

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO


**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE ALGODOEIRO HERBÁCEO
EM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

**WHÉLLYSON PEREIRA ARAÚJO
- Engenheiro Agrônomo -**

**CAMPINA GRANDE, PARAÍBA
FEVEREIRO DE 2013**

WHÉLLYSON PEREIRA ARAÚJO

**COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE ALGODOEIRO HERBÁCEO
EM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO**

 Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola, Área de concentração em Irrigação e Drenagem.

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

Orientadores:

Prof. Ph.D. Hugo Orlando Carvalho Guerra (UFCG, CCT, DEAg)

Pesquisador Dr. João Henrique Zonta (Embrapa Algodão)

Colaboradores:

José Rodrigues Pereira (Embrapa Algodão)

José Renato Cortez Bezerra (Embrapa Algodão)

CAMPINA GRANDE, PARAÍBA

FEVEREIRO DE 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

A663c Araújo, Whéllyson Pereira.
Comportamento de cultivares de algodoeiro herbáceo em diferentes lâminas de irrigação / Whéllyson Pereira Araújo. – Campina Grande, 2013.
71 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2013.

"Orientação: Prof. Ph.D. Hugo Orlando Carvalho Guerra, Prof. Dr. João Henrique Zonta".
Referências.

1. *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* H. (Algodão). 2. Crescimento. 3. Produtividade. 4. Déficit Hídrico. I. Guerra, Hugo Orlando Carvalho. II. Zonta, João Henrique. III. Título.

CDU 633.511:631.67(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

WHÉLLYSON PEREIRA ARAÚJO

COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE ALGODOEIRO HERBÁCEO
SUBMETIDAS A DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra
Orientador (UAEA/CTRN/UFEG)

APROVADO

Dr. João Henrique Zonta
Orientador (EMBRAPA/ALGODÃO)

APROVADO

Dr. Severino Pereira de Sousa Júnior
Examinador (CCA/UFPB)

APROVADO

Dr. Cícero Pereira Cordão Terceiro Neto
Examinador (EMATER/PB)

APROVADO

FEVEREIRO - 2013

Dedico este trabalho a minha mãe, **Josefa Pereira Cordão**, pelo amor incondicional, carinho e muito esforço destinado à minha formação; a meu pai, **Luiz da Verdura**, meus irmãos **Leostenis, Wóshington e Juan Willian** (*in memória*) que me apoiaram em todos os momentos; a meus sobrinhos **Juan Sobrinho e Leostenis Segundo**, que trouxeram a alegria de volta a família e à família **Cordão e Araújo** que, de forma direta ou indiretamente, me ajudaram na conquista esta vitória.

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, pela razão de minha existência e tua presença em todos os momentos da minha vida.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Aos meus orientadores, Hugo Orlando Carvalho Guerra, João Henrique Zonta e José Rodrigues Pereira, pela força, ensinamento, oportunidade, apoio, dedicação e paciência, que sempre me ajudaram nos momentos mais difíceis, aos quais tenho grande apreço.

Aos professores José Dantas e Vera Lúcia, através dos quais saúdo os demais professores, aos funcionários Dona Cida e Gildo, e a todos os outros; obrigado pelo apoio e aprendizado adquirido no decorrer do curso.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Algodão) em especial ao Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPQ), através das pessoas de José Rodrigues, José Renato e João Zonta, pelo projeto, pelo apoio e desenvolvimento da pesquisa.

A todos os integrantes do Campo Experimental de Barbalha, CE, Gildo, Célio, Everaldo, Carlinho, Tarcisio e Ramon, pelo apoio e realização da pesquisa.

A meus Avós, José Pereira Cordão e Sebastião Queiroz e a minha avó Raquel Cordão (todos em memória) que deixaram eternas saudades e sempre nos ensinaram o verdadeiro espírito de sobrevivência. A minha Avó Terezinha Araújo, que tanto amo, pela força, sabedoria e por ser a pessoa que me serviu de espelho.

A meus tios: Antonio, Joaquim, Nelito, Damião, Vetinho, Chico Rodrigues, Tonhê, Elias, Fábio, Kadinho e Titico; a minhas tias: Leta, Iza, Águida (neta), Terezinha, Ció, Maroli, Ceição, Rosária, Jusa, Neta, Corrinha e Eliane, pelo incentivo, carinho e apoio.

A meus primos Rômulo, Rêmulô, Rimesson, Maécio, Maurício, Mailson, Bertim, Júnior do Cunha, Eudinho, Francildo, Fúlvio, Jesus, Ruan, Pedro Henrique, Lucas, Bibiu, Terceiro, Elias, Dr. José Pereira (dé), Biu, Berg, Fábio Júnior e Vinicius; a minhas primas, Dra. Maiza, Aluska, Mona, Michelly, Mery, Alcilene, Priscila, Layza, Mary, Maria Thereza, Aninha, Júlia e Sofia, pela convivência, alegria, felicidade e todos os momentos de confraternização em toda a família e também a Preta e Zé Rodrigues pela força, pelos conselhos e por tudo.

A meus amigos e companheiros da Embrapa Algodão, Vandeilson, Franciezer, Júnior, Paulo de Tarso, Isaias, Leandro, Mário, Cartaxo e Carlos Batata, pela força e ajuda na pesquisa.

A minha namorada, Érica Samara, pela Força, União, Amor, Apoio e Paciência na nossa luta.

A meus amigos (as) de curso Abel, Aaron, Antonio, Flávio, Rosinaldo, Sebastião, Janivan, Arsênio, Bejamim, Marcos, Enoque, Denise, Luciano, Lenildo, Pedro Henrique, Jailma, Alberto Calado e Wilson, pelos bons momentos juntos, muita ciência e pela grande amizade que ficou; também aos meus nobres Flávio Pereira, Remy, Afonso, Dácio, Rutênio, Stênio, Regis, Thiago e Itacy.

Aos colegas de apartamento (bloco B, 302), Alberto e Wilson, pela boa convivência e compreensão.

A Deus, por ter me dado uma família capaz de ensinar o caminho certo da vida, de ter me ensinado a lutar por dias melhores, com dignidade, a minha mais sincera admiração, lembrando que somos capazes de conquistar tudo o que almejamos basta apenas acreditar em nossos sonhos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS.....	16
2.1. Objetivo geral	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1. A cultura do algodoeiro.....	17
3.2. Cultivares de algodoeiro herbáceo.....	19
3.3. Necessidades hídricas.....	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1. Local do experimento	26
4.2. Clima.....	27
4.3. Caracterização do solo.....	29
4.4. Caracterização da água de irrigação	30
4.5. Cultivares avaliadas	31
4.6. Tratamentos e delineamento experimental	31
4.7. Preparo do solo.....	31
4.8. Adubação.....	31
4.9. Capinas	31
4.10. Espaçamento e arranjo de plantas.....	32
4.11. Irrigação.....	34
4.11.1. Sistema de irrigação utilizado	34
4.11.2. Irrigação do algodoeiro	34
4.11.3. Lâminas de irrigação aplicadas.....	35
4.12. Variáveis analisadas	35
4.12.1. Altura de planta, diâmetro de caule e área foliar.....	35
4.12.2. Produtividade, eficiência de uso da água (EUA) e fator de resposta da cultura ao déficit hídrico (Ky)	36
4.13. Análises estatísticas.....	37
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
6. CONCLUSÕES	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

LISTA DE TABELAS

	pg.
Tabela 1. Valores mensais de pressão atmosférica média (Press), temperatura média (Tmed), temperatura máxima média (Tmax), temperatura mínima média (Tmin), precipitação média (Prec), umidade relativa do ar média (UR) e insolação total (Ins) no ano de cultivo no Município de Barbalha, CE, 2010	28
Tabela 2. Análise textural e caracterização físico-hídrica do solo da área 10 A, Barbalha, CE, 2010	30
Tabela 3. Análise química do solo da área experimental 10 A, Barbalha, CE, 2010	31
Tabela 4. Análise química da água utilizada na irrigação da área experimental 10 A, Barbalha, CE, 2010	31
Tabela 5. Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do caule (DC_mm), altura de planta (AP_cm), área foliar (AF_cm ² .planta ⁻¹) e produtividade (PROD_kg ha ⁻¹) das cultivares de algodoeiro herbáceo submetidas a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010	39
Tabela 6. Valores médios das características agronômicas de três cultivares de algodoeiro herbáceo submetidas a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010	40
Tabela 7. Análise de regressão para as variáveis agronômicas estudadas em função das lâminas de irrigação aplicadas, Barbalha, CE, 2010	40
Tabela 8. Eficiência de uso da água de irrigação_EUA (kg m ⁻³) de três cultivares de algodoeiro herbáceo submetidos a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010	53

- Tabela 9.** Valores médios para a variável eficiência de uso da água (EUA) de três cultivares de algodoeiro herbáceo submetidos a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010 53
- Tabela 10.** Análise de regressão para a variável eficiência (EUA) de uso da água estudada em função das lâminas de irrigação aplicadas, Barbalha, CE, 2010 54
- Tabela 11.** Relação entre o decréscimo no rendimento relativo $1 - (Y_a/Y_m)$, decréscimo relativo na lâmina aplicada $(1 - L_a/L_m)$ e o fator de resposta do rendimento (K_y) de três cultivares de algodoeiro herbáceo submetidos a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010 56

LISTA DE FIGURAS

	pg.
Figura 1. Localização da área em estudo, Barbalha, CE, 2010	27
Figura 2. Imagem de satélite da localização da área de estudo 10 A, Barbalha, CE, 2010	27
Figura 3. Valores médios mensais de temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa do ar, Barbalha, CE, 2010	29
Figura 4. Acumulados mensais de precipitação no ano de cultivo, Barbalha, CE, 2010	29
Figura 5. Valores médios mensais de precipitação e evapotranspiração na época de cultivo, Barbalha, CE, 2010	29
Figura 6. Croqui da área experimental, Barbalha, CE, 2010	34
Figura 7. Altura de plantas do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010	41
Figura 8. Diâmetro do caule do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010	42
Figura 9. Área foliar do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010	42
Figura 10. Produtividade do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010	43
Figura 11. Diâmetro do caule das três cultivares de algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação estudadas, Barbalha, CE, 2010	44

Figura 12.	Diâmetro do caule das três cultivares de algodoeiro herbáceo avaliados em função de cada lâmina de irrigação aplicada, Barbalha, CE, 2010	45
Figura 13.	Altura de plantas das três cultivares de algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação estudadas, Barbalha, CE, 2010	46
Figura 14.	Altura de planta das três cultivares de algodoeiro herbáceo avaliados em função de cada lâmina de irrigação aplicada, Barbalha, CE, 2010	46
Figura 15.	Área foliar das três cultivares de algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação estudadas. Barbalha, CE, 2010	48
Figura 16.	Área foliar das três cultivares de algodoeiro herbáceo avaliados em função de cada lâmina de irrigação aplicada, Barbalha, CE, 2010	49
Figura 17.	Produtividade das três cultivares de algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação estudadas, Barbalha, CE, 2010	50
Figura 18.	Produtividade das cultivares de algodoeiro herbáceo avaliados em função de cada lâmina de irrigação aplicada, Barbalha, CE, 2010	51
Figura 19.	Eficiência de uso da água do algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação estudadas, Barbalha, CE, 2010	54
Figura 20.	Resposta relativa da produtividade de três cultivares de algodoeiro herbáceo submetidos a diferentes lâminas de irrigação ao relativo déficit hídrico, Barbalha, CE, 2010	57

**Comportamento de cultivares de algodoeiro herbáceo
em diferentes lâminas de irrigação**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito das lâminas de irrigação sobre o crescimento, a produtividade, a eficiência de uso da água (EUA) e o fator de resposta à irrigação (K_y), de três cultivares de algodoeiro herbáceo. O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Algodão, no município de Barbalha, CE, no período de julho a dezembro de 2010. Os tratamentos consistiram da combinação fatorial (3 x 5) de três cultivares de algodoeiro herbáceo (BRS 286 (G1); BRS Aroeira (G2) e BRS Araripe (G3)), submetidos a cinco lâminas de irrigação, totalizando 15 tratamentos, instalados num delineamento experimental em blocos casualizados, com 4 repetições, totalizando 60 subparcelas dispostas em faixas. As lâminas de irrigação aplicadas em cada tratamento ao longo do experimento, foram 260,93; 418,93; 514,21; 711,81 e 894,68 mm. No momento da colheita foram medidas, em 10 plantas/parcela, o diâmetro do caule; altura de planta e a área foliar. Foram colhidas e pesadas as duas linhas centrais (área útil) de cada subparcela, determinando-se a produção por subparcela e seu respectivo rendimento de algodão em caroço por hectare. A eficiência do uso da água (EUA) foi determinada, para cada nível de irrigação, através da relação entre a produtividade do algodoeiro herbáceo (kg ha^{-1}) e a lâmina de irrigação aplicada (mm) por subparcela, durante o ciclo da cultura. Para avaliar a resposta da cultura ao déficit hídrico foi usado um parâmetro adimensional que relaciona a redução relativa ao rendimento com a redução relativa à irrigação. Os resultados médios foram submetidos à análise de variância e de regressão (lâminas de irrigação), sendo as médias relativas às cultivares comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade através do programa estatístico SISVAR. Concluiu-se que as lâminas de irrigação exerceram efeito significativo sobre o crescimento, a produtividade e a eficiência de uso da água (EUA) das cultivares BRS 286, BRS Aroeira e BRS Araripe. A cultivar mais resistente ao déficit hídrico foi a BRS Aroeira, seguida da BRS Araripe e BRS 286.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* H., Crescimento, Produtividade e Déficit hídrico

Performance of cotton cultivars at different irrigation levels

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effect of irrigation levels on the growth, development, yield, water use efficiency (WUE) and the yield response to irrigation (Ky) of BRS 286, BRS Aroeira and Araripe of upland cotton cultivars. The experiment was conducted at the experimental field of Embrapa Cotton, in the municipality of Barbalha, CE, during the period July to December 2010. Treatments consisted of a factorial combination (3 x 5) of three cultivars of upland cotton (BRS 286; BRS Aroeira and BRS Araripe), submitted to five irrigation, totalizing 15 treatments, installed in a randomized block design with four replications, totalizing 60 sub-plots arranged in bands. The irrigation water applied in each treatment throughout the experiment, were 260,93; 418,93; 514,21; 711,81 and 894,68 mm. At harvest, was measured in 10 plants/plot, the diameter of the stem, the plant height and leaf area. Also were harvested and weighed the two central lines (useful area) of each subplot, determining yield per subplot and the corresponding yield of seeds per acre. Water use efficiency (WUE) was determined, for each level of irrigation through the relationship between the yield of upland cotton (kg ha^{-1}) and irrigation water depth (mm) per subplot during the crop cycle. To evaluate the crop response to irrigation, it was used a dimensionless parameter, that relates the relative reduction in yield with the relative reduction in irrigation water. The average results were submitted to analysis of variance and regression (irrigation), and the averages for the genotypes were compared by Tukey test at 5% probability using the statistical program SISVAR. It was concluded that the irrigation had a significant effect on growth, yield and water use efficiency (WUE) in the BRS 286, BRS Aroeira and BRS Araripe. The variety more resistant to water deficit was BRS Aroeira, followed by BRS 286 and BRS Araripe.

Key words: *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* H., Growth, Yield and water deficit

1. INTRODUÇÃO

A otimização do uso dos recursos hídricos torna-se imprescindível nos dias atuais devido à escassez de água, tornando-se necessário um manejo correto da irrigação, com o qual se identifiquem as lâminas de água ideais para se obter uma produção equilibrada das culturas a ser irrigadas (CARVALHO et al., 2011).

O uso da irrigação tem contribuído significativamente para o aumento da produção agrícola e para incorporação ao sistema produtivo de áreas cujo potencial é limitado, em função de seus regimes pluviométricos (JÁCOME et al., 2005).

Na região Nordeste do Brasil uma das alternativas é a cultura do algodão herbáceo, pela grande representatividade tanto do ponto de vista social quanto do econômico e pela menor exigência em água quando comparada com outras espécies (QUEIROZ e BÜLL, 2001). Um dos grandes problemas desta região, no entanto, são as irregularidades pluviométricas que atingem, de forma direta e indireta, o crescimento e o desenvolvimento das culturas, aliadas também ao manejo incorreto da irrigação.

A utilização da irrigação como mecanismo de compensação desses problemas é uma das alternativas para a região diminuindo os riscos e melhorando a produtividade, mas até mesmo essa tecnologia encontra grandes adversidades em decorrência da escassez de água em determinadas regiões, da falta de conhecimento tecnológico por parte dos agricultores e da presença de grandes áreas salinizadas causando, assim, baixa eficiência dos sistemas de irrigação empregados (FREIRE, 2008).

A irregularidade pluviométrica no Nordeste é um dos fatores que mais têm limitado o rendimento do algodoeiro herbáceo cultivado na região (ARAGÃO JÚNIOR et al., 1988). Desta forma, a irrigação é o fator mais importante na produção das culturas nessa região, no período seco do ano (DAGDALEN et al., 2006) e uma das práticas que asseguram os níveis de produtividade das culturas (AUJILA et al., 2005). Magalhães et al. (1987) atribuem à má distribuição de chuvas perdas de até 70% na produção e produtividade da cultura no semiárido nordestino. Além disto, a reduzida capacidade de retenção de umidade na maioria dos solos da região compromete a exploração da cultura, mesmo em regime de irrigação (ARAGÃO JÚNIOR et al., 1988).

Nos últimos anos o cultivo brasileiro de algodão passou de pequenas áreas com intensa utilização de mão-de-obra para grandes áreas plantadas e mecanizáveis, principalmente no Centro Oeste e na Bahia e, mais recentemente, no Norte do País. Uma das

conseqüências desta expansão se refere à modernização e à crescente demanda energética da cultura, fato que pouco contempla uma visão ambientalista (BELTRÃO et al., 2011).

Segundo Klar (1991) o algodoeiro necessita, para seu crescimento e desenvolvimento, com certa frequência, de uma quantidade adequada de água, definida de acordo com o solo, o clima e com a própria cultura. A falta de água em períodos críticos do ciclo compromete o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das culturas.

Beltrão et al. (2011) afirmam que a escassez de água afeta o crescimento do algodoeiro e os efeitos mais críticos ocorrem nos estádios de seu ciclo fenológico de floração e de formação e desenvolvimento dos frutos. De acordo com Barreto et al. (2003) e Barreto e Amaral (2004), em cada fase fenológica do algodoeiro a quantificação exata da necessidade de irrigação possibilita economia de água, energia elétrica e mão de obra, reduzindo os custos de produção e o impacto ambiental.

Com base no exposto, Duarte et al. (2012) ressaltam que a agricultura, nessas regiões, só é viável com o uso da irrigação. Deste modo, faz-se necessário que os recursos hídricos disponíveis sejam utilizados de maneira racional buscando a maximização da eficiência do uso da água (EUA). Porém a sustentabilidade deverá superar a escassez promovendo uma nova ética aos recursos hídricos, tendo como base a otimização da utilização, controle dos desperdícios, além da promoção do desenvolvimento (TUNDISI, 2005). Com isto, a adoção de técnicas de manejo do solo e da água é fundamental para a sustentabilidade, pois é possível manter, economicamente, esses recursos, em quantidade e qualidade suficientes para a manutenção de níveis satisfatórios de produtividade (WUTKE et al., 2000). Todavia, para que haja geração de conhecimentos que tenham validade e comprovação local, faz-se necessária a realização de pesquisas visando obter melhorias tecnológicas para cada situação de cultivo (MELO et al., 2010).

