



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



TESE DE DOUTORADO

**QUALIDADE DA FIBRA, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO
HERBÁCEO SOB IRRIGAÇÃO**

FRANCISCO PEREIRA CORDÃO SOBRINHO

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
FEVEREIRO – 2014**

FRANCISCO PEREIRA CORDÃO SOBRINHO

**QUALIDADE DA FIBRA, CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO
HERBÁCEO SOB IRRIGAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem.

Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

ORIENTADOR

Prof. Ph.D. HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

FEVEREIRO – 2014

A minha família

***A minha querida esposa, EVELINE
CORDÃO, pelo apoio e amor incondicional.***

***A meus Pais: ELIAS CORDÃO e MAROLI
DAVI; a meus irmãos Joseana, Jordeana, Ceiza, Cícero,
José Carlos e Rosaria DAVI CORDÃO; a meus cunhados,
André, Gutemberg, Patrick, Suenio, Luciana e
Dulcimaria; aos sobrinhos, Mariana, Bianca, Alice, Caio,
Gustavo, Sofia, Lara, Patick e Danilo por todo o apoio e
alegria ao longo desta trajetória.***

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, pela oportunidade em prol da realização deste curso.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, pela oportunidade e apoio concedidos para realização da tese de Doutorado.

Ao orientador **Dr HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA**, pela orientação, estímulo, apoio e amizade, sempre debatendo a respeito do trabalho.

Aos Examinadores **Drs. JOSÉ RENATO CORTEZ, LÚCIA HELENA GARÓFALO CHAVES, JOÃO HENRIQUE ZONTA e CÍCERO PEREIRA CORDÃO TERCEIRO NETO**, pelas valiosas sugestões com vista à melhoria neste trabalho.

Aos amigos e Primos, **JOSÉ RODRIGUES PEREIRA e WELISSON PEREIRA ARAUJO CORDÃO**, pela valiosa dedicação e contribuição.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	1
2.OBJETIVOS	3
2.1.OBJETIVO GERAL	3
2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3.REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1.ASPECTOS GERAIS DA COTONICULTURA E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	4
3.2 ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS E IMPORTÂNCIA PARA A AGRICULTURA FAMILIAR.....	5
3.3 NECESSIDADES HÍDRICAS DO ALGODOEIRO	7
3.4 CULTIVARES DE ALGODOEIRO.....	9
3.4.1. DESCRIÇÃO DA CULTIVAR BRS AROEIRA	10
3.4.2. DESCRIÇÃO DA CULTIVAR BRS ARARIPE.....	11
3.5 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DO ALGODOEIRO.....	11
3.6 FORMAÇÃO DA FIBRA DO ALGODÃO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	12
3.6.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA FIBRA DO ALGODÃO.....	13
3.6.2. COMPRIMENTO	15
3.6.3. UNIFORMIDADE DE COMPRIMENTO OU RELAÇÃO DE UNIFORMIDADE (UR).....	16
3.6.4. RESISTÊNCIA (GF TEX ⁻¹).....	16
3.6.5. ALONGAMENTO (%)	16
3.6.6. MATURIDADE (%).....	16
3.6.6. ÍNDICE MICRONAIRE (FINURA EM µG POL ⁻¹)	17
3.6.8. ÍNDICE DE COR	18
3.6.9. ÍNDICE DE FIBRAS CURTAS	18
3.6.10. ÍNDICE DE FIABILIDADE (CSP).....	18
3.7. IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA FIBRA DE ALGODÃO	19
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA EXPERIMENTAL	20
4.2. CLIMA.....	21
4.3. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.....	22
4.4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	23

4.5. CULTIVARES AVALIADAS	24
4.6. TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	24
4.7. INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO	26
A) PREPARO DO SOLO	26
B) SEMEADURA	26
C) ADUBAÇÃO	26
4.8. CAPINAS	27
4.9. ESPAÇAMENTO E ARRANJO DE PLANTAS	27
4.10. IRRIGAÇÃO	28
4.10.1. SISTEMA DE IRRIGAÇÃO UTILIZADO PARA EXPERIMENTO.....	28
4.10.2. MANEJO DA IRRIGAÇÃO	29
4.10.3. MÉTODO DE PENMAN-MONTEITH	31
4.10.4. LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO APLICADAS NO EXPERIMENTO	32
4.11. VARIÁVEIS DA CULTURA ANALISADAS NO EXPERIMENTO	32
4.11.1. ALTURA DE PLANTA, DIÂMETRO DO CAULE E ÁREA FOLIAR	32
4.11.2. CARACTERÍSTICAS DA FIBRA	33
4.12. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1. CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS	35
5.1.1 DIÂMETRO DO CAULE	36
5.1.2 ALTURA DE PLANTA	37
5.1.3 ÁREA FOLIAR	38
5.3.4 PRODUTIVIDADE	39
5.3.4 PESO MÉDIO DE CAPULHO	42
5.2. CARACTERÍSTICAS INTRÍNSECAS DA FIBRA DE ALGODÃO	44
5.2.1 PERCENTAGEM DE FIBRA	45
5.2.2 COMPRIMENTO DA FIBRA	46
5.2.3 UNIFORMIDADE	47
5.2.4 ÍNDICE DE FIBRAS CURTAS	47
5.2.5 RESISTÊNCIA DA FIBRA	48
5.2.6 ALONGAMENTO A RUPTURA	49

5.3. ÍNDICE DE MICRONAIRE (MIC), MATURIDADE (MAT) REFLECTÂNCIA (RD), COR DO ALGODÃO (+B) E ÍNDICE DE FIABILIDADE (CSP).....	51
5.3.1 ÍNDICE DE MICRONAIRE.....	51
5.3.1 MATURIDADE DA FIBRA.....	53
5.3.2 GRAU DE AMARELAMENTO DA FIBRA.....	55
5.3.3 REFLECTÂNCIA DA FIBRA.....	56
5.3.4 ÍNDICE DE FIABILIDADE.....	56
6. CONCLUSÕES.....	58
7. REFERÊNCIAS.....	59
8. APÊNDICE.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 A e B: Visualização das fibras A imaturas e B maduras, de algodão no microscópio.	17
Figura 2: A e B, Localização da área do estudo por meio de mapa; B Imagem de satélite da localização da área de estudo, Barbalha, CE. Fonte: (Googlemaps, 2012).....	20
Figura 3:Valores médios mensais das temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa do ar, Barbalha, CE, 2010. (Fonte: Inmet, 2013)	21
Figura 4: Precipitações mensais no período de cultivo, Barbalha, CE, 2010.(Fonte:Inmet, 2013).....	21
Figura 5: Valores médios mensais da precipitação (mm) e evapotranspiração (ET0 mm) na época de	22
Figura 6: Croqui da área experimental, Barbalha, CE, 2010.....	25
Figura 7: A e B Adubação de cobertura e semeadura.	26
Figura 8: A e B Visão geral das capinas realizadas no experimento.....	27
Figura 9: A e B Visão geral do espaçamento nas linhas e entre as plantas de algodoeiro no experimento.	27
Figura 10: A e B Linha central de aspersores e detalhe da altura do tubo de subido no experimento.	28
Figura 11: A e B Irrigação antes e após a semeadura no experimento.....	30
Figura 12: A e B Espaçamento entre os aspersores e quantificação das lâminas de irrigação por meio de pluviômetro.	30
Figura 13: A e B Mensuração da altura da planta e do diâmetro do caule no experimento.	33
Figura 14: HVI (High Volume Instruments) modelo 900 da Spinlab/Zellweger Uster e AFIS (Advanced Fiber Information System). Utilizado para medir as características intrínsecas da fibra.....	34
Figura 15: Diâmetro do caule do algodoeiro herbáceo sob irrigação, Barbalha, CE, 2010.	36
Figura 16: Altura de planta do algodoeiro herbáceo sob irrigação, Barbalha, CE, 2010.....	37
Figura 17: Regressão para a área foliar das cultivares de algodoeiro sob de irrigação, Barbalha, CE, 2010.....	38
Figura 18: A, B Desdobramento da interação L x C para a área foliar das cultivares de algodoeiro herbáceo dentro das lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.....	39
Figura 19: Regressão da produtividade do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.....	40

Figura 20: A e B Produtividade do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.	41
Figura 21: Análise de regressão do Peso médio de capulho do algodoeiro herbáceo sob lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.	43
Figura 22: A e B Peso médio de capulho do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.	44
Figura 23: Regressão do comprimento da fibra algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.	46
Figura 24: Regressão do comprimento da fibra algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.	47
Figura 25: A e B Desdobramento da interação C x L para a resistência da fibra do algodoeiro herbáceo, Barbalha, CE, 2010.	49
Figura 26: A e B Desdobramento da Interação Cx L para o alongamento à ruptura do algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.....	50
Figura 27: Análise de regressão de índice de micronaire (MIC) do algodoeiro herbáceo sob irrigação, Barbalha, CE, 2010.	52
Figura 28: A e B: Desdobramento da interação L x C do índice de micronaire das cultivares algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.....	53
Figura 29: Análise de regressão para maturidade do algodoeiro sob irrigação, Barbalha, CE, 2010.	54
Figura 30: A e B desdobramento da interação L x C para maturidade da fibra das cultivares algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.....	55
Figura 31: Reflectância (RD) de cultivares de algodoeiro em função das lâminas de irrigação.	56
Figura 32: A e B Desdobramento do índice de fiabilidade das cultivares algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação das fibras segundo a Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis de acordo com suas características (s.d.).....	15
Tabela 2: Caracterização físico-hídrica do solo, Barbalha, CE, 2010.....	23
Tabela 3: Análise química do solo da área experimental, Barbalha, CE, 2010.....	23
Tabela 4: Análise química da água utilizada na irrigação da área experimental, Barbalha, CE, 2010.....	24
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) e peso médio de capulho (g) (PMC) das cultivares de algodoeiro herbáceo sob irrigação, Barbalha, CE, 2010.....	35
Tabela 6: Resumo da análise de variância das características tecnológicas de fibra: percentagem de fibras (%), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência da fibra (STR) e alongamento à ruptura (ELG), das cultivares de algodoeiro herbáceo sob irrigação, Barbalha, CE, 2010.	45
Tabela 7: Resumo da análise de variância das características tecnológicas de fibra: Índice de micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (RD), cor do algodão (+B), índice de fiabilidade (CSP), das cultivares de algodoeiro herbáceo sob irrigação, Barbalha, CE, 2010.....	51

RESUMO

O algodão tem grande potencialidade para ser cultivado na região semiárida, devida às condições edafoclimáticas favoráveis; no entanto, algumas técnicas devem ser aperfeiçoadas, tal como o manejo de água do solo e das plantas. Este trabalho objetivou avaliar o efeito de cinco lâminas de irrigação sobre o crescimento, a produtividade e qualidade de fibra, de duas 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 de duas cultivares de algodoeiro herbáceo BRS Aroeira e BRS Araripe e de cinco lâminas de irrigação: 260,93; 418,93; 514,21; 711,81 e 894,68 mm. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados dispostos em faixa, com dez tratamentos e quatro repetições totalizando quarenta subparcelas. O volume de reposição de água para cada tratamento foi calculado de acordo com a evapotranspiração de referência (ET₀), determinada pelo método de Penman-Monteith, multiplicada pelo coeficiente de cultivo (K_c) da cultura. No momento da colheita foram medidos o diâmetro do caule; altura de planta e a área foliar, além da produção em caroço e a qualidade da fibra. As variáveis da fibra analisadas foram: percentagem de fibra, comprimento, uniformidade, índice de fibras curtas, resistência, alongamento à ruptura, micronaire, maturidade, grau de amarelamento, reflectância e índice de fiabilidade. As médias foram analisadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para o fator qualitativo (Cultivares) e por análise de regressão para o fator quantitativo (Lâminas de água) utilizando-se o programa estatístico SISVAR. Observou-se que as lâminas de irrigação exerceram efeito significativo sobre o diâmetro de caule, altura de planta, área foliar, produtividade e peso médio de capulho, enquanto que as cultivares afetaram significativamente a área foliar, a produtividade e o peso médio de capulho. Constatou-se, também, interação entre as cultivares e as lâminas de irrigação para as mesmas variáveis afetadas pelas cultivares. Com respeito à qualidade da fibra, as lâminas de irrigação aumentaram, de forma significativa, o comprimento, o índice de fibras curtas, a resistência, o micronaire, a maturidade e a reflectância da fibra. As cultivares influenciaram, significativa e satisfatoriamente a porcentagem, o comprimento e a cor da fibra (grau de amarelamento). A cultivar BRS Araripe obteve a maior produtividade e a melhor qualidade da fibra com a lâmina de irrigação de 514,21 mm. Todos os componentes de fibra analisados se adequaram aos padrões exigidos pela moderna indústria têxtil.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* H., crescimento, produtividade, déficit hídrico, características intrínsecas da fibra

FIBER QUALITY, GROWTH AND YIELD OF THE HERBACEUS COTTON UNDER IRRIGATION

ABSTRACT

Cotton has a great potential to grow in the semiarid region, due to favorable climatic conditions. However, some technological steps must be improved such as water management in plants. This work aimed to evaluate the effect of five irrigation depth on growth, yield and fiber quality of two cultivars of upland cotton. The experiment was conducted at the Experimental Station of Embrapa Cotton, in Barbalha, CE, in the period of July to December 2010. Treatments consisted of a factorial combination of two cultivars of upland cotton (BRS Aroeira, BRS Araripe) and five irrigation depth (260.93, 418.93, 514.21, 711.81 and 894.68 mm). The experiment was carried out on a split plot experimental design, with ten treatments and four replicates, totaling 40 experimental units. The amount of water replacement (WR) for each treatment and irrigation event was calculated according to the reference evapotranspiration (ET_0), determined by the Penman-Monteith method, multiplied by the crop coefficient (K_c) ($WR = ET_0 * K_c$ in mm). At harvest it was measured and evaluated, on 10 plants per plot, the stem diameter, plant height and leaf area. Were harvested and weighed the two central lines of each plot and collected 20 cotton bolls in the middle third of the plant, determining production per plot and its respective seed cotton yield per hectare and the fiber quality. The fiber quality variables analyzed were: length, uniformity, short fibers, strength, elongation, micronaire, maturity, degree of yellowing and reflectance index. The means for each treatment were compared by Tukey test at 5% probability for the qualitative factor (cultivars) and regression analysis for the quantitative factors (water depth), using the SISVAR statistical program. It was observed that irrigation affected significant the stem diameter, plant height, leaf area, yield and mean boll weight, while the cultivars affected significantly leaf area, yield and mean weight of bolls. It was also found interaction between cultivars and irrigation for the same variables affected by cultivars. With respect to fiber quality, irrigation significantly increased the length, short fiber index, strength, micronaire, maturity and reflectance of the fiber. Cultivars influenced significantly the percentage, length and color of the fiber. The highest productivity and better fiber quality was obtained with the BRS Araripe cultivar irrigated with 514.21 mm. All fiber quality components analyzed were well suited to the standards required by the modern textile industry.

Keywords: *Gossypium L. hirsutum* r. *latifolium* H., growth, productivity, water deficit, intrinsic characteristics of the fiber

1. INTRODUÇÃO

A cultura do algodoeiro, eminentemente de clima tropical, cultivada na maioria das regiões de clima quente, é uma das culturas cultivadas mais importantes no mundo devido, principalmente à sua ampla utilização nos diversos setores agroalimentares e industriais. Quanto à classificação botânica, é uma dicotiledônea do gênero *Gossypium* e da família das Malváceas, sendo a espécie *Gossypium hirsutum* responsável por mais de 90% da produção mundial; 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. A demanda mundial tem aumentado gradativamente desde a década de 1950, a um crescimento anual médio de 2%. Todos os anos uma média de 35 milhões de hectares de algodão é plantada por todo o planeta. 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. Hoje, o algodão é produzido em 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).

O Brasil, quinto maior produtor do mundo, produziu mais de 1,8 milhão de toneladas na safra recorde de 2011/12. 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 um milhão toneladas/ano (ABRAPA, 2013b).

Assim, a cultura do algodoeiro é uma alternativa relevante para o semiárido nordestino que tem, como problema, as irregularidades pluviométricas que atingem, de forma direta e indireta, o crescimento e o desenvolvimento das culturas, aliadas também ao manejo incorreto da irrigação. Por isso, considerando a escassez de água e a otimização do uso dos recursos hídricos, torna-se imprescindível o manejo correto da irrigação, que visa obter uma produção equilibrada das culturas. O uso da irrigação tem contribuído significativamente, para o aumento da produção agrícola e para incorporação ao sistema produtivo de áreas cujo potencial para exploração da agricultura é limitado em função de seus regimes pluviométricos (CARVALHO et al., 2011).

A utilização da irrigação como mecanismo de compensação desses problemas é uma das alternativas para a região, em especial no período seco do ano (DAGDALEN et al., 2006) uma vez que diminui os riscos e asseguram os níveis de produtividade das culturas (AUJILA

et al., 2005); entretanto, 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, desta forma, baixa eficiência dos sistemas de irrigação empregados.

Tratando-se do algodoeiro o cultivo brasileiro passou, nos últimos anos de pequenas áreas com intensa utilização de mão-de-obra para grandes áreas plantadas e mecanizáveis, sobretudo no Centro Oeste e na Bahia e, mais recentemente, no Norte do País. Uma das consequências desta expansão e modernização é a crescente demanda energética da cultura fato que pouco contempla uma visão ambientalista (BELTRÃO et al., 2011).

O algodoeiro necessita, para seu crescimento e desenvolvimento, com certa frequência, de uma quantidade de água adequada 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 (HUSSEIN et al., 2011; LUO et al., 2013). Beltrão et al. (2011) afirmam que a escassez de água afeta o crescimento do algodoeiro, cujos efeitos mais críticos ocorrem nos estádios de seu ciclo fenológico de floração e de formação e desenvolvimento dos frutos. Em cada fase fenológica do algodoeiro a quantificação exata da necessidade de irrigação possibilita a economia de água, energia elétrica e mão-de-obra, reduzindo os custos de produção, o impacto ambiental e a obtenção de uma fibra compatível com o mercado; por essas razões, Duarte et al. (2012) ressaltam que nessas regiões, a agricultura 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, porém a sustentabilidade deverá superar a escassez, promovendo uma nova ética aos recursos hídricos, tendo como base a otimização da utilização e o controle dos desperdícios, além da promoção do desenvolvimento. Com isto, a adoção de técnicas de manejo do solo e da água é fundamental para a sustentabilidade, visto ser possível manter, economicamente, esses recursos, em quantidade e qualidade suficientes para a manutenção de níveis satisfatórios de produtividade. 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).

Desta forma, é oportuno 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 desta cultura de 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 elevar os índices de produtividade e qualidade do produto final, a fibra, tornando o algodão uma cultura economicamente viável levando a região Nordeste de volta ao patamar da cotonicultura mundial. Para isto, estudos com cultivares são realizados para investigar o efeito de diferentes lâminas de irrigação em espécies de planta melhoradas para atender à carência de cada região.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Analisar crescimento, desenvolvimento, produção e qualidade de fibra das cultivares BRS Aroeira e BRS Araripe de algodoeiro herbáceo em diferentes lâminas de irrigação.

2.2. Objetivos específicos

- a) Avaliar o efeito de cinco diferentes lâminas de irrigação quanto ao crescimento, o desenvolvimento, a produtividade, e qualidade de fibra da cultivar BRS Aroeira;
- b) Avaliar o efeito de cinco diferentes lâminas de irrigação sobre o crescimento, o desenvolvimento, a produtividade, e qualidade de fibra da cultivar BRS Araripe;
- c) Identificar a melhor cultivar e a lâmina de irrigação, com base nas características agronômicas da planta e da fibra.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Aspectos Gerais da Cotonicultura e importância econômica

O algodão é, atualmente, a cultura de liderança do grupo das fibras vegetais em todo o mundo e cultivada comercialmente nas regiões temperadas e tropicais de mais de 50 países. As espécies de algodão reconhecidas no mundo são cerca de 50, dentre as quais 4 são cultivadas; duas delas (*Gossypium arboreum* e *G. herbaceum*) são diploides e duas (*G. hirsutum* e *G. barbadense*) são tetraploides (KHADI et al., 2010; LACAPE et al., 2010). Em razão do melhoramento genético as duas últimas predominam, hoje favorecendo o cultivo comercial sendo a *G. hirsutum* responsável por mais de 90% da produção mundial (ZHANG et al., 2008). A China é o maior produtor de algodão com mais de 7,2 milhões de toneladas, ou seja, cerca de 28% de todo o algodão em pluma produzido no mundo. A Índia ocupa a segunda posição com 6,2 milhões de toneladas, em torno de 24% da oferta global, enquanto os Estados Unidos são responsáveis por quase 11% da produção mundial, 2,8 milhões de toneladas e o Paquistão é o quarto, com 2,1 milhões de toneladas, cerca de 8,4% da produção global. O Brasil é o quinto sendo responsável pela produção de 1,8 milhão de toneladas de pluma, equivalente a aproximadamente 5,6% da produção mundial envolvendo diversos segmentos da sociedade, direta ou indiretamente, com a cotonicultura, representando em torno de 16% da economia nacional, o que demonstra a importância da cultura do algodoeiro para o país, como o quinto maior produtor e o quinto maior exportador mundial (ABRAPA, 2013).

