figuras são citadas seqüencialmente.

Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos em relação aos apresentados por outros autores.

Evitar o uso de nomes de variáveis e tratamentos abreviados.

Dados não apresentados não podem ser discutidos.

Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.

As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.

Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.

As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

### **Conclusões**

O termo Conclusões deve ser centralizado e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo.

Devem ser elaboradas com base no objetivo do trabalho.

Não podem consistir no resumo dos resultados.

Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.

Devem ser numeradas e no máximo cinco.

### **Agradecimentos**

A palavra Agradecimentos deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Devem ser breves e diretos, iniciando-se com "Ao, Aos, À ou Às" (pessoas ou instituições).

Devem conter o motivo do agradecimento.

### **Referências**

A palavra Referências deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.

Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.

Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 6023 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.

Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.

Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.

Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.

Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.

Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.

Devem ser trinta, no máximo.

### **Exemplos:**

*Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)*

AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria.

**Anais.** Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

*Artigos de periódicos*

SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.67-75, 2006.

*Capítulos de livros*

AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da mamona no Brasil**. Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

*Livros*

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

*Teses*

HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR**. 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

*Fontes eletrônicas*

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste**: relatório do ano de 2003. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 66). Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/publicacoes/ficha.php?tipo=DOC&num=66&ano=2004>>. Acesso em: 18 abr. 2006.

**Citações**

Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados.

A autocitação deve ser evitada.

Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.

**Redação das citações dentro de parênteses**

Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.

Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.

Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.

Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.

Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.

Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão "citado por" e da citação da obra consultada.

Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de

uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.

### ***Redação das citações fora de parênteses***

Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

### **Fórmulas, expressões e equações matemáticas**

Devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.

Não devem apresentar letras em itálico ou negrito, à exceção de símbolos escritos convencionalmente em itálico.

### **Tabelas**

As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após as referências.

Devem ser auto-explicativas.

Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.

Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.

O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.

No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.

Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.

Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo.

Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.

Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.

Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares. Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.

As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.

### ***Notas de rodapé das tabelas***

Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.

Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha,

separadas por ponto.

Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); \* e \*\* (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

## **Figuras**

São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.

Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.

O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.

Devem ser auto-explicativas.

A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.

Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.

Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.

O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.

As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.

Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).

Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.

As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometam o entendimento do gráfico.

Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.

Devem ser gravadas nos programas Word, Excel ou Corel Draw, para possibilitar a edição em possíveis correções.

Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.

No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).

Não usar negrito nas figuras.

As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.

Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

## **Envio de manuscritos**

Os manuscritos devem ser submetidos conforme instruções contidas no endereço: <http://www.sct.embrapa.br/seer>



## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

- [Escopo e política](#)
- [Submissão e revisão](#)
- [Diretrizes para a organização de manuscritos](#)
- [Envio de manuscritos](#)

ISSN 1677-0420 versão  
impressa  
ISSN 1677-9452 versão online

### Escopo e política

**Brazilian Journal of Plant Physiology - BJPP** (ISSN 0103-3131) é o periódico oficial da **Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal** e voltado para a publicação de trabalhos científicos originais nas várias áreas da Fisiologia Vegetal. BJPP publica trabalhos regulares, comunicações, minirrevisões e minirrevisões brasileiras. Essas minirrevisões são publicadas mediante convite, mas autores também podem consultar o Editor-Chefe para o envio de um artigo. Minirrevisões Brasileiras devem versar, preferentemente, sobre a fisiologia de plantas de ecossistemas tropicais naturais. BJPP publica artigos nas seguintes áreas de conhecimento:

**Processos Bioquímicos** (Metabolismo primário e secundário, e bioquímica)

**Fotobiologia e Processos Fotossintéticos**

**Regulação Gênica, Transformação, Biologia Celular e Molecular**

**Nutrição Mineral de Plantas**

**Desenvolvimento, Crescimento e Diferenciação** (Fisiologia de sementes, hormônios vegetais e morfogênese)

**Fisiologia Pós-Colheita**

**Ecofisiologia/Fisiologia da Produção e Fisiologia do Estresse**

**Interações Planta-Microrganismos e Planta-Insetos**

**Instrumentação em Fisiologia Vegetal**

BJPP somente publica trabalhos na língua inglesa, escritos de forma clara, concisa e fluente. Recomenda-se que o texto seja revisado por alguém fluente em inglês e familiarizado com terminologia e textos científicos. Os artigos enviados para publicação devem apresentar resultados novos e significantes. Isso é particularmente importante para trabalhos na área de Cultura de Células, Tecidos e Órgãos Vegetais, que devem basear-se em dados que contribuam para a compreensão da fisiologia de plantas. Simples experimentação sobre a aplicação de métodos já existentes não será considerada para publicação, tampouco trabalhos originados de experimentos do tipo dose-resposta, sem discussão com base fisiológica.

### Submissão e revisão

A submissão de um manuscrito ao Editor-Chefe necessariamente implica no fato de que o trabalho não foi publicado ou que está sendo avaliado para publicação em outro periódico. Submissão de manuscritos de vários autores significa que o autor correspondente obteve a aprovação de todos os outros co-autores para submeter o manuscrito a BJPP. BJPP considera que todas as informações contidas em um artigo são de completa responsabilidade dos autores, inclusive a exatidão dos resultados e as conclusões deles extraíveis. Os autores devem enviar o manuscrito (em um único arquivo contendo texto como também tabelas, legendas para figuras e figuras) mediante e-mail para o Editor-Chefe. Solicita-se também aos autores que submetam um arquivo adicional contendo apenas o "abstract". Arquivos com extensão pdf ou doc (Word) são preferíveis. Fotografias importantes ou essenciais para a compreensão dos resultados têm de ter alta qualidade. Ao submeter um manuscrito, o Editor-Chefe verificará se o trabalho está

dentro do escopo de BJPP e se segue as diretrizes do periódico. Submissões que não respeitarem as diretrizes de BJPP serão devolvidas imediatamente aos autores para correção, antes de serem enviadas para revisão. Os manuscritos serão enviados a um Editor Associado, que escolherá revisores baseando-se em suas competências nas várias áreas especializadas da fisiologia vegetal. Quando da submissão, os autores poderão indicar até cinco revisores potenciais (com seus respectivos e-mails) com competência reconhecida na área de pesquisa do manuscrito. Todavia, ao Editor Associado é reservado o direito de não considerar essas sugestões. Os autores receberão uma carta do Editor-Chefe juntamente com as avaliações dos revisores. Manuscritos que necessitarem de revisão deverão ser retornados ao Editor-Chefe dentro de 30 dias; caso contrário, serão considerados como submissões novas. A versão revisada deverá ser enviada via e-mail e deve ser acompanhada de uma carta em que se responde aos questionamentos dos revisores e do editor. Os autores deverão justificar claramente quando não concordarem, ou quando não acatarem, um dado questionamento. Solicita-se aos autores que utilizem o aplicativo "Microsoft Word for Windows 95-2003" como processador de textos. Manuscritos rejeitados para publicação somente serão devolvidos aos autores se contiverem comentários importantes dos revisores que possam contribuir para as pesquisas do autor.

### **Diretrizes para a organização de manuscritos**

Os autores deverão organizar o manuscrito na seguinte forma:

#### **Manuscrito**

Formatar o manuscrito, baseando-se em artigos recentemente publicados em BJPP. As páginas devem ser numeradas consecutivamente, inclusive figuras e tabelas. As linhas de cada página deverão ser numeradas para facilitar o trabalho de revisão. Na primeira página, inclua o título do manuscrito (em negrito, fonte 16, justificado à esquerda, com inicial maiúscula apenas para a primeira palavra - quando aplicável), os nomes dos autores (em negrito, fonte 12, justificado à esquerda) e afiliação (em itálico, fonte 12, justificado à esquerda). O autor correspondente deverá ser indicado por um asterisco. O "Abstract" não deve conter mais que 250 palavras. Os autores devem sugerir de três a seis palavras-chave (em ordem alfabética) que não constem no título. O texto deve ser digitado em espaço duplo, fonte "Times New Roman" (fonte 12) em apenas um lado do papel, com margens de 3 cm. Os manuscritos devem ser divididos em Introdução; Materiais e métodos; Resultados; Discussão; Agradecimentos; Referências; Tabelas; Legenda para figuras; e Figuras. Partes principais (e.g., Introdução, Resultados etc.) deverão estar em negrito, com letras maiúsculas e separadas do texto. Dentro dessas partes, subdivisões deverão estar em itálico, com apenas a letra inicial maiúscula. Apresentação conjunta de "Resultados e Discussão" só será aceita em circunstâncias excepcionais. A "Discussão" não deve conter repetição da descrição dos resultados. Nomes científicos deverão ser escritos em itálico. O nome científico completo (gênero, espécie, autoridade, e cultivar, quando apropriado) deverá ser citado para cada organismo, após a sua primeira menção. O epíteto genérico deverá ser abreviado após a primeira menção, desde que não resulte em conflito com abreviaturas para outros gêneros com a mesma letra inicial. Quando nomes comuns forem utilizados, deverão ser acompanhados dos respectivos nomes científicos após a primeira menção. Nomes de equipamentos especializados mencionados em "Material e métodos" deverão ser acompanhados de detalhes do modelo, fabricante, cidade e país de origem. Os nomes de enzimas deverão ser acompanhados de seu EC ("Enzyme Commission") após a primeira menção. Números de zero a nove deverão ser escritos por extenso, a menos que sejam acompanhados de uma unidade. Acima de dez, números deverão ser escritos com algarismos arábicos, exceto quando em início de frases. Datas deverão estar na forma "20 May 2006", e horas, na forma de 1200 h. Citações de literatura, ao longo do texto, deverão aparecer em ordem cronológica e, então, ordenadas por autor e ano (e.g., Styles, 1978; Meier and Bowling, 1995; Meier et al., 1997; Silva et al., 2004a, b). Não use "et al." em itálico. Sempre insira espaço entre um numeral e a unidade (por exemplo, 1 mL), com exceções de %, ‰ e oC (e.g., 1%). Apenas utilize o termo "in

press" para artigos já aceitados para publicação, caso contrário, utilize a expressão "unpublished results". Observações não-publicadas ou comunicações pessoais devem ser mencionadas no texto (e.g., "T. Carter, personal communication"; "T. Carter and J. Spanning, unpublished results"). Evite citar teses. Títulos de periódicos devem ser abreviados de acordo com o "*Bibliographic Guide for Editors and Authors - BIOSIS*". O último fascículo de cada volume de BJPP contém abreviaturas para a maioria dos periódicos científicos relacionados à fisiologia vegetal e áreas afins.

## Referências

### *Referências de periódicos*

Carelli MLC, Fahl JI, Ramalho JDC (2006) Aspects of nitrogen metabolism in coffee plants. *Braz. J. Plant Physiol.* 18:9-21.

### *Referências de livros*

Salisbury FB, Ross CW (1992) *Plant Physiology*. 4<sup>th</sup> ed. Wadsworth Publishing Company, Belmont.

### *Referências de capítulos de livros*

Fujiwara K, Kozai T (1995) Physical and microenvironment and its effects. In: Aitken-Christie A, Kozai T, Smith MAL (eds), *Automation and Environmental Control in Plant Tissue Culture*, pp.301-318. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

### *Anais de conferências e resumos publicados*

Prisco JT, Pahlich E (1989) Recent advances on the physiology and salt stresses. In: *Annals (or Proceedings/Abstracts) of the II Reunião Brasileira de Fisiologia Vegetal*. Piracicaba, Brazil, pp.23-24.

### *Teses*

Melotto E (1992) Characterization of endogenous pectin oligomers in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) fruit. Davis, University of California. PhD thesis.