Portanto, não é apenas de extrema importância, mas também imprescindível, o desenvolvimento constante de pesquisas que possam incrementar novas tecnologias para o cultivo do algodão irrigado e racionalizar os fatores ambientais envolvidos no processo produtivo dessa cultura, uma vez que a água é um recurso natural finito e de extrema importância para os seres humanos e para a preservação do meio ambiente. Vários pesquisadores vêm desenvolvendo trabalhos voltados para o desenvolvimento da cultura do algodão irrigado, visando a uma eficiência maior dos sistemas de irrigação e, conseqüentemente, conseguir elevar os índices de produtividade tornando o algodão uma cultura economicamente viável, levando a região Nordeste de volta ao patamar da cottonicultura mundial.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito da irrigação sobre o crescimento, a produtividade, a eficiência de uso da água (EUA) e o fator de resposta ao déficit hídrico (K_y) de três cultivares de algodoeiro herbáceo.

2.2. Objetivos específicos

Comparar o efeito das lâminas de irrigação aplicadas sobre o crescimento e a produtividade das cultivares de algodoeiro herbáceo BRS 286, BRS Aroeira e BRS Araripe;

Avaliar a eficiência de uso da água (EUA) e o fator de resposta ao déficit hídrico (K_y) de três cultivares de algodoeiro herbáceo.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. A cultura do algodoeiro

Há mais de dois mil anos o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é cultivado pelo homem, sendo uma das fibras vegetais mais importantes do mundo. No Brasil, na época do descobrimento, já era cultivada pelos indígenas que transformavam o algodão em fios e tecidos (CANECHIO FILHO et al., 1972).

O algodoeiro é uma planta da família Malvacea, originária do México e América Central, sendo uma das culturas mais importantes na agricultura mundial (CARVALHO et al., 2000). Possui espécies arbustivas, mas, em razão do melhoramento genético, predominam hoje espécies herbáceas que favorecem o cultivo comercial, entre as quais estão às espécies *Gossypium hirsutum* e *Gossypium barbadense*, que são as mais cultivadas no mundo. A *Gossypium hirsutum* é responsável por mais de 90% da produção mundial (FUZATTO, 1999).

O algodão está entre as mais importantes culturas de fibras no mundo. Todos os anos, uma média de 35 milhões de hectares de algodão é plantada por todo o planeta. A demanda mundial tem aumentado gradativamente desde a década de 1950, a um crescimento anual médio de 2%. O comércio mundial do algodão movimenta anualmente cerca de US\$ 12 bilhões e envolve mais de 350 milhões de pessoas em sua produção, desde as fazendas até a logística, o descaroçamento, o processamento e a embalagem. Atualmente, o algodão é produzido por mais de 60 países, nos cinco continentes. Cinco países – China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil – despontam como os principais produtores da fibra (ABRAPA, 2013a).

No grandioso cenário mundial dos números do algodão, o Brasil também se destaca, é o quinto maior produtor do mundo com mais de 1,8 milhões de toneladas na safra recorde de 2011/12. O Brasil é o terceiro país exportador e o primeiro em produtividade em sequeiro. O cenário interno também é promissor, sendo o quinto maior consumidor, com quase 1 milhão toneladas/ano (ABRAPA, 2013b).

A cultura do algodoeiro é eminentemente de clima tropical e cultivada na maioria das regiões de clima quente, e é uma das mais importantes culturas cultivadas no mundo, devido principalmente, a sua ampla utilização nos diversos setores agro-alimentares e industriais. Suas fibras são responsáveis pelo vestuário de mais de 65% da humanidade, apesar do grande desenvolvimento das fibras sintéticas e artificiais derivadas do petróleo, como o poliéster, e

outros produtos, como a celulose oriunda do línter do próprio algodão (SOARES e MACIEL, 2006).

O décimo primeiro levantamento da safra 2011/12 de grãos da Conab (2012), apontou a área plantada com algodão definida em 1.395,9 mil hectares, ou seja, 0,3% inferior à área cultivada na safra anterior. Quanto à produção de algodão em pluma, os números finais indicam que em relação à safra 2010/11, ela foi inferior em 4,7%, totalizando cerca de 1.868,1 mil toneladas.

A região Centro-Oeste se destaca como maior produtor de algodão do País. Comparando as safras 2010/11 e 2011/12, a área plantada obteve-se redução de 1,8%, baixando de 893,5 (mil ha) para 877,3 (mil ha). Em termos de produção, aumentou-se de 3.220,6 (mil t) para 3.292,2 (mil t), obtendo-se aumento de variação de 2,2%. O estado do Mato Grosso se destaca como o maior produtor em área plantada e produção, com aumento de 0,3 e 5,1%, respectivamente (CONAB, 2012).

Durante décadas a cotonicultura despontou como atividade tradicional e de grande importância socioeconômica para a região semiárida do Nordeste do Brasil, devido, principalmente, ao grande contingente de mão de obra nela envolvida, direta e indiretamente, já que sua fibra, produto principal, possui cerca de 400 aplicações industriais (SOUSA JÚNIOR, 2007). Nesta região de 2010/11 e 2011/12, segundo a Conab (2012), a área plantada (mil ha) aumentou de 450,5 para 460,4, com variação positiva de 2,2%. A produtividade (kg ha⁻¹) diminuiu de 3.899 para 3.167, com variação negativa de 18,8%. Em relação à produção (mil t), também diminuiu, com variação negativa de 17%, passando de 1.756,5 para 1.458,3. O estado da Bahia continua sendo o maior produtor de algodão do Nordeste. Comparando-se as safras 2011/12 com 2010/11, em termos de área plantada (mil ha) e de produção (mil t), a Bahia segue em primeira, seguido do Piauí e do Maranhão. Tudo indica que a retração de produtividade teve como fator principal as condições climáticas adversas observadas ao longo de todo o ciclo da planta, com forte estiagem registrada na região do semiárido Nordestino causando perdas expressivas na pecuária e na agricultura (CONAB, 2012).

O estado de Ceará, na safra 2010/11, plantou uma área equivalente a 3,1 mil ha. Já na safra 2011/12, essa área foi reduzida para 1,3 mil ha. Em termos de produtividade (kg ha⁻¹) obteve 1.010 (2010/11) caindo para 170 (2011/12), obtendo uma variação negativa de 83,2%. A produção (mil t) caiu de 3,1 para 0,2, variação negativa de 93,5% (CONAB, 2012).

O cultivo irrigado dessa malvacea apresenta razoável rentabilidade; ocupa a área por pequeno espaço de tempo (ciclo de 110 a 150 dias); apresenta baixo consumo de água (cerca de 4500 a 6000 m³ ha⁻¹), que varia em função do ciclo da cultivar utilizada e das condições

edafoclimáticas de cada região produtora (ALMEIDA et al., 1990; BELTRÃO, 1996). A faixa de temperatura ótima para a germinação, conforme Souza e Beltrão (1999) é de 25 a 30 °C, mesmo que, na fase de crescimento vegetativo, esses valores sejam de 27 a 32 °C. A temperatura tem influência significativa também na formação dos botões florais e flores e, ainda, sobre o crescimento e desenvolvimento das maçãs. Temperaturas noturnas superiores a 25 °C atrasam o florescimento; temperaturas noturnas baixas (20 °C) combinadas com temperaturas diurnas de 25 °C estimulam o florescimento.

3.2. Cultivares de algodoeiro herbáceo

No Brasil, a pesquisa agrônômica com o algodoeiro começou em 1915, com a criação do Serviço de Algodão, no Ministério da Agricultura. Os trabalhos de melhoramento genéticos propriamente ditos tiveram início em 1924, com a criação da Seção de Algodão, no Instituto Agrônomo de Campinas. Nesta época foram iniciados também os programas de melhoramento do algodoeiro herbáceo e arbóreo no Maranhão, Paraíba, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Ceará e Sergipe. Desde essa época, até os dias atuais, várias variedades foram criadas com características que atendiam às demandas vigentes, tanto dos produtores como da indústria têxtil e dos beneficiadores, nas condições do Estado de São Paulo. Assim, os trabalhos se desenvolviam de acordo com os objetivos principais impostos em cada época. Os trabalhos iniciais visaram à produtividade e ao comprimento da fibra (CARVALHO, 2008; FREIRE et al., 2011).

No Nordeste, o algodoeiro vem recebendo atenção de instituições de pesquisa desde 1920, no caso do algodoeiro mocó, e 1923 no do algodoeiro herbáceo. Ao longo desses anos, foram sendo acumulados conhecimentos para atender às necessidades da cultura do algodão na região, de condições edafoclimáticas diferenciadas da Região Meridional do Brasil (CARVALHO, 2008).

Cada país possui objetivos específicos no que se refere ao desenvolvimento de novas cultivares de algodoeiro herbáceo. No Brasil não seria diferente, em cada uma das principais regiões produtoras, existem programas específicos que, muitas vezes, são divergentes. Para a região produtora do Nordeste, Freire et al. (2008) citam que duas linhas de pesquisa são prioritárias, sendo uma delas se obter cultivares adaptadas ao Cerrado nordestino (oeste da Bahia, sul do Piauí e do Maranhão), para onde buscam-se cultivares de ciclo precoce e médio, resistente a doenças foliares (mancha-de-ramulária, mancha-de-stemphylium, mancha-de-alternária, bacteriose e antracnose), ao bicudo-do-algodoeiro, e os lepidópteros (curuquerê,

lagarta-da-maçã e a *Spodoptera*) e às pragas sugadoras (pulgões e mosca-branca). Outra linha prioritária é obter cultivares tolerantes a seca, adaptadas à região semiárida (regiões de precipitações irregulares e de solos alcalinos, rasos e pedregosos) de ciclo precoce ou semiperenes, de fibras brancas e coloridas, para serem usadas por produtores familiares.

Os produtores de algodão sob condições irrigadas demandam três tipos diferentes de cultivares, que podem ser utilizadas para a produção de fibra média, com as opções de ciclo precoce e normal e para a produção de fibra longa e extra longa. As principais características exigidas pelos produtores de algodão de fibra média, sob condições irrigadas são: produtividade elevada (300 a 400 @/ha); alto rendimento de fibras (38% a 41%) e ciclo normal a precoce (130 a 150 dias de ciclo) (EMBRAPA ALGODÃO, 2006a).

A Embrapa Algodão (2006a) apresenta opções para uso sob irrigação, cultivares de ciclo precoce e fibra média ((CNPA Precoce 3, BRS 187 (CNPA 8H), BRS 201 e BRS Camaçari)); cultivares de ciclo normal e fibra média (CNPA ITA 90, BRS Ipê, BRS Aroeira, BRS Sucupira, BRS Cedro e BRS Jatobá) e cultivares de ciclo normal e fibra extra longa (Acala SM3 e BRS Acácia). De maneira geral as cultivares deve apresentar boa resposta à aplicação de insumos, incluindo água, fertilizantes químicos, inseticidas, herbicidas, fungicidas, reguladores de crescimento e desfolhantes. É exigida boa adaptação à colheita mecanizada, devendo as plantas apresentar a inserção do primeiro ramo frutífero acima de 20 cm do solo; porte ereto, mesmo quando fixarem todo seu potencial produtivo; capulhos bem aderidos às cápsulas e que não caiam mesmo após fortes chuvas e ventos. Devem apresentar sistema radicular vigoroso e profundo; possuírem alta capacidade de fixação de capulhos nas plantas, inclusive até nos ponteiros; e suportar espaçamentos estreitos e altas densidades de plantas/metro linear de sulco.

Para Freire e Costa (1999) o Programa de Melhoramento Genético do Algodão desenvolvido nos Campos Experimentais de Barbalha, CE e Missão Velha, CE visa, portanto, à obtenção de cultivares adaptadas à região Nordeste, que apresentem elevada produtividade, bom rendimento de fibra, precocidade, resistência à seca e propriedades da fibra, em conformidade com as exigências da indústria têxtil.

A cultivar BRS 186 Precoce 3 foi desenvolvida pelo Programa de Melhoramento da Embrapa Algodão e testada pela Embrapa Meio-Norte. O plantio dessa cultivar e aconselhado para regiões com pluviosidade acima de 600 mm, em culturas solteiras ou consorciadas. O plantio deve ser efetuado no período recomendado pelo zoneamento de riscos climáticos para a região. A cultivar BRS 186 Precoce 3 apresentou uma produtividade média de 2.378 kg ha⁻¹ de algodão em caroço, o que corresponde a acréscimos de rendimento da ordem de 36% e

11%, respectivamente, as cultivares CNPA Precoce 1 (2.151 kg ha⁻¹) e CNPA Precoce 2 (1.743 kg ha⁻¹). Essas produtividades são consideradas baixas em função dos ensaios terem sido conduzidos na região semiárida Piauiense e em solos de cerrado com saturação de base inferior a 65% (RIBEIRO et al., 2000).

A cultivar BRS 187 8H apresenta comportamento fenotípico diferenciado dos materiais precoces, dependendo do solo, pode atingir uma altura média 100 cm. É uma cultivar adequada para o cultivo em regiões áridas do Nordeste e/ou sob regime de irrigação. Nos principais municípios produtores do Nordeste, a BRS 187 8H e a precoce 3 demonstraram, em média, uma produtividade de 2.120 kg ha⁻¹ a 2.147 kg ha⁻¹ de algodão em caroço, que corresponde a 57% da produtividade média das cultivares ITA 90 II (3.750 kg ha⁻¹) e ANTARES (3.750 kg ha⁻¹), desenvolvidas para as condições do cerrado do Mato Grosso (COSTA et al., 2002).

A cultivar BRS 336 foi originada pelo cruzamento triparental entre as cultivares CHACO 520, BRS Itaúba e Delta Opal. Ao empregar-se o método de seleção genealógica, obteve-se a progênie CNPA BA 2005-3300, que foi avaliada como linhagem preliminar na safra 2006/2007 e como linhagem avançada na safra 2007/2008. Nas safras 2008/2009 e 2009/2010, a CNPA BA 2005-3300 foi avaliada como linhagem final em 13 localidades do Cerrado e do Semiárido, abrangendo os estados da Bahia, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Maranhão, Piauí, Rondônia e Paraíba. Essa cultivar apresenta produtividade média em caroço e pluma (kg ha⁻¹) na ordem de 3857 e 1527, apresentam porte médio, percentagem de fibra (%) de 38 – 39,9 e comprimento de fibra (mm) de 32 – 34. Esses valores médios foram correspondentes a 13 avaliações, em condições experimentais, em ambiente de Cerrado, nos estados da Bahia, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraíba, Maranhão, Piauí e Rondônia. Essa cultivar segundo os autores apresentam ampla adoção no Estado da Bahia (MORELLO, et al., 2011).

Condições edafoclimáticas do cerrado do Piauí favorecem o cultivo do algodoeiro herbáceo BRS 286, com período seco na época da colheita, o que permite, geralmente, a obtenção de fibras de elevada qualidade, além de uma produtividade média em torno de 300 arrobas por hectare de algodão em caroço. O cultivo deste algodão apresenta-se como uma opção de rotação com culturas produtoras de grãos. As plantas da BRS 286 possuem pilosidade nos ramos e folhas, folhas de tamanho médio com três lobos, brácteas com sete a doze dentes, caule de coloração arroxeadada, inserção do primeiro ramo frutífero geralmente no quinto nó, ramos com distribuição oblíqua, maçã com formato ovalado, predominando quatro

lojas por maçã, capulhos com retenção mediana na cápsula e línter e fibra de coloração branca (RIBEIRO et al., 2010).

A BRS 286 foi avaliada em condições de cerrado por cinco safras (2002/2003 a 2006/2007), obtendo-se produtividade média de algodão em caroço de 4.874 kg ha⁻¹ e de 1.995 kg ha⁻¹ de algodão em pluma. Esses desempenhos superaram as testemunhas (BRS Ipê e BRS Camaçari) em 10,4% e 8,8%, em produtividade de algodão em caroço e 16,3% e 17,0%, em produtividade de algodão em pluma, respectivamente. O elevado desempenho em termos de produtividade de pluma tem relação com sua percentagem de fibra, geralmente superior a 40%. Em altitude próxima a 750 m, o primeiro botão floral e o primeiro capulho ocorreram com 50 a 55 dias e 110 a 115 dias, respectivamente. As plantas apresentam porte de médio a baixo, atingindo entre 110 a 120 cm de altura (SILVA FILHO et al., 2009).

A Cultivar BRS Aroeira possui ciclo de 150 a 160 dias nas condições de clima e solos do cerrado do Centro Oeste, e no Nordeste o ciclo é menor, em pelo menos 20 a 30 dias, devido à temperatura ambiental média ser mais elevada. Características: Altura da Planta (cm): 125,33; Produtividade (kg ha⁻¹): 3.841 (média obtida em 22 locais do cerrado brasileiro); Peso de capulho (g): 6,62; Rendimento de fibras (%): 39,85; Comprimento de fibras (mm): 31; Finura (índice de micronaire): 4,44; Resistência (gf/tex): 29,35; Flabilidade (CSP): 2.133,5; e Teor de óleo na semente (%): 25-27 (FREIRE et al., 2009).

A cultivar BRS Araripe foi avaliada em condições de sequeiro, no Semiárido do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Piauí (precipitação média de 500 a 1000 mm anuais), por três safras (2003 a 2005), obtendo-se produtividade média de algodão em caroço de 2.725 kg ha⁻¹ e de 1.090 kg ha⁻¹ de algodão em fibra (VIDAL NETO et al., 2006).

Essa produtividade média foi de 11,7% e 11,8% respectivamente, superior às obtidas com as cultivares BRS 187 8H e BRS 201, nas mesmas condições. Os níveis de produtividade variaram de 842 a 4.922 kg ha⁻¹, dependendo das condições locais. Em regime de irrigação, a cultivar foi avaliada em Barbalha, CE, Touros, RN e Ipanguaçu, RN, com produtividade média de 4.679 kg ha⁻¹. No ensaio de Touros, foi obtida a produtividade máxima de 5.899 kg ha⁻¹. A percentagem média de fibra foi de 39,9% (variação de 38,7 a 41,4), contra 39,4% da BRS 201 (VIDAL NETO et al., 2006).

A cultivar BRS Araripe poderá ser cultivada em regime de sequeiro ou irrigada. Para o melhor desempenho, o seu cultivo deverá seguir as recomendações básicas para o algodoeiro herbáceo, em termos de conservação e preparo do solo. Como também, obedecendo ao Zoneamento Agrícola de Risco Climático para o algodoeiro herbáceo (VIDAL NETO et al., 2006).

3.3. Necessidades hídricas

Dias (2009) define as necessidades de água de um cultivo (ETc) como a quantidade de água necessária para cobrir as perdas por transpiração e evaporação de um cultivo livre de enfermidades, crescendo em grandes áreas, com abundância de água e adubos, sem restrições nas condições de solo e obtendo-se altas produções nas condições de crescimento dadas. Segundo o mesmo autor, as necessidades hídricas das culturas ainda podem ser definidas como sendo a quantidade de água que potencialmente satisfaz a evapotranspiração de uma área vegetada quando a produção não é limitada pela falta de água. Para Doorenbos e Kassam (2000), as necessidades hídricas das plantas são determinadas geralmente com base no processo da evapotranspiração, e são representadas pelas perdas ocorridas na forma de vapor, por meio da superfície do solo (evaporação) e das perdas através das folhas (transpiração), com variações locais e espaciais provocadas pelas condições edafoclimáticas e pelo estágio de desenvolvimento da cultura.