Atualmente, o Brasil é o quinto maior produtor com uma cotonicultura modernizada passando a funcionar em bases empresariais aumentando sua competitividade; com isto, ocorreu um aumento significativo do volume de produção. A área plantada internamente em 2012/2013 foi de 1,0 milhão de hectares e a produção igual 1,4 milhão de toneladas de pluma e uma produtividade média expressa em algodão em pluma, de 1.400 kg/ha. A região Centro-Oeste representa 64% do total da área plantada com destaque para os Estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Crescimentos significativos de áreas ocorreram na região do cerrado do Nordeste com 32% da área plantada, destacando-se os Estados da Bahia, Maranhão e Piauí (CONAB, 2013).

3.2 Aspectos Socioeconômicos e importância para a agricultura familiar

Historicamente o algodão chegou a ser chamado no Nordeste com o ouro branco, pela riqueza que gerava na região. Na década de 1960-1971 a representatividade esteve acima de 40% da produção nacional. No ano de 1971, ocupava uma área de 3 milhões e 127 mil hectares, o equivalente a 27,8% da área total ocupada com lavouras na região; a partir de 1980 se iniciava uma retração da cultura chegando a ocupar uma área de 2,9 milhões de hectares correspondendo a 23% do total da área cultivada na região. O Nordeste brasileiro, com 75% de sua área considerada árida, caracteriza condição de risco às atividades agrícolas de explorações econômicas que dependem das precipitações pluviais. A irregularidade das chuvas ocorrida no período 1979-1983 e mais tarde com a abertura da economia às importações desencadeou uma grande vulnerabilidade dos pequenos agricultores nordestinos, que cultivavam o algodão em função dos preços relativos praticados no mercado internacional, face aos longos prazos de pagamento e a redução das alíquotas de exportação e, conseqüentemente a indústria têxtil passou a ter preferência pela importação de pluma em detrimento do produto nacional. Associado a esses fatores veio o estabelecimento definitivo do bicudo (*Anthonomus grandis Boheman*) como praga do algodoeiro contribuindo para que o cultivo dessa malvácea fosse sendo drasticamente reduzido com reflexo na migração de milhares de trabalhadores e suas famílias para as periferias dos grandes centros urbanos. Desta forma, a região passou de grande produtora, com produção superior a 220.000 toneladas de pluma, para grande importadora. Atualmente, o cultivo da malvácea é importante para a agricultura familiar em que a mão-de-obra empregada é a família e a exploração é realizada em condições de sequeiro com áreas plantadas de aproximadamente de 3000, 1000 e 1000 ha para os estados da Paraíba, Ceará e Pernambuco (Conab 2014).

A importância socioeconômica do algodão para a Paraíba e Campina Grande hoje conhecida como a maior do interior da região Nordeste, teve seu crescimento e desenvolvimento apoiados e diretamente ligados à comercialização do algodão; pelo menos cinco fatores colaboraram para tornar Campina Grande o grande empório cotonícola do mundo ocidental, nas três primeiras décadas do século atual:

- 1) A chegada da ferrovia em 1907, fruto de um trabalho de base feito pelo governo provincial em que Cristiano Lauritzen, dinamarquês, prefeito de Campina Grande, foi ao Rio de Janeiro em 1890 para solicitar, do Governo Federal, a ida da linha de ferro para a Rainha da Borborema;

2) A posição estratégica ocupada por Campina Grande que polarizava as regiões do Agreste, Cariri, Brejo e sertão do estado da Paraíba e dos demais estados vizinhos;

3) As condições favoráveis das regiões vizinhas de Campina Grande para a produção de algodão;

4) A instalação de dezenas de máquinas de beneficiamento de algodão por grupos locais, que atraía o produto para ser beneficiado e levado para Recife, para exportação;

5) Enfim, o comércio da cidade, que facilitava o retorno dos animais que traziam o algodão, levando gêneros alimentícios para todas as regiões polarizadas por Campina Grande e depois também pelos caminhões, do final da década de 20 a meados da década de 30. Outro fator de natureza externa que influenciou o desenvolvimento de Campina Grande foi a expansão da Indústria Têxtil inglesa após a 1ª Guerra Mundial (1914-1918), visto que, Estados Unidos da América do Norte se tornaram o grande produtor e fornecedor de algodão para o mundo e a Inglaterra procurou no Brasil, em especial no Nordeste, o local para alimentar de algodão o seu grande parque industrial. Campina Grande se tornou, em pouco tempo, o grande centro de comercialização do algodão e a Paraíba o maior produtor de algodão do Brasil; no início do século passado, o algodão foi, para Campina Grande, o epicentro do seu crescimento, atraindo comerciantes de todas as regiões da Paraíba e do Nordeste; crescimento este ainda mais notável a partir de 1910, depois que o caminhão substituiu os animais de carga que, no retorno para a cidade, levava ferragens, tecidos, medicamentos e rapadura, para toda a Paraíba e os Estados vizinhos. Foi o algodão que permitiu, gerando riquezas, que Campina Grande passasse de 20 mil habitantes em 1907 para 130.000 no final da década de 30, um crescimento de 650% em apenas 32 anos. Também através do algodão, foram possíveis, a partir dos anos 20, investimentos fixos e duradouros na cidade, como armazéns usinas de beneficiamento e o comércio em geral, impelindo os poderes públicos a melhorar a infraestrutura da cidade. Os beneficiadores e os comerciantes de algodão investiam os lucros obtidos não somente no algodão mas também em outras atividades, como o comércio de peles. Até 1931, a Paraíba foi o maior produtor de algodão do Brasil, com uma produção de 23 milhões de quilos de algodão em caroço. A base do crescimento e do desenvolvimento de Campina Grande foi o algodão que também a tornou conhecida a nível mundial, como a Liverpool brasileira, o segundo polo de comércio de algodão do planeta, nos anos 20 e 30. Atualmente estão instaladas, na Paraíba e em Campina Grande, grandes indústrias têxteis, o que contribui para a geração de emprego e renda para o Estado (Carmona et al., 2005).

3.3 Necessidades Hídricas do Algodoeiro

As necessidades hídricas das culturas ainda podem ser definidas como a quantidade de água que, potencialmente, satisfaz a evapotranspiração de uma área vegetada quando a produção não é limitada pela falta de água. O processo de evapotranspiração, representado pelas perdas ocorridas na forma de vapor por meio da superfície do solo (evaporação) e das perdas por meio das folhas (transpiração), sofre variações locais e espaciais provocadas pelas condições edafoclimáticas e pelo estágio de desenvolvimento da cultura (HARMSEN et al. , 2009, BAGUIS et al. , 2010; LIANG et al. , 2010).

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 contribuindo para aumentar a produtividade e otimizar a utilização da lâmina de irrigação, dos equipamentos de irrigação, da energia elétrica e dos mananciais; desta forma, a determinação das necessidades hídricas das culturas, em seus diferentes estádios de desenvolvimento, é etapa significativa para o manejo da irrigação.

O algodoeiro apresenta tolerância relativamente alta à seca quando comparado a culturas como a soja, arroz e milho, dentre outras. Isto se deve à sua capacidade de aprofundamento do sistema radicular em condições de déficit hídrico o que permite, à planta, absorver água em camadas mais profundas do solo em situações de estresse (ROSOLEM, 2007). No entanto, uma vez que as atividades fisiológicas e metabólicas da cultura estão diretamente vinculadas ao seu consumo hídrico, esta capacidade adaptativa se dará em detrimento da produtividade (BEZERRA et al., 2007).

A 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 as necessidades hídricas das plantas. A irrigação se constitui numa atividade imprescindível para qualquer agricultura rentável, em quase todas as regiões e climas da Terra (BEZERRA, 2007).

Segundo 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 pelas plantas. 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 ocorrem na fase de floração (HAN et al., 2001; GUANG et al., 2012).

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 (PETTIGREW, 2004; MATTIONI et al., 2009; BATISTA et al., 2010; ECHER et al., 2010; LUO et al., 2013) além de interferir na qualidade da fibra (LIU et al., 2008) resultando em inúmeros prejuízos para o produtor.

Doorenbos e Kassam (2000) comentam que dependendo do clima e da duração do período total de crescimento, o algodoeiro carece 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, embora, nos estádios posteriores essas necessidades diminuam. 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 da duração do encharcamento, afeta 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, 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 agrônômicas) os valores dos coeficientes de cultivo (Kc) 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) e 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.

Via de regra, as necessidades hídricas das espécies podem ser estimadas pela evapotranspiração de referência desde que multiplicados pelo coeficiente de cultivo ($E_{To} \times k_c$) porém, outra maneira de se estimar a necessidade de água pela espécie é através do estudo de diferentes lâminas de irrigação (AZEVEDO e BEZERRA, 2008).

3.4 Cultivares de algodoeiro

Uma cultivar é resultado do melhoramento em uma variedade de planta que a torne diferente das demais em sua coloração, porte e resistência a doenças. A nova característica deve ser igual em todas as plantas da mesma cultivar, mantida ao longo das gerações. Embora a nova cultivar seja diferente das que a originaram não é considerada geneticamente modificada; o que ocorre é uma nova combinação do seu próprio material genético.

Devido à presença marcante da interação genótipo e ambiente no algodoeiro, não se deve esperar que um único cultivar possa adaptar-se a todas as regiões de cultivo no Brasil sendo importante a identificação de cultivares mais adequadas a cada região. Assim, bom desempenho agrônomico do algodoeiro herbáceo dependerá da escolha correta da cultivar a ser plantada, do ambiente e do manejo cultural (ARAÚJO et al., 2013). É necessário, portanto, conhecer as características agrônomicas e industriais de cultivares comercializadas no Brasil a fim de se assegurar, aos produtores, escolhas que lhes sejam técnica e economicamente vantajosas. Além disto, a utilização de cultivares que se adaptem às diferentes condições edafoclimáticas constitui fator essencial para se obter incremento na produtividade de qualquer cultura. Segundo Beltrão & Azevedo (2008) simultaneamente com as características gerais e específicas buscadas em cada programa de melhoramento desenvolvido no Brasil, existem características agrônomicas e tecnológicas da fibra, consideradas padrão mínimo a serem apresentadas por uma cultivar de algodão com vista ao atendimento à indústria têxtil.

No Nordeste, o algodoeiro vem recebendo a atenção de instituições de pesquisa no estudo de novas cultivares de algodão, desde 1920, no caso do algodoeiro mocó.

Ao longo desses anos foram sendo acumulados conhecimentos para atender às necessidades da cultura do algodão na região (CARVALHO, 2008).

Freire et al. (2009) citam que duas linhas de pesquisa são prioritárias; uma delas é se obter cultivares adaptadas ao Cerrado nordestino em que buscam-se cultivares de ciclo precoce e médio, resistentes a pragas e doenças foliares, e outra linha prioritária é obter cultivares tolerantes à seca, adaptadas à região semiárida de ciclo precoce.

Os produtores de algodão sob irrigação demandam três tipos diferentes de cultivares possíveis de 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, em condições irrigadas são: produtividade

elevada (4500 a 6000 kg ha⁻¹), alto rendimento de fibras (38% a 41%) e ciclo normal a precoce (130 a 150 dias de ciclo) (EMBRAPA ALGODÃO, 2006).

De maneira geral, as cultivares devem 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 a planta 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; possuir 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.

3.4.1. Descrição da Cultivar BRS Aroeira

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

A grande vantagem desta cultivar está na resistência múltipla a doenças, ramulose, viroses e mancha de *stemphylium*, além de tolerância a bacteriose, manchas de ramulária, alternária e ao complexo fusarium-nematoide; com base nessas características pode-se indicá-la com vantagens para o cerrado de Goiás e Mato Grosso do Sul inclusive nas áreas com infestação de *fusarium*-nematoide. Na sincronia de semeadura nas fazendas tal cultivar deve ser plantada mais cedo (outubro a novembro na maioria das regiões) para se obter vantagens de sua resistência a doenças; A BRS Aroeira é uma cultivar para uso em sistema de produção de baixo custo.

3.4.2. Descrição da Cultivar BRS Araripe

A cultivar BRS Araripe possui ciclo de 140 a 150 dias podendo ser cultivada em regime de sequeiro ou irrigada. Para o melhor desempenho seu cultivo deverá seguir as recomendações básicas para o algodoeiro herbáceo, em termos de zoneamento de risco climático, conservação e preparo do solo (VIDAL NETO et al., 2006). Possui as seguintes características: Altura de plantas: 110 cm e as características de fibras com comprimento no HVI de 30 mm; resistência de 31,2 gf tex⁻¹ e Micronaire de 4,2 µg pol⁻¹. A BRS Araripe foi avaliada, em condições de sequeiro, no semiárido do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Piauí, em que a precipitação média de 500 a 1000 mm anuais, durante três safras, de 2003 a 2005, obtendo-se a produtividade média de algodão em caroço de 2.725 kg ha⁻¹ e de 1.090 kg ha⁻¹ de algodão em fibra.

Em regime de irrigação a cultivar foi avaliada em Barbalha, CE, Touros, RN e Ipangaçu, 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) (VIDAL NETO et al., 2006).

3.5 Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro

O crescimento de plantas, em diferentes condições ambientais pode ser mensurado de diversas maneiras: lineares superficiais, peso e número de unidades estruturais. Entre as dimensões lineares, é possível citar a altura da planta, o comprimento de ramificações e o diâmetro de caules, entre outras. O crescimento também pode ser acompanhado a partir de unidades estruturais morfológicas ou anatômicas, como ramificações, folhas, flores, frutos e raízes. Essas medidas podem fornecer informações importantes quanto à fenologia e são, muitas vezes, são usadas para detectar diferenças dos efeitos de tratamento (BENINCASA, 1988).

As medidas de superfície estão relacionadas principalmente à determinação ou estimativa da superfície fotossinteticamente ativa dentre as quais, se encontra à determinação da área foliar, que é importante haja vista serem as folhas as principais responsáveis pela captação da energia solar e pela produção de matéria orgânica, através da fotossíntese. Conhecida a superfície foliar e calculada a alteração da massa seca da planta durante certo período de tempo, torna-se possível avaliar a eficiência das folhas e sua contribuição para o crescimento da planta (MAGALHÃES, 1979). Cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas, ao logo do seu

crescimento, são resultantes da ação ou atividade fotossintético sendo o restante procedente da absorção de água e de nutrientes minerais do substrato justificando-se, por esta razão, a necessidade desta avaliação durante todo o período de crescimento (BENINCASA, 1988). De acordo com Beltrão et al. (2001) a análise matemática dos parâmetros morfofisiológicos da planta pode ser feita através de duas metodologias: a clássica e a funcional, em que a primeira permite uma estimativa de valores médios no intervalo entre duas amostragens para facilitar a comparação entre cultivares e tratamentos diversos enquanto na metodologia funcional modelos matemáticos são ajustados aos dados de matéria seca e área foliar, em função do tempo. Neste caso, os valores primários são: altura das plantas, diâmetro caulinar e área foliar; dependendo do ciclo da cultura, isto é, se curto ou longo, divide-se em intervalos de tempo iguais entre si de modo que pelo menos seis a sete medidas sejam tomadas em um grupo de plantas, por unidade experimental (BELTRÃO, 2001).

No caso do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) com cultivares precoces e de curto período de floração cujo ciclo nas condições edafoclimáticas da região Nordeste brasileira ocorre em média de 90 a 115 dias da sementeira à primeira colheita, o período de tempo entre as mensurações deve ser, de 15 a 20 dias (BELTRÃO, 2001).

Radford (1967), Benincasa (1988) e Hunt (1990) relatam que o crescimento se destina à avaliação da produção líquida das plantas, derivada do processo fotossintético e é o resultado do desempenho do sistema assimilatório em determinadas condições de ambiente, durante certo período de tempo. Os atributos avaliados são: a) razão de área foliar, área foliar por unidade de massa de toda a planta; b) área foliar específica: área foliar por unidade de massa de folhas; c) razão de massa foliar das folhas por unidade de massa da planta inteira; d) taxa de crescimento relativo: incremento de massa por unidade de massa da planta inteira por unidade de tempo e) taxa de assimilação líquida: incremento de massa da planta por unidade de área foliar por unidade de tempo; f) taxa de crescimento absoluto: incremento de massa da planta por unidade de tempo e o índice de área foliar, que é a relação entre a área foliar total e a área do solo sombreada pelas folhas.

3.6 Formação da Fibra do Algodão e composição química

Fibras de algodão são células individuais alongadas da camada epidérmica da semente; seu desenvolvimento abrange quatro fases distintas mas se sobrepõem: iniciação (3 até 5 dias após a antese), alongamento (3 a 21 depois da antese), deposição de parede celular

secundária (14-45 dias depois da antese) e maturação (40 a 55 dias depois da antese) (LACAPE et al., 2010).

Beltrão (2006) ressalta que essas fases são desencadeadas desde o florescimento até a abertura dos capulhos, durante um período variável, depois dos quais se obtém a fibra considerando-a principal produto do algodão. A fibra é constituída de uma única célula contendo mais de 95% de celulose e apresenta, quando totalmente madura, 25 camadas de celulose, cristalina, fibrilar e amorfa, situadas na sua parede secundária; as camadas de celulose (polímeros de glicose) são depositadas na parede secundária da fibra do algodão que quando adulta, é constituída de 95% deste polissacarídeo, uma das substâncias mais abundantes da natureza; há, ainda, proteínas, em torno de 1,3%, de elevada importância por constituírem os mordentes da fibra que recebem, no processo de tingimento, os corantes que dão cor ao tecido, sendo os fixadores de cores no fio e no tecido.

As ceras também ocorrem, embora em menor quantidade, sendo lubrificantes naturais no processo de fiação em que as fibras são submetidas a rotações superiores a 160.000 r.p.m, no caso de rotores, no processo de fiação de cabo aberto.

Composição química da fibra de algodão:

- Celulose.....94,0 %
- Proteínas.....1,3 %
- Cinzas.....1,2 %
- Substâncias pécnicas0,9 %
- Ácidos málicos, cítrico ,0,8 %
- Cera.....0,6 %
- Açúcares totais.....0,3 %
- Não dosados.....0,9 %

3.6.1 Características Físicas da Fibra do Algodão

As características tecnológicas da fibra do algodão estão intrinsecamente ligadas a fatores hereditários do algodoeiro, mas sofre influência do volume de água aplicado na diferentes fases da cultura, segundo Davidonis et al. (2004), a quantidade de água adequada no solo juntamente com altas temperaturas aumenta a maturidade da fibra, enquanto que um deficit hidrico severo durante o alongamento da fibra reduz o comprimento. Balkcom et al. (2006). Segundo esses autores, o micronaire e nível de irrigação são negativamente

correlacionados; assim, a irrigação exerce influência em algumas propriedades físicas da fibra.

As propriedades físicas mais relevantes da fibra são: comprimento, uniformidade, resistência, alongamento, maturidade, micronaire, os índices de cor (rd reflectância e +b grau de amarelamento) índice de fibras curtas e índice de fiabilidade. A reflectância da fibra, a resistência e micronaire são as três características mais significativas que definem a qualidade intrínseca da fibra.

O equipamento mais utilizado para medir esses índices é o HVI (High Volume Instrument) usado para aplicações comerciais e de pesquisa com a finalidade de medições de alto rendimento desses parâmetros. O HVI utiliza técnicas de amostragem automatizados e mede as propriedades da fibra a partir de um feixe de fibras. Ele foi concebido para ser utilizado como uma ferramenta de marketing para avaliar a qualidade da fibra dentro de um fardo de algodão (KELLY et al., 2013).

Segundo Lacape et al. (2010) a associação composta dessas características quantitativas se relaciona com a qualidade da fibra interferindo no desempenho final na fiação e tecelagem. Para Kelly et al. (2012) a informação relativa às características intrínsecas da fibra, é útil para o controle de qualidade e eficiência de produção em fábricas de fios tal como para a prestação de informações necessárias a melhorar qualidade do produto.

O detalhamento da classificação das principais propriedades físicas das fibras do algodão, segundo a Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis, se encontra na tabela 1.

Tabela 1: Classificação das fibras segundo a Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis, de acordo com suas características (s.d.)

