



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



TESE DE DOUTORADO

**PROSPECÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO TOLERANTES AO ESTRESSE
HÍDRICO BASEADA EM CARACTERES AGRÔNOMICOS E FISIOLÓGICOS**

RENNAN FERNANDES PEREIRA

AREIA, PB

2017

RENNAN FERNANDES PEREIRA

**PROSPECÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO TOLERANTES AO ESTRESSE
HÍDRICO BASEADA EM CARACTERES AGRONÔMICOS E FISIOLÓGICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Orientadora: Dra. Roseane Cavalcanti dos Santos

AREIA, PB

2017

Catálogo na publicação
Seção de Catálogo e Classificação

P436p Pereira, Rennan Fernandes.

Prospecção de genótipos de algodoeiro tolerantes ao estresse hídrico baseada em caracteres agronômicos e fisiológicos / Rennan Fernandes Pereira. - Areia, 2017.
71 f. : il.

Orientação: Roseane Cavalcanti dos Santos.
Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Algodão - Cultivo - Nordeste. 3. *Gossypium hirsutum*. 4. Algodoeiro - Qualidade da fibra.
I. Santos, Roseane Cavalcanti dos. II. Título.

UFPB/BC

RENNAN FERNANDES PEREIRA

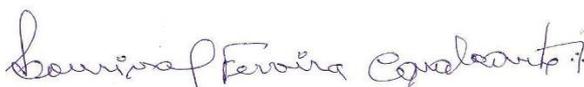
**PROSPECÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO TOLERANTES AO ESTRESSE
HÍDRICO BASEADA EM CARACTERES AGRONÔMICOS E FISIOLÓGICOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Doutor em Agronomia.

Aprovada em: 27 de abril de 2017



Profa. Dra. **Roseane Cavalcanti dos Santos** - Orientadora
CNPA/Embrapa Algodão



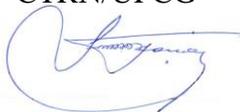
Prof. Dr. **Lourival Ferreira Cavalcante** - Examinador
CCA/UFPB



Profa. Dra. **Carliane Rebeca Coelho da Silva** - Examinadora
CCA/UFPB



Prof. Dr. **Pedro Dantas Fernandes** - Examinador
CTRN/UFCG



Prof. Dr. **Francisco José Correia Farias** - Examinador
CNPA/Embrapa Algodão

AREIA, PB

2017

A meus pais, ***Edgerson Pereira da Silva*** e ***Francisca Fernandes Pereira***,
e minha tia, ***Maria Salomé Pereira da Silva (In memoriam)***,
grandes incentivadores de minha vida acadêmica,
dedico este trabalho

AGRADECIMENTOS

- À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Agronomia e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela oportunidade do treinamento e concessão de bolsa de estudo.
- A minha orientadora, Dra. Roseane Cavalcanti dos Santos, pela orientação essencial para realização deste trabalho.
- Aos membros da comissão examinadora, os professores Doutores Lourival Ferreira Cavalcante, Carliane Rebeca Coelho da Silva, Pedro Dantas Fernandes e Francisco José Correia Farias, pela disponibilidade em contribuir para melhora deste trabalho.
- Aos professores Doutores José Jaime Vasconcelos Cavalcanti e Liziane Maria de Lima, por todo o auxílio e pela disponibilização de estrutura para as avaliações experimentais.
- Aos colegas Jarbas Carvalho, Jeferson Dutra, Jéssica Rodrigues, Geovani Lima, Lauriane Soares, Rommel Albuquerque, Janailson Pereira, Ricardo Alves, Jean Ramos, Wellison Dutra, Vandrê Batista, Fátima Caetano, Taíza Soares, Marília Morais e Silmara Chaves, pela colaboração em diversas etapas da pesquisa.
- A todo o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Federal da Paraíba, pelo repasse de conhecimentos essenciais à realização deste trabalho.
- A Eliane Araújo, secretária do PPGA, pela disponibilidade em colaborar sempre que necessário;
- A todos os servidores da Embrapa Algodão, em especial Mário Brito e Terezinha Duarte, pelo auxílio em muitas etapas da pesquisa.
- A minha companheira Kleandra de Andrade Oliveira, meu irmão Ruan Fernandes Pereira e todos os meus familiares, por todo o apoio para continuidade de minha vida acadêmica;
- A todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fases dos eventos reprodutivos do algodoeiro..... 17

Capítulo I - Estimativas de fotossíntese e status celular em cultivares de algodoeiro submetidas a estresse hídrico

Figura 1. Visão geral do experimento (A), plantas tolerantes (B) e plantas sensíveis à seca (C) após 7 dias de supressão hídrica..... 34

Figura 2. A- Taxa de assimilação de CO₂ (A), B- transpiração (E), C- condutância estomática (gs), D- eficiência instantânea do uso da água (A/E) em cultivares de algodoeiro submetidas a estresse hídrico. 1- FMT 705, 2- FM 966, 3- BRS Rubi, 4- BRS 286, 5- FMT 701, 6- CNPA ITA 90, 7- CNPA 5M, 8- CNPA 7MH, 9- BRS Seridó. Médias dos tratamentos hídricos em cada genótipo seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F. 35

Figura 3. A- Fluorescência inicial (Fo), B- conteúdo relativo de água (CRA), C- déficit de saturação hídrica (DSH) e D- extrusão da membrana celular (EXT) em cultivares de algodoeiro sob estresse hídrico. 1- FMT 705, 2- FM 966, 3- BRS Rubi, 4- BRS 286, 5- FMT 701, 6- CNPA ITA 90, 7- CNPA 5M, 8- CNPA 7MH, 0- BRS Seridó. Médias dos tratamentos hídricos em cada genótipo seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F..... 36