Para Azevedo et al. (2003) o conhecimento da evapotranspiração (necessidades hídricas) de uma cultura durante seu ciclo e dos coeficientes de cultivo é de grande importância para o sistema de irrigação a ser utilizado, contribuindo para aumentar a produtividade e otimizar a utilização da lâmina de irrigação, dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos mananciais. Amorim Neto et al. (1996) afirmam que a determinação das necessidades hídricas das culturas, em seus diferentes estágios de desenvolvimento, é uma etapa importante para o manejo da irrigação.

Considerando-se que a irrigação é a principal atividade consumidora de água do planeta e grande consumidora de energia elétrica, ou seja, é concorrente pelos recursos hídricos e energéticos com os setores industriais e urbanos, torna-se importante a realização de estudos que definam o momento de se efetuar as irrigações e a quantidade de água que deverá ser aplicada, visando atender às necessidades hídricas das plantas. O manejo eficiente da irrigação possibilitará a economia desses recursos, a otimização do uso dos insumos agrícolas e a obtenção de maiores retornos econômicos, o que viabilizará o aumento da área irrigada no país (AMORIM NETO, 1995).

O algodoeiro apresenta tolerância relativamente alta à seca quando comparado a culturas como a soja, arroz e milho, dentre outras. Isso se deve à sua capacidade de aprofundamento do sistema radicular em condições de déficit hídrico, o que permite a planta absorver água em camadas mais profundas do solo em situações de stress (ROSOLEM, 2007). No entanto, uma vez que as atividades fisiológicas e metabólicas da cultura estão

diretamente vinculadas ao seu consumo hídrico, essa capacidade adaptativa se dará em detrimento da produtividade (BEZERRA et al., 2003).

A necessidade de exploração do algodoeiro em regime de irrigação no Nordeste brasileiro decorre da variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial. Porém, a irrigação é uma prática de fornecimento de água às culturas que necessita de informações de onde e quando as precipitações pluviométricas não são suficientes para suprir às necessidades hídricas das plantas. A irrigação constitui-se numa atividade imprescindível para qualquer agricultura rentável, em quase todas as regiões e climas da Terra (BEZERRA, 2007).

Para Duarte et al. (2012) o déficit hídrico é o resultado (negativo) do balanço hídrico em que o total de água que entra no sistema via precipitação é menor que a quantidade total de água perdida pela evaporação e pela transpiração das plantas.

Portanto, os efeitos da deficiência de água podem ser observados em quase todas as fases de desenvolvimento do algodoeiro, porém o comprometimento da produção é mais relevante quando as variações do conteúdo de água (déficit hídrico de água no sol) ocorrem na fase de floração (HEARN, 1975; PRIETO e ANGUEIRA, 1999; HAN e KANG, 2001).

O manejo hídrico inadequado, com períodos de déficit prolongado, poderá afetar o crescimento vegetativo da planta (HANK, 2007), com conseqüente redução na produção de fotoassimilados (LIU et al., 2007) prejudicando, desta forma, a produtividade da cultura (KIMBALL e MAUNEY, 1993; GERIK et al., 1996; SARANGA et al., 1998; PETTIGREW, 2004), além de interferir na qualidade da fibra (LUZ et al., 1998; LIU et al., 2008), resultando em inúmeros prejuízos para o produtor.

Em contrapartida, de acordo com Beltrão et al. (1997), o algodão é particularmente sensível à falta de oxigênio na zona radicular, desta forma, condições de alta pluviosidade, que podem resultar em encharcamento do solo com conseqüente anoxia na região das raízes, levariam também à redução da produtividade da cultura.

Doorenbos e Kassam (2000) comentam que dependendo do clima e da duração do período total de crescimento, o algodoeiro necessita de 700 a 1300 mm de água para atender às suas necessidades hídricas. No início do período vegetativo, as necessidades hídricas da cultura são baixas, aproximadamente 10% do total, elevando-se, porém, durante o período de floração, quando a área foliar atinge o seu máximo, chegando a 50 ou 60% do total. Entretanto, nos estádios posteriores essas necessidades diminuem. Segundo Borges (2002), o excesso de água no solo influencia a deficiência total ou parcial de oxigênio, podendo causar efeitos no seu metabolismo e, dependendo do estágio da cultura e duração do encharcamento, afeta o seu crescimento. Já para Hemerly (1981), as plantas são sensíveis ao excesso de

umidade por períodos prolongados, em especial, na fase inicial e na frutificação. Com isso, para Doorenbos e Kassam (2000), tanto a falta como o excesso de água são prejudiciais ao desenvolvimento das plantas. De maneira geral, Beltrão (2006) afirma que o algodoeiro é muito sensível aos estresses anoxítico e hipoxítico (ausência ou deficiência de oxigênio no ambiente edáfico), apresentando ajustamento osmótico, além de outros mecanismos fisiológicos e bioquímicos para resistência à seca.

Segundo Doorenbos e Kassam (2000), para condições ótimas de manejo (de irrigação e práticas agronômicas), os valores dos coeficientes de cultivo (K_c) para o algodoeiro nas diferentes fases fenológicas da cultura são: para o estágio inicial, 0,4 – 0,5 (20 a 30 dias); no estágio de desenvolvimento, 0,7 – 0,8 (40 a 50 dias); no estágio intermediário, 1,05 – 1,25 (50 a 60 dias); na fase final, 0,8 – 0,9 (40 a 55 dias). Mas para condições específicas do semiárido do Nordeste brasileiro, utilizando o método da Razão de Bowen (BEZERRA et al., 2008) encontraram coeficientes de cultivo de 0,36; 0,64; 0,86 e 0,71; respectivamente, para cultivares de ciclo médio.

Segundo Pires et al. (2001), a falta ou o excesso de água afeta negativamente o crescimento, a sanidade e a produção das plantas, em que o estresse hídrico é fator limitante da produção agrícola; conforme o autor, o período crítico ao déficit hídrico no algodoeiro vai do início da floração até o início da maturação. Para Barreto et al. (2003), o desenvolvimento, crescimento e produção satisfatória do algodoeiro necessita de suprimentos hídricos diferenciado nas suas fases fenológicas, além de um manejo compatível com a sua capacidade de retirada de água na zona radicular, evitando-se déficit excessivo ou desperdício de água.

De maneira geral, a agricultura irrigada tem otimizado a produção mundial de alimentos, gerando desenvolvimento sustentável no campo e gerando mais empregos e renda para população rural. A água é essencial para o incremento da produção das culturas, por isso o seu uso deve ser feito da melhor forma possível para que se obtenha produções satisfatórias e altos rendimentos, isso exige o conhecimento sobre o crescimento das culturas e seu rendimento em diferentes condições (ARAGÃO et al., 2012). Como também, a irrigação traz vantagens indiscutíveis para as culturas, favorecendo, ao máximo, a expressão dos seus potenciais produtivos (AZEVEDO e BEZERRA, 2008). Via de regra, as necessidades hídricas das espécies podem ser estimadas pela aproximação da evapotranspiração de referência vezes o coeficiente de cultivo ($ET_0 \times K_c$).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido no Campo Experimental da Embrapa Algodão, no município de Barbalha, CE, localizado nas coordenadas geográficas 7°19' S de latitude, 39°18' O de longitude e 409,03 m de altitude (RAMOS et al., 2009) a aproximadamente 550 km da capital do Estado, situada na Mesorregião Sul Cearense e na Microrregião do Cariri Cearense, no período de julho a dezembro de 2010, período compreendido entre o plantio e a colheita (Figuras 1 e 2, GOOGLEMAPS, 2012; LEDO et al., 2011).

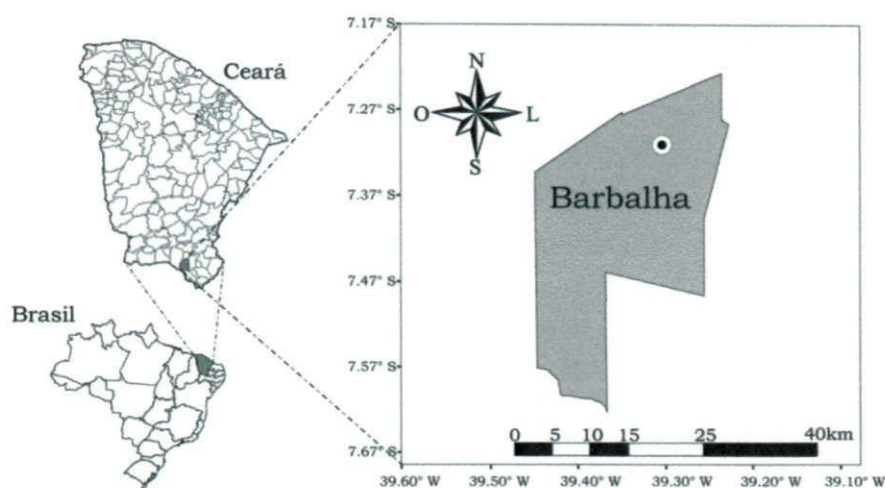


Figura 1. Localização da área em estudo, Barbalha, CE, 2010

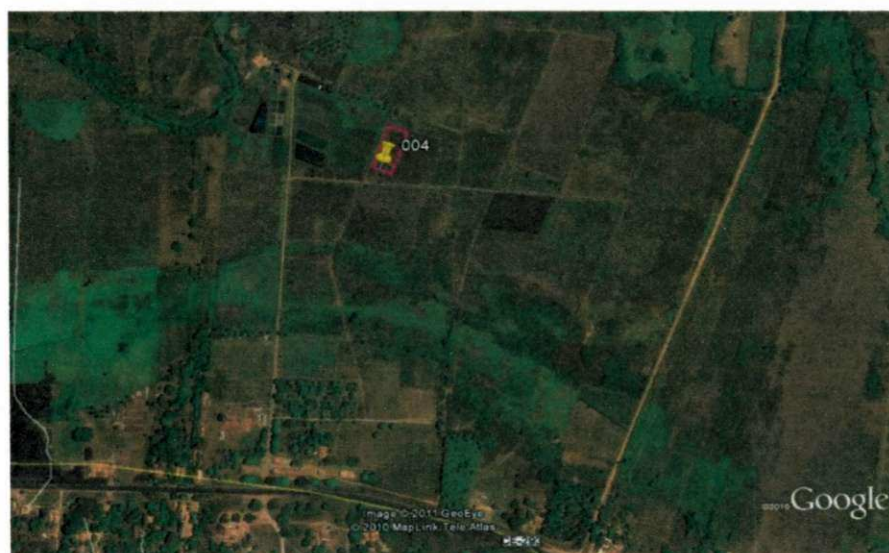


Figura 2. Imagem de satélite da localização da área de estudo 10 A, Barbalha, CE, 2010

4.2. Clima

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen adaptada ao Brasil (COELHO e SONCIN, 1982), é do tipo “CSa”, semiúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno. O período chuvoso é de março a junho e o mais seco é de outubro a dezembro.

Os dados meteorológicos da área experimental para o ano de cultivo (2010) estão contidos na Tabela abaixo, conforme dados fornecidos pelo INMET (Tabela 1).

Tabela 1. Valores mensais de pressão atmosférica média (Press), temperatura média (Tmed), temperatura máxima média (Tmax), temperatura mínima média (Tmin), precipitação média (Prec), umidade relativa do ar média (UR) e insolação total (Ins) no ano de cultivo, no Município de Barbalha, CE, 2010

Variáveis Meteorológicas							
Mês	Press (kPa)	Tmed (°C)	Tmax (°C)	Tmin (°C)	Prec (mm)	UR (%)	Ins (h)
Jan	964,7	25,6	31,5	19,8	218,5	83,0	206,4
Fev	965,7	26,7	32,3	21,0	103,9	80,3	229,0
Mar	963,3	27,5	34,0	21,0	174,5	78,8	240,1
Abr	965,6	26,2	31,0	21,4	247,0	79,1	251,4
Mai	964,9	27,3	33,7	21,0	16,5	73,8	250,5
Jun	969,5	24,6	30,0	19,2	89,0	73,3	211,6
Jul	969,0	25,6	31,7	19,5	7,5	73,3	247,4
Ago	968,9	26,2	33,3	19,1	0,0	59,9	289,9
Set	966,1	26,6	34,8	18,5	0,0	55,5	302,7
Out	965,4	26,1	32,0	20,3	15,0	61,9	249,6
Nov	963,3	27,8	34,6	21,0	8,5	62,0	298,4
Dez	963,5	26,2	32,5	19,8	179,5	75,3	193,4
Média	965,8	26,4	32,6	20,1		63,6	
Total					1059,9		2970,4

FONTE: INMET (2012)

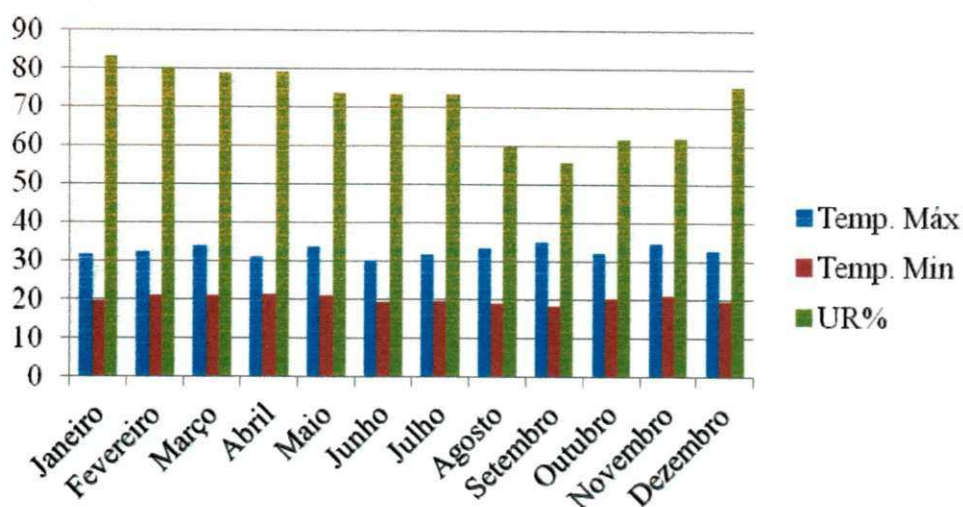


Figura 3. Valores médios mensais de temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa do ar, Barbalha, CE, 2010

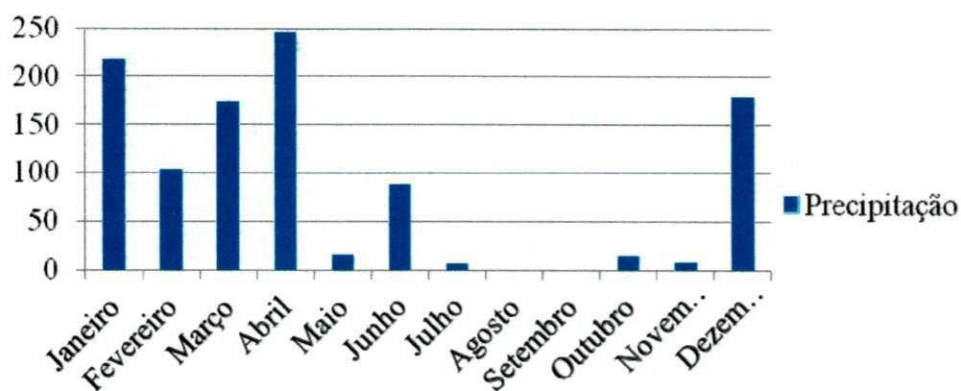


Figura 4. Acumulados mensais de precipitação no ano de cultivo, Barbalha, CE, 2010

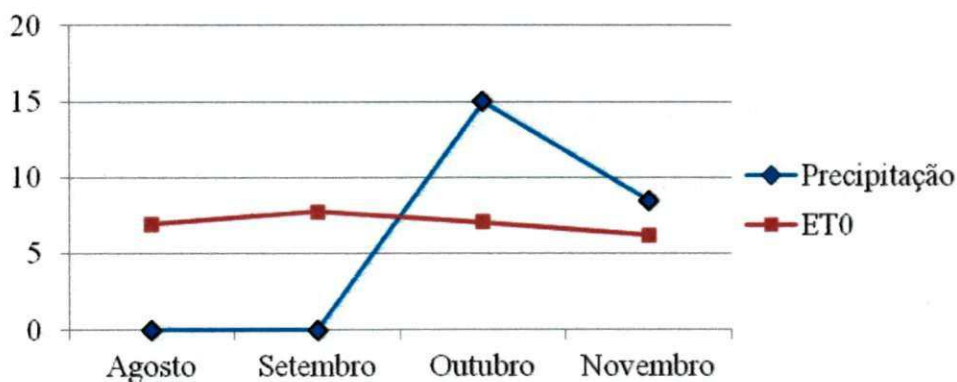


Figura 5. Valores médios mensais de precipitação (mm) e evapotranspiração (ET₀_mm) na época de cultivo, Barbalha, CE, 2010

4.3. Caracterização do solo

O solo predominante na área experimental pertence à classe dos NEOSSOLOS FLÚVICOS, anteriormente classificados como Aluviais Eutróficos (EMBRAPA SOLOS, 1999). Esses solos são formados a partir de deposições fluviais ao longo dos cursos de água e são terraços tipicamente planos, apresentando lençol freático elevado e drenagem insuficiente. A classificação textural e as características físico-hídricas (boletim N.009/2010) foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), (Tabela 2). A caracterização química do solo (boletim N. 46/11) foi realizada no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Algodão (Tabela 3).

Tabela 2. Análise textural e caracterização físico-hídrica do solo da área 10 A, Barbalha, CE, 2010

Granulométrica (%)	Profundidade (cm)			
	00-20	20-40	40-60	60-80
Areia Grossa	12	4	7	3
Areia Fina	25	16	50	45
Silte	21	28	4	17
Argila	42	52	39	35
Argila Natural (%)	23	15	29	23
Grau Floculação (%)	45	71	26	34
Classe Textural	Argila	Argila	Argila Arenosa	Franco Argilo Arenoso
Densidade do Solo (g/cm ³)	1,38	1,45	1,42	1,43
Densidade Real (g/cm ³)	2,57	2,53	2,56	2,54
Porosidade (%)	46,30	42,68	44,53	43,70

Constante físico hídricas

Profundidade (cm)	Conteúdo de água (%)			Água disponível	
	Residual	0,33 Atm	15 Atm	(%)	(mm/cm)
00-20	3,80	29,47	15,65	13,82	1,91
20-40	3,70	40,20	21,28	18,92	2,74
40-60	2,65	20,17	10,47	9,70	1,38
60-80	3,45	26,80	13,81	12,99	1,86

Tabela 3. Análise química do solo da área experimental 10 A, Barbalha, CE, 2010

Caracterização química do solo												
pH H ₂ O 1:2,5	Complexo Sortivo (mmol _c /dm ³)						% mmol _c /dm ³ mg/dm ³ g/kg g/kg					
	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	S	H +Al	T	V	Al ⁺³	P	N	M.O.
7,5	125,1	78	7,2	6,0	216,3	-	216,3	100	0,0	24,5	-	18,8

4.4. Caracterização da água de irrigação

A água utilizada na irrigação foi de um poço artesiano localizado próximo ao experimento. Antes do início do experimento uma amostra da água foi retirada e levada ao Laboratório de Análises de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Algodão, para determinações de suas características químicas e classificação, conforme a Tabela 4.