Característica da Fibra	Unidade	Classificação				
		Muito curta	Curta	Média	Longa	Muito longa
Comprimento	mm	<23,8	24,6-26,5	27,0-28,0	28,6-a 30,2	>32,5
						Muito uniforme
Uniformidade	%	Muito irregular	Irregular	Média	Uniforme	Muito uniforme
		<81	81-82	83-85	85-86	>86
Resistência	gf tex ⁻¹	Muito fraca	Fraca	Média	Forte	Muito forte
		<22	23-26	27-30	31-33	>34
Alongamento	%	Muito baixo	Baixo	Média	Alta	Muito alta
		<5,0	5,0-5,8	5,9-6,7	6,8-7,6	>7,6
Maturidade	%	Muito baixo	Baixo	Média	Alta	Muito alta
		<61	61-76	76-84	84-88	>88
Micronaire	µg pol ⁻¹	Muito fina	Fina	Média	Grossa	Muito grossa
		<3,0	3,0-3,9	4,0-4,9	5,0-5,9	>6,0
Índice de fibras curtas	%	Muito baixo	Baixo	Regular	Alto	Muito alto
		<6	6-9	10-13	14-17	>17
Índice de Fiabilidade		Muito baixo	Baixo	Regular	Alto	Muito alto
		<1750	1750-2000	2000-2250	2250- 2500	>2500

3.6.2. Comprimento

O comprimento a 2,5% SL (Span Length) e a 50% SL, é o comprimento médio que atinge respectivamente, 2,5 e 50% das fibras distribuídas ao acaso, em um pente ou pinça especial; este parâmetro exerce influência sobre o título enquanto a aparência no fio obtido é fator importante na obtenção de um fio resistente, determinando os ajustamentos e os detalhes de construção das máquinas utilizadas na fiação; de acordo com o comprimento a 2,5% SL, a fibra pode ser classificada muito curta (<23,8mm), curta (24,6-26,5), média (27,0-28,0), longa (28,6-30,2) e muito longa (>32,5mm).

3.6.3. Uniformidade de comprimento ou relação de uniformidade (UR)

Uniformidade de comprimento é a relação entre os 50% SL para os 2,5% SL, representando uma medida de irregularidade do comprimento das fibras dentro de uma população e indica a presença, em maior ou menor percentagem, de fibra mais curta no material. Baixa uniformidade prejudica a tenacidade, regularidade e aparência do fio e aumenta o desperdício nas máquinas de beneficiamento e no equipamento industrial. Uma fibra de boa qualidade para a fiação e que assegurar bom rendimento para as máquinas, deve apresentar UR =45%, ou seja, uma uniformidade média; de acordo com a uniformidade, a fibra pode ser classificada muito irregular (<81%), irregular (81-82), média (83-85), uniforme (85-86) e muito uniforme (>86).

3.6.4. Resistência (gf tex⁻¹)

A resistência das fibras é definida pela parede secundária, isto é, pela quantidade de celulose depositada no interior da fibra e tem, na sua classificação, relação direta com a resistência do fio e o andamento do fio na fiação. É obtida pela medição da força requerida para romper uma amostra de fibra. A resistência da fibra pode ser classificada como muito fraca (<22 gf tex⁻¹), fraca (23-26), média (27-30), forte (31-33) e muito forte (>34).

3.6.5. Alongamento (%)

O alongamento é o comprimento médio da distância com a qual as fibras se distendem antes da ruptura; o alongamento à ruptura é classificado muito baixo (<5,0%), baixo (5,0-5,8), médio (5,9-6,7), alto (6,8-7,6) e muito alto (>7,6).

3.6.6. Maturidade (%)

A maturidade é o grau que indica a espessura das camadas de celulose da parede secundária em relação do seu diâmetro; é definida como um parâmetro ligado ao desenvolvimento da fibra e influenciado por fatores agrônômicos como irrigação e adubação, entre outros fatores ligados ao manejo da cultura; de acordo com a maturidade, a fibra pode ser considerada muito imatura (<61%), imatura (61-76%), madura (76-84%), acima da média

(84-88%) e muito madura (>88%). A Figura 1 apresenta exemplos de fibras imaturas e maduras.

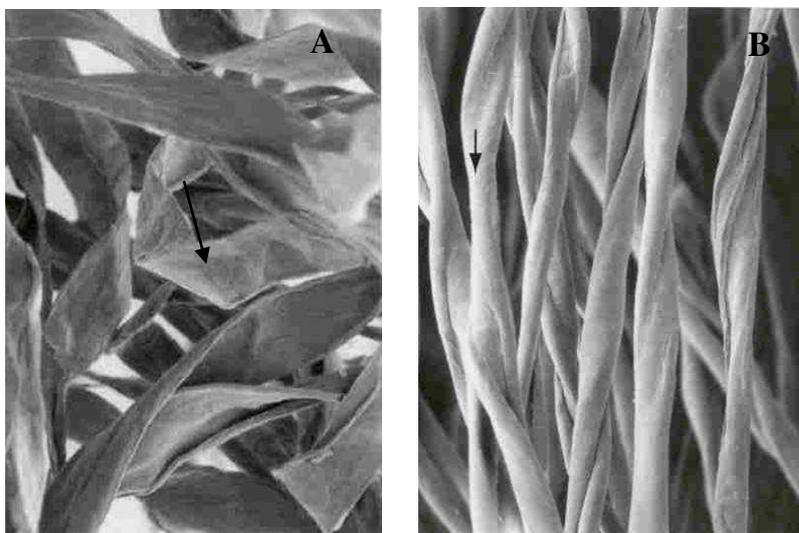


Figura 1 A e B: Visualização das fibras de algodão no microscópio: A imaturas e B maduras.

3.6.6. Índice micronaire (finura em $\mu\text{g pol}^{-1}$)

O índice de micronaire destina-se a medir o diâmetro externo da fibra ou a área da secção transversal da fibra ou, ainda, a massa por unidade de comprimento, ou seja, o título da fibra e representa atualmente um conjunto de todos esses fatores, aliados a sua maturidade. Esta característica tem influência direta na formação de “neps” no processo da abertura e de cardagem; fibras finas tendem a formar mais “neps” que as grossas e, em geral, produzem fios mais resistentes devido ao maior número de fibras da secção do fio, mas produzem fios com maiores problemas de afinidade tintorial e com maior quantidade de “neps”; fios produzidos com fibras finas são menos volumosos que os de fibra grossa o que confere aos tecidos um toque mais macio; de acordo com o micronaire, a fibra pode ser classificada muito fina ($<3,0\mu\text{g pol}^{-1}$), fina (3,0-3,9), média (4,0-4,9), grossa (5,0-5,9) e muito grossa ($>6,0$).

3.6.8. Índice de Cor

O Índice de cor do algodão é determinado basicamente na parede secundária da fibra, com interferência do solo e do ambiente. O método para determinação é por meio do HVI e os índices determinados são: Reflectância (RD) que é a quantidade de luz refletida da amostra, que varia de 40 a 85; sendo que altos valores de RD indicam fibras mais claras, e o grau de amarelamento, que é (+b) varia de 4 a 18, valor este que expressa o amarelamento da luz refletida pelas fibras de algodão.

3.6.9. Índice de fibras curtas

O índice de fibras curtas é a proporção, em percentagem de fibras curtas e/ou conteúdo de fibras curtas pelo peso com comprimento inferior a 12,7 mm, contida em uma amostra de fibra. O índice de fibras curtas pode ser considerado muito baixo (<6%), baixo (6-9), regular (10-13), alto (14-17) ou muito alto (>17).

3.6.10. Índice de fiabilidade (CSP)

O índice de fiabilidade é uma característica da resistência dos fios, em especial de fios a rotor, open end, que depende essencialmente das fibras individuais. Por meio de uma fórmula de correlação múltipla pode-se obter conclusões sobre a resistência máxima desejada do produto final. Na classificação do High Volume Instruments (HVI), o índice de fiabilidade é classificado: muito baixo (<1750), baixo (1750-2000), regular (2000-2250), alto (2250-2500) e muito alto (>2500).

$$\text{CSP} = 8327,5 + 53,705 \times \text{UHM} + 10,3 \times \text{UI} + 58,4 \times \text{Str} - 215,7 \times \text{Mic}$$

Em que:

UHM = Comprimento da metade superior em mm;

UI = Índice de uniformidade;

Str = Resistência da fibra;

Mic = micronaire ($\mu\text{g pol}^{-1}$).

3.7. Importância econômica da fibra de algodão

A fibra, principal produto do algodão, possui várias aplicações industriais dentre as quais se podem citar: confecção de fios para tecelagem de vários tecidos, preparação de algodão hidrófilo para enfermagem, confecção de feltro, cobertores e estofamentos, obtenção de celulose, películas fotográficas, chapas para radiografias e outros. Em termos econômicos, a pluma é o principal produto primário do algodão. Virtualmente, toda pluma produzida se destina à fabricação de fios os quais são consumidos quase que exclusivamente pela indústria têxtil; outro tipo de fibra com grande aceitação no mercado é o línter, um conjunto de fibras curtas que envolvem o caroço; após o processo de descaroçamento o línter pode ter diversas destinações na indústria, como na fabricação do algodão de farmácia, também conhecido como algodão hidrófilo, tecidos rústicos, estofamentos, filtros e mesmo pavio de pólvora (BELTRÃO et al., 2011). Existem, ainda, outros tipos de fibra de algodão, subprodutos dos processos de beneficiamento, fiação e tecelagem, em que a principal é a fibrilha, um subproduto do processo de descaroçamento comumente comercializado pelas algodozeiras.

No Brasil, o consumo industrial de fibras mostra desde a década de 70, que o algodão se fortaleceu como principal fibra natural ficando entre as cinco mais consumidas e manteve sua participação no consumo total de fibras têxteis em torno de 55%. O Brasil foi um dos países que mais se beneficiaram com os grandes investimentos realizados em tecnologia para a cotonicultura, que ocorreram notadamente a partir da segunda metade da década de 1990.

Desde então, o país passou a ostentar os maiores níveis de produtividade entre os principais países produtores de algodão no mundo. Um dos desafios da cotonicultura brasileira é se tornar tão competitiva na qualidade o quanto já é na produtividade da fibra. Neste contexto é fortalecido com um forte programa de melhoramento genético, o Brasil se prepara para disponibilizar, aos produtores, cultivares de algodão, o que permitirá a melhor exploração de nichos de mercados mais bem remuneradores (ABRAPA, 2012). Adicionalmente, Lacape et al. (2010) destacaram que o valor comercial da fibra é determinado pelas suas características físicas; de fato, essas características transferidas para o fio, tecido e confecção, resultam na diversidade de aplicação, beleza e na sensação de bem-estar a quem as usa. Por isso, o manejo hídrico adequado, associado ao estudo das características intrínsecas da fibra, é fator importante na obtenção de fibras de melhor qualidade e de menor custo ao mercado.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Características da área experimental

Os experimentos foram conduzidos 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 (Figura 2). (LEDO et al., 2011;). O estudo foi conduzido de julho a dezembro de 2010.

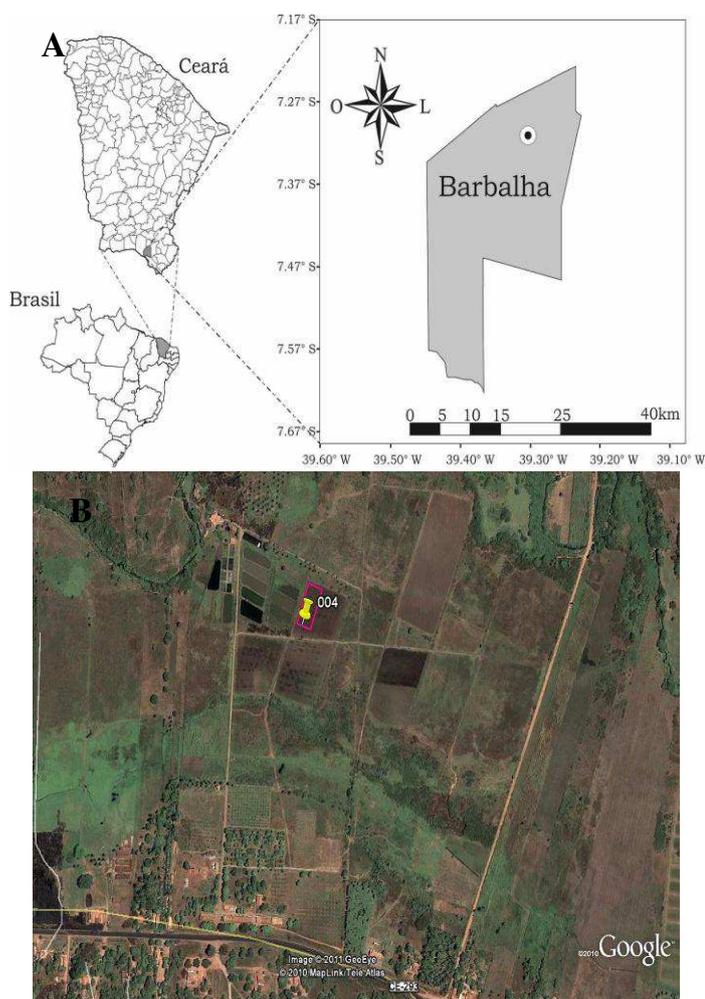


Figura 2: A e B, Localização da área do estudo por meio de mapa; B Imagem de satélite da localização da área de estudo, Barbalha, CE. Fonte: (Googlemaps, 2012)

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 (quatro a cinco 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, estão nas Figuras 3,4,5.

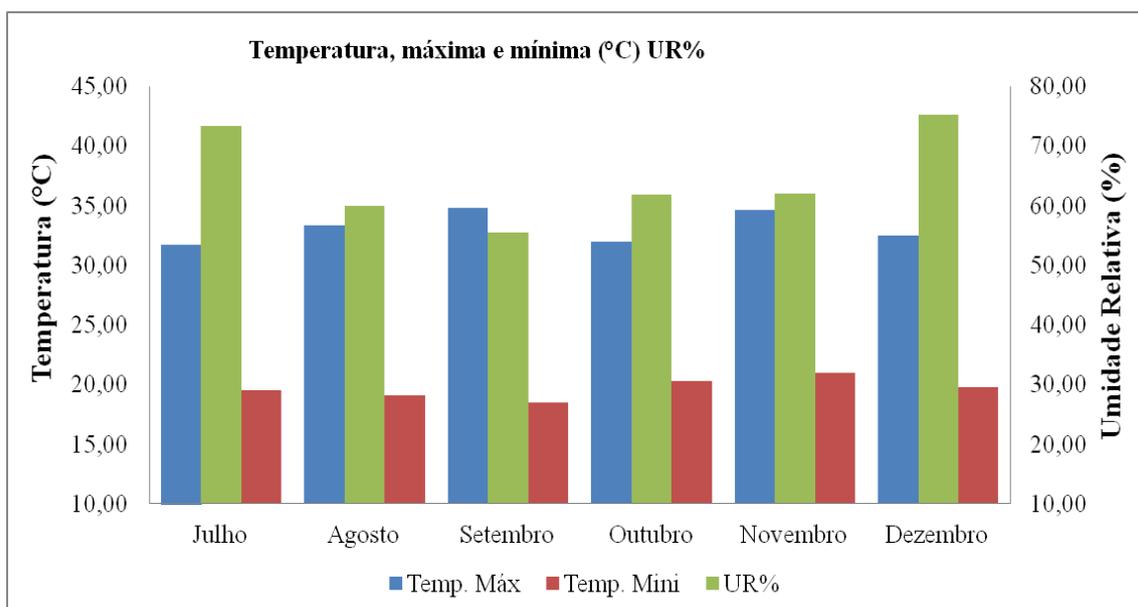


Figura 3: Valores médios mensais das temperaturas máximas, mínimas e umidade relativa do ar, Barbalha, CE, 2010. (Fonte: Inmet, 2013)

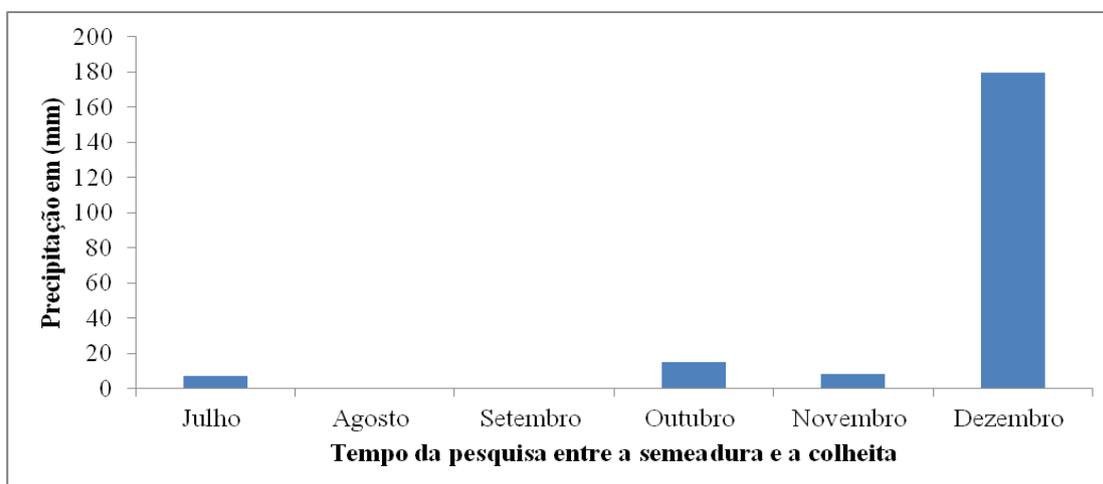


Figura 4: Precipitações mensais no período de cultivo, Barbalha, CE, 2010. (Fonte: Inmet, 2013)

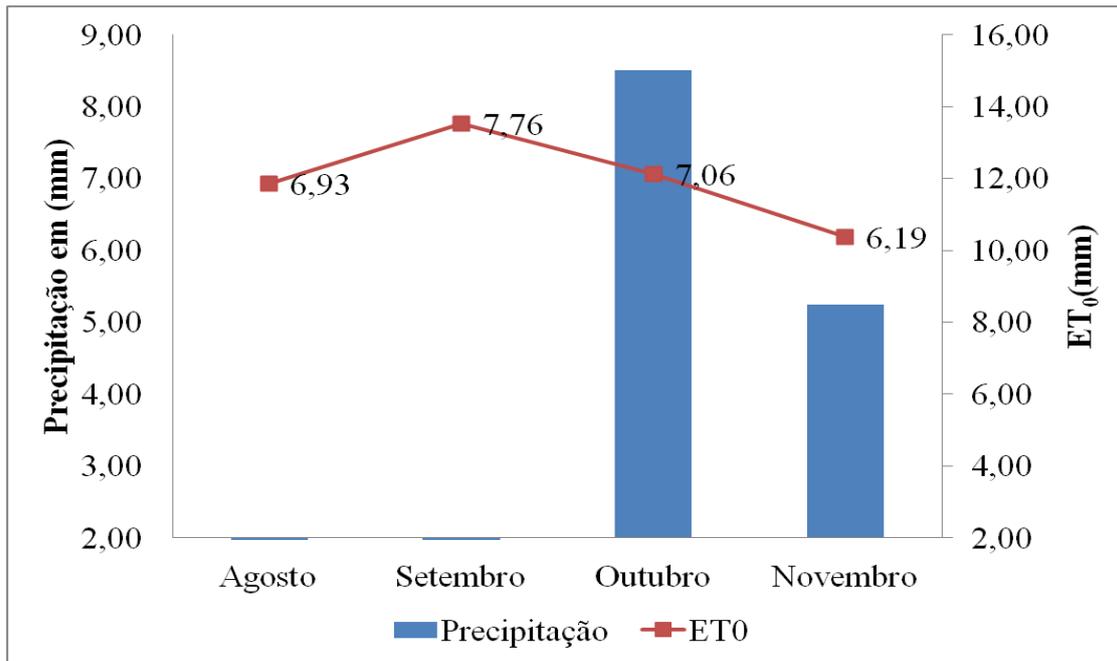


Figura 5: Valores médios mensais da precipitação (mm) e evapotranspiração (ET₀ mm) na época de cultivo, Barbalha, CE, 2010.

A precipitação total medida foi de 29,40 mm e a efetiva, determinada conforme Smith et al, (1992) foi de 20,58 mm; o cálculo das necessidades de irrigação foi efetuado pela diferença entre a evapotranspiração máxima da cultura e a precipitação efetiva, com base em dados mensais utilizando-se alguns métodos empíricos na determinação da precipitação efetiva.

4.3. Caracterização do solo

O solo predominante na área experimental pertence à classe dos Neossolos Flúvicos, anteriormente classificados 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 foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA), (Tabela 2); a caracterização química do solo foi realizada no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Embrapa Algodão (Tabela 3).

Tabela 2: Caracterização físico-hídrica do solo, Barbalha, CE, 2010

Característica	Profundidade (cm)			
	0-20	20-40	40-60	60-80
Areia Grossa (g/kg)	12	4	7	3
Areia Fina (g/kg)	25	16	50	45
Silte (g/kg)	21	28	4	17
Argila (g/kg)	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 aparente	1,38	1,45	1,42	1,43
Densidade Real	2,57	2,53	2,56	2,54
Porosidade (%)	46,30	42,68	44,53	43,70

Armazenamento de água

Profundidade (cm)	Conteúdo de água (% em volume)			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

*Classificação do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

Tabela 3: Análise química do solo da área experimental, 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					
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 da pesquisa proveio de um poço artesiano localizado próximo ao experimento; antes do início do trabalho uma amostra da água foi retirada e

levada ao Laboratório de Análises de Solos e Nutrição de Plantas, da Embrapa Algodão, para determinação de suas características químicas e classificação, conforme a Tabela 4.