## Tabelas e Figuras

Figuras e tabelas não devem repetir dados e devem ser reduzidas ao mínimo necessário. Devem ser numeradas consecutivamente, com números arábicos e, no texto, menções para tabelas e figuras devem aparecer na forma de "Table 1", "Figure 1", "Figure 1A"...Títulos para figuras e tabelas deverão estar também em espaço duplo. Utilize a formatação de tabelas usando células, não utilizando as teclas "tab" ou teclas de espaço para formatação. Utilize apenas linhas horizontais para a divisão das tabelas. Notas de rodapé para tabelas devem ser feitas com fonte de tamanho 10 e indicadas por meio de letras sobrescritas minúsculas, começando com a em cada tabela. Cada tabela e figura deve ser apresentada em página separada do manuscrito, e nunca devem ser incluídas no texto. Títulos de figuras devem ser digitados em uma página separada, antecedendo às páginas das figuras. Textos e números nas ordenadas das figuras não devem ser digitados com fonte de tamanho inferior a 10. Todas as figuras deverão ter tamanho que permita reprodução direta para impressão. Fotografias eletrônicas devem ser submetidas no tamanho desejado de impressão (85 mm de largura para uma coluna e até 175 mm para acompanhar a largura da página). BJPP reserva-se ao direito de reduzir o tamanho das figuras.

## Unidades, símbolos e abreviaturas

O Sistema Internacional (SI) de unidades deve ser usado ao longo do manuscrito. Recomenda-se o livro ("Units, Symbols and Terminology for Plant Physiology", editado por F.B. Salisbury, Oxford University Press, Oxford) para uma descrição detalhada e útil sobre unidades, símbolos e terminologia utilizados em fisiologia vegetal e ciências afins. Resumidamente, use pascal (Pa) para pressão, L para litro,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para irradiância, becquerel (Bq) para radioatividade, *gn* (*g* em itálico) para aceleração devido à gravidade, s para segundo, min para minuto, h para hora, Da para indicar massa molecular, que é

representada por  $m$  (massa molecular relativa de proteínas é o mesmo que peso molecular,  $M_r$ , e não deve ser acompanhado por  $D_a$ ; e.g., a massa molecular relativa  $M_r = 10,000$ ),  $\psi_w$  para potencial hídrico, ( $\psi_p$  para potencial de pressão,  $\psi_s$  para potencial osmótico, e  $\psi_m$  para potencial mátrico. O último fascículo de cada volume de BJPP contém vários símbolos e unidades usadas em fisiologia vegetal. Recomendam-se abreviaturas apenas para unidades de medida, símbolos químicos (e.g., Fe, Na), nomes de substâncias químicas (e.g., ATP, MES, HEPES, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaCl, CO<sub>2</sub>), procedimentos corriqueiros (e.g., PCR, PAGE, RFLP), terminologia molecular (e.g., bp, SDS) ou termos estatísticos (e.g., ANOVA, SD, SE,  $n$ ,  $F$ , teste  $t$  e  $r^2$ ). Outras abreviaturas devem ser escritas por extenso após a primeira menção, não devendo ser utilizadas em início de frases. Abreviações de termos científicos não devem ser seguidas de ponto. Use o índice *menos* para indicar "por" (e.g., m<sup>-3</sup>, L<sup>-1</sup>, h<sup>-1</sup>), exceto nos casos "por planta", "por vaso". O autor poderá fornecer, caso julgue conveniente, uma lista de abreviaturas, como um Apêndice.

### **Ilustrações**

Fotografias devem ter alta qualidade e incluídas no fim do texto. O número de fotografias deve ser reduzido ao mínimo. Linhas nas figuras devem ter espessuras uniformes. Texto e números devem ter dimensões apropriadas.

### **Provas de imprensa**

Autores devem devolver as provas de imprensa de seus manuscritos dentro de três dias após o recebimento. Não serão aceitas alterações extensas.

### **Separatas**

Os autores receberão um arquivo em formato PDF como separata.

### **Custos de página**

Não há custos para os autores ao publicarem seus manuscritos em BJPP.

### **Envio de manuscritos**

Manuscritos devem ser enviados preferentemente por e-mail para:

Fábio M. DaMatta

Brazilian Journal of Plant Physiology, Editor-Chefe

Departamento de Biologia Vegetal

Universidade Federal de Viçosa

36570-000 Viçosa, MG

Brasi

E-mail: [bjpp@ufv.br](mailto:bjpp@ufv.br)

Fax: +55.31.3899.2580