Tabela 4. Análise química da água utilizada na irrigação da área experimental 10 A, Barbalha, CE, 2010

DETERMINAÇÕES	RESULTADOS
Condutividade elétrica - microS/cm a 25 ⁰ C	308
Potencial hidrogeniônico (pH)	7,3
Cloretos em Cl ⁻	17,75 mg/L
Sulfatos em SO ₄ ⁼	Ausência
Alcalinidade de hidróxidos em CaCO ₃	Ausência
Alcalinidade de carbonato em CaCO ₃	Ausência
Alcalinidade em bicarbonato em CaCO ₃	150,00 mg/L
Cálcio em Ca ⁺⁺	30,00 mg/L
Magnésio em Mg ⁺⁺	13,80 mg/L
Sódio em Na ⁺	25,30 mg/L
Potássio em K ⁺	4,29 mg/L
Dureza total em CaCO ₃	132,50 mg/L
Relação de adsorção de sódio (RAS)	1
CLASSE	C ₂ S ₁

A água apresenta salinidade média e baixa concentração de sódio podendo ser usada para irrigação sempre que houver um grau moderado de lixiviação e cuidados especiais no manejo do solo.

4.5. Cultivares avaliadas

As cultivares de algodoeiro herbáceo utilizados foram:

- Cultivar BRS 286
- Cultivar BRS Aroeira
- Cultivar BRS Araripe

As sementes das cultivares de algodoeiro herbáceo mencionadas acima foram disponibilizadas pela Embrapa Algodão (CNPQ) no município de Campina Grande, PB.

4.6. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram da combinação fatorial 3 x 5 de três cultivares de algodoeiro herbáceo ((BRS 286 (G1); BRS Aroeira (G2) e BRS Araripe (G3)) e cinco lâminas de irrigação, 260,93 (L1), 418,93 (L2), 514,21 (L3), 711,81 (L4) e 894,68 (L5) mm.

Combinados, os fatores resultaram em 15 tratamentos: (1.L5G1), (2.L5G2), (3.L5G3), (4.L4G1), (5.L4G2), (6.L4G3), (7.L3G1), (8.L3G2), (9.L3G3), (10.L2G1), (11.L2G2), (12.L2G3), (13.L1G1), (14.L1G2) e (15.L1G3), em delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições, totalizando 60 subparcelas dispostas em faixas.

4.7. Preparo do solo

O solo da área experimental foi preparado 15 dias antes do plantio, por meio de arações com arado escarificador a uma profundidade de 20 cm, seguidas de duas gradagens com grade niveladora.

4.8. Adubação

Na adubação foram aplicados 90, 60 e 20 kg ha⁻¹ de N, P e K, respectivamente, sendo o N parcelado em três vezes, aplicadas na forma de ureia, com aplicações de 10, 40 e 40% na adubação de fundação, primeira e segunda adubações de cobertura. O N e P foram aplicados na forma de MAP (fosfato monoamônico) e o K na forma de cloreto de potássio (KCL).

4.9. Capinas

O controle de plantas daninhas foi feito com capinas manuais usando-se enxada e se mantendo a lavoura livre de plantas daninhas, pelo menos durante os primeiros sessenta dias após a emergência. Três capinas foram realizadas em toda a área experimental.

4.10. Espaçamento e arranjo de plantas

As cultivares de algodoeiro herbáceo foram plantadas em fileiras simples com espaçamento de 1,0 x 0,20 m, tendo a área de cada parcela experimental 12 x 15 m perfazendo uma área de 180 m² por parcela, e área das subparcelas de 12 x 3 m, com área de 36 m² e uma área útil (duas fileiras centrais) de 6 m²; portanto, com área total experimental de 2160 m². A Figura 6 apresenta o croqui da área experimental com a disposição dos tratamentos, a dimensão da área, das parcelas e a localização do sistema de irrigação.

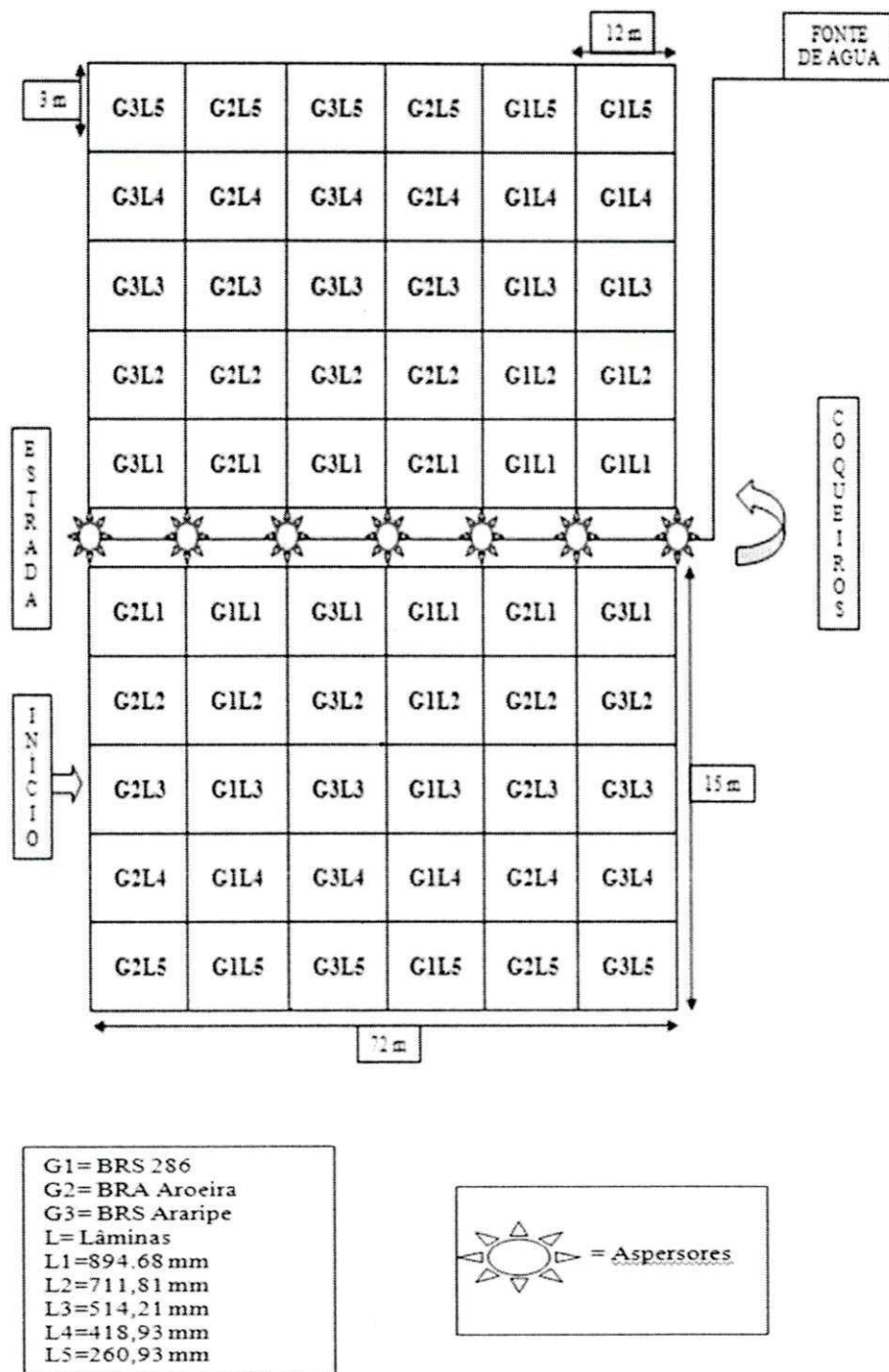


Figura 6. Croqui da área experimental, Barbalha, CE, 2010

4.11. Irrigação

4.11.1. Sistema de irrigação utilizado

O sistema de irrigação utilizado foi por aspersão em linha ("line source sprinkler system") muito empregado em pesquisas; constitui-se de uma linha de aspersores estreitamente espaçados entre si, que aplicam água em doses decrescentes à medida que aumenta perpendicularmente a distancia do aspersor. O sistema de aspersão em linha também pode ser utilizado para estudos de fertilização e produtividade das culturas.

O sistema utilizado no presente estudo foi de aspersão convencional com a linha principal constituída por tubos de PVC de 6 m de comprimento e diâmetro de 100 mm. Na linha principal foram instalados a cada 12 metros aspersores rotativos da marca Agropolo com diâmetro do bocal de 5,6 x 3,2mm, tubo de subida de 1,0m e pressão de serviço de 25 mca. A pressão da bomba de 40 mca proporcionou uma vazão do aspersor de 9 mm/hora, medida pelos pluviômetros na segunda faixa, ou seja, na faixa de controle.

Todas as parcelas ficaram a uma mesma distância dos emissores, por ocasião da irrigação. Para quantificação da água, foram instalados coletores (pluviômetros), tipo copo ou caneca, confeccionados em termoplástico, com capacidade para 50 mm. Esses coletores foram sustentados por encaixe, em varetas cilíndricas, fíncadas no solo, a, aproximadamente, 0,70 m de altura acima da superfície do solo. No fornecimento de água encontrou se uma eficiência de aplicação do sistema de aspersão de 70%, com aplicação de uma lâmina média de 24,9 mm.dia⁻¹, funcionando todos os aspersores simultaneamente, visando-se obter uma sobreposição de 100% da lâmina aplicada.

Visando à determinação da lâmina de água, utilizou-se uma proveta graduada para leitura direta em milímetros de lâmina de água, com escala de 0,5 mm.

4.11.2. Irrigação do algodoeiro

Antes do plantio foi efetuada uma irrigação de toda a área visando elevar o teor de umidade do solo à capacidade de campo, e após o plantio, irrigou se a cada quatro dias, durante 20 dias, sendo aplicada uma lâmina total de 86,4 mm, com base no armazenamento de água no solo, de modo a garantir uma boa germinação das sementes e crescimento inicial das cultivares de algodoeiro herbáceo. Somente a partir daí se iniciou a aplicação dos tratamentos de lâminas de irrigação, com um turno de irrigação a cada 3 dias. A precipitação efetiva durante o ensaio experimental foi de 20,58 mm, sendo esta somada a cada tratamento de irrigação aplicado.

O volume de reposição de água foi determinado na segunda faixa, correspondente a segunda subparcela, denominada de lâmina de controle, e calculado em função da evapotranspiração da cultura, determinada multiplicando a evapotranspiração de referência, ET_0 , pelo coeficiente da cultura do algodão K_c ($ET_c \times K_c$). A evapotranspiração de referência (ET_0), foi calculada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006) e os coeficientes de cultivo conforme Bezerra et al. (2008) de 0,76 (5 a 20 DAP) para a fase I, de 0,95 (21-41 DAP) para a fase II, de 1,09 (42-82 DAP) para a fase III e de 0,88 (83-103 DAP) para a fase IV.

Os dados climáticos usados nos cálculos da (ET_0) através do Método de Penman-Monteith, foram obtidos da Estação Meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia-INMET de Barbalha-CE, localizada a 500 metros da área experimental irrigada da Embrapa Algodão.

4.11.3. Lâminas de irrigação aplicadas

As lâminas de irrigação aplicadas em cada tratamento ao longo do experimento (260,93, 418,93, 514,21, 711,81 e 894,68 mm) representam respectivamente, 36, 58, 72, 100 e 125 % da evapotranspiração da cultura (ET_c).

4.12. Variáveis analisadas

4.12.1. Altura de planta, diâmetro do caule e área foliar

No momento da colheita, foi medido, em 10 plantas/parcela, o diâmetro do caule, o comprimento do ramo principal das plantas, desde o nível do solo até o ponteiro das plantas (altura) e a área foliar, determinada com auxílio de uma régua milimetrada, medindo-se 6 folhas (2 no terço superior, 2 do terço médio e 2 do terço inferior), bem como contando-se o número total de folhas, de cada planta, calculando-se a área foliar/folha através da equação: $Y = 0,4322 X^{2,3032}$ (GRIMES e CARTER, 1969), onde Y representa a área foliar ($cm^2.planta^{-1}$) e X, o comprimento longitudinal da nervura principal da folha (cm). Com a área foliar média das folhas calculadas pela referida equação, multiplicou-se esta pelo número total de folhas da planta para se determinar a área foliar média total por planta.

4.12.2. Produtividade, eficiência de uso da água (EUA) e fator de resposta da cultura ao déficit hídrico (K_y)

Na colheita foram colhidas e pesadas as duas linhas centrais (área útil) de cada subparcela (6 m^2), determinando-se a produção por subparcela e seu respectivo rendimento de algodão em caroço por hectare.

A eficiência do uso da água (EUA) foi determinada para cada nível de irrigação através da relação entre a produtividade do algodoeiro herbáceo (kg ha^{-1}) e o consumo de água ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$) por subparcela durante o ciclo da cultura (DOORENBOS e KASSAM, 1994; KIJINE et al., 2002).

Para avaliar a resposta da cultura ao déficit hídrico usou-se um parâmetro adimensional que relaciona a redução relativa no rendimento com o consumo relativo de água, segundo FAO 33 (DOORENBOS e KASSAM, 1979), sendo:

$$1 - \frac{Y_a}{Y_m} = K_y \left[1 - \frac{L_a}{L_m} \right]$$

em que

Y_a é a produtividade em dada lâmina de irrigação, kg ha^{-1} ;

Y_m é a produtividade máxima, kg ha^{-1} ;

Y_a/Y_m é a produtividade relativa, adimensional;

$1 - (Y_a/Y_m)$ é o decréscimo na produtividade relativa, adimensional;

L_a é a lâmina de irrigação aplicada que acarreta na produtividade Y_a , mm;

L_m é a lâmina máxima de irrigação aplicada, mm;

L_a/L_m é a lâmina de irrigação relativa, adimensional;

$1 - (L_a/L_m)$ é o decréscimo relativo na lâmina de irrigação aplicada, adimensional;

K_y é o fator de resposta definido como o decréscimo na produtividade com relação ao decréscimo da lâmina de irrigação aplicada, adimensional.

Este fator é um indicativo de que a cultura é tolerante ao estresse hídrico. Quando o fator de resposta é maior que 1, indica que o decréscimo relativo na produtividade para um dado déficit na irrigação é proporcionalmente maior que o decréscimo relativo na lâmina de irrigação ou evapotranspiração (KIRDA et al., 1999). A FAO 66 (2012) classifica os valores de K_y e diz que eles são específicos para as diferentes culturas, podendo ser classificados como: quando a resposta da cultura é muito sensível ao déficit hídrico ($K_y > 1$); quando a

cultura é mais tolerante ao déficit hídrico ($K_y < 1$) e quando a redução da produção é diretamente proporcional ao consumo de água reduzida ($K_y = 1$).

4.13. Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise de variância (Teste F) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade para as variáveis qualitativas (cultivares) e de regressão para as variáveis quantitativas. Para isto, utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância, valores médios e análise de regressão para as variáveis relacionadas com as características agrônômicas das cultivares de algodoeiro herbáceo BRS 286, BRS Aroeira e BRS Araripe, submetidas a diferentes lâminas de irrigação, são apresentados nas Tabelas 5, 6 e 7, respectivamente.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para as variáveis diâmetro do caule (DC_mm), altura de planta (AP_cm), área foliar (AF_cm².planta⁻¹) e produtividade (PROD_kg ha⁻¹) das cultivares de algodoeiro herbáceo submetidas a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010

FV	GL	DC	AP	AF	PROD
QUADRADO MÉDIO					
Bloco	3	10,6581	616,812	1165,30	3265923,5
Cultivar (C)	2	2,6069 ^{ns}	1987,483 ^{**}	1499413,24 ^{**}	4855404,1 ^{**}
Erro 1	6	1,9989	134,427	2698,52	293027,7
Lâminas (L)	4	33,9658 ^{**}	1007,659 ^{**}	574910,48 ^{**}	10778776,8 ^{**}
Erro 2	12	0,6230	45,537	66007,13	276043,9
(C x L)	8	6,5171 ^{**}	86,323 [*]	407944,01 ^{**}	1341156,6 ^{**}
Erro 3	24	1,3209	27,294	40067,15	248729,46
Total	59				
Média Geral		11,98	72,31	1094,29	4238,92
CV 1 (%)	-	11,8	16,03	4,75	12,77
CV 2 (%)	-	6,59	9,33	23,48	12,39
CV 3 (%)	-	9,59	7,23	18,29	11,77

^{**} e ^{*} - significativo a 1% e 5% de probabilidade; ^{ns} - não significativo

Houve efeito significativo das cultivares sobre a altura de plantas, área foliar e produtividade e não houve efeito para o diâmetro do caule das cultivares de algodoeiro herbáceo estudadas; em relação ao fator lâminas, todas as variáveis foram afetadas (Tabela 5).

Para todas as variáveis analisadas houve interação entre as lâminas de irrigação e as cultivares de algodoeiro herbáceo estudadas (Tabela 5), significando que o efeito da lâmina de água testada para todas as variáveis analisadas depende da cultivar estudada, enquanto, as cultivares reagiram de forma diferente à aplicação das diferentes lâminas de irrigação.

Tabela 6. Valores médios das características agronômicas de três cultivares de algodoeiro herbáceo, submetidas a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010

Cultivares	DC	AP	AF	PROD
BRS 286	11.93a	61.70a	1273,85a	4141.62a
BRS Aroeira	11.64a	73.72b	779,15b	3802.12a
BRS Araripe	12.36a	81.49b	1229,88a	4773.03b
Média Geral	11,98	72,31	1098,4	4238,92

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si (teste de tukey a 5% de probabilidade)

Analisando a Tabela 6 observa-se, quanto ao diâmetro caulinar, que as cultivares não se diferenciaram entre si. Para a variável altura de planta as cultivares BRS Aroeira e BRS Araripe apresentaram comportamento similar, diferenciando-se da cultivar BRS 286, que teve a menor altura (61,70cm). Quanto à área foliar e produtividade as cultivares BRS 286 e BRS Araripe apresentaram o mesmo comportamento diferenciando-as da BRS Aroeira que teve a menor área foliar (779,1 cm²) e a maior produtividade (4773,03 kg ha⁻¹); no geral, a cultivar BRS Araripe apresentou maiores valores médios quanto ao diâmetro do caule, altura de planta e produtividade.

Tabela 7. Análise de regressão para as variáveis agronômicas estudadas em função das lâminas de irrigação aplicadas, Barbalha, CE, 2010

Parâmetros	Quadrado médio				
	GL	DC	AP	AF	PROD
R. Linear	1	88,571532**	1373,09**	369361,51*	28039261,7**
R. Quadrática	1	43,957708**	2589,66**	402354,60*	12333575,4**
Desvio	2	1,667041 ^{ns}	33,93 ^{ns}	763962,91**	1371135,03*
Erro	12	0,623089	45,537632	66007,13	276043,9

** e * - significativo a 1% e 5% de probabilidade; ^{ns} - não significativo

Na Tabela 7, constata a significância das variáveis relacionadas com as características agronômicas das três cultivares de algodoeiro herbáceo submetidos a diferentes lâminas de irrigação. Observa-se, quanto ao diâmetro caulinar e a altura de planta, que ambas as variáveis foram afetadas pelas lâminas de irrigação aplicadas a nível de 1% de probabilidade; já as variáveis área foliar e produtividade também foram afetadas pelas lâminas de irrigação aplicadas a nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. O trabalho realizado por Cordão Sobrinho et al. (2007) avaliando o crescimento e o rendimento do algodoeiro BRS 200 em função de lâminas de irrigação e reguladores de crescimento, teve todas as variáveis de crescimento afetadas significativamente pelas lâminas de irrigação estudadas.