Tabela 4: Análise química da água utilizada na irrigação da área experimental, 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, além de cuidados especiais no manejo do solo.

4.5. Cultivares avaliadas

As cultivares de algodoeiro herbáceo utilizadas foram cultivar BRS Aroeira e cultivar BRS Araripe; as sementes foram disponibilizadas pela Embrapa Algodão (CNPA) no município de Campina Grande, PB.

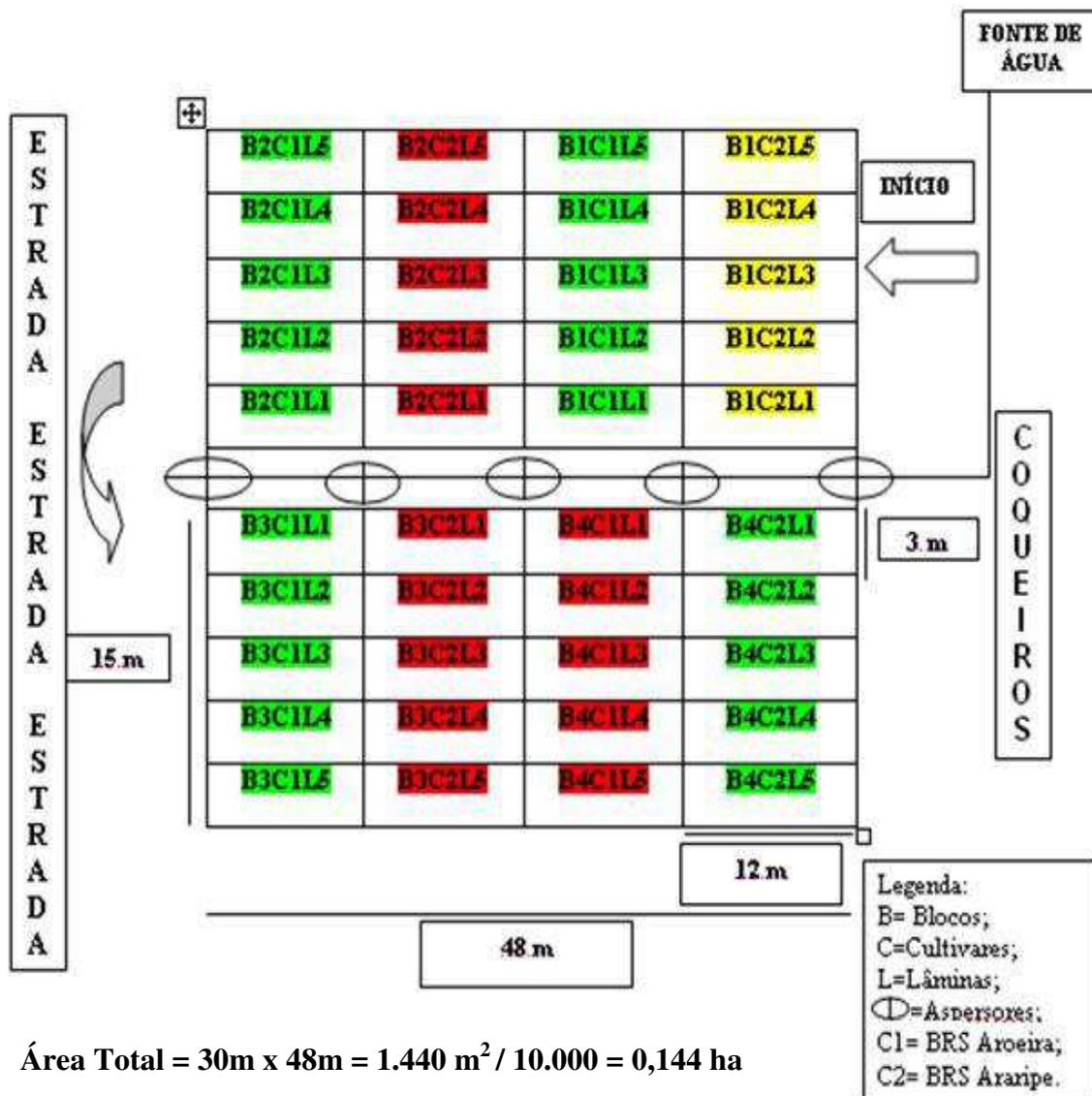
4.6. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos consistiram da combinação fatorial 2 x 5, sendo duas cultivares de algodoeiro herbáceo, BRS Aroeira (C1) e BRS Araripe (C2) 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 10 tratamentos: (1.L1C1), (2.L1C2), (3.L2C1), (4.L2C2), (5.L3C1), (6.L3C2), (7.L4C1), (8.L4C2), (9.L5C1), (10.L5C2) em delineamento em blocos casualizados, com 4 repetições, totalizando 40 subparcelas dispostas em faixas.

Na figura 6 observa-se o croqui da área experimental com a disposição dos tratamentos, a dimensão da área, das parcelas e a localização do sistema de irrigação.

As Parcelas experimentais com dimensões de 12mx15m=180m² e as subparcelas de 3m x12m= 36m² e a área útil=6 m², perfazem assim, uma área total do experimento de 48m x30m=1440 m².



$$\text{Área Total} = 30\text{m} \times 48\text{m} = 1.440 \text{ m}^2 / 10.000 = 0,144 \text{ ha}$$

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

4.7. Instalação do experimento

a) Preparo do solo

O preparo do solo da área experimental foi realizado 15 dias antes do plantio, por meio de aração com arado escarificador na profundidade de 20 cm, seguida de duas gradagens com grade niveladora, conforme figura 7.

b) Semeadura

No experimento, a demarcação da área foi realizada com auxílio de trena, cordas e piquetes e em seguida foram abertas covas com 5 cm de profundidade; a semeadura foi manual e realizada em 16 de julho.

c) Adubação

Em função dos resultados da análise do solo as adubações foram realizadas em três épocas: Para o Nitrogênio (N), sendo a primeira em fundação utilizando-se de 10 kg ha⁻¹ de ureia, e a segunda em cobertura com 40 kg ha⁻¹ no início do botoamento e 40 kg ha⁻¹, no início do florescimento. Para o fósforo (P₂O₅) se aplicaram 60 kg ha⁻¹ em cobertura enquanto para o potássio (K₂O) foram utilizados 20 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio em cobertura nas mesmas épocas do nitrogênio. (EMBRAPA, 2014)



Figura 7: A e B Adubação de cobertura e semeadura

4.8. Capinas

No experimento foram realizadas três capinas manuais com uso de enxada visando manter a lavoura livre de plantas daninhas, especialmente durante os primeiros sessenta dias após a emergência, conforme a figura 8.



Figura 8: A e B Visão geral das capinas realizadas no experimento

4.9. Espaçamento e arranjo de plantas

As cultivares de algodoeiro herbáceo foram plantadas em fileiras simples com espaçamento de 1,0 x 0,20m, sendo cada parcela 12 x 15m perfazendo a área de 180m² por parcela e área das subparcelas de 12m x 3m, com área de 36m² e uma área útil (duas fileiras centrais) de 6m²; portanto, com área total experimental de 1440 m² (Figura 9).



Figura 9: A e B Visão geral do espaçamento nas linhas e entre as plantas de algodoeiro no experimento

4.10. IRRIGAÇÃO

4.10.1. Sistema de Irrigação Utilizado Para Experimento

O sistema de irrigação utilizado foi por aspersão convencional em linhas ("line source sprinkler system") muito empregado em pesquisas e se constituiu de uma linha central de aspersores estreitamente espaçados entre si aplicou-se água em doses decrescentes à medida que a distância do aspersor aumenta perpendicularmente.

A linha principal era constituída por tubos de PVC de 6 m de comprimento e diâmetro de 100 mm e nela foram instaladas a cada 12 metros, linhas laterais com aspersores rotativos da marca Agropolo com diâmetro do bocal de 5,0 x 4,6mm, tubo de subida de 1,0 m e pressão de serviço de 25 mca. A precipitação média foi de 9mm/h de cada aspersor medida por pluviômetros na segunda faixa, ou seja, na faixa de controle; as medições foram realizadas nos dias 27 de agosto e 09 de setembro de 2010 (Figura 10).



Figura 10: A e B Linha central de aspersores e detalhe da altura do tubo de subida no experimento

Para medir a vazão no bocal a pressão de serviço do aspersor e o volume de água coletada, realizou-se, em cada pluviômetro, a medição de vazão no sistema de irrigação; para tanto se coletou, em cada aspersor previamente selecionado, o volume aplicado no tempo de três minutos, com auxílio de cronômetro, mangueiras, coletores e proveta graduada. Utilizando um manômetro com tubo de Pitot avaliou-se a pressão de serviço (P_s) do aspersor em funcionamento; a pressão da bomba de 40 mca a qual exigiu, do sistema, uma vazão do aspersor de $2,43 \text{ m}^3/\text{h}$, foi medida pelos pluviômetros na segunda faixa; para quantificação da água fornecida pelos aspersores foram instalados coletores, pluviômetros, tipo copo ou caneca, confeccionados em termoplástico, com capacidade para 50 cm^3 . Esses coletores foram

sustentados por encaixes, em varetas cilíndricas fincadas no solo a aproximadamente 0,70 m de altura acima da superfície do solo. Todas as parcelas ficaram a uma mesma distância dos emissores, por ocasião da irrigação; no fornecimento de água encontrou-se uma eficiência de aplicação do sistema de aspersão de 80%, com aplicação de uma lâmina média de 24,9 mm.dia⁻¹, funcionando todos os aspersores simultaneamente; 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.

4.10.2. Manejo da Irrigação

No início do experimento realizou-se um teste de infiltração da água no solo, por meio do teste de condutividade hidráulica no solo saturado em que $K_0 = 0,144 \text{ mm dia}^{-1}$ (Teste no Apêndice).

Antes do plantio foi efetuada uma irrigação de toda a área com vista a se elevar o teor de umidade do solo à capacidade de campo; após o plantio, irrigou-se, a cada quatro dias, durante 20 dias, sendo aplicada uma lâmina total de 86,40mm de modo a garantir uma boa germinação das sementes e o crescimento inicial das cultivares. (Figura 11)

Somente a partir daí se iniciou a aplicação dos tratamentos de lâminas de irrigação, e as reposições de água para a cultura eram feitas a um intervalo de irrigação de sete dias.

A precipitação efetiva durante o ensaio experimental foi de 20,58mm esta somada a cada lâmina de irrigação aplicada; o Turno de Rega foi determinado segundo a equação abaixo: Em que: TR é Turno de rega, em dia;

$$TR = \frac{LL}{ET_0}$$

LL é Lâmina líquida de irrigação, em mm;
ET₀ é Evapotranspiração de referência, em mm⁻¹.

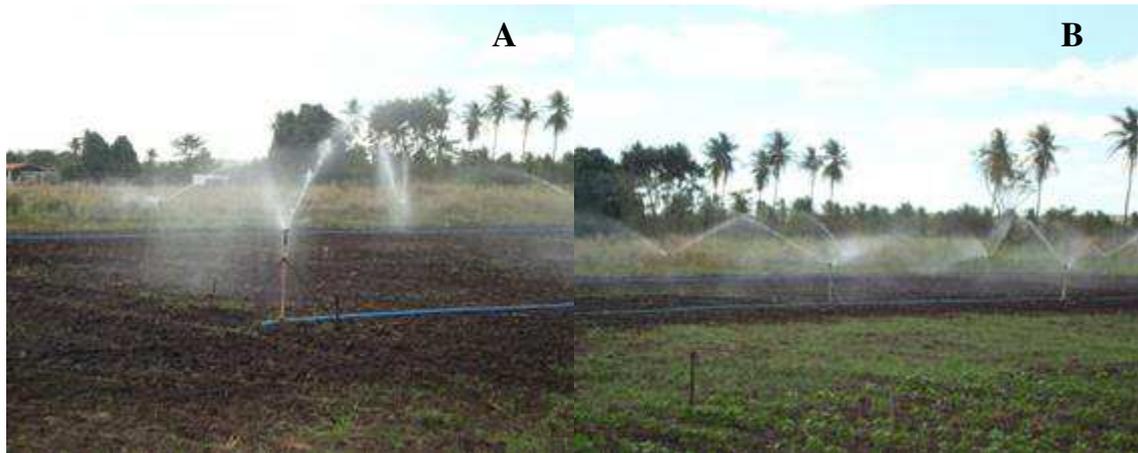


Figura 11: A e B Irrigação antes e após a semeadura no experimento

O volume de reposição de água correspondente a 100% da evapotranspiração foi determinado a partir da medição direta da lâmina de água coletada na segunda faixa, correspondente à segunda subparcela, denominada lâmina de controle. (Figura 12); os demais tratamentos foram calculados proporcionalmente a partir do volume de reposição de água correspondente a 100% da evapotranspiração.

As lâminas de irrigação foram calculadas em função da evapotranspiração da cultura determinada multiplicando-se a evapotranspiração de referência, ET_0 , pelo coeficiente da cultura do algodão K_c ($ET_0 \times K_c$); a evapotranspiração de referência (ET_0), foi calculada pelo método de Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006) e os coeficientes de cultivo utilizados foram aqueles recomendados por 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.



Figura 12: A e B Espaçamento entre os aspersores e quantificação das lâminas de irrigação por meio de pluviômetro.

4.10.3. Método de Penman-Monteith

Os dados meteorológicos usados nos cálculos da (ET_0) 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.

O modelo de Penman-Monteith (ALLEN et al., 2006) é recomendado como o padrão para determinar a ET_0 , por ser o que melhor se aproxima da ET_0 da grama no local avaliado; tem embasamento físico e incorpora explicitamente tanto os parâmetros fisiológicos, quanto os aerodinâmicos (ALBUQUERQUE et al., 2002) expressos pela equação

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

Em que:

ET_0 é a evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1});

R_n é o saldo de radiação ($\text{MJ.m}^{-2} \text{dia}^{-1}$);

G é o fluxo de calor no solo ($\text{MJ.m}^{-2} \text{dia}^{-1}$) considerado de valor insignificante quando se utilizam de cálculos diários;

T é a temperatura média diária do ar ($^{\circ}\text{C}$);

U_2 é a velocidade do vento media diária a 2 m de altura (m.s^{-1});

e_s é a pressão da saturação do vapor média diária (kPa);

e_a é a pressão atual de vapor média diária (kPa);

Δ é a declividade da curva de pressão de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$);

γ é o coeficiente psicrométrico ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

$$\Delta = \frac{4098 \left[\frac{17T}{T+233} \right]}{(T+233)^2} \quad (2)$$

O coeficiente psicrométrico (γ) é considerado constante, $\gamma = 0,0622 \text{ kPa } \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$, pois ele é uma função da pressão atmosférica que varia muito pouco ao longo do ano (95,03 kPa), e

do calor latente de evaporação da água, que é pouco afetado pela temperatura, sendo recomendado um valor médio igual a $2,45 \text{ MJ kg}^{-1}$.

A equação de Penman-Monteith tem sido referida como aquela que produz resultados relativamente exatos e consistentes da ET_0 em âmbito geográfico e climático (tanto em climas áridos como em úmidos), além de contar com previsões para seu uso na situação da falta de dados; neste sentido não se aconselha o uso das antigas equações da FAO ou de outra equação para o cálculo da ET_0 (ALLEN et al., 2006); a ET_0 obtida por este método é multiplicada pelo K_c para obter as necessidades de água da planta.

4.10.4. Lâminas de irrigação aplicadas no experimento

As lâminas de irrigação aplicadas para cada tratamento ao longo do experimento foram: 260,93; 418,93; 514,21; 711,81 e 894,68 mm, respectivamente, o que representa, em percentual, 37, 59, 72, 100 e 126% da evapotranspiração da cultura (ET_c) sendo a L4: 711,81mm a lâmina de controle.

4.11. Variáveis da cultura analisadas no experimento

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

No momento da colheita foram mensurados, em dez plantas por parcela, a altura do ramo principal, o diâmetro do caule e a área foliar.

A altura do ramo principal da planta foi medida desde o nível do solo até o ponteiro da planta. A mensuração do diâmetro do caule foi realizada com uso de um paquímetro (Figura 13); a área foliar foi determinada com auxílio de uma régua milimetrada, medindo-se seis folhas, sendo: duas no terço superior, duas do terço médio e duas do terço inferior, bem como se contando o número total de folhas de cada planta calculando-se a área foliar por folha através da equação: $Y = 0,4322 X^{2,3032}$ (GRIMES e CARTER, 1969), em que Y representa a área foliar ($\text{cm}^2 \cdot \text{planta}^{-1}$) e X, o comprimento longitudinal da nervura principal da folha (cm); a área foliar média das folhas calculadas pela referida equação foi multiplicada pelo número total de folhas obtendo-se a área foliar média total por planta.



Figura 13: A e B Mensuração da altura da planta e do diâmetro do caule no experimento

Foram avaliados, neste estudo a produtividade do algodão em caroço e em pluma e o peso médio de capulho (g); para determinação dos rendimentos foram colhidas e pesadas as duas linhas centrais (área útil) de cada subparcela (6 m^2) determinando-se a produção por subparcela e respectiva produtividade de algodão em caroço e em pluma, kg ha^{-1}

4.11.2. Características da Fibra

As características tecnológicas da fibra foram determinadas numa amostra padrão de 20 capulhos coletados antes da colheita da produção, no terço média da planta; as mensurações foram efetuadas no HVI (High Volume Instrument) do Laboratório de Fibras e Fios da Embrapa Algodão (Figura 14).

As características tecnológicas de fibra avaliadas foram: índice micronaire em $\mu\text{g/in}$, comprimento da fibra em mm, uniformidade de comprimento em %, índice de fibras curtas (SFI) em %, resistência de fibras em gf tex^{-1} , alongamento à ruptura, índice de fiabilidade (CSP), maturidade e a refletância (RD).



Figura 14: HVI (High Volume Instruments) modelo 900 da Spinlab/Zellweger Uster e AFIS (Advanced Fiber Information System). Utilizado para medir as características intrínsecas da fibra

4.12. 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 (Lâminas); para isto, utilizou-se o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2003).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Características agronômicas

O resumo da análise de variância, os valores médios e a análise de regressão para as variáveis relacionadas com as características agronômicas das cultivares de algodoeiro herbáceo, BRS Aroeira e BRS Araripe, submetidas a diferentes lâminas de irrigação, são apresentados na Tabela 5.

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) e peso médio de capulho (g) (PMC) das cultivares de algodoeiro herbáceo sob irrigação, Barbalha, CE, 2010.

Causa da variação	Quadrados médios					
	GL	DC	AP	AF	PROD	PMC
BLOCO	3	11,24**	847,53**	85484,26ns	2850567,85**	0,32**
CULTIVARES	1	5,14ns	604,24**	1379297,52ns	9995556,49*	5,62**
Resíduo a	3	2,52	14,79	189554,56	328409,18	0,03
LÂMINAS DE ÁGUA	4	18,52**	910,16**	903213,64**	3876220,30**	1,85**
Resíduo b	12	0,98	38,52	131839,55	269129,37	0,03
Interação LAM x CULT	4	5,09ns	112,01ns	369173,59*	1191034,79*	0,25**
Resíduo c	12	2,06	41,21	81881,34	308591,12	0,02
CV a (%)		13,23	4,96	43,19	15,60	3,37
CV b (%)		8,27	8,00	36,02	14,12	3,10
CV c (%)		11,97	8,27	28,39	15,12	2,93
Lâminas de água		mm	cm	cm ² planta ⁻¹	Kg ha ⁻¹	g
260,93mm		9,31	59,83	888,56	2468,88	5,00
418,93mm		12,91	78,86	1152,20	3763,33	6,16
514,21mm		12,68	85,76	1100,10	4076,66	6,10
711,81mm		12,76	86,03	1110,15	4142,22	6,00
894,68mm		12,38	77,53	1193,75	4207,77	5,62
Cultivares						
BRS Aroeira		11,65a	73,71b	822,33 a	3173,33b	5,40b
BRS Araripe		12,37a	81,49a	1193,72a	4173,11a	6,15a

** e * - significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns não significativo a 5% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey

Em referência aos dados de diâmetro de caule, altura de planta, produtividade e peso médio de capulho das cultivares do algodoeiro herbáceo, verificou-se que os parâmetros pesquisados, com exceção de diâmetro de caule e área foliar, foram estatisticamente afetados pelas cultivares; para as lâminas aplicadas todos os parâmetros estudados foram afetados e no desdobramento houve interação significativa para as variáveis entre as lâminas de irrigação e as duas cultivares de algodoeiro herbáceo, com exceção do diâmetro de caule e da altura de planta (Tabela 5).

Os efeitos da deficiência de água podem ser observados em quase todas as fases de desenvolvimento do algodoeiro, porém, segundo Han et al. (2001) e Guang et al. (2012), o comprometimento da produção é mais relevante quando as variações do conteúdo de água ocorrem na fase de floração.

Observou-se que os valores pesquisados foram significativos para as lâminas aplicadas, o que permite concluir que a irrigação teve maior influência no crescimento, produtividade e peso no médio de capulho da planta. Segundo Pettigrew (2004), (Hank, 2007), (Liu et al., 2007) e Liu et al. (2008), períodos de estresse hídrico prolongado poderão afetar o crescimento vegetativo da planta com conseqüente redução na produção de fotoassimilados prejudicando, desta forma, a produtividade da cultura além de interferir na qualidade da fibra resultando em inúmeros prejuízos para o produtor.

5.1.1 Diâmetro do Caule

O diâmetro caulinar das plantas de algodoeiro aumentou com o conteúdo de água do solo atingindo valor máximo de 13,98 mm, com uma lâmina máxima, segundo a equação de regressão (Figura 15) de 700 mm, diminuindo a partir deste ponto; o incremento do diâmetro do caule do algodoeiro, constatado em função das lâminas de irrigação corrobora com os resultados obtidos por Cordão Sobrinho et al. (2007), que constataram, avaliando o crescimento e o rendimento do algodoeiro BRS 200 em função de lâminas de irrigação e reguladores de crescimento, que todas as variáveis de crescimento foram afetadas significativamente pelas lâminas de irrigação estudadas.

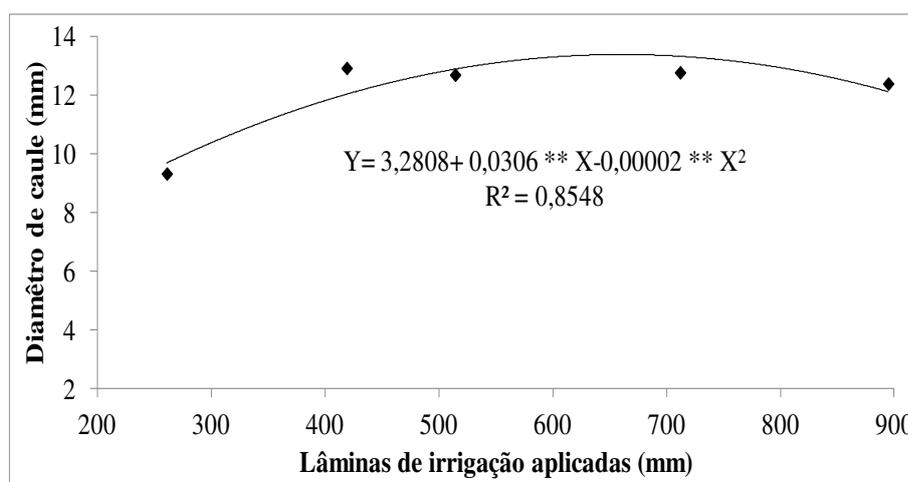


Figura 15: Diâmetro do caule do algodoeiro herbáceo sob irrigação, Barbalha, CE, 2010

Os menores diâmetros caulinares obtidos no experimento para lâminas de água maiores ou menores que 765 mm são justificados por Raven et al. (2001) e Taiz e Zeiger

(2004) ao indicarem que sob déficit ou excesso de água no solo afeta negativamente a divisão e alongamento celular, sobretudo o câmbio caulinar das plantas dificultando seu crescimento. Souza et al. (1999), também constataram, avaliando níveis para reposição de água no solo de 25, 50 e 75% da água disponível na cultivar CNPA 7H, que o menor nível de água no solo causou efeito significativamente depreciativo sobre o diâmetro caulinar.

5.1.2 Altura de planta

A altura de planta aumentou com a lâmina de irrigação atingindo o valor máximo de 82,73 cm com uma lâmina, segundo equação de regressão (Figura 16) de 603 mm, decrescendo após este ponto até atingir a altura de 65,7 cm ao se utilizar uma lâmina de água de 894,68 mm, relação também encontrada por Cordão Sobrinho et al. (2007) que demonstraram efeito significativo das lâminas de água sobre a altura da planta nas diferentes fases do ciclo da planta do algodoeiro.

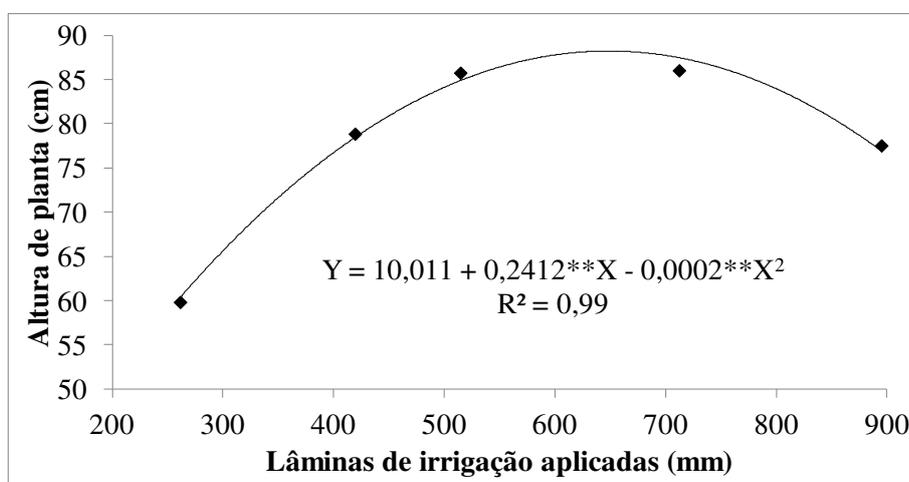


Figura 16: Altura de planta do algodoeiro herbáceo sob irrigação, Barbalha, CE, 2010.

Comparando a altura das cultivares constata-se que a BRS Araripe obteve um acréscimo em altura de 9,54% sobre a BRS Aroeira conforme tabela 5; observou-se, também, que o crescimento em altura para as duas cultivares estudadas foi inferior ao das características varietais, descritas por Vidal Neto et al. (2006) e Freire et al. (2009). Esses autores encontraram valores médios em altura de planta para a BRS Araripe de 110 cm e para BRS Aroeira de 125,33 cm, divergência possível de ser justificada pelo fato de que, segundo Sampathkumar et al. (2013) 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 advindo, como consequência, depressão do crescimento. Da mesma forma, Luo et al. (2013) afirmam que 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, haja vista que o excesso de água no solo influencia a deficiência total ou parcial de oxigênio podendo ocasionar efeitos no seu metabolismo e, dependendo do estágio da cultura e duração do encharcamento, pode afetar seu crescimento (BORGES et al., 2002).

5.1.3 Área foliar

Na análise de regressão para a área foliar (Figura 17) observou-se significância estatística e efeito das lâminas de irrigação nas cultivares. Aplicando a lâmina $L_5=894,68$ mm obteve-se um acréscimo de 25,56 % comparando com a $L_1=260,93$ mm da área foliar.

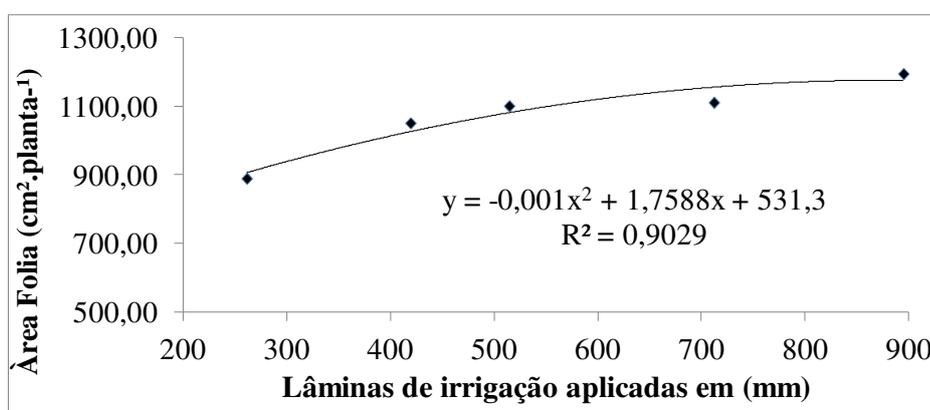


Figura 17: Regressão para a área foliar das cultivares de algodoeiro sob de irrigação, Barbalha, CE, 2010

No desdobramento da interação lâmina x cultivar observa-se diferença significativa entre as lâminas de água dentro das cultivares BRS Araripe e Aroeira apresentando, em média uma área foliar de 1193,72 e 822,33cm², respectivamente (Figura 18A). Por outro lado se constata, analisando o desdobramento das cultivares dentro de cada lâmina de água (Figura 18B), diferença significativa entre as cultivares ao se utilizar a lâmina de água de 894,68mm, com a cultivar BRS Araripe apresentando área foliar superior à da cultivar BRS Aroeira, em 68,11%. Ao aplicar uma lâmina de irrigação de apenas 418,93mm, a BRS Aroeira teve seu maior índice de área foliar, resultados semelhantes aos obtidos por (SINGH et al.,2010).

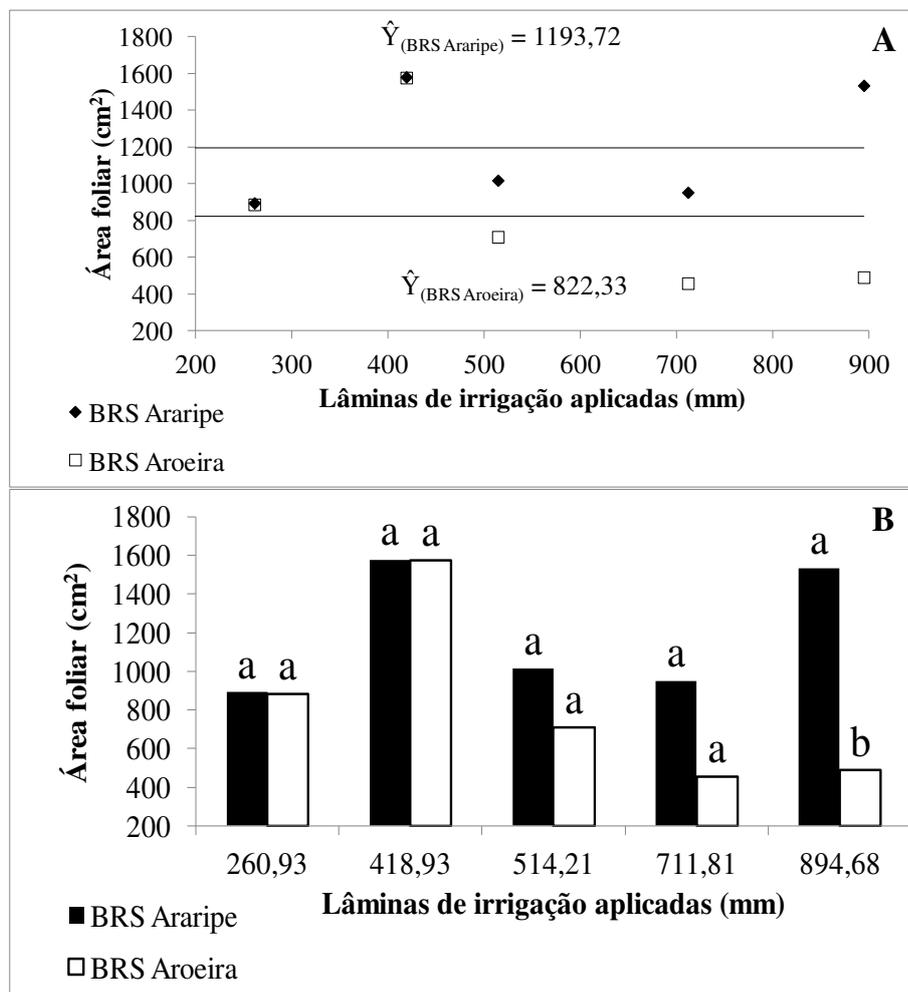


Figura 18: A, B Desdobramento da interação L x C para a área foliar das cultivares de algodoeiro herbáceo dentro das lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.

5.3.4 Produtividade

Para a produtividade de algodão em caroço, o efeito foi significativo; na análise de regressão observou-se em função das lâminas de irrigação (Figura 19) tendência de aumento da produtividade com o aumento das lâminas de irrigação e se observaram, na equação, acréscimos ocorridos em relação a L₁ a L₅ de 41,32% revelando rendimento máximo e mínimo do algodoeiro de 4207,77 kg ha⁻¹ para L₅ (894,68mm) 2468,88 kg ha⁻¹ para L₁ (260,93mm). Resultados similares foram obtidos por Cordão Sobrinho et al. (2007).

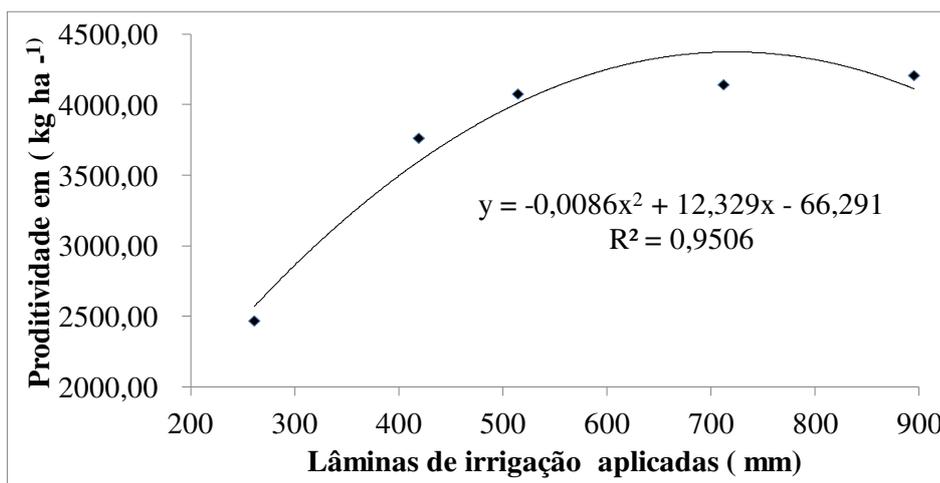


Figura 19: Regressão da produtividade do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.

Na Figura 20 A e B se encontra o desdobramento da interação cultivares x lâminas de irrigação para a produtividade do algodoeiro. Pode-se observar diferença significativa da produtividade com as lâminas de água para cada cultivar; a produtividade da BRS Araripe foi 27,35% maior ao se compará-la com a cultivar BRS Araripe; resultado esperado, de vez que a cultivar BRS Araripe foi desenvolvida para adaptação ao Semiárido do Nordeste Brasileiro, enquanto a BRS Aroeira foi apresentada como opção de cultivar para uso no Cerrado. Observou-se diferença significativa da produtividade do algodoeiro nas lâminas de água em cada cultivar; cultivar BRS Araripe atingiu, segundo a equação de regressão, uma produtividade máxima de 5077,78 kg ha⁻¹ ao se aplicar uma lâmina de aproximadamente 741 mm, resultado considerado relevante uma vez que foi superior ao descrito na literatura por Vidal Neto et al. (2006) como produtividade máxima em regime irrigado em Barbalha-CE, Touros-RN e Ipanguaçu-RN, o que evidencia o manejo hídrico adequado da cultivar; já no caso da cultivar BRS Aroeira, a lâmina de água que proporcionou a máxima produção foi de cerca 631 mm quando sua produtividade foi de 3495,56 kg ha⁻¹.

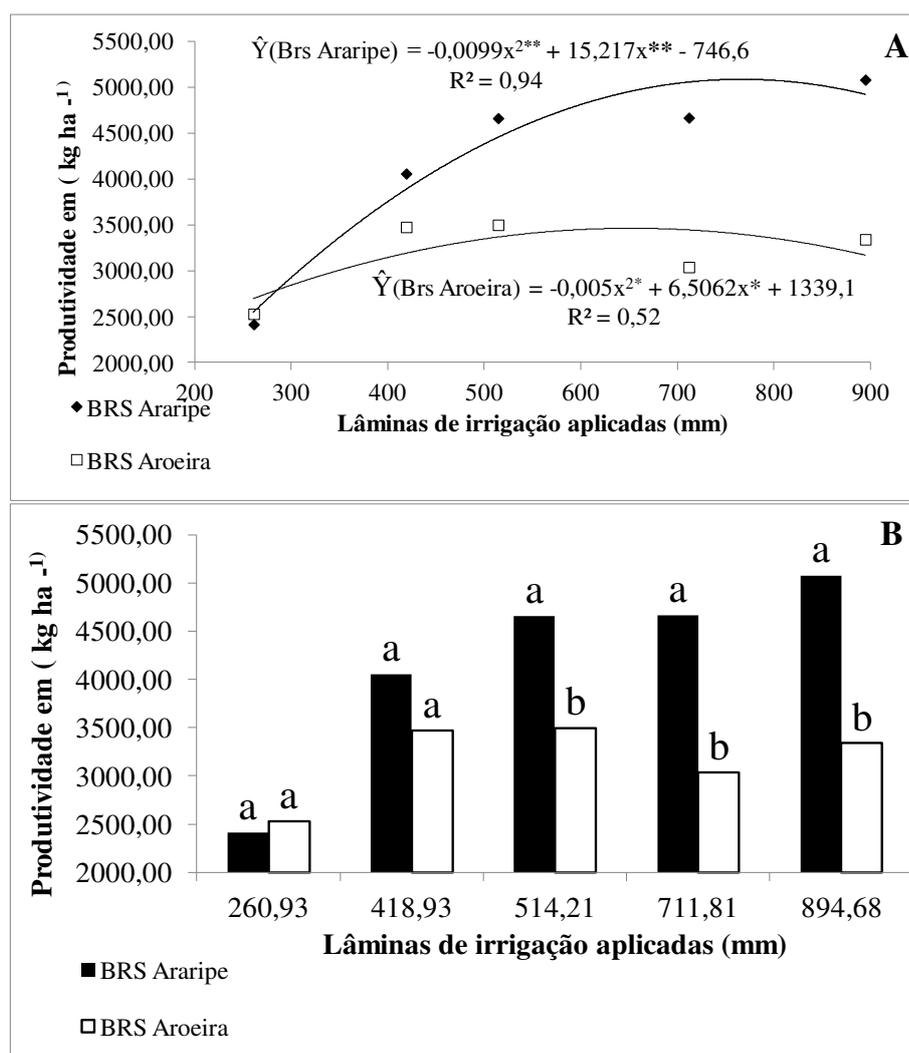


Figura 20: A e B Produtividade do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.

Dentro de cada lâmina de água observa-se diferença significativa entre a produtividade das cultivares a partir da aplicação de uma lâmina de água de 514,21 mm, sendo a cultivar BRS Araripe superior à BRS Aroeira em todas as lâminas de água subsequentes. De acordo com a Figura 19B, a cultivar BRS Araripe produziu 22,36, 28,75 e 31,19% a mais que a cultivar BRS Aroeira quando se aplicou uma lâmina de água de 514,21, 711,81 e 894,68 mm, respectivamente, demonstrando que na ausência de estresse hídrico a cultivar BRS Araripe é mais adaptável.

Salienta-se que a produtividade média do algodoeiro obtido para as cultivares, BRS Aroeira e BRS Araripe foi de 3173,33 e 4173,11kg ha⁻¹, respectivamente; no caso da BRS Araripe, comprovou-se uma produtividade média superior às descritas na literatura, de 4679 kg ha⁻¹ (VIDAL NETO et al.,2006; FREIRE et al., 2009).

Observa-se que, no geral, na produtividade das cultivares ocorreu variação com a lâmina de irrigação aplicada aumentando proporcionalmente até atingir os valores máximos, 5077,78 kg ha⁻¹ e 3495,56 kg ha⁻¹, respectivamente para Araripe e Aroeira, fato explicado por Cordão Sobrinho et al. (2007) e Mendez-Natera et al. (2007) ao demonstrarem que baixos níveis de água no solo ocasionaram redução na produtividade do algodão, pois segundo Ünlü et al. (2011) quando o nível de água é inferior à necessidade hídrica da planta há diminuição da produtividade devido ao estresse fisiológico; ademais, esses autores verificaram que o déficit hídrico reduz o florescimento e a retenção das maçãs e causa formação inadequada das diferentes partes da planta, como hastes, folhas e maçãs, ocasionando queda na produção. Sampathkumar et al. (2013) também observaram que o estresse hídrico ocorrido durante o crescimento e o desenvolvimento do algodão pode reduzir a produtividade final.

Por outro lado, ao se aplicar lâminas de irrigação superiores a 631 mm para BRS Aroeira e 741 mm para a BRS Araripe, observou-se decréscimo de produtividade progressivamente. Cujá ocorrência é devida ao excesso de água no solo, o que pode, influenciar de forma negativa, o desenvolvimento da maioria dos cultivos de importância comercial. O solo tem, sem dúvida, baixos teores de oxigênio em decorrência da respiração de raízes, de animais e de microrganismos; além disto, sua difusão é lenta no meio edáfico, motivo pela qual é comum a ocorrência de deficiência de O₂, 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 e quanto mais água no solo menor será o nível de oxigênio livre para a respiração das raízes das plantas; assim, a disponibilidade hídrica adequada proporcionou aumento de produtividade.