De maneira geral observou-se, para todas as variáveis analisadas, que o modelo matemático que mais se ajustou aos dados foi o polinomial de segunda ordem, apresentados nas figuras 7, 8, 9 e 10, respectivamente.

O diâmetro caulinar das plantas de algodoeiro aumenta com o conteúdo de água do solo, atingindo valor máximo entre 13 e 14 cm, com uma lâmina máxima (obtida pela equação no gráfico) de 725 mm, diminuindo a partir desse ponto (Figura 7). O incremento do diâmetro do caule do algodoeiro constatado em função das lâminas de irrigação, veio confirmar fato semelhante em trabalho realizado por Cordão Sobrinho et al. (2007).

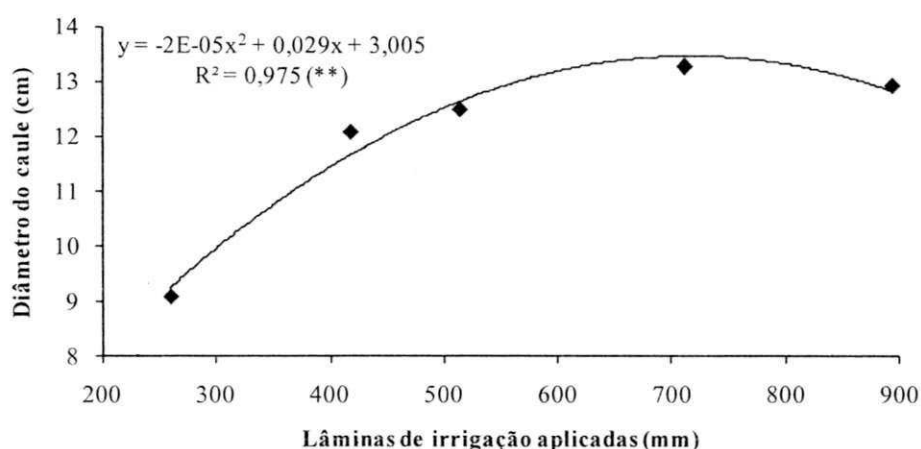


Figura 7. Diâmetro do caule do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010

Observa-se que o diâmetro do caule do algodoeiro decresceu quando a lâmina de água baixou de 700 mm; isto, segundo Raven et al. (2001) e Taiz e Zeiger (2004) pode ser devido à decorrência natural das condições hídricas desfavoráveis para divisão e alongamento celular afetando sobretudo o câmbio caulinar das plantas, dificultando seu crescimento.

Concernente à altura de planta, ela aumentou com a lâmina de água aplicada até atingir um valor máximo próximo dos 79 cm, com uma lâmina máxima (obtida pela equação no gráfico) de 680 mm no ponto máximo, diminuindo a partir desse ponto (Figura 8).

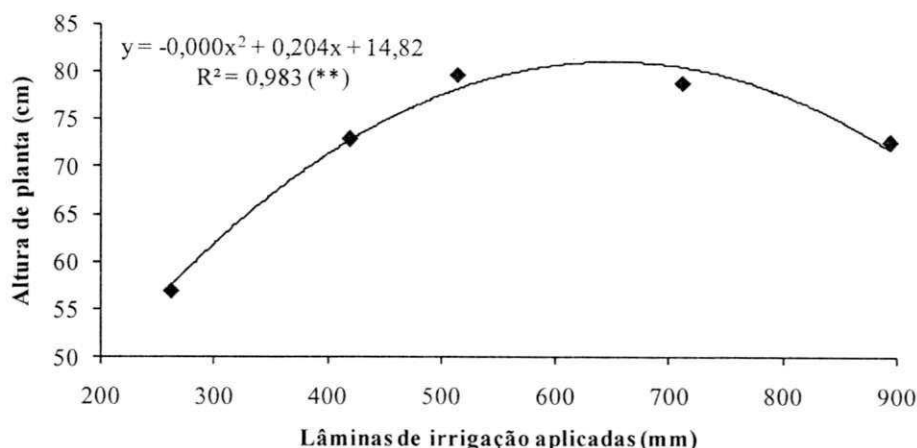


Figura 8. Altura de planta do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010

A diferença de altura entre as plantas irrigadas com a maior lâmina e com as lâminas menores é decorrente de insuficiência hídrica (déficit hídrico) que provoca decréscimo na turgescência celular diminuindo o crescimento por alongamento (TAIZ e ZEIGER, 2004).

A área foliar também aumentou com o conteúdo de água do solo com valor máximo, para esta variável, próximo dos 1200 cm².planta⁻¹, para uma lâmina de 657 mm (obtida pela equação no gráfico) decaindo a partir desse ponto (Figura 9).

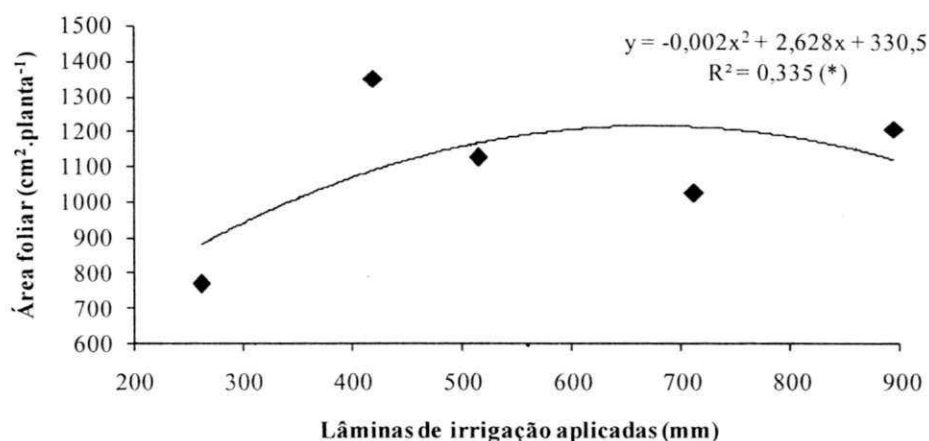


Figura 9. Área foliar do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010

Taiz e Zeiger (2004) mencionam que o primeiro efeito direto do déficit hídrico nas plantas é a redução da área foliar em virtude de afetar o alongamento das células fazendo com que seja formada a parede celular secundária, caracterizando seu tamanho definitivo. No algodoeiro Silva et al. (1998) afirmam que quando a divisão celular é afetada pelo

agravamento do estresse hídrico, o decréscimo na área foliar se deve à diminuição, também do número de folhas emitidas.

A produtividade do algodoeiro foi crescente à medida em que aumentou o conteúdo de água do solo, com produtividade máxima próximo dos 5000 kg ha⁻¹ para uma lâmina máxima calculada no ponto máximo (obtida pela equação no gráfico) de 783,5 mm, reduzindo a partir daí (Figura 10).

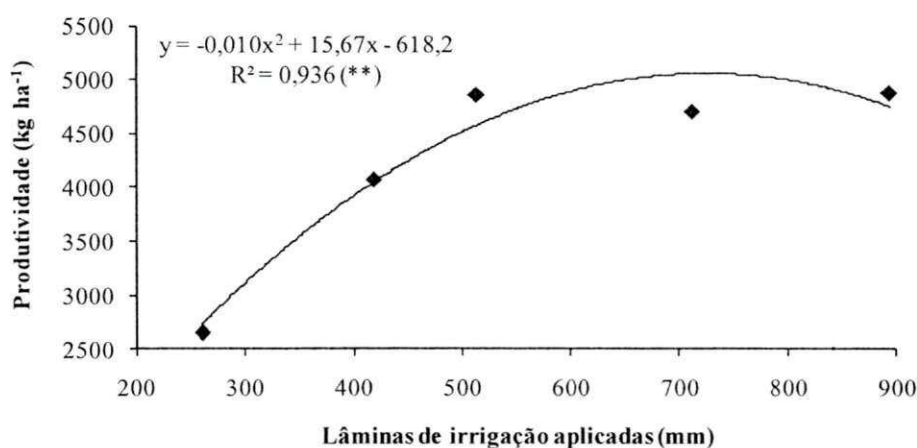
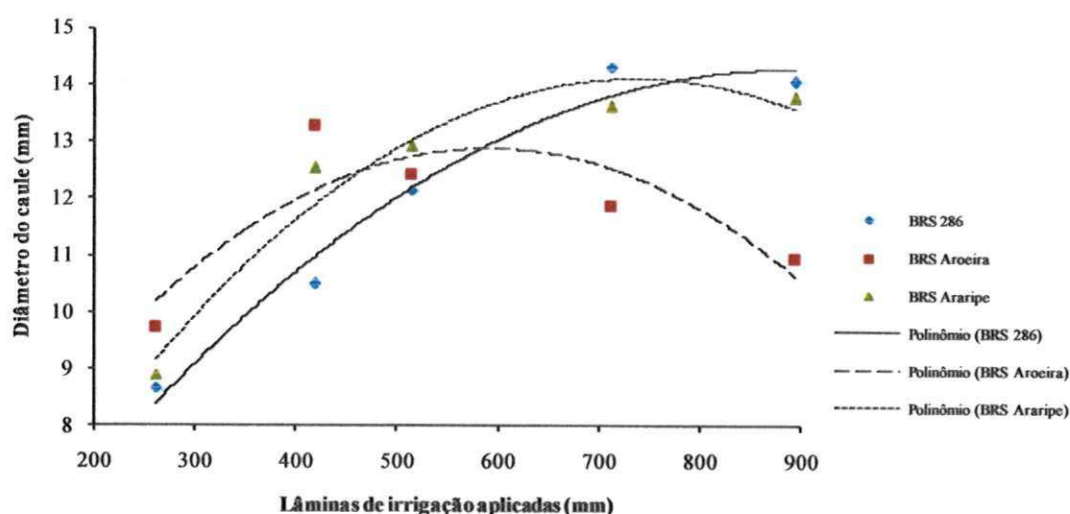


Figura 10. Produtividade do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010

Sempre que se reduziu o volume de água fornecido ao algodoeiro, verificou-se diminuição na produtividade (Figura 10). Resultado este coerente com trabalho realizado por Cordão Sobrinho et al. (2007) que encontrou rendimento máximo com lâmina aplicada de 741,64 mm para uma produtividade de 3311,92 kg ha⁻¹, no cariri cearense.

Estão apresentados a seguir, as curvas de regressão para a interação envolvendo o efeito das lâminas de irrigação em cada cultivar de algodoeiro estudado e os histogramas, relativos ao comportamento das cultivares dentro de cada lâmina de irrigação aplicada, das variáveis diâmetro do caule, altura de planta, área foliar e produtividade, apresentados nas Figuras 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 e 18, respectivamente.



BRS 286 (*) = $y(2^{\circ} \text{ grau}) = -1E-05x^2 + 0,0266x + 2,4561$, $R^2 = 0,9729$, Equação 1
 BRS Aroeira (**) = $y(2^{\circ} \text{ grau}) = -2E-05x^2 + 0,0292x + 4,2299$, $R^2 = 0,719$, Equação 2
 BRS Araripe (**) = $y(2^{\circ} \text{ grau}) = -2E-05x^2 + 0,032x + 2,3017$, $R^2 = 0,9531$, Equação 3

Figura 11. Diâmetro do caule das três cultivares de algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação estudadas, Barbalha, CE, 2010

De acordo com a Figura 11 o efeito das lâminas de irrigação no diâmetro do caule se ajustou a um modelo polinomial de segunda ordem para as cultivares BRS 286, BRS Aroeira e BRS Araripe. Em trabalho realizado por Miranda (2010) avaliando lâminas de irrigação no algodoeiro herbáceo BRS Safira, a variável diâmetro do caule teve seu tamanho influenciado pelas lâminas aplicadas em todas as fases do desenvolvimento da cultura do algodão, a nível de 1%. Siqueira et al. (2005) trabalhando com níveis de salinidade da água de irrigação no algodoeiro de fibra marrom (linhagem CNPA 2002/26) também encontraram significância a nível de 1%, para a mesma variável.

As cultivares BRS 286 e BRS Araripe apresentaram valores crescentes do diâmetro do caule com o aumento da lâmina de irrigação aplicada, obtendo-se maior valor para a BRS 286, bem próximo da lâmina máxima aplicada de 894,68 mm e para a BRS Araripe de 727,1 mm, plotadas entre as lâminas de 711,81 (L4) e 894,68 (L5) mm, enquanto a cultivar BRS Aroeira apresentou um comportamento quanto ao diâmetro do caule diferente das demais cultivares, aumentando até a uma lâmina máxima calculada de 582,7 mm, plotadas entre as lâminas de 514,21 (L3) e 711,81 (L4) mm, decaindo consideravelmente a partir deste ponto. O diâmetro caulinar ficou acima dos 14 mm para as cultivares BRS 286 e BRS Araripe e de aproximadamente 13 mm para o BRS Araripe. Todos os pontos máximos foram calculados com base nas equações 1, 2 e 3, conforme segue acima, no quadro, respectivo para cada cultivar estudada (Figura 11).

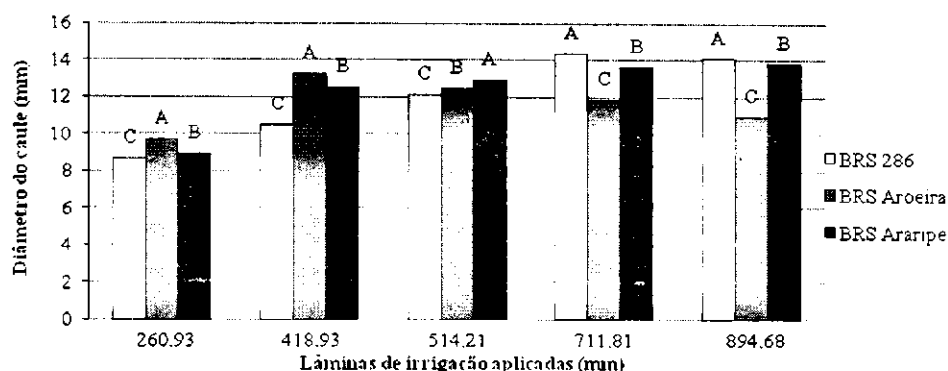
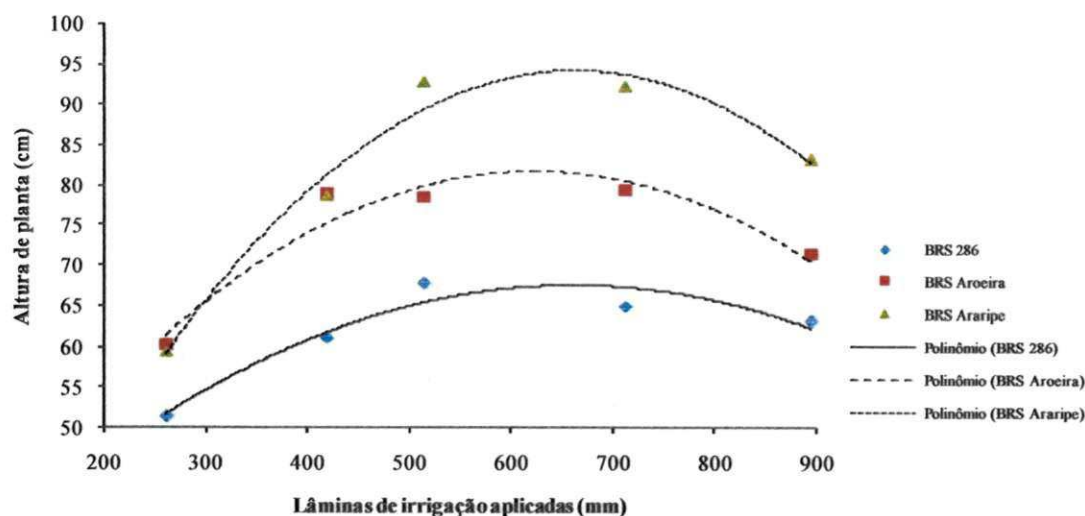


Figura 12. Diâmetro do caule das três cultivares de algodoeiro herbáceo avaliado em função de cada lâmina de irrigação aplicada, Barbalha, CE, 2010

Na Figura 12 se apresentam o histograma com o comportamento do diâmetro do caule das três cultivares utilizadas dentro de cada lâmina de irrigação aplicada, bem como o de cada uma delas nas diferentes lâminas de água aplicadas. Para cada lâmina as cultivares apresentou comportamentos diferentes entre si, destacando-se a BRS Aroeira na L1 (260,93 mm) e L2 (418,93 mm), a BRS Araripe na L3 (514,21 mm), mas nas duas maiores lâminas de irrigação aplicadas (L4 - 711,81 e L5 - 894,68 mm) destaca-se a BRS 286. No geral, para a variável diâmetro do caule, as cultivares que mais se destacaram na maior e menor lâmina aplicada foram a BRS 286 e a BRS Aroeira, respectivamente. Observa-se que o diâmetro do caule das cultivares do algodão variou com a lâmina aplicada, aumentando proporcionalmente até a lâmina máxima de irrigação aplicada apenas na BRS Araripe, enquanto que na BRS 286 e na BRS Aroeira decaiu a partir das lâminas aplicadas de 711,81 (L4) e 418,93 (L2) mm, respectivamente.

Souza et al. (1999), avaliando níveis para reposição de água no solo de 25, 50 e 75% da água disponível na cultivar CNPA 7H, também observaram que o menor nível de água no solo causou efeito significativamente depreciativo sobre o diâmetro caulinar. Sousa Júnior (2007) evidencia que o incremento no suprimento de água no solo favoreceu o crescimento caulinar do algodoeiro BRS Verde.



BRS 286 (**)= $y(2^{\circ} \text{ grau}) = -1E-04x^2 + 0,1297x + 24,512$, $R^2 = 0,9213$, Equação 4
 BRS Aroeira (**)= $y(2^{\circ} \text{ grau}) = -0,0002x^2 + 0,1936x + 21,467$, $R^2 = 0,9301$, Equação 5
 BRS Araripe (**)= $y(2^{\circ} \text{ grau}) = -0,0002x^2 + 0,2888x - 1,4561$, $R^2 = 0,9723$, Equação 6

Figura 13. Altura de plantas das três cultivares de algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação estudadas, Barbalha, CE, 2010.

Da mesma forma, a altura de planta apresentou tendências polinomiais para cada uma das três cultivares em função das lâminas de irrigação aplicadas. De maneira geral, observa-se que para todas as cultivares o crescimento em altura foi crescente até um determinado ponto, diminuindo a partir daí. A cultivar que apresentou maior altura foi a BRS Araripe, seguida da BRS Aroeira e da BRS 286, com valores de 95, 80 e 66 cm, encontrados nas lâminas máximas calculadas de 661,8, 624,5 e 665,5 mm, respectivamente, calculadas conforme as equações 4, 5 e 6 (Figura 13). Alves et al. (2009) encontraram efeito significativo das lâminas de água sobre a altura da planta, nas diferentes fases do ciclo da planta do algodoeiro de fibra marrom irrigado com água residuária.