5.3.4 Peso médio de capulho

Verificou-se no peso médio do capulho, efeito altamente significativo entre as cultivares estudadas, das lâminas de irrigação e da sua interação (Tabela 5).

Na análise de regressão (Figura 21) evidencia-se a tendência de aumento do peso de capulho com o incremento de lâminas de irrigação crescente para as lâminas de 260,93; 418,93; 514,21 e 711,81mm. Aplicando a lâmina 894,68mm conclui-se que houve redução do peso de capulho de 6,76 %, visto que a formação de capulho é uma fase de crescimento muito sensível ao estresse hídrico (JALOTA et al., 2006). Segundo Beltrão (2006), essas fases são

desencadeadas desde o florescimento até a abertura dos capulhos, durante um período variável, depois do qual se obtém a fibra, considerando-a principal produto do algodão.

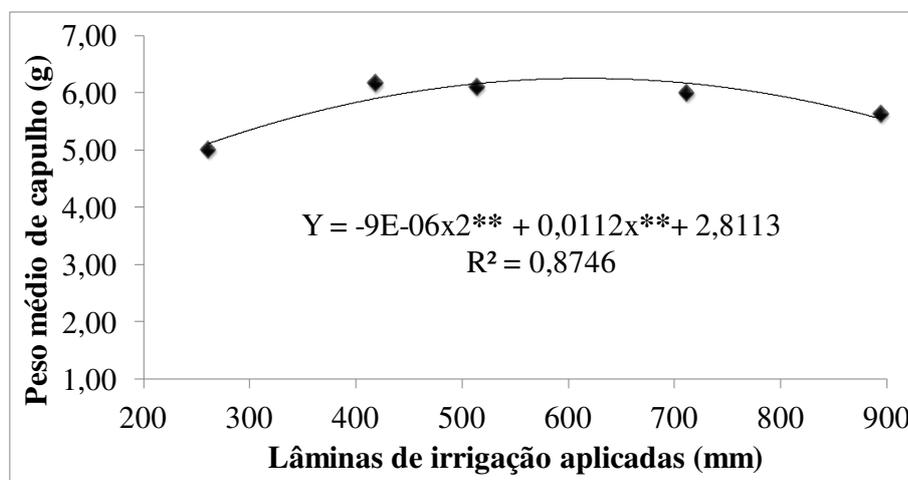


Figura 21: Análise de regressão do peso médio de capulho do algodoeiro herbáceo sob lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.

Analisando a interação significativa cultivar x lâmina (Figura 22 A e B) observa-se que a cultivar BRS Araripe teve um aumento no peso médio do capulho de 18,50; 25,10 e 27,86% quando irrigada com lâminas de água de 418,93; 514,21 e 711,81 mm, respectivamente, em relação à lâmina inicial de 260,93 mm; de acordo com a equação de regressão o peso médio do capulho da cultivar BRS Aroeira aumentou até uma lâmina de 562,50 mm atingindo o peso médio de 5,60 g resultado importante pois, segundo Stewart (2005), o rendimento do algodão em pluma é determinado pelo número de capulhos, pelo peso e de porcentagem de fibra. Constatou-se, ademais, um decréscimo de 8,79% no peso médio do capulho das plantas irrigadas com a maior lâmina (894,68 mm) quando comparado com o peso máximo de capulho estimado pela equação (6,81 g) ao se aplicar uma lâmina de água de 650 mm.

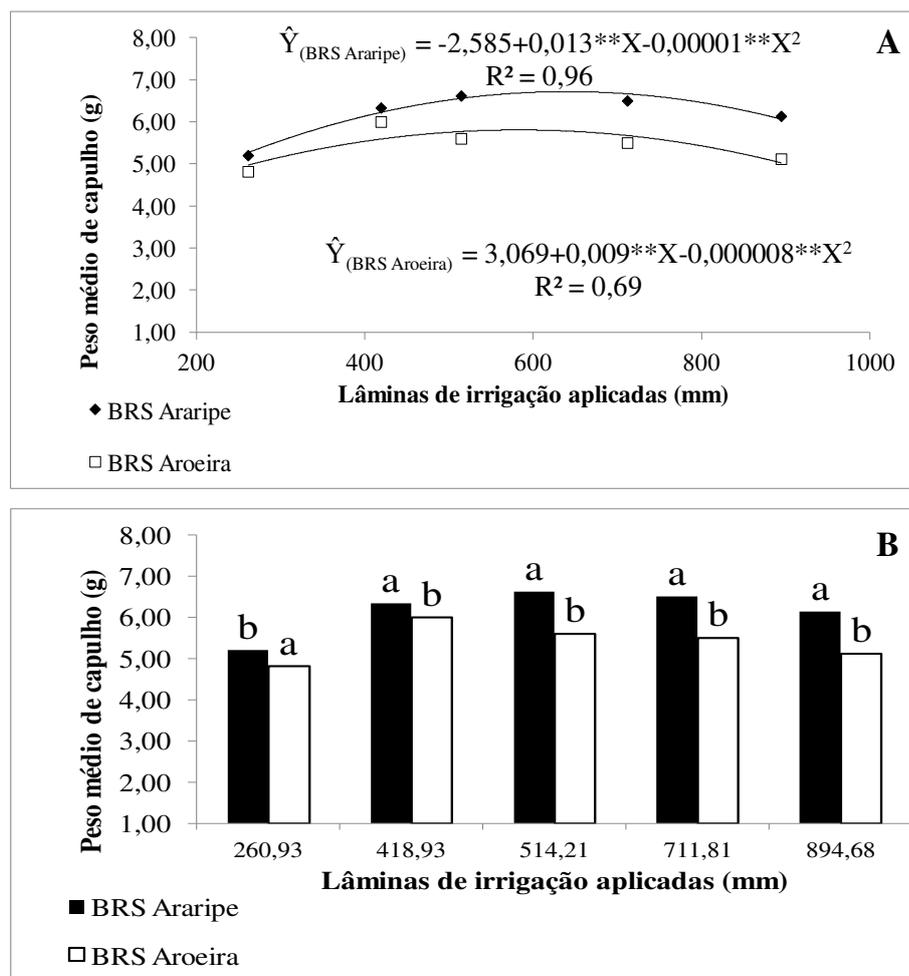


Figura 22: A e B Peso médio de capulho do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.

Para a cultivar Aroeira a equação de regressão estimou um ganho de 11,54, 14,54 e 11,27%, quando se compara o peso médio do capulho das plantas irrigadas com 260,93 mm em relação às irrigadas com 418,93, 514,21 e 711,81 mm; já a lâmina de 894,68 mm produziu o peso médio de capulho de 3,18% maior que o peso médio de capulho das plantas irrigadas com uma lâmina de 260,98 mm, conforme figura 22 A; os resultados para ambas as cultivares estão de acordo com os encontrados por DAI e DONG (2014) submetendo o algodão herbáceo ao estresse hídrico.

5.2. Características Intrínsecas da Fibra de algodão

O resumo da análise de variância para as variáveis relacionadas com a qualidade da fibra de algodão, é apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Resumo da análise de variância das características tecnológicas de fibra: percentagem de fibras (%), comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência da fibra (STR) e alongamento a ruptura (ELG), das cultivares de algodoeiro herbáceo sob irrigação, Barbalha, CE, 2010.

Causa de variação	GL	Quadrados médio					
		%Fibras	UHM	UNF	SFI	STR	ELG
BLOCO	3	0,01ns	0,25ns	0,15ns	0,23ns	0,20ns	0,03ns
CULTIVARES	3	21,97*	3,21*	0,60ns	1,02ns	0,16ns	0,11ns
Resíduo a	3	0,31	0,21	0,25	0,43	2,68	0,04
LÂMINAS DE ÁGUA	4	0,38ns	2,01**	1,57ns	1,07*	4,66*	0,24ns
Resíduo b	12	0,58	0,25	0,58	0,25	1,25	0,10
Interação LAM x CULT	4	0,43ns	0,36ns	0,62ns	1,62ns	5,45**	0,30**
Resíduo c	12	0,35	0,29	0,35	0,61	0,57	0,05
CV a (%)		1,29	1,53	0,60	18,54	5,15	4,56
CV b (%)		1,75	1,66	0,90	14,32	3,51	7,24
CV c (%)		1,37	1,80	0,70	22,11	2,37	4,95
Médias							
Lâminas de água		%	mm	%	%	gf tex ⁻¹	%
260,93 mm		43,12	29,33	84,15	4,18	31,75	4,71
418,93 mm		43,65	30,20	85,01	3,35	33,20	4,46
514,21 mm		43,61	30,56	85,03	3,55	31,51	4,31
711,81 mm		43,53	30,31	85,33	3,41	31,43	4,71
894,68 mm		43,61	30,53	84,98	3,26	31,38	4,65
Cultivares							
BRS Aroeira		44,25a	29,90b	84,78a	3,39a	31,79a	4,52a
BRS Araripe		42,77b	30,47a	85,02a	3,71a	31,92a	4,62a

** e * - significativo a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo a 5% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey

5.2.1 Percentagem de fibra

Quanto à variável percentagem de fibra diferiu estatisticamente para as cultivares. Quando se compararam as médias, constatou-se que a cultivar BRS Aroeira apresentou percentagem de fibra de 44,25 enquanto que para a BRS Araripe foi de 42,47%, 3,34% menor (Tabela 6). Esses resultados são importantes e satisfatórios visto que os pesquisadores, tanto quanto os cotonicultores, buscam cultivares com um percentual de fibra maior (>40%) visando, assim, obter um valor maior agregado considerando-se que o preço da fibra é superior ao do caroço do algodão. Para as lâminas de irrigação aplicadas, não houve efeito significativo, o que concorda com Méndez-Natera et al. (2008), Basal et al. (2009), Onder et al. (2009), Hussein (2011) e Cordão Sobrinho et al. (2007) que demonstraram de fato, que, a percentagem de fibra não foi afetada por diferentes lâminas de irrigação, haja vista que a percentagem de fibra é determinada pelas características hereditárias das cultivares.

5.2.2 Comprimento da fibra

Na Tabela 6 verifica-se significância para cultivares e lâminas e não para a interação entre elas. A cultivar Araripe obteve o comprimento médio de 30,47 mm classificada, portanto, como fibra longa em comparação com 29,90 mm da cultivar Aroeira, também considerada longa, conforme Tabela 1. Ao se comparar as duas cultivares, a BRS Araripe apresentou um acréscimo de 1,85% em relação à BRS Aroeira, resultado corroborado na literatura por Vidal Neto et al. (2006). O comprimento da fibra é um parâmetro importante para o melhor controle das fibras nos trens de estiragem; coeficientes de variação do comprimento superiores a 3% provocam sérios problemas ao processo; os resultados obtidos pela pesquisa para as cultivares foram satisfatórios por se tratar de um parâmetro que exerce influência sobre o título (diâmetro do fio); a aparência do fio obtido é fator significativo na obtenção de um fio resistente determinando os ajustamentos e detalhes de construção das máquinas utilizadas na fiação. No aspecto do mercado o aumento do comprimento contribui para um valor maior agregado para os cotonicultores e a indústria. Em relação às lâminas de irrigação observa-se, na regressão, um incremento no comprimento da fibra até uma lâmina de 667 mm, havendo um decréscimo de 1,03% quando se compara o comprimento máximo obtido com uma lâmina de 894,68 mm. (Figura 23), resultados interessantes, uma vez que como indicado anteriormente, o comprimento é importante na qualidade da fibra (ZHAO et al., 2012). O acréscimo nos valores do comprimento da fibra obtidos com a elevação dos níveis de umidade no solo está de acordo com Beltrão et al. (2008), ao afirmarem que a ocorrência de déficit hídrico no período de alongamento da fibra ocasiona redução no seu comprimento.

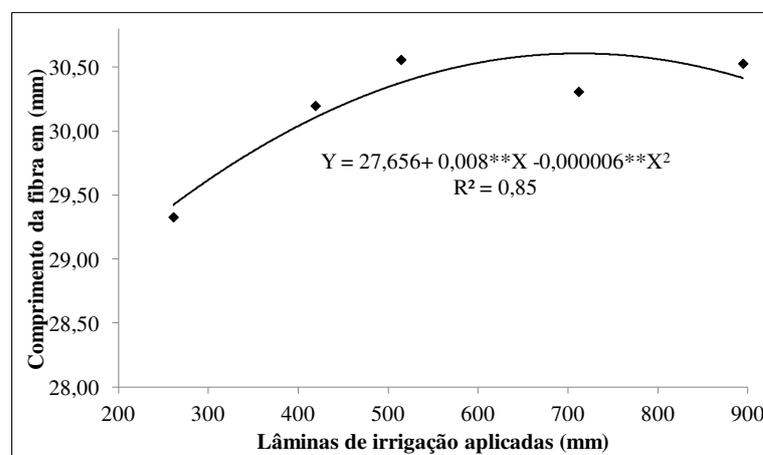


Figura 23: Regressão do comprimento da fibra algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.

5.2.3 Uniformidade

Observando a análise de variância (Tabela 6) verifica-se que a uniformidade da fibra não foi afetada significativamente pelas lâminas de irrigação, pelas cultivares nem por sua interação corroborando com os resultados de Méndez-Natera et al. (2008) e Hussein (2011) A média obtida para uniformidade de comprimento foi 85,02 e 84,78 % para as cultivares BRS Araripe e BRS Aroeira, respectivamente, sendo classificada uniforme (Conforme tabela 1). Para o mercado têxtil a fibra com a uniformidade obtida na pesquisa permite um ágio no preço do produto; sabe-se que os efeitos do ambiente e a irrigação exercem influência na qualidade da fibra do algodoeiro, de vez que o desenvolvimento das culturas é determinado pelos efeitos combinados do genótipo, e pelas condições ambientais e pelo sistema de produção (HUSSEIN, 2011; ZHAO et al., 2013). Aparentemente, no experimento as condições ambientais e o sistema de produção utilizado foram mais importantes que as características das cultivares.

5.2.4 Índice de fibras curtas

Não houve diferença significativa para as cultivares nem para a interação; para lâminas houve efeito significativo, verificando-se, segundo a equação de regressão, um decréscimo de 1,31% para cada aumento de 50 mm na lâmina aplicada, conforme a figura 24; resultados semelhantes foram obtidos por Cordão Sobrinho (2004). As médias obtidas para o Índice de fibras curtas foram: 3,39 e 3,71 % para as cultivares BRS Aroeira e BRS Araripe, respectivamente, sendo classificadas muito baixos, resultados satisfatórios pois quanto menor for o índice de fibras curtas melhor será o desempenho no processo da fabricação do fio e maior o interesse do mercado pelo produto (Conforme tabela1).

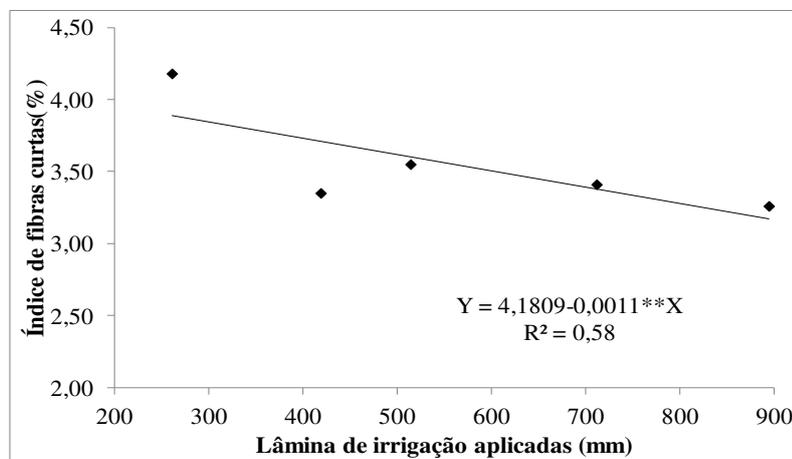


Figura 24: Regressão do comprimento da fibra algodoeiro herbáceo submetido a diferentes lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.

5.2.5 Resistência da fibra

De acordo com a Tabela 6, não houve significância para cultivares e, sim, para as lâminas e o desdobramento. Nos resultados estatísticos das análises de regressão decorrentes do desdobramento da interação (C x L), para a característica resistência da fibra, apenas a cultivar BRS Araripe (Figura 25A) obteve resistência máxima, estimada ao utilizar uma lâmina de 750 mm; também, ao desdobrar as cultivares dentro de cada lâmina de irrigação (Figura 25B) constata-se que houve diferença significativa entre as cultivares apenas ao se utilizar a lâmina de 514,21 mm, em que a resistência média foi de 33 e 30 gf tex⁻¹ para as cultivares BRS Araripe BRS Aroeira, respectivamente isto é, classificada como forte, conforme tabela 1. Quanto maior a resistência da fibra maior também será o seu valor comercial melhorando, assim, o desempenho na tecelagem, no ganho de qualidade e na produtividade. A BRS Araripe obteve resistência maior que a BRS Aroeira de 8,79%; resultados interessantes uma vez que especialmente o comprimento e a resistência são determinantes significativos da qualidade da fibra (ZHAO et al., 2012). Os resultados obtidos neste estudo evidenciam o efeito da irrigação, pois, segundo Ünlü et al. (2011), uma irrigação deficiente desfavorece algumas características da fibra do algodão, sobretudo sua resistência. Méndez-Natera et al. (2008), Dagdelen et al. (2009) e (Guan et al 2013) também relatam que maiores níveis de irrigação tendem a aumentar a resistência das fibras, um dos parâmetros mais importantes para determinar a qualidade da fibra e conseqüentemente, a qualidade do fio.

Neste trabalho, se encontrou a média para as cultivares BRS Araripe e BRS Aroeira de 31,92 e 31,79 gf tex⁻¹; a resistência de fibra encontrada na pesquisa está de acordo com Freire et al. (2009), que afirmam que as novas cultivares de algodão devem ter uma resistência superior a 26 gf/tex⁻¹. Apesar de não se ter encontrado diferenças significativas, exceto na lâmina de 514,2 mm, as cultivares apresentaram médias da resistência que se enquadram nas características desejáveis pela indústria.

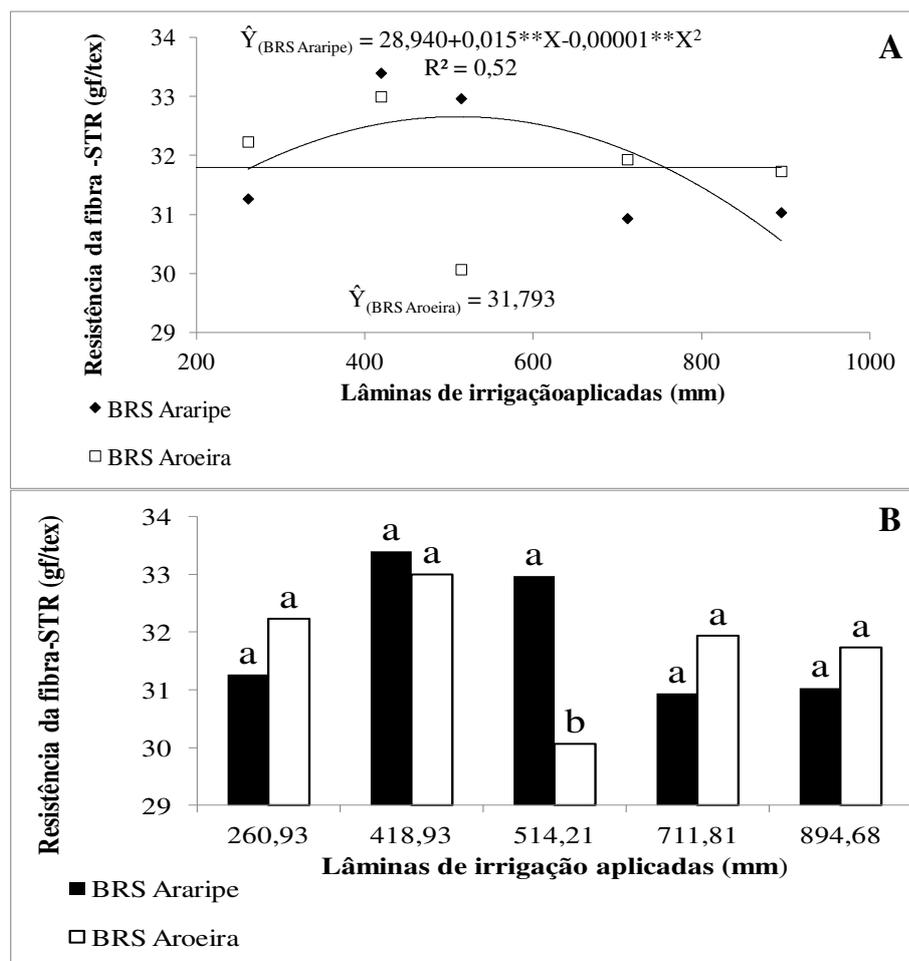


Figura 25: A e B Desdobramento da interação C x L para a resistência da fibra do algodoeiro herbáceo, Barbalha, CE, 2010.

5.2.6 Alongamento a ruptura

Os dados de cultivares e lâminas não foram significativos para o alongamento a ruptura (ELG); entretanto, no desdobramento das lâminas dentro de cada cultivar não apresentaram diferença significativa entre as lâminas de irrigação (Figura 26 A) o que corrobora o estudo de Hussein (2011) observando que o nível de irrigação exerceu pouco ou nenhum efeito sobre o alongamento a ruptura; já no desdobramento das cultivares dentro de cada lâmina de irrigação (Figura 26 B) observa-se diferença significativa entre as cultivares nas lâminas de 260,93 e 514,21 mm, em que a cultivar BRS Araripe superou a outra cultivar ao se aplicar uma lâmina de 260,93 mm e se utilizando uma lâmina de 514,21 mm, a cultivar BRS Aroeira obteve um alongamento maior que o da cultivar BRS Araripe. Balkcom et al.(2006) relataram que as diferentes lâminas de irrigação afetam os parâmetros de qualidade da fibra, como o alongamento a ruptura. As médias obtidas para o alongamento: 4,52 e 4,62%

para as cultivares BRS Aroeira e BRS Araripe, respectivamente, classificada como muito baixa. (Conforme tabela 1).

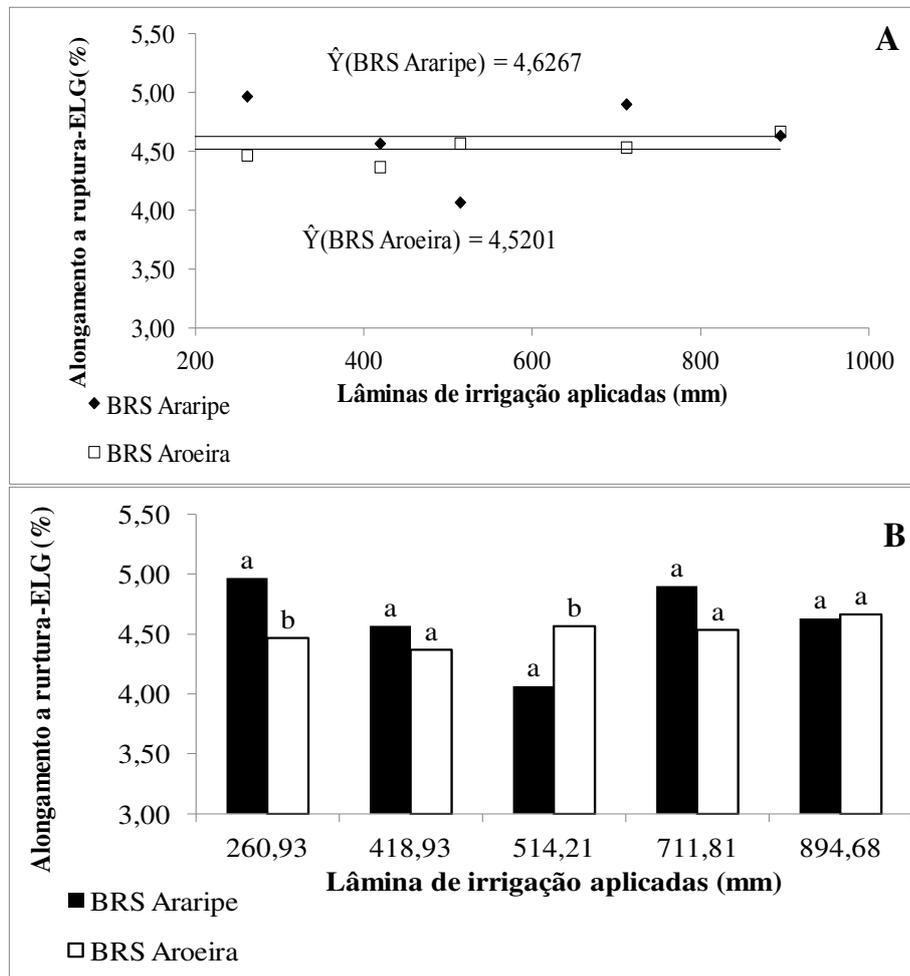


Figura 26: A e B Desdobramento da Interação C x L para o alongamento à ruptura do algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010

5.3. Índice de micronaire (MIC), maturidade (MAT) reflectância (RD), cor do algodão (+B) e índice de fiabilidade (CSP)

Tabela 7: Resumo da análise de variância das características tecnológicas de fibra: Índice de micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (RD), cor do algodão (+B), índice de fiabilidade (CSP), das cultivares de algodoeiro herbáceo sob irrigação, Barbalha, CE, 2010.

Causa de Variação	Quadrados médios					
	GL	MIC	MAT	RD	+ B	CSP
BLOCO	3	0,03ns	0,15ns	2,07ns	0,05ns	7626,52ns
CULTIVARES	1	0,00ns	0,04ns	18,67ns	0,25*	39988,86ns
Resíduo a	3	0,01	0,15	2,16	0,00	4215,58
LÂMINAS DE ÁGUA	4	0,19**	2,39**	22,16**	0,17ns	36033,84ns
Resíduo b	12	0,02	0,35	3,07	0,10	16918,22
Interação LAM x CUL	4	0,07**	1,15**	2,84ns	0,17ns	43507,14**
Resíduo c	12	0,01	0,12	2,58	0,10	7107,31
CV a (%)		2,08	0,44	1,85	1,08	2,31
CV b (%)		2,83	0,66	2,21	3,94	4,62
CV c (%)		2,26	0,40	2,02	4,00	2,99
		Médias				
Lâminas de água		$\mu\text{g pol}^{-1}$	%			
260,93mm		4,96	89,00	76,70	8,13	2698,18
418,93mm		5,21	90,00	80,43	8,16	2850,37
514,21mm		5,01	89,33	79,63	8,50	2830,99
711,81mm		5,05	89,33	79,73	8,20	2829,22
894,68mm		4,78	88,50	81,01	8,26	2866,59
Cultivares						
BRS Aroeira		4,99a	89,26a	80,18a	8,17b	2783,45a
BRS Araripe		5,01a	89,20a	78,82a	8,33a	2846,69a

** e * - significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente; ns - não significativo a 5% de probabilidade; Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey

5.3.1 Índice de Micronaire

No que diz respeito ao índice de Micronaire (diâmetro da fibra) não houve efeito significativo para as cultivares; no que se refere ao efeito das lâminas de irrigação, verificou-se diferença estatística entre as lâminas, conforme Tabela 7.

Na análise de regressão observou-se diminuição do Índice de Micronaire (MIC) na medida em que foram aplicadas lâminas de irrigação crescentes (Figura 27). Desta forma, as lâminas de irrigação demonstram efeito sobre o micronaire, um importante parâmetro comercial de qualidade de fibra (GE, 2007), pois altos índices de micronaire (> 5,0) são classificados micronaire muito grosso devido ao aumento do percentual de irregularidade e imperfeições devido à redução de fibras na seção transversal do fio. Enquanto fibra com micronaire até 3,80 é classificado como fina e é recomendada para fabricar fios finos,

tecelagem que tem maior valor comercial, porém, baixos valores de micronaire (<3,5) sugere que a fibra é imatura podendo ocasionar neps e, conseqüentemente baixa afinidade tintorial no acabamento (KLJUN et al., 2014); desta forma, manter um valor micronaire constante é importante visto que um fluxo de fibras grossas provocam perda de resistência no fio e redução da eficiência no processo enquanto de fibras finas provoca um aumento de neps nas cardas e aumento na ruptura no processo, além de defeito no tingimento.

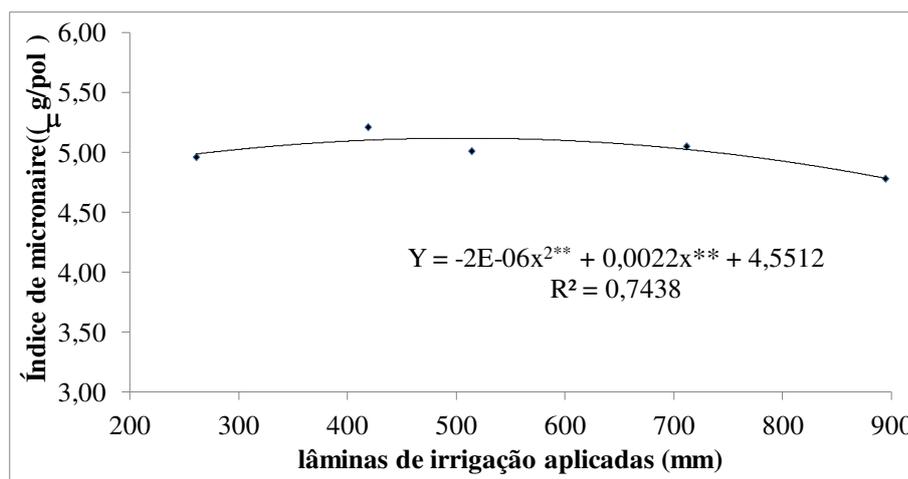


Figura 27: Análise de regressão de índice de micronaire (MIC) do algodoeiro herbáceo sob irrigação, Barbalha, CE, 2010

Constatou-se interação significativa da lâmina x cultivar para o Índice de micronaire (MIC). O micronaire, e a maturidade da fibra, segundo Zhao et al. (2013) são parâmetros importantes de qualidade comercial que orientam a gestão na produção de fibras, razão por que o efeito, encontrado é, coerente com os resultados observados por Hussein et al. (2011) se mostra relevante.

Observou-se, para a cultivar BRS Araripe, um incremento no MIC até uma lâmina estimada de 500 mm decrescendo a partir desta lâmina, conforme a figura 28 A,B. Quando se analisou o histograma, constatou-se que apenas o índice de micronaire na $L_1=260,93\text{mm}$, diferiu estatisticamente evidenciando que o efeito do volume de água aplicada a partir da $L_2=418,93\text{ mm}$ a $L_5= 898,50\text{ mm}$ para as cultivares influenciou o índice de micronaire, de forma equivalente. O declínio no índice corrobora com os resultados de Balkcom et al. (2006). Segundo os quais, o micronaire e o nível de irrigação são negativamente correlacionados. Esta diminuição de micronaire em função das maiores lâminas de irrigação aplicadas é de grande importância para a indústria que busca fibras cada vez mais finas; o micronaire na cultivar BRS Aroeira diminui significativamente com o aumento da lâmina de

irrigação aplicada; já as médias obtidas para micronaire foram: 4,99 e 5,01 $\mu\text{g pol}^{-1}$ para as cultivares BRS Aroeira e BRS Araripe, respectivamente, classificadas como fibra grossa. (Conforme tabela 1).

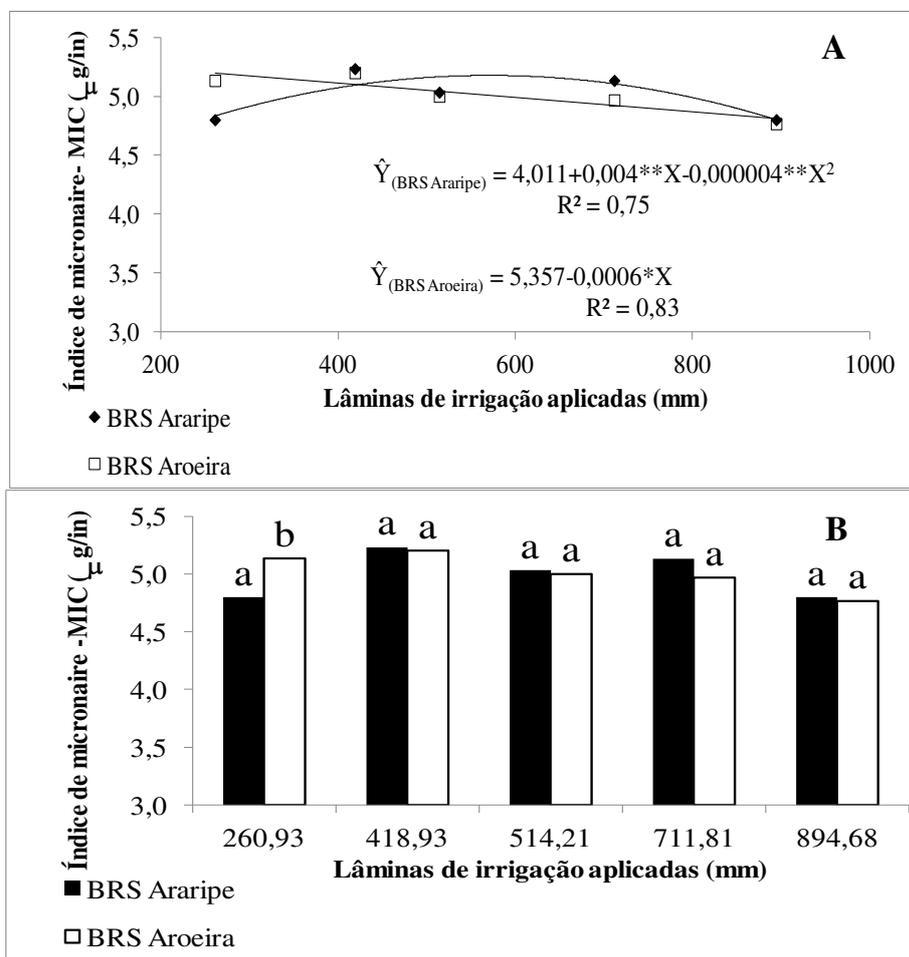


Figura 28: A e B: Desdobramento da interação L x C do índice de micronaire das cultivares algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.

5.3.1 Maturidade da fibra

Na Tabela 7, se observa que não houve diferenças significativas entre as cultivares corroborando com os resultados encontrados por Bezerra (2007) mas ocorreu efeito significativo para lâminas e desdobramento.

Na análise de regressão a maturidade (Figura 29) foi influenciada pela irrigação e fatores ambientais pois, segundo Davidonis et al. (2004), a quantidade de água adequada no solo, juntamente com altas temperaturas, aumenta a maturidade da fibra.

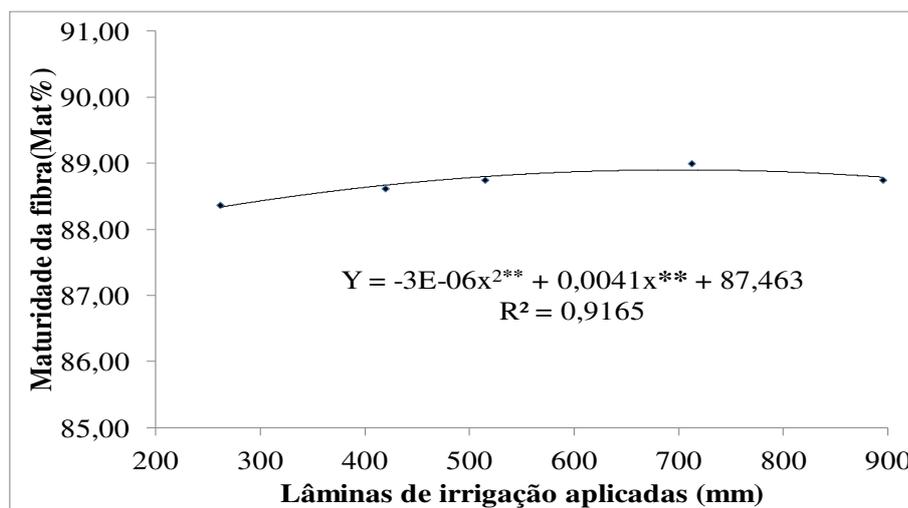


Figura 29: Análise de regressão para maturidade do algodoeiro sob irrigação, Barbalha, CE, 2010.

No desdobramento das lâminas dentro de cada cultivar (Figura 30 A), constata-se, para a cultivar BRS Araripe, que houve incremento na maturidade da fibra até uma lâmina estimada de 500 mm, ocorrendo o mesmo com a BRS Aroeira, fato relevante, uma vez que, quanto maior a maturidade da fibra pode-se agregar valor econômico e, assim, o processo na fabricação do fio permite mais variedades do produto; analisando o desdobramento das cultivares dentro de cada lâmina de irrigação (Figura 30 B),conclui-se que apenas na lâmina de 260,93 mm houve diferença significativa entre as cultivares, com a cultivar BRS Aroeira apresentando uma maturidade superior à da BRS Araripe; resultados similares foram obtidos por Cordão Sobrinho (2004). As médias obtidas para maturidade foram: 89,26 e 89,20 % para as cultivares BRS Aroeira e BRS Araripe, respectivamente, classificado como muita altas. (Conforme tabela 1).

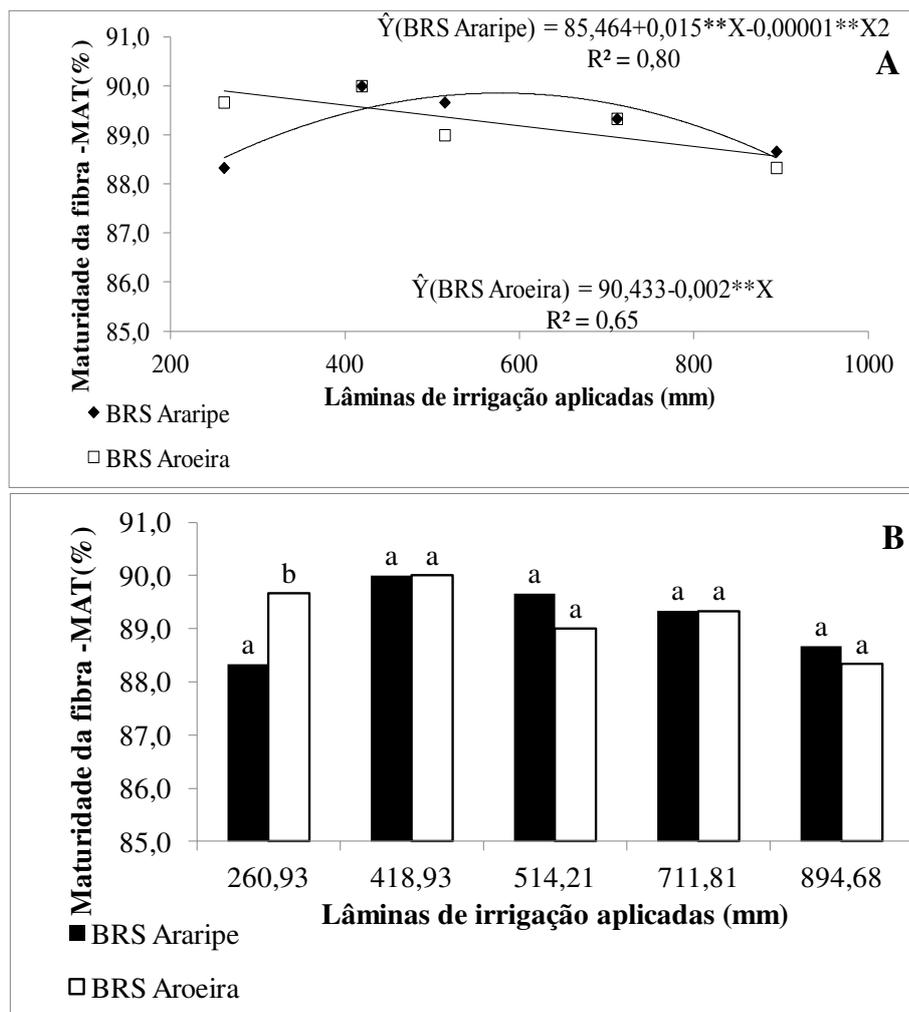


Figura 30: A e B desdobramento da interação L x C para maturidade da fibra das cultivares algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.

5.3.2 Grau de Amarelamento da fibra

Verificam-se na Tabela 7, diferenças significativas para as cultivares e não para as lâminas, tal como para interação dos fatores, além de que a cor do algodão da cultivar BRS Aroeira foi 1,92% maior que a cor da cultivar BRS Araripe cujos resultados diferem dos encontrados por (VIDAL NETO et al., 2006). Os valores de grau de amarelamento obtidos na pesquisa (8,17), considerados médios, são relevantes, pois a coloração é influenciada pelos genótipos; embora a variação da cor possa ser vista somente em luz ultravioleta, poderá provocar barramento no fio, no tecido e na malha.