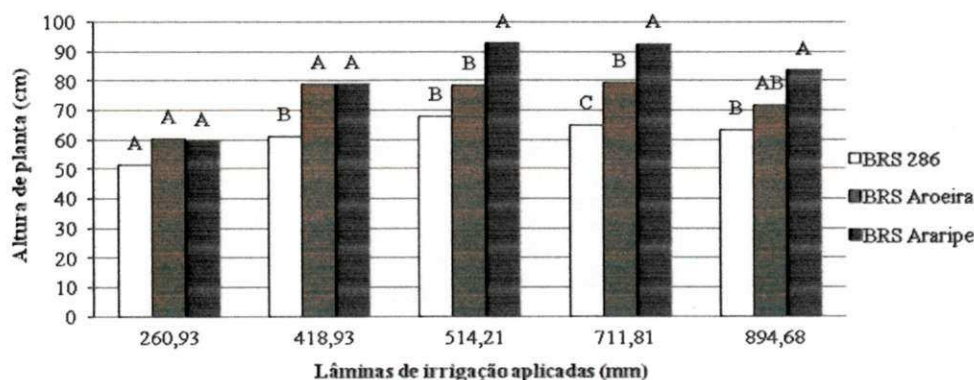


Figura 14. Altura de planta das três cultivares de algodoeiro herbáceo avaliada em função de cada lâmina de irrigação aplicada, Barbalha, CE, 2010

No histograma (Figura 14) é apresentado o comportamento da altura de plantas das três cultivares utilizadas dentro de cada lâmina de irrigação aplicada, bem como o de cada uma delas nas diferentes lâminas de água aplicadas. Na lâmina de 260,93 (L1) mm as cultivares apresentaram mesmo comportamento, não diferenciando entre si. Em todas as lâminas aplicadas a cultivar BRS 286 apresentou o menor crescimento vegetativo. E nas demais lâminas de irrigação aplicadas (L3 - 514,21, L4 - 711,81 e L5 - 894,68 mm) destaca-se a cultivar BRS Araripe. No geral, observa-se que a altura de planta de cada cultivar variou, em todas elas, nas diferentes lâminas aplicadas, decaindo a partir da lâmina 711,81 (L4) mm. Salienta-se que o crescimento em altura para todas as cultivares estudadas ficou abaixo das características varietais, conforme Vidal Neto et al. (2006), Freire et al. (2009) e Silva Filho et al. (2009). Estes autores encontraram valores em altura de planta para a BRS Araripe de 110 cm, para BRS Aroeira de 125,33 cm e para a BRS 286 atingindo entre 110 e 120 cm.

A tendência de diminuição da altura de planta na lâmina máxima aplicada é coerente com trabalho realizado por Viana (2005), que obteve redução de altura ao aplicar uma lâmina de 120% da necessidade do algodoeiro herbáceo no Oeste da Bahia. Segundo Souza et al. (1999) os componentes do crescimento e do desenvolvimento da cultura do algodoeiro herbáceo estão relacionados às condições de água disponível no solo e ao tipo de solo. Beltrão e Souza (2001) colaboram pelo fato onde dizem que para a cultura do algodoeiro, o teor de umidade no solo é um dos fatores que determinam a altura e que, o estresse hídrico provocado pelo excesso de água afeta o crescimento da radícula, tendo como consequência, depressão do crescimento.

Já em relação ao déficit hídrico, Silva et al. (1998) reportam que plantas de algodoeiro cv. CNPA 6H que não passam por déficit hídrico se desenvolvem mais em altura, comparadas com plantas que são submetidas à restrição hídrica no solo; colaborando com estas informações, Souza et al. (1999), avaliando níveis de 25, 50 e 75% da água disponível no solo para reposição no algodoeiro herbáceo, observaram que o menor nível causou efeito depreciativo sobre a altura das plantas. Sousa Júnior (2007) trabalhando com lâminas de água de diferentes salinidades no algodoeiro BRS Verde no sertão da Paraíba, afirma que o crescimento do algodoeiro está diretamente ligado a maiores quantidades de água disponível e, que nos seus resultados, a lâmina de 680,82 mm proporcionou maior acréscimo na altura da planta, resultados coerentes com o presente ensaio. No geral, Pires et al. (2001) relatam que o estresse hídrico causado pela falta ou excesso de água afeta o crescimento das plantas e, para Borges (2002) o excesso de água no solo influencia a deficiência total ou parcial de oxigênio,

podendo causar efeitos no seu metabolismo e, dependendo do estágio da cultura e duração do encharcamento pode, afetar seu crescimento.

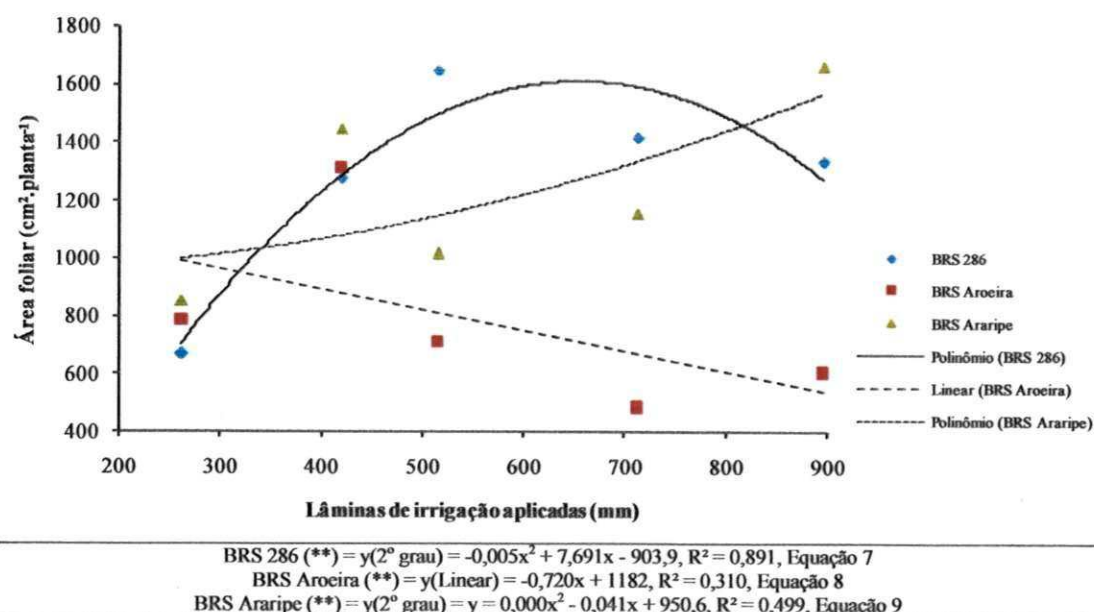


Figura 15. Área foliar das três cultivares de algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação estudadas. Barbalha, CE, 2010

Na Figura 15 as cultivares BRS 286, BRS Aroeira e BRS Araripe foram afetadas pelas lâminas de irrigação aplicadas para a variável área foliar. O modelo matemático que mais se adequou as cultivares BRS 286 e BRS Araripe foi o quadrático e para a cultivar BRS Aroeira, o linear. Comparando-se L1 (260,93 mm) com a lâmina máxima calculada (670 mm), plotada entre as lâminas L3 (514,21 mm) e L4 (711,81 mm), a cultivar BRS 286 teve acréscimo de 101,91%, decaindo a partir desse ponto de máximo. Para a cultivar BRS Araripe, seu crescimento foi crescente na medida que aumento a lâmina de irrigação, chegando ao seu crescimento máximo em área foliar na lâmina máxima aplicada (L5 – 894,68 mm). Para a cultivar BRS Aroeira, a área foliar teve um decréscimo de 22,94% entre as lâminas mínima (L1 – 260,93 mm) e máxima (L5 – 894,68 mm) aplicadas, apresentando comportamento decrescente à medida que se aumentou a lâmina de irrigação. Segundo Lamas et al. (2002), o uso de reguladores de crescimento torna-se indispensável no algodoeiro herbáceo BRS Aroeira. Isso deriva do fato da cultivar apresentar tendência natural de alto porte e ciclo longo (FREIRE, et al., 2009). No presente trabalho, esta foi incrementada pela excessiva oferta de água e adubação nitrogenada em detrimento da produção de folhas e conseqüentemente da produção (capacidade fotossintética diminuída). Resultado oposto foi encontrado por Miranda

(2010) que observou acréscimo linear, de acordo com o aumento da lâmina aplicada. Para todas as cultivares, o ponto de máximo foi calculado com base nas equações 7, 8 e 9 (Figura 15).

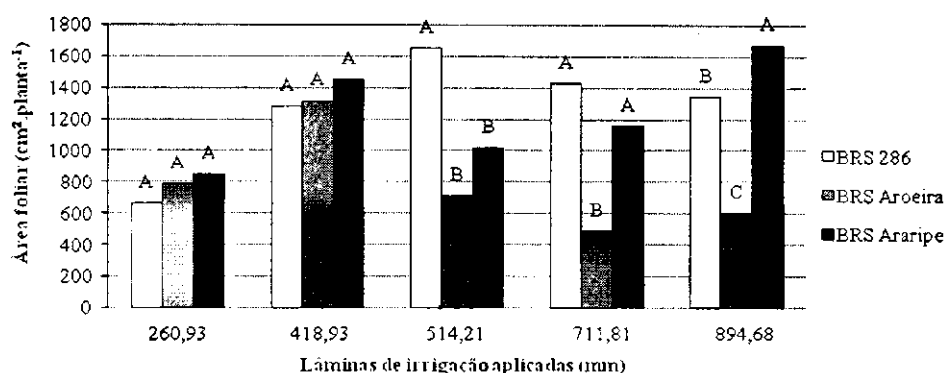
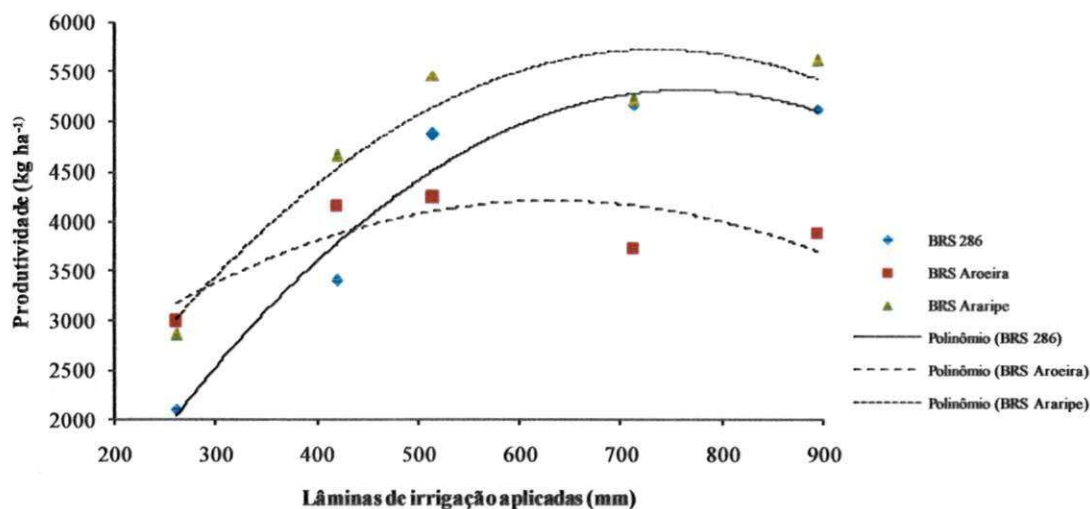


Figura 16. Área foliar das três cultivares de algodoeiro herbáceo avaliado em função de cada lâmina de irrigação aplicada. Barbalha. CF. 2010

No histograma (Figura 16) se encontram o comportamento da área foliar das 3 cultivares dentro de cada lâmina de irrigação aplicada, bem como o de cada uma delas nas diferentes lâminas de água aplicadas. Nas lâminas de 260,93 (L1) e 418,93 (L2) mm as 3 cultivares apresentaram mesmo comportamento, não diferenciando entre si, mas nas lâminas de irrigação aplicadas de 514,21 (L3) e 711,81 (L4) mm, destaca-se a cultivar BRS 286. Na maior lâmina aplicada (L5 - 894,68 mm), destacam-se as cultivares BRS 286 e BRS Araripe. No geral, observa-se que a área foliar do algodão para cada cultivar variou com a lâmina de irrigação aplicada, diminuindo proporcionalmente ao aumento da lâmina aplicada, a BRS 286, a partir da lâmina 514,21 (L3) mm e, a BRS Aroeira, a partir da lâmina 418,93 (L2) mm.

Segundo Bergamaschi (1999), a baixa disponibilidade de água no solo pode provocar redução da área foliar, por secagem ou queda das folhas, uma tentativa da planta reduzir a perda de água por transpiração. Diferente dos resultados obtidos no presente ensaio, em trabalho realizado por Silva et al. (1998) foram obtidos acréscimos na área foliar do algodoeiro cv. CNPA 6H, que não sofreu déficit hídrico, quando comparados com a área foliar obtida com as plantas submetidas à restrição de água no solo. Apenas a cultivar BRS 286 condiz com trabalho citado acima, onde a área foliar foi crescente com o conteúdo de água no solo, chegando a um ponto máximo e decaindo a partir desse ponto. Já para a cultivar BRS Aroeira, seu crescimento em área foliar foi inversamente proporcional ao conteúdo de água no solo, apresentando comportamento diferente das cultivares BRS 286 e BRS Araripe. Souza et al. (1999) também relatam que a baixa disponibilidade de água no solo reduz a área

foliar do algodoeiro, fato que pode demonstrar a resistência da cultivar BRS Aroeira ao déficit hídrico.



$BRS\ 286\ (**)\ =\ y(2^\circ\ grau)\ =\ -0,0129x^2 + 19,774x - 2255,9$, $R^2 = 0,9607$, Equação 10
 $BRS\ Aroeira\ (**)\ =\ y(2^\circ\ grau)\ =\ -0,0075x^2 + 9,4651x + 1210,8$, $R^2 = 0,6325$, Equação 11
 $BRS\ Araripe\ (**)\ =\ y(2^\circ\ grau)\ =\ -0,0121x^2 + 17,781x - 809,59$, $R^2 = 0,9133$, Equação 12

Figura 17. Produtividade das três cultivares de algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação estudadas, Barbalha, CE, 2010

Na Figura 17 se apresentam as tendências polinomiais pela variável produtividade para cada uma das três cultivares de algodoeiro herbáceo, dentro de todas as lâminas de irrigação aplicadas.

De acordo com o modelo matemático a produtividade foi afetada quadraticamente pelas lâminas aplicadas em todas as cultivares (BRS 286, BRS Aroeira e BRS Araripe). Pode-se dizer que as produtividades das cultivares BRS 286, BRS Aroeira e BRS Araripe foram crescentes com o aumento da lâmina de irrigação aplicada, com lâminas máximas calculadas de 766,4, 631 e 734,7 mm, para produtividade máxima calculada de 5321,82; 4197,07 e 5722,75 kg ha⁻¹ (valores obtidos com base nas equações 10, 11 e 12) (Figura 17), com acréscimo entre a lâmina mínima aplicada (L1 - 260,93mm) e a lâmina máxima calculada de 152,9, 40,39 e 100,41%, respectivamente, decaindo um pouco a partir destes pontos.

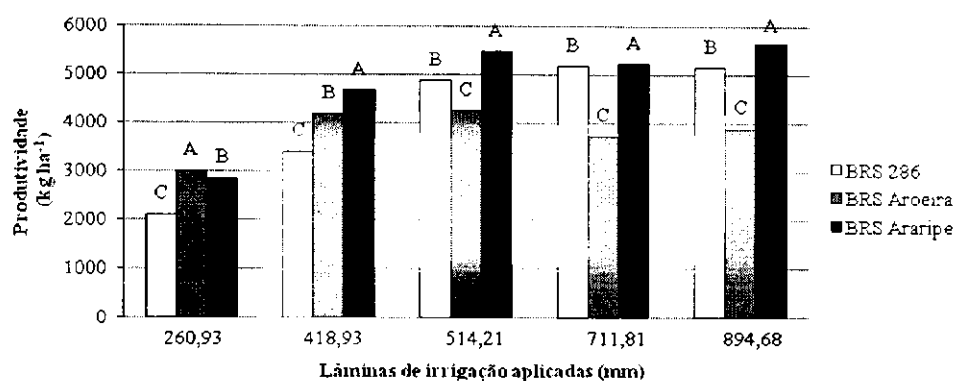


Figura 18. Produtividade das cultivares de algodoeiro herbáceo avaliado em função de cada lâmina de irrigação aplicada, Barbalha, CE, 2010

No histograma (Figura 18) se apresenta o comportamento da produtividade das 3 cultivares utilizados dentro de cada lâmina de irrigação aplicada, bem como o de cada uma delas nas diferentes lâminas de água aplicadas. Para cada lâmina aplicada as cultivares apresentaram diferentes comportamentos produtivos, mas nas quatro maiores lâminas de irrigação aplicadas (L2 - 418,93, L3 - 514,21, L4 - 711,81 e L5 - 894,68 mm) destaca-se a cultivar BRS Araripe.

Salienta-se que a produtividade do algodoeiro obtido para as cultivares BRS 286, BRS Aroeira e BRS Araripe (5181,9; 4248,03 e 5644,71 kg ha⁻¹, respectivamente) ficaram todos acima das medias reportadas para suas características varietais (4874. 3841 e 4679 kg ha⁻¹, respectivamente), conforme Silva Filho et al. (2009), Freire et al. (2009) e Vidal Neto et al. (2006). No geral, observa-se que a produtividade do algodão para cada cultivar variou com a lâmina de irrigação aplicada, aumentando proporcionalmente, exceto na BRS Aroeira que diminuiu a partir da lâmina 514.21 (L3) mm e que pelos resultados obtidos aparentemente esta é mais tolerante ao déficit hídrico e a cultivar BRS 286 é mais susceptível ao excesso hídrico presente no solo, necessitando de repetição do ensaio para confirmação do mesmo.

Guinn e Mauney (1984), Souza et al. (1999), Sousa Júnior et al. (2005), Cordão Sobrinho et al. (2007) e Mendez-Natera et al. (2007) reportaram que baixos níveis de água no solo ocasionaram redução na produtividade do algodão. Ademais os mesmos autores verificaram que o déficit hídrico reduz o florescimento e a retenção das maçãs e causa a formação inadequada das diferentes partes da planta como hastes, folhas e maçãs, ocasionando queda na produção.

Por outro lado, o excesso de água no solo pode influenciar negativamente o desenvolvimento da maioria dos cultivos de importância comercial. Naturalmente, o solo tem baixos teores de oxigênio em decorrência da respiração de raízes, de animais e de

microorganismos. Além disso, sua difusão é lenta no meio edáfico. Por isso, é comum a ocorrência de deficiência de O_2 , agravada por fatores geralmente associados à compactação e ao encharcamento do solo. Com o algodão não seria diferente, especificamente nessa cultura a anoxia causa modificações profundas no metabolismo da planta, o que afeta de maneira geral o crescimento, desenvolvimento e a produtividade das plantas (BELTRÃO et al., 2011). Notadamente, quanto mais água no ambiente, quanto mais água no solo, menor será o nível de oxigênio livre para a respiração das raízes das plantas.

Sempre que se elevou a lâmina de irrigação, acréscimos na produção de algodão em caroço também foram encontrados por Nunes Filho (1993), estudando o comportamento de duas cultivares de algodoeiro herbáceo em função da umidade do solo. Bezerra et al. (2004) conseguiram obter, com a lâmina de 742 mm, um rendimento máximo de 3543 kg ha^{-1} de algodão em caroço, estudando o efeito da deficiência hídrica sobre o rendimento do algodoeiro. Já Luz et al. (1997), irrigando com base em 50% da água disponível, obtiveram rendimento da ordem de 3375 kg ha^{-1} , com uma lâmina de 502 mm, estudando o efeito de lâminas de irrigação e reguladores de crescimento no algodoeiro BRS 200 – marrom.