5.3.3 Reflectância da fibra

Conforme a análise de variância (tabela 7), para Reflectância (RD), não houve diferenças significativas para cultivares, mas uma diferença significativa para as lâminas. Constata-se um crescimento linear à medida que aumenta a lâmina de irrigação (Figura 31), o que evidencia que a irrigação adequada da cultura traz vantagens ao mercado, pois a reflectância representa uma escala que varia do branco ao cinza. Observa-se, também, que a média para a quantidade de luz refletida pela fibra foi de 78,82 e 80,18% respectivamente para as cultivares BRS Araripe e BRS Aroeira; esses resultados são satisfatórios, uma vez que, quanto maior a reflectância da fibra menor será seu acinzentamento e em consequência maior o interesse para a cadeia do algodão e da indústria têxtil por ter um maior valor agregado ao produto. A reflectância da fibra encontrada nesta pesquisa foi semelhante à encontrada por Santana et al. (2001) em um ensaio avaliando características intrínsecas de fibra no Nordeste do Brasil.

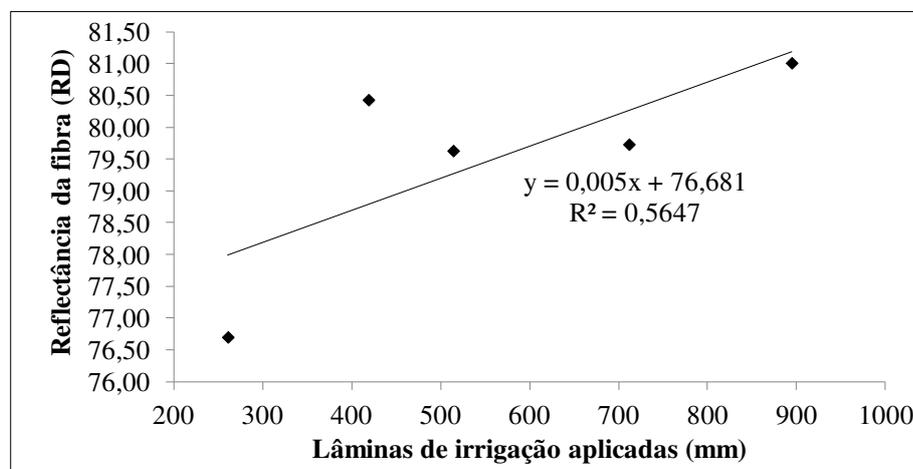


Figura 31: Reflectância (RD) de cultivares de algodoeiro em função das lâminas de irrigação.

5.3.4 Índice de Fiabilidade

Com relação ao Índice de fiabilidade (CSP), não ocorreu efeito significativo para cultivares e lâminas e, sim, para o desdobramento indicando que os efeitos das cultivares dependem das lâminas de irrigação; na Figura 32 A observa-se que a média do índice de fiabilidade da cultivar BRS Araripe foi superior à BRS Aroeira, em 2,22%. Os resultados encontrados do índice de fiabilidade foram superiores aos de VIDAL NETO et al., 2006.

Porém, os índices de fiabilidade alcançados pelas cultivares são relevantes, visto que traduz a característica da resistência dos fios que depende especialmente das fibras individuais. Na Figura 32B observa-se diferença significativa apenas na lâmina L₃₌ (514,21 mm) demonstrando que a cultivar BRS Araripe obteve 10% do índice em relação à BRS Aroeira; as médias obtidas para o índice de fiabilidade foram: 2783,45 e 2846,69 para as cultivares BRS Aroeira e BRS Araripe, respectivamente, classificadas como muito altas. (Conforme tabela 1).

Os resultados obtidos de todas as características intrínsecas da fibra permitem que o produto atenda à moderna indústria têxtil mundial.

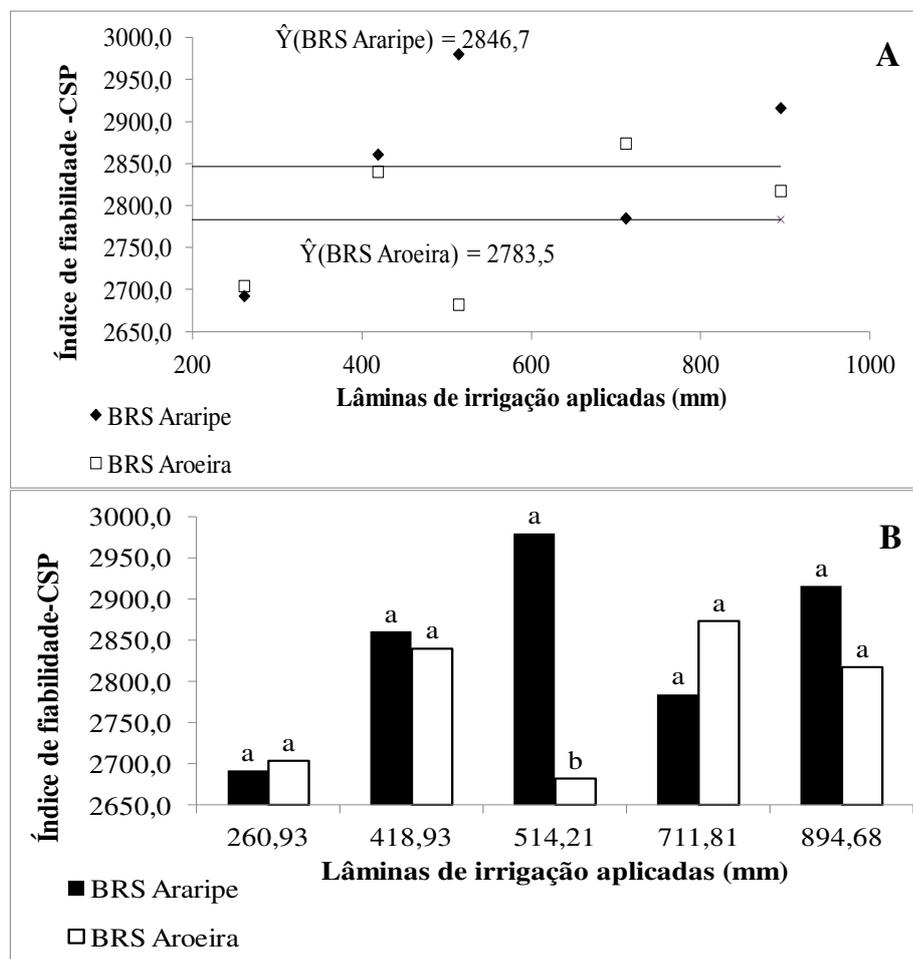


Figura 32: A e B Desdobramento do índice de fiabilidade das cultivares algodoeiro herbáceo em função das lâminas de irrigação, Barbalha, CE, 2010.

6. CONCLUSÕES

1-O incremento das lâminas de irrigação proporcionou um aumento significativo no diâmetro de caule, altura de planta, área foliar, produtividade e no peso médio de capulho do algodão;

2-As cultivares afetaram significativamente as variáveis, altura da planta, produtividade e o peso médio de capulho;

3- Ocorreu forte interação entre as cultivares e as lâminas de irrigação para as mesmas variáveis afetadas pelas cultivares;

4- Com respeito à qualidade da fibra, as lâminas de irrigação influenciaram, de forma significativa e positiva, o comprimento, o índice de fibras curtas, a resistência, o micronaire, a maturidade e a reflectância;

5- As cultivares influenciaram, significativa e satisfatoriamente, a porcentagem de fibra, o comprimento e a cor da fibra (grau de amarelamento);

6- A cultivar BRS Araripe obteve a maior produtividade e a melhor qualidade da fibra com a lâmina 514,21 mm;

7-Todos os componentes de fibra analisados se adequaram aos padrões exigidos pela moderna indústria têxtil.

7. REFERÊNCIAS

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 11 de agosto de 2013 a.

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.

ABRAPA. A cadeia do algodão brasileiro: desafios e estratégias. Biênio 2011-2012.

ALBUQUERQUE, P. E. P de; ANDRADE JUNIOR, A. S. de; SOUZA, F. de; SEDIYAMA, G. C.; BEZERRA, J. R. C.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. da. Coeficientes de cultivos das principais culturas anuais. **Item**, n.52/53, p.49-57, 2002.

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 FAO 56 Penman-Monteith method. **Agricultural Water Management**, v. 81, p. 1-22, 2006.

ARAÚJO, L.F.; BERTINI, C.H. C. de M.; BLEICHER, E.; VIDAL NETO, F.C.; ALMEIDA, W.S. Características fenológicas, agronômicas e tecnológicas da fibra em diferentes cultivares de algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.3, p.448-453, 2013.

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

BAGUIS, P.; ROULIN, E.; WILLEMS, P.; NTEGEKA, V. Climate change scenarios for precipitation and potential evapotranspiration over central Belgium. **Theoretical and Applied Climatology**, v.99, n. ,p.273-286, 2010.

BALKCOM K S, REEVES D W, SHAW J N, BURMESTER C H, CURTIS L M. Cotton yield and fiber quality from irrigated tillage systems in the Tennessee Valley. **Agronomy Journal**, 98, n.3, p.596-602, 2006.

BASAL H, DAGDELEN N, UNAY A, YILMAZ E. Effects of deficit drip irrigation ratios on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield and fiber quality. *J Agron Crop Sci* 195: 19-29. 2009

BATISTA, C.H.; AQUINO, L.A.; SILVA, T.R.; SILVA, H.R.F. Crescimento e produtividade da cultura do algodão em resposta a aplicação de fósforo e métodos de irrigação. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.4, n.4, p. 197–206, 2010.

BELTRÃO, N. E.M.; OLIVEIRA, M. I. P.; SOUSA JÚNIOR, S.P.; BRITO, G.G.; 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. 1 ed, Cap. 2, p. 65-124. 2011.

BELTRÃO, N. E. de M. AZEVEDO, D. M. P. de; CARDOSO, G. D.; VALE, L. S. do.; ALBUQUERQUE, W. G. de. Ecofisiologia do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. de M. AZEVEDO, D. M. P. de. O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. 2 v. 2008. 1.309p.

BELTRÃO, N.E.M. et al. Industrialização do Carço de Algodão. In: Freire, E. C. (Org.). Algodão no Cerrado do Brasil. 2. ed. Brasília: Abrapa, 2011.

BELTRÃO, N.E.M.; ALMEIDA, O.A.; PEREIRA, J.R.; FIDELES FILHO, J. Metodologia para estimativa do crescimento do fruto e do volume absoluto e relativo da planta do algodoeiro. **Revista Brasileira Oleaginosas e Fibrosas**, v.5, n.1, p.283-28. 2001.

BELTRÃO, N.E.M.; SOUZA, J.G. Fisiologia e ecofisiologia do algodoeiro. In: Algodão: tecnologia de produção. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001. P.54-75. BELTRÃO, N.E. de M.; Fisiologia da produção do algodoeiro. Circular Técnica nº94. p.8, 2006.

BENINCASA, M.M.P. Análise de crescimento de plantas. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42p.

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, 88p.

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.

BORGES, P.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.

CARVALHO, C.M.; VIANA, T.V.A.; MARINHO, A.B; LIMA JÚNIOR, L.A.; AZEVEDO, B.M.; 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. Contribuição do melhoramento ao cultivo do algodão. In: BELTRÃO, N. E.M.; AZEVEDO, D.M.P. O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Cap.9, p.272-297, 2008.

CARMONA, M.; BELTRAO, N. E. M. ; ARAUJO, J. M. ; CORDÃO SOBRINHO, F. P. ; ARIAS, A. A reintrodução da cultura do algodão no semiárido do Brasil através do fortalecimento da agricultura familiar: um resultado prático da atuação do COEP. In: Cadernos da oficina social nº 13. Rio de Janeiro, Oficina Social, Centro de Tecnologia, Trabalho e Cidadania, 2005. 99 p.: il.

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

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

CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento; Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2013/14, Sétimo Levantamento, Abril/2014. Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab, 2014. www.conab.gov.br

CORDÃO SOBRINHO, F.P.; **Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro colorido BRS 200 Marrom em função de lâminas de irrigação e regulador de crescimento.** 2004, 72.; il. Campina Grande PB: CCT/UFCG (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola)

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**, v.11, n.3, p. 284-292, 2007.

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.

DAÍ, J.; DONG, H. Intensive cotton farming technologies in China: Achievements, challenges and countermeasures. **Field Crops Research**, v.155, p. 99-110, 2014.

DAVIDONIS, G.H.; JOHNSON, A.S.; LANDIVAR, J.A.; FERNANDEZ, C.J. Cotton fiber quality is related to boll location and planting date. **Agronomy Journal**, v. 96, n.1, p. 42-47, 2004.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33). 2000.

DUARTE, J.M.L.; LIMA, A.D.; NASCIMENTO, R.S.; VIANA, T. V. de A.; SARAIVA, K. R.; AZEVEDO, B.M. 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.

ECHER, F.R.; CUSTÓDIO, C.C.; HOSSOMI, S.T.; DOMINATO, J.C.; MACHADO NETO, N.B. Estresse hídrico induzido por manitol em cultivares de algodão. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.4, p. 638-645, 2010.

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

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Histórico da Embrapa- Algodão, Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/adubacao.htm> Acesso em 21 de abril de 2014.

FERREIRA, D.F. SISVAR. Lavras: DEX/UFLA, versão 5.0 (Build 67), 2003.

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

FUNDAÇÃO BLUMENAUENSE DE ESTUDOS TÊXTEIS, (Blumenau, SC). **Resultados de teste de HVI e sua interpretação**. Blumenau, SC, s.d. não paginado.

GE, Y. 2007. Mapping In-field Cotton Fiber Quality and Relating It to Soil Moisture. Texas A & M University, TX.

GOOGLEMAPS. <http://maps.google.com.br/mapshl=ptbr&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.

GUANG, C.; XIUGUI, W.; YU, L.; WENBING, L. Effect of Water Logging Stress on Cotton Leaf Area Index and Yield. **Procedia Engineering**, v.28, p.202–209, 2012.

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**, 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**, v.77, n.12, p.870-872, 2007.

HARMSSEN, E.W.; MILLER, N.L.; SCHLEGEL, N.J.; Gonzalez, J.E. Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico. **Agricultural Water Management**, v.96, n.7, p.1085-1095, 2009.

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

HUNT, R. Plant growth curves: The functional approach to plant growth analysis. Edgard Arnold, 248p., 1990.

HUSSEIN, F.; JANAT, M.; YAKOUB, A. Assessment of yield and water use efficiency of drip-irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as affected by deficit irrigation. **Turkish Journal of Agricultural and Forestry**, v.35, p.611-621, 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em setembro de 2013.

JALOTA, S.K.; SOOD, A.; CHAHAL, G.B.S.; Choudhury, B.U. Crop water productivity of cotton (*GOSSYPIMUM HIRSUTUM* L.) wheat (*TRITICUM AESTIVUM* L.) system as influenced by deficit irrigation, soil texture and precipitation. **AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT**, V.84, N.1–2, p.137–146, 2006.

KELLY, C.M.; HEQUET, E.F.; K, J. Dever Interpretation of AFIS and HVI Fiber Property Measurements in Breeding for Cotton Fiber Quality Improvement **The Journal of Cotton Science**, v.16, n. p.1–16, 2012.

KELLY, CM.; HEQUET, E.F.; DEVER, J.K. Breeding for improved yarn quality: Modifying fiber length distribution. **Industrial Crops and Products**, v.42, n. , p.386–396, 2013. KHADI, B.M.; SANTHY, V.; YADAV, M.S. Cotton: An Introduction. *Biotechnology in Agriculture and Forestry in Cotton Biotechnological Advances*, v.65, p.1-14, 2010.

KLJUN, A.; El-Dessouky, H.M.; Benians, t.a.s.; Goubet, f.; Meulewaeter, f.; Knox, j.p.; Blackburn, r.s. ANALYSIS OF THE PHYSICAL PROPERTIES OF DEVELOPING COTTON FIBRES. **EUROPEAN POLYMER JOURNAL**, V.51, P.: 57-68, 2014.

LACAPE, J.M.; LLEWELLYN, D.; JACOBS, J.; ARIOLI, T.; BECKER, D.; CALHOUN, S. et al. Meta-analysis of cotton fiber quality QTLs across diverse environments in a *Gossypium hirsutum* x *G. barbadense* RIL population. **BMC Plant Biology**, v.10, n.132, p.2-24, 2010.

LEDO, E.R.F.; SILVA, M.G.; NOGUEIRA, D.H.; MIRANDA, E.P.; 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, CE, 2011.

LIANG, L.; LI, L.; LIU, Q. Temporal variation of reference evapotranspiration during 1961–2005 in the Taper River basin of Northeast China. **Agriculture and Forest Meteorology**, v.150, p.298-306, 2010.

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.

LUO, H.; ZHANG, H.; HAN, H.; HU, Y.; ZHANG, Y.; ZHANG, W. Effects of water storage in deeper soil layers on growth, yield, and water productivity of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in arid areas of northwestern china. **Irrigation and Drainage**, v.63, n.1, p. 59-70, 2013.

MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. (Coord.). **Fisiologia vegetal 1**. São Paulo: EPU/Ed. da Universidade de São Paulo. v.1, cap.8, p.331-350, 1979.

MATTIONI, F.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; MENDONÇA, E.A.F. Desempenho de sementes de algodoeiro submetidas a diferentes tipos de estresses. **Revista Brasileira de Sementes**, v.31, n.1, p.80-85, 2009.

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**, v.25, n.2, p.7-15, 2007.

MÉNDEZ-NATERA, J.R.; SALAZAR-BRITO, R.S. MERAZO-PINTO, J.F.; GIL-MARÍN, J.A.; PRADO, L.K. Efeito de três frequências de irrigação sobre a qualidade da fibra de quatro algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) **Idesia**, v.26, n.1, 2008.

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

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

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

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

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

SAMPATHKUMAR, T.; PANDIAN, B.J.; RANGASWAMY, M.V.; Manickasundaram, P.; JEYAKUMAR P. Influence of deficit irrigation on growth, yield and yield parameters of cotton–maize cropping sequence. **Agricultural Water Management**, v.130, p.90-102, 2013.

SANTANA, J.L.; COSTA, J.N. da; FERRAZ, I.; OLIVEIRA, L.M.Q.M. de. Tecnologia da fibra de linhagens e cultivares de algodoeiro herbáceo, avaliadas em ensaio regional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3., 2001, Campo Grande. Anais. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 2001. p.1093-1095. ISSN 0103-0205.

SILVA, L.C.; BELTRÃO, E. de M.; AMORIM NETO, M. da S. **Análise de crescimento de comunidades vegetais**. Campina Grande: Embrapa- Algodão, 2000. 47p.(Embrapa-Algodão),

SINGH, V.; PALLAGHY, C.K.; SINGH, D. Phosphorus nutrition and tolerance of cotton to water stress: I. Seed cotton yield and leaf morphology. **Field Crops Research**, v.96, n.2–3, p.191–198, 2006.

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, n.7, p.965-970, 2010.

SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I.F.; ANDRADE, A.P. 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.

SMITH, M. CROPWAT A. computer program for irrigation planning and management. Rome: FAO, 1992. 126p. (Irrigation and Drainage Paper, 46).

STEWART, A.M. Suggested Guidelines for Plant Growth Regulator Use on Louisiana Cotton. Louisiana State Univ. AgCenter Publ 2918. 2005.

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

ÜNLÜ, M; KANBER, R.D. KOÇ, L. Servet Tekin, Burçak Kapur. Effects of deficit irrigation on the yield and yield components of drip irrigated cotton in a mediterranean environment. **Agricultural Water Management**, v.98, n.4, p. 597–605, 2011.

VIDAL NETO, F.C.; FREIRE, E.C.; ANDRADE, F.P.; FONSECA, R.G.; SANTOS, J.W.; ARAÚJO, G.P. et al. **BRS Araripe**. Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 1, 2006.

ZHANG, H. B. Recent Advances in Cotton Genomics. **International Journal of Plant Genomics**, v.2008, p. 1-20, 2008.

ZHAO, W.; LI, J. LI, Y.; YIN, J. Effects of drip system uniformity on yield and quality of Chinese cabbage heads. **Agricultural Water Management**, v.110, p.118–128, 2012.

ZHAO, W.; MENG, Y.; LI, W.; CHEN, B.; XU, N.; WANG, Y. et al. A model for cotton (*Gossypium hirsutum* L.) fiber length and strength formation considering temperature-radiation and N nutrient effects. **Ecological Modelling**, v.243, 24 September 2012, Pages 112–122

ZHAO, W.; ZHOU, Z.; MENG, Y.; CHEN, B.; WANG Y. Modeling Fiber Fineness, Maturity, and Micronaire in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) **Journal of Integrative Agriculture**, v.12, n.1, p.67-79, 2013.

8. APÊNDICE

Determinação da infiltração acumulada (Ia) e da velocidade de infiltração (VI)

Tempo T (h)	dT (min)	T (min)	Leitura (cm)	d Ia (cm)	Ia (cm)	VI	
						(cm/min)	(cm/h)
08:40	0	0	14,6	0,0	0,0	0,0	0,0
08:41	1	1	14,0	0,6	0,6	0,6	36,0
08:42	1	2	13,8	0,2	0,8	0,2	12,0
08:43	1	3	13,7	0,1	0,9	0,1	6,0
08:50	7	10	13,6	0,1	1,0	0,014	0,9