A adequada disponibilidade hídrica proporcionou aumento de produtividade e obtenção de fibra de melhor qualidade. Por outro lado, a deficiência hídrica diminui a resistência e a finura da fibra, o diâmetro do caule, a altura de planta e, conseqüentemente, a produtividade (NUNES FILHO et al., 1998, CORDÃO SOBRINHO et al., 2007).

O resumo da análise de variância, valores médios e análise de regressão para a variável eficiência de uso da água (EUA), para as cultivares BRS 286, BRS Aroeira e BRS Araripe de algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, são apresentados na Tabela 8, 9 e 10 e na Figura 19.

Tabela 8. Eficiência de uso da água de irrigação_EUA (kg m^{-3}) de três cultivares de algodoeiro herbáceo submetidos a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010

FV	GL	EUA
		QUADRADO MÉDIO
Bloco	3	0,124967
Cultivar (C)	2	0,111422 ^{ns}
Erro 1	6	0,042248
Lâminas (L)	4	2,250914 ^{**}
Erro 2	12	0,057082
(C x L)	8	0,029797 ^{ns}
Erro 3	24	0,020018
Total	59	
Média Geral		1,0043333
CV 1 (%)	-	20,47
CV 2 (%)	-	23,79
CV 3 (%)	-	14,09

^{**} - significativo a 1% de probabilidade; ^{ns} - não significativo

Contatou-se efeito significativo das lâminas de irrigação sobre a eficiência de uso da água do algodoeiro herbáceo. Em relação ao fator cultivar e à interação (C x L), não houve efeito significativo (Tabela 8).

Analisando a Tabela 9 observa-se, quanto à variável eficiência de uso da água, que as cultivares estudadas não se diferenciaram entre si.

Tabela 9. Valores médios para a variável eficiência de uso da água (EUA) de três cultivares de algodoeiro herbáceo submetidas a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010

Cultivares	EUA
BRS 286	1.04a
BRS Aroeira	1.05a
BRS Araripe	0.91a
Média Geral	1.004

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si (teste de tukey a 5% de probabilidade)

Na Tabela 10 consta-se a significância da variável eficiência de uso da água das três cultivares de algodoeiro herbáceo submetidos a diferentes lâminas de irrigação. Observa-se que a variável foi afetada pelas lâminas de irrigação aplicadas a nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 10. Análise de regressão para a variável eficiência (EUA) de uso da água estudada em função das lâminas de irrigação aplicadas, Barbalha, CE, 2010

Parâmetros	Quadrado médio	
	GL	EUA
R. Linear	1	8,55 ^{**}
R. Quadrática	1	0,31 [*]
Desvio	1	0,08 ^{ns}
Erro	12	0,05

^{**} e ^{*} - significativo a 1% e 5% de probabilidade; ^{ns} - não significativo

A curva de regressão para a variável eficiência de uso da água versus lâminas de irrigação está apresentada na Figura 19. A eficiência de uso da água diminuiu linearmente de acordo com o aumento da lâmina de irrigação aplicada, ou seja, quanto maior a lâmina de irrigação aplicada menor a eficiência de uso da água. O maior e o menor valor de EUA foram de 1,65 e 0,54 kg m⁻³, encontrados nas lâminas mínimas e máximas aplicadas, iguais a 260,93 (L1) e 894,68 (L5) mm, respectivamente (Figura 19). Este fato implica dizer que as cultivares estudadas obtiveram um aproveitamento da água mais eficiente quando esta era escassa.

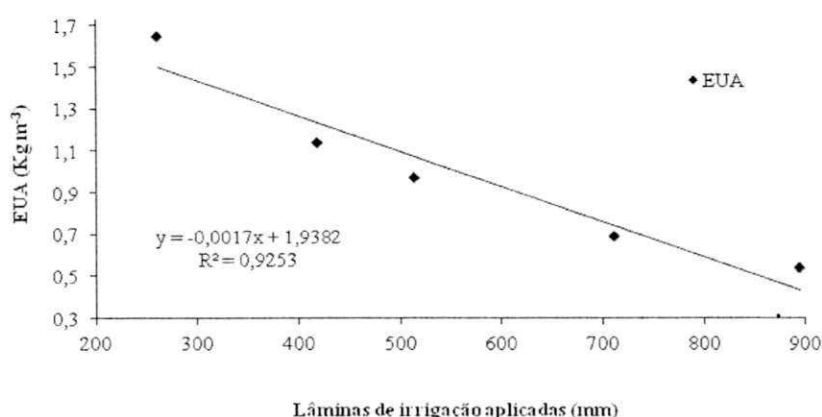


Figura 19. Eficiência de uso da água do algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação estudadas, Barbalha, CE, 2010

Resultados similares foram obtidos por Barreto et al. (1994) e Pereira (1995) que em estudos com a cultura do algodão, cultivares CNPA 6H, CNPA 7H e CNPA Precoce 1, observaram que a maior eficiência de uso de água se deu no nível mais baixo de água disponível no solo. Trabalhos realizados por Azevedo et al. (2007), Farias et al. (2007) e Lima et al. (2007) com outras culturas, como bananeira, cana-de-açúcar e meloeiro, e Sousa

Júnior (2007) com o algodoeiro herbáceo BRS Verde, também encontraram maiores valores de EUA com a diminuição das lâminas de irrigação aplicadas.

Comparando os resultados obtidos pela Embrapa Algodão (2006b) cuja eficiência global do uso de água, para o rendimento de algodão em caroço, varia de 0,4 a 0,6 kg m⁻³, apenas as lâminas 894,68 e 711,81 mm se encontram dentro desta faixa (0,54 e 0,69 kg m⁻³). Trabalhos realizados por Singh et al. (2010) se encontraram resultados semelhantes aos aqui apresentados, trabalhando com irrigação com déficit na região semiárida. Os autores encontraram efeito significativo na EUA para as diferentes lâminas de irrigação estudadas, com valores variando de 0,54 a 0,64 kg m⁻³ para as lâminas de 100% ETc e 50% ETc, respectivamente, valores muito próximos aos encontrados neste estudo. Outros autores, como Dagdelen et al. (2009) também observaram uma EUA maior através da irrigação com déficit sendo que a EUA com a lâmina de 25% da ETc foi igual a 1,46 kg m⁻³ enquanto na irrigação com 100% da ETc a EUA foi de 0,81 kg m⁻³. Coelho et al. (2005) ressaltam que a eficiência do uso da água pode ser aumentada reduzindo-se a lâmina aplicada (evapotranspiração) sem diminuir drasticamente a produtividade.

Esses resultados indicam a importância da definição da lâmina de irrigação adequada para maximizar a produção por unidade de água aplicada, sobretudo para minimizar os custos de água e energia para produção racional do algodoeiro herbáceo.

Na Tabela 9 são apresentados os dados com relação ao fator de resposta do rendimento (Ky).

Tabela 11. Relação entre o decréscimo no rendimento relativo 1- (Y_a/Y_m), decréscimo relativo na lâmina aplicada ($1 - L_a/L_m$) e o fator de resposta do rendimento (K_y) de três cultivares de algodoeiro herbáceo submetidos a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010

BRS Araripe	1 - (Y_a/Y_m)	1 - (L_a/L_m)	K_y
260,93 mm	0,49	0,70	0,69
418,93 mm	0,17	0,53	0,32
514,21 mm	0,03	0,42	0,07
711,81 mm	0,07	0,20	0,35
894,68 mm	0	0	0
BRS Aroeira			
260,93 mm	0,23	0,70	0,32
418,93 mm	-	-	-
514,21 mm	-	-	-
711,81 mm	0,04	0,20	0,19
894,68 mm	0	0	0
BRS 286			
260,93 mm	0,60	0,70	0,86
418,93 mm	0,36	0,53	0,69
514,21 mm	0,09	0,42	0,22
711,81 mm	0,03	0,20	0,18
894,68 mm	0	0	0

Os valores do fator k_y para o algodoeiro BRS Araripe, BRS Aroeira e BRS 286 foram, respectivamente, 0,35; 0,19 e 0,18 para a lâmina de irrigação aplicada de 711,81 (L4) mm, sendo 894,68 (L5) mm considerados a lâmina de máxima produtividade para todas as cultivares estudadas (Tabela 9). A lâmina de maior déficit hídrico (L1 - 260,93 mm) não foi a lâmina que apresentou menor valor para o fator k_y para todas as cultivares estudadas. Observa-se que a lâmina que apresentou menor valor do fator k_y foi a de 514,21 (L3) mm (0,07) para a BRS Araripe, de 418,93 (L2) e 514,21 (L3) mm ((valores negativos devido a produtividade dessas lâminas ter sido maior que as das lâminas de 711, 81 (L4) e 894,68 (L5) mm)) para a BRS Aroeira e de 514,21 (L3) mm (0,22) para a BRS 286 (Tabela 9).

Em trabalho realizado no semiárido da Índia, Singh et al. (2010) encontraram valores próximos aos do presente trabalho com k_y de 1,02; 0,98 e 0,28 com níveis de irrigação de 50, 60 e 90% da ETC.

Na Figura 20 é apresentado o gráfico que relaciona a diminuição na produtividade da cultura em função da diminuição da lâmina de irrigação, ou seja, obtendo-se um valor sazonal de k_y para as três cultivares de algodoeiro herbáceo estudadas.

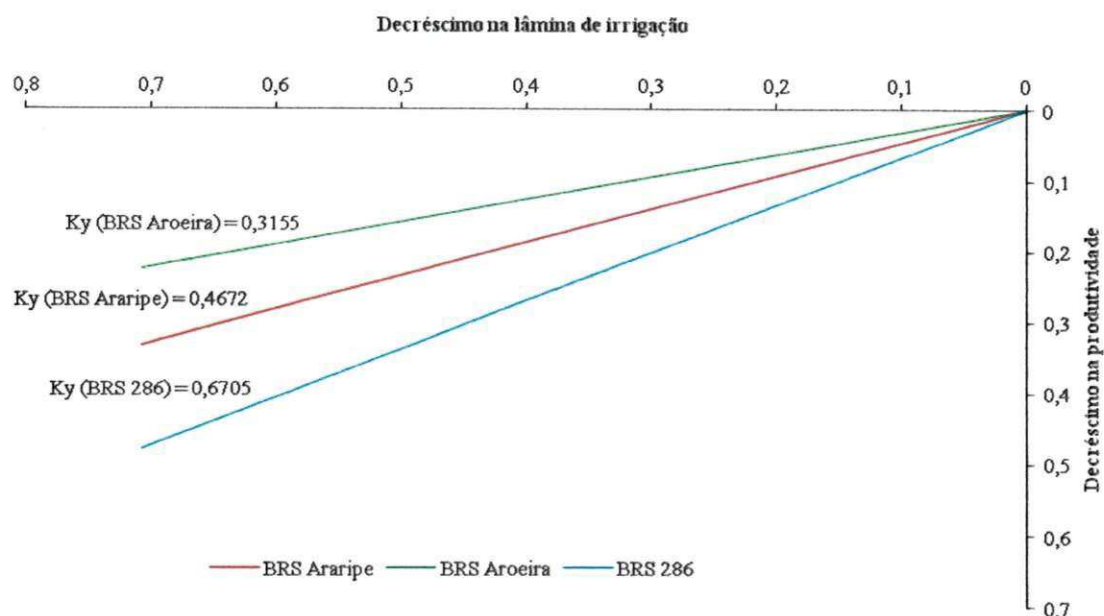


Figura 20. Resposta relativa da produtividade de três cultivares de algodoeiro herbáceo submetidos a diferentes lâminas de irrigação ao relativo déficit hídrico, Barbalha, CE, 2010

Observa-se que os valores de k_y para as cultivares de algodoeiro herbáceo BRS Aroeira, BRS Araripe e BRS 286 foram, respectivamente iguais a 0,3155; 0,4672 e 0,6705, ou seja, nas condições em que o estudo foi realizado, para cada unidade de decréscimo na lâmina de irrigação, encontra-se um decréscimo de 0,6705; 0,4672 e 0,3155 unidades na produtividade do algodoeiro BRS 286, BRS Araripe e BRS Aroeira, respectivamente. O k_y , menor que 1, indica que as cultivares estudadas são mais tolerantes ao déficit hídrico (FAO 66, 2012).

De maneira geral, a cultivar que melhor respondeu ao déficit hídrico foi o algodoeiro herbáceo BRS Aroeira (menor declividade na curva), seguida das BRS Araripe e BRS 286, pois, quanto mais próximo de zero for o valor do k_y maior é a resistência da cultivar quanto ao déficit hídrico. Para cada 50% no decréscimo da lâmina de irrigação aplicada, ocorreram decréscimos estimados próximos de 14; 22 e 33% na produtividade do algodoeiro BRS Aroeira, BRS Araripe e BRS 286 (Figura 20).

Valores superiores aos do presente trabalho foram encontrados no semiárido da Turquia, por Dagdelen et al. (2006) e Dagdelen et al. (2009), com valores de k_y variando 0,78 - 0,98. Para a produção de sementes de algodão na planície de Seyhan, Ertek e Kanber (2003) sugeriram fatores k_y entre 0,38 - 0,84, em que os valores para as três cultivares estudadas se encontram nesta faixa; já segundo a FAO 66 (2012) o valor sazonal do k_y para a cultura do algodão é de 0,85.

6. CONCLUSÕES

As cultivares de algodão responderam, de forma diferente, às lâminas de irrigação, que afetaram significativamente o crescimento e a produtividade do algodoeiro herbáceo;

Ocorreu uma forte interação entre as cultivares e as lâminas de irrigação aplicadas observando-se diferentes comportamentos das cultivares quando submetidas aos tratamentos de água;

O maior crescimento e produtividade das cultivares foram verificados ao se aplicar lâminas entre 600 e 800 mm.

Em ordem decrescente os melhores rendimentos (kg ha^{-1}) foram obtidos com as cultivares BRS Araripe, BRS 286 e BRS Aroeira, respectivamente;

A eficiência de uso da água das cultivares de algodoeiro herbáceo foi afetada pelas lâminas de irrigação, decrescendo com o aumento da lâmina de irrigação aplicada;

As cultivares estudadas apresentam tolerância ao déficit hídrico sendo a BRS Aroeira a mais tolerante, seguida das BRS Araripe e BRS 286.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAPA – Associação brasileira de produtores de algodão. Números do algodão: o algodão no mundo. Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/Algodao-no-Mundo.aspx>. Acesso em 05 de fevereiro de 2013a.

ABRAPA – Associação brasileira de produtores de algodão. Números do algodão: o algodão no Brasil. Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/estatisticas/Paginas/Algodao-no-Brasil.aspx>. Acesso em 05 de fevereiro de 2013b.

ALLEN, R. G.; PRUIT, W. O.; WRIGHT, J. L.; HOWELL, T. A.; VENTURA, F.; SNYDER, R.; ITENFISU, D.; STEDUTO, P.; BERENGENA, J.; YRISARRY, J. B.; SMITH, M.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; PERRIER, A.; ALVES, I.; WALTER, I.; ELLIOTT, R. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith method. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 81, p. 1-22, 2006.

ALMEIDA, O. A. de.; BELTRÃO, N. E. de M.; GUERRA, H. O. C. Efeito do encharcamento do solo no crescimento, desenvolvimento e produção do algodoeiro herbáceo. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 6. 1990. Fortaleza. **Resumos**. Campina Grande: MARA/EMBRAPA-CNPA, 1990. p.187.

ALVES, W. W. A.; AZEVEDO, C. A. V. de; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A. de; SOUZA, J. S. da C. Altura da planta do algodoeiro de fibra marron irrigado com água residuária doméstica tratada. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil), v.4, n.1, p.28-32 janeiro/março de 2009.

AMORIM NETO, M. da S. **Termometria a infravermelho associada ao balanço de energia na determinação do índice de estresse hídrico da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*) irrigado**. 1995. 89f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

AMORIM NETO, M. da S.; GOMIDE, R. L.; SEDIYAMA, G. C.; BRITO, R. A. L.; MAGALHÃES, P. C.; BORGES JÚNIOR, J. C. F. Índice de estresse hídrico da cultura do feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 49-53, 1996.

ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D. F.; GOMES FILHO, R. R.; CARVALHO, C. M. DE; FEITOSA, H. DE O.; FEITOSA, E. DE O. Produção e eficiência no uso de água do pimentão submetido a diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.6, n. 3, p. 207 – 216, 2012.

ARAGÃO JÚNIOR, T.; MAGALHÃES, C. A. de; SANTOS, C. S. V. dos. Estudo de lâminas de irrigação na cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hurtch). In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 8, 1988, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis:[s.n.], 1988. v.1, p.107-116.

AUJILA, M. S.; THIND, H. S.; BUTTAR, G. S. Cotton yield and water use efficiency at various levels of water and N through drip irrigation under two methods of planting. **Agricultural Water Management**, v. 71, p.167- 179, 2005.

AZEVEDO, J. H. O. de; BEZERRA, F. M. L. Resposta de dois cultivares de bananeira a diferentes lâminas de irrigação. **Revista Ciências Agronômicas**, Fortaleza, v. 39, n. 1, p. 28-33, Jan.- Mar., 2008.

AZEVEDO, J. H. O. et al. Influência de lâminas de irrigação nos componentes de produção da bananeira. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 27., 2007, Mossoró. Agricultura irrigada no semi-árido: **Anais...**Mossoró: ABID: Governo do Estado do Rio Grande do Norte, 2007. 1 CD-ROM.

AZEVEDO, P. V. de; SILVA, B. B. da; SILVA, V. P. R. Water requirements of irrigated mango orchards in northeast Brazil. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v, 58, p. 241-254, 2003.

BARRETO, A. N.; AMARAL, J. A. B. Avaliação da demanda hídrica do algodoeiro com base na evapotranspiração de referência (ET_0) e no coeficiente de cultura (K_c) para Catalão, GO. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14., Porto Alegre, RS, 2004. **Anais...**Porto Alegre: ABID, 2004. CD-ROM.

BARRETO, A. N.; BELTRÃO, N. E. DE M.; BEZERRA, J. R. C.; LUZ, M. J. DA S. **Efeito da configuração de plantio na cultura do algodoeiro herbáceo, cultivar CNPA 6H, irrigado por sulco.** In: Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão – 1992/1993. Campina Grande: Embrapa/CNPA, 1994, p.155-157.

BARRETO, A. N.; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, A. A. G. Cálculo da necessidade hídrica do algodoeiro com base na evapotranspiração de referências, ET_0 , e no coeficiente de cultura, K_c , para Barreiras, BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão/Fundação, GO, 2003. CD-ROM.

BELTRÃO, N. E. de M. **Importância do algodão para Campina Grande, Paraíba e o Nordeste.** Campina Grande: EMBRAPA-CNPA. 1996.

BELTRÃO, N. E. de M. **Fisiologia da produção do algodoeiro.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 8 p. (Embrapa Algodão. Circular Técnica, 94).

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J.; NÓBREGA, L. B. **Recomendações técnicas e considerações gerais sobre o uso de herbicidas, desfolhantes e reguladores de crescimento na cultura do algodão.** Campina Grande: EMBRAPA/CNPA, 23p. (EMBRAPA-CNPA, Documentos, 48). 1997.

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de; SOUSA JÚNIOR, S. P. de; BRITO, G. G. de; CARDOSO, G. D. Ecofisiologia do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. *r. latifolium* Hutch.). In: BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de. **Ecofisiologia das culturas de algodão, amendoim, gergelim, mamona, pinhão-manso e sisal.** Brasília, DF: Embrapa Informação tecnológica, 2011. 1 ed, Cap. 2, p. 65-124.

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

BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (coord). **Agrometeorologia aplicada á irrigação**. Cap.2. 2ª. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1999. P.25-32.

BEZERRA, J. R. C. **Crescimento, Desenvolvimento e Rentabilidade do Algodoeiro BRS 200 – Marron, Irrigado**. Tese (Recursos Naturais) pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Centro de Tecnologias e Recursos Naturais. Campina Grande, PB, 2007, 88 p.

BEZERRA, J. R. C.; CORDÃO SOBRINHO, F. P.; FERNADES P. D.; BELTRÃO, N. E. de M.; PEREIRA, J. R.; DIAS, J. M. Lâminas de irrigação x reguladores de crescimento no algodoeiro BRS 200 – Marrom. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14., Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: ABID, 2004. CD-ROM.

BEZERRA, J. R. C.; LUZ, M. J. da S. e.; BARRETO, A. N.; AMORIM NETO, M. da S.; SILVA, L. C. Irrigação do algodoeiro herbáceo. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.2, Cap.27, p.875-950.

BEZERRA, J. R. C.; LUZ, M. J. da S.; PEREIRA, J. R.; DIAS, J. M. **Efeito da antecipação da última irrigação no rendimento do algodoeiro herbáceo**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2003. 3 p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 179).

BORGES, P. de F. **Crescimento, desenvolvimento e balanço de radiação do algodoeiro herbáceo BRS-201 em condições irrigadas**. 2002. 99 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

CANECHIO FILHO, V.; PASSOS, S. M. de G.; JOSÉ, A. Algodão. In: CANECHIO FILHO, V.; PASSOS, S. M. de G.; JOSÉ, A. **Principais culturas**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1972. p. 01-97.

CARVALHO, C. M. de; VIANA, T. V. de A.; MARINHO, A. B; LIMA JÚNIOR, L. A. de; AZEVEDO, B. M. de; VALNIR JÚNIOR, M. Influência de diferentes lâminas de irrigação no crescimento inicial do pinhão manso. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.5, n. 1, p.75–81, 2011.

CARVALHO, L. P. de. Contribuição do melhoramento ao cultivo do algodão. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Cap.9, p.272-297.

CARVALHO, L. P.; COSTA, J. N.; FREIRE, E. C.; FARIAS, F. J. C. Adaptabilidade e estabilidade de linhagens de algodoeiro originários de matérias silvestres. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 271, p. 303-310, 2000.

COELHO, E. F.; COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, S. L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 7, n. 1, p. 57-60, 2005.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna. 1982. 368 p.

Companhia Nacional do Abastecimento – CONAB: **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2011/12, Décimo Primeiro Levantamento, Agosto/2012**. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2012. www.conab.gov.br

CORDÃO SOBRINHO, F. P.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. M.; SOARES, F. A. L.; TERCEIRO NETO, C. P. C. Crescimento e rendimento do algodoeiro BRS – 200 com aplicações de cloreto de mepiquat e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 3, p. 284-292, 2007.

COSTA, J. N. da; CARVALHO, L. P. de; FREIRE, E. C; ANDRADE, F. P. de; ASSUNÇÃO, J. H. de; PEDROSA, M. B. **Características Agronômicas de Duas Cultivares de Algodoeiro Herbáceo Utilizadas no Nordeste**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2002, 4p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 167).

DAGDELEN, N.; BASAL, H.; YILMAZ, E.; GURBZ, T.; AKCAY, S. Different drip irrigation regimes affect cotton yield, water use efficiency and fiber quality in western Turkey. **Agricultural Water Management**, v.96, n.1, p.111-120, 2009.

DAGDELEN, N.; YILMAZ, E.; SEZGIN, F.; GÜRBÜZ, T. Water-yield relation and water use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and second crop (*Zea mays* L) in western Turkey. **Agricultural Water Management**, v. 82, p.63-85, 2006.

DIAS, J. M. **Eficiência de uso da água e rentabilidade da cultura da mamona irrigada**. 2009. 137p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. FAO Irrigation and Drainage Paper NO. 33, FAO, Rome, Italy. 1979.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 2000. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33).

DUARTE, J. M. de L.; LIMA, A. D.; NASCIMENTO, R. S.; VIANA, T. V. de A.; SARAIVA, K. R.; AZEVEDO, B. M. de. Eficiência do uso da água na produção de óleo do girassol (*helliantus annuus* L.), sob suspensão hídrica. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.6, n. 3, p. 166 - 175, 2012.

EMBRAPA ALGODÃO. **Cultivo do algodão irrigado: cultivares**. Versão Eletrônica. 2ed. Campina Grande, Embrapa Algodão, Disponível em: http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrigado_2ed/cultivares.html (Sistemas de produção, 3). 2006a.

EMBRAPA ALGODÃO. **Cultivo do algodão irrigado/irrigação: necessidades hídricas.** Versão Eletrônica. 2ed. Campina Grande, Embrapa Algodão, Disponível em: sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrigado_2ed/necessidadshidricas.html (Sistemas de produção, 3). 2006b.

EMBRAPA SOLOS. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: Sistema de Produção de Informação - SPI, 1999. 412p.

ERTEK, A.; KANBER, R. Effects of different drip irrigation programs on the boll number and shedding percentage and yield of cotton. **Agricultural Water Management**, 60, n.1, p.1-11, 2003.

FAO. **Crop yield response to water.** FAO Water Reports NO. 66, FAO, Rome, Italy. 2012.

FARIAS, C. H. A. et al. Eficiência no uso da água pela cana-de-açúcar no litoral paraibano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 36., 2007, Bonito, MS. Inovação tecnológica: reorganização e sustentabilidade dos espaços produtivos: **Anais...Bonito: SBEA, 2007.** 3 p., 1 CD-ROM.

FERREIRA, D. F. **Sisvar.** Lavras: DEX/UFLA, versão 5.0 (Build 67), 1999-2003.

FREIRE, E. C.; BELTRÃO, N. E. de M.; VALE, D. G. **BRS Aroeira.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. 2 p. 1 Folder.

FREIRE, S. A. B. **Efeito da lâmina de irrigação no crescimento e na produção do algodão herbáceo irrigado por gotejamento, no semi-árido do Rio Grande do Norte.** 2008. 51 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem - Área de concentração Manejo da Irrigação) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, RN.

FREIRE, E. C.; COSTA, J. N. da. Objetivos e métodos utilizados nos programas de melhoramento do algodão no Brasil. In: BELTRÃO, N. E. de M. (Org.) **O agronegócio do algodão no Brasil.** Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia, 1999. v.1, p. 271-293.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. de L.; FARIAS, F. J. C. de. Melhoramento do algodoeiro e cultivares obtidas para o cerrado. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Aparecida de Goiânia, 2011. Cap.11, p.345-412.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. de L.; FARIAS, F. J. C. de; SILVA FILHO, J. L. da; VIDAL NETO, F. das C.; PEDROSA, M. B.; SUINAGA, F. A.; COSTA, J. N. da; ANDRADE, F. P. de. Objetivos e métodos usados nos programas de melhoramento do algodão. In: BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Cap.10, p.300-323.

FUZATTO, M. G. Melhoramento genético do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. P. 15-31.

GERIK, T. J.; FAVER, K. L.; THAXTON, P. M.; EL ZIK, K. M. Late season water stress in cotton: I. Plant growth, water use, and yield. **Crop Science**, Madison, v.36, p.914-921, 1996.

GOOGLEMAPS. <<http://maps.google.com.br/maps?hl=pt-br&tab=wl>>. Acesso em: 29/08/2012.

GRIMES, D, W.; CARTER, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf area measurements. **Agronomy Journal**, v.3, n.61, p.477-479, 1969.

GUINN, G.; MAUNEY, J. R. Fruiting of cotton. II. Effects of plant moisture status and active boll load on boll retention. **Agronomy Journal**. v. 76, n.1, p.94-98. 1984.

HAN, H. L.; KANG, F. J. Experiment and study of the effect of moisture coerce [stress] on cotton producing. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Sciences**, New Delhi, v.77, n.12, p.37-40, 2001.

HANK, H. D. Effect of irrigation systems and moisture regimes at different growth stages on cotton (*Gossypium hirsutum*) yield. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v.77, n.12, p.870-872, 2007.

HEARN, A. B. Response of cotton to water and nitrogen in tropical environment. I. Frequency of watering and method of application of nitrogen, **Journal of Agricultural Sciences**, Cambridge, v.84, p.407-417, 1975.

HEMERLY, F. X. **Mamona: comportamento e tendências no Brasil**. Brasília, Embrapa - Departamento de Informação e Documentação, 1981. 69p. (EMBRAPA-DTC. Documentos, 2).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET.
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 31/05/2012.

JÁCOME, A. G.; FERNANDES, P. D.; GHEYI, H. G.; GONÇALVES, A. C. A.; SILVA, F. F. da. Avaliação de genótipos de algodoeiro sob níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, Suplemento, p.365-369, 2005.

KIJINE, J. W.; TUONG, T. P.; BENNETT, J.; BOUMAN, B.; OWEIS, T. **Ensuring food security via improvement in crop water productivity**. Challenge Programme on Water and Food, Back ground Paper 1, 2002.

KIRDA, C.; MOUTONNET, P.; HERA, C.; NIELSEN, D. R. (Eds.). **Crop Yield Response to Deficit Irrigation**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 1999.

KIMBALL, B. A.; MAUNEY, J. R. Response of cotton to varying CO₂, irrigation, and nitrogen: Yield and growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.706-712, 1993.

KLAR, A. E. **Irrigação: frequência e quantidade de aplicação**. São Paulo: Nobel, p.1991. 151.

LAMAS, F. M.; FREIRE, E. C.; STAUT, L. A.; ANDRADE, P. J. M. **BRS Aroeira – nova cultivar de algodoeiro herbáceo para Mato Grosso do Sul**. Dourados, MT (Embrapa Agropecuária Oeste e Embrapa Algodão, Comunicado Técnico, 55). 4p. 2002.

LEDO, E. R. F.; SILVA, M. G. da; NOGUEIRA, D. H.; MIRANDA, E. P. de; ARAÚJO, E. M.; ARAÚJO, E. M. Avaliação de metodologias empregadas no cálculo da temperatura média diária do ar na região de Barbalha-CE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.5, n.4, p.310 - 319, 2011.

LIMA, C. J. G. S. et al. Eficiência do uso da água pelo meloeiro Gália fertirrigado. In: In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 1.; CONFERÊNCIA SOBRE RECURSOS HÍDRICOS DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1., 2007, Sobral, CE. **Anais... Sobral: Inovagri**, 2007. 1 CD-ROM.

LIU, L. D.; LI, C. D.; SUN, H. C.; GAO, X. F.; REN, X. Effect of water stress on carbohydrate metabolism in cotton with varying boll sizes. **Cotton Science**, Baoding, v.19, n.2, p.129-133, 2007.

LIU, R. X.; GUO, W. Q.; CHEN, B. L.; WANG, Y. H.; ZHOU, Z. G. Effects of nitrogen on the dry matter, nitrogen accumulation and distribution of cotton under short-term soil drought during the flowering and boll-forming stage. **Acta Botanica Boreali Occidentalia Sinica**, Beijing, v.28, n.6, p.1179-1187, 2008.

LUZ, M. J. S.; BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N.; SANTOS, J. W.; AMORIM NETO, M. S. Efeito da deficiência hídrica sobre o rendimento e a qualidade da fibra do algodoeiro. **Revista de oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande/PB, v.1, n.1, p.125-133. 1997.

LUZ, M. J. S.; BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N.; SANTOS, J. W.; AMORIM NETO, M. S. **Resposta do algodoeiro herbáceo irrigado a deficiência hídrica. II. Características tecnológicas da fibra**. Campina Grande: Embrapa – CNPA, (EMBRAPA – CNPA, Comunicado Técnico, 93). 4p. 1998.

MAGALHÃES, A R.; GARAGORRY, F. L.; GASQUEZ, J. G.; MOLION, L. B. C.; AMORIM NETO, M. da S. A. NOBRE, C. A.; PORTO, E. R.; REBOUÇAS, O. E. **The effects of climatic variations agriculture in Northeast to Brasil**. Luxemburg-Austria, 1987. 109p.

MELO, A. S.; SUASSUNA, J. F.; FERNANDES, P. D.; BRITO, M. E. B.; SUASSUNA, A. F.; NETTO, A. O. A. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32, p.73-79, 2010.

MENDEZ-NATERA, J. R.; LARA, L.; GIL-MARÍN, J. A. Efecto Del Riego por goteo em el crecimiento inicial de três cultivares de algodón (*Gossypium hirsutum* L.). **Idesia**, Arica, v.25, n.2, p.7-15, 2007.

MIRANDA, R. J. A. **Lâminas de irrigação com água residuária e adubação orgânica na cultura do algodão BRS Safira**. Campina Grande. Universidade Federal de Campina Grande, 2010. 82p. (Tese de Doutorado).

MORELLO, C. de L.; CHITARRA, L. G; SUASSUNA, N. D; SILVA FILHO, J. L. da; FREIRE, E. C; BENITES, F. R. G; FARIAS F. J. C; LAMAS, F. M; ANDRADE, F. P; BARROSO, P. A. V; RIBEIRO, J. L; GODINHO, V. de P. **BRS 336**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2011. 2p. 1 Folder.

NUNES FILHO, J. **Comportamento de duas cultivares de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. Raça *latifolium* Hutch.) em função da salinidade e umidade do solo**. Botucatu. Universidade Estadual Paulista, 1993. 96p. (Tese de Doutorado).

NUNES FILHO, J.; SÁ, V. A .L.; OLIVEIRA JÚNIOR, I. S.; COUTINHO, J. L. B.; SANTOS, V. F. Efeito de lâminas de irrigação sobre o rendimento e qualidade da fibra de cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.295-299, 1998.

PEREIRA, M. N. B. **Comportamento de duas cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*, L. r. *Latifolium* Hutch L.) em baixos níveis de água disponível do solo**. Campina Grande: UFPB. 1995. 109p. Dissertação Mestrado.

PETTIGREW, W. T. Moisture deficit effect on cotton lint yield, yield components, and boll distribution. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, n.2, p.377-383, 2004.

PIRES, R. C. M.; SAKAI, E.; ARRUDA, F. B.; FOLEGATTI, M. V. Necessidades hídricas das culturas e manejo da irrigação. In: MIRANDA, J. H.; PIRES, R. C. M. **Irrigação**. v.1. Piracicaba: FUNEP, 2001. p.121-194.

PRIETO, D.; ANGUEIRA, C. Water stress effect on different growing stages for cotton and its influence on yield reduction. In: KIRDA, C.; MOUTONNET, P.; HERA, C.; NIELSEN, D. R. (Eds.). **Crop Yield Response to Deficit Irrigation**. ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p.161-179, 1999.

QUEIROZ, S. O. P. de.; BÜLL, L. T. Comportamento de genótipos de algodão herbáceo em função da salinidade do solo. **Irriga**, Botucatu, v.6, n.2, p.124-134, 2001.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R. dos; FORTES, L. T. G (Orgs.) **Normas climatológicas do Brasil: 1961-1990**. Brasília: INMET, 2009. 465p.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: 2001. 905p.

RIBEIRO, J. L.; CARVALHO, L. P. de, COSTA, J. N. da; FREIRE, E. C; SANTANA, J. C. F. de; FARIAS, F. J. C; ANDRADE, F. P. de; VIEIRA, R. de M; VIDAL NETO, F. das C; BELARMINO FILHO, J. **BRS Precoce 3**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000, 2p. 1 Folder.

RIBEIRO, J. L; SILVA FILHO, J. L. da; PEDROZA, M. B; MORELLO, C. de L; FREIRE, E. C; ANDRADE, F. P. de; ALENCAR, A. R. de; CHITARRA, L. G; FARIAS, F. J. C; VIDAL NETO, F. das C. **BRS 286: Cultivar de algodoeiro herbáceo para os cerrados piauiense**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2010, 2p. 1 Folder.

ROSOLEM, C. A. **Produtividade máxima da soja**. Rondonópolis: Fundação MT, 2007. p. 237-244. (Boletim de Pesquisa de Soja).

SARANGA, Y.; FLASH, I.; YAKID, D. Variation in water-use efficiency and its relation to carbon isotope ratio in cotton. **Crop Science**, Madison, v.38, p.782-787, 1998.

SILVA, B. B. da; SOUZA, C. B. de; RAO, T. V. R.; AZEVEDO, P. V. de; ESPINOLA SOBRINHO, J. Efeitos do déficit hídrico sobre a fenometria e a tecnologia de fibra do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, p.42-46, 1998.

SILVA FILHO, J. L. da; PEDROSA, M. B.; MORELLO, C. de L.; FREIRE, E. C.; ALENCAR, A. R. de; ANDRADE, F. P. de; CHITARRA, L. G.; FARIAS, F. J. de C.; VIDAL NETO, F. das C. **BRS 286**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009, 2 p. 1 Folder.

SINGH, Y.; RAO, S. S.; REGAR, P. L. Deficit irrigation and nitrogen effects on seed cotton yield, water productivity and yield response factor in shallow soils of semi-arid environment. **Agricultural Water Management**, v.97, p.965-970, 2010.

SIQUEIRA, E. da C.; GHEYI, H. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; SOARES, F. A. L.; BARROS JÚNIOR, G.; CAVALCANTI, M. L. F. Crescimento do algodoeiro colorido sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, Suplemento, p.263-267, 2005.

SOARES, B. F.; MACIEL, J. S. Avaliação comparativa de deposição de produto fitossanitário entre um sistema de pulverização convencional e um sistema eletrostático para a cultura do algodão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE AGROTÓXICOS, 2., 2006, Jundai. **Anais** [S. I; s.n], SINTAG 2006.

SOUSA JÚNIOR, S. P. de. **Doses de nitrogênio e lâminas de água de diferentes salinidades no algodoeiro BRS Verde**. 2007. 103p. Tese (Doutorando em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

SOUSA JÚNIOR, S. P. de; SOARES, F. A. L.; SIQUEIRA, E. da C.; GHEYI, H. R.; FERMANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de M. Germinação, crescimento e produção do algodoeiro colorido BRS Verde sob estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, p. 236-241, 2005. Suplemento.

SOUZA, J. G.; BELTRÃO, N. E. de M. Fisiologia. In: BELTRÃO, N. E. de M. (ORG). **O Agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília, DF: EMBRAPA, Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999, v.1, cap. IV, p.87-116.

SOUZA, C. C. de.; OLIVEIRA, F. A. de.; SILVA, I. de F. da.; ANDRADE, A. P. de. Manejo da irrigação e da adubação nitrogenada na cultura do algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.2, p.125-130, 1999.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 613p.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2. Ed. São Carlos: Rima, 2005. 248 p.

VIANA, S. B. A. **Otimização do uso de água e nitrogênio no cultivo do algodoeiro herbáceo na região Oeste da Bahia**. 2005. 143p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

VIDAL NETO, F. das C.; FREIRE, E. C.; ANDRADE, F. P. de; FONSECA, R. G. da; SANTOS, J. W. dos; ARAÚJO, G. P. de; ASSUNÇÃO, J. H. de; LUCENA, M. do C. L.; GUIMARÃES, G. L. **BRS Araripe**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006, 2 p. 1 Folder.

WUTKE, E. B.; ARRUDA, F. B.; FANCELLI, A. L.; PEREIRA, J. C. N. A.; SAKAI, E.; FUJIWARA, M.; AMBROSANO, G. M. B. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n.3, p. 621-633, 2000.