Figura 4. Dispersão gráfica de 9 genótipos de algodoeiro submetidos a estresse hídrico, com base em 8 características fisiológicas, pelo método de variáveis canônicas. 1 - FMT 705, 2 - FM 966, 3 - BRS Rubi, 4 - BRS 286, 5 - FMT 701, 6 - CNPA ITA 90, 7 - CNPA 5M, 8 - CNPA 7MH, 9 - BRS Seridó..... 40

Capítulo II - Crescimento, produção e qualidade da fibra de cultivares de algodoeiro sob estresse hídrico

- Figura 1.** Altura de planta (AP) de cultivares de algodoeiro submetidas a estresse hídrico e após reidratação..... 56
- Figura 2.** Diâmetro da haste (DH) de cultivares de algodoeiro submetidas a estresse hídrico e após reidratação..... 57
- Figura 3.** Número de folhas (NF) de cultivares de algodoeiro submetidas a estresse hídrico e após reidratação..... 58
- Figura 4.** Médias de área foliar de cultivares de algodoeiro dentro de cada tratamento hídrico, aos 21 dias após o início do estresse. 1- FMT 705, 2- FM 966, 3- BRS Rubi, 4- BRS 286, 5- FMT 701, 6- CNPA ITA 90, 7- CNPA 5M, 8- CNPA 7MH, 9- BRS Seridó..... 59
- Figura 5.** Médias de relação raiz/parte aérea em cultivares de algodoeiro dentro de cada tratamento hídrico, no final do ciclo. 1- FMT 705, 2- FM 966, 3- BRS Rubi, 4- BRS 286, 5- FMT 701, 6- CNPA ITA 90, 7- CNPA 5M, 8- CNPA 7MH, 9- BRS Seridó..... 60
- Figura 6.** A- Médias das variáveis agronômicas nos genótipos de algodão submetidos a 21 dias de supressão hídrica. A- Massa de capulhos por planta (MCP), B- massa de algodão em pluma (MAPluma), C- Número de capulhos por planta (NCP). 1- FMT 705, 2- FM 966, 3- BRS Rubi, 4- BRS 286, 5- FMT 701, 6- CNPA ITA 90, 7- CNPA 5M, 8- CNPA 7MH, 9- BRS Seridó..... 61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Área cultivada, produção e produtividade de algodão nas regiões brasileiras..... 14

Capítulo I - Estimativas de fotossíntese e status celular em cultivares de algodoeiro submetidas a estresse hídrico

Tabela 1. Características agronômicas das cultivares de algodão utilizadas neste estudo..... 31

Tabela 2. Estimativa das variâncias (autovalores e variação acumulada) das variáveis canônicas para as 8 características analisadas nos genótipos de algodoeiro..... 39

Capítulo II - Crescimento, produção e qualidade da fibra de cultivares de algodoeiro sob estresse hídrico

Tabela 1. Características das cultivares de algodão utilizadas neste estudo..... 53

Tabela 2. Comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento à ruptura (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT) e índice de fiabilidade (CSP) de fibras de cultivares de algodoeiro submetido a estresse hídrico..... 64

Pereira, Rennan Fernandes. D.S. Universidade Federal da Paraíba. Abril, 2017. **Prospecção de genótipos herbáceos e arbustivos de algodoeiro quanto à tolerância ao estresse hídrico**. Roseane Cavalcanti dos Santos (orientadora).

RESUMO

O algodoeiro é a mais importante cultura de fibras naturais em todo o mundo. No Brasil, a lavoura geralmente é conduzida em locais com baixa disponibilidade hídrica. Apesar de ter larga plasticidade genética para se adaptar a esses ambientes, essa espécie pode sofrer variações fisiológicas em função falta de água, impactando negativamente na produtividade e na qualidade da fibra, fazendo-se necessária a adoção de genótipos tolerantes a veranicos para evitar frustração de safra. Nesse sentido, realizou-se este trabalho, visando identificar cultivares produtivas e tolerantes à seca para posterior uso em trabalhos de hibridação. Foram estudados nove genótipos de algodoeiro (sete herbáceos e dois arbustivos) e dois tratamentos hídricos (controle e estresse), em delineamento inteiramente casualizado e esquema fatorial 9 x 2, com 4 repetições. O estresse hídrico constou da suspensão total da irrigação por 21 dias a partir da emissão do primeiro botão floral. As plantas foram cultivadas em vasos de 45 L, contendo solo arenoso previamente fertilizado. Foram avaliadas variáveis fisiológicas, de crescimento, de produção e as características da fibra das cultivares. Os dados foram submetidos a análises uni e multivariadas (Variáveis Canônicas). Verificou-se que os genótipos BRS Rubi, BRS 286, BRS Seridó, CNPA 5M e CNPA 7MH foram os mais tolerantes ao estresse hídrico imposto e responderam de maneira diferente quanto aos mecanismos de resistência à seca. Em condições de estresse hídrico, os genótipos que produziram fibras com melhores características foram CNPA 7MH, CNPA 5M, BRS 286 e BRS Seridó, com destaque para o arbustivo CNPA 7MH.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, tolerância à seca, qualidade da fibra

Pereira, Rennan Fernandes. D.S. Federal University of Paraíba. April, 2017. **Prospecting of cotton genotypes tolerant to water stress based on agronomic and physiological characters.** Roseane Cavalcanti dos Santos (advisor).

ABSTRACT

Cotton is the most important natural fiber culture in the world. In Brazil, crop is usually conducted in places with low water availability. Although it has a large genetic plasticity to adapt to these environments, this species can undergo physiological variations due to lack of water, negatively impacting the productivity and fiber quality, making it necessary to adopt summer tolerant genotypes to avoid crop frustration. In this sense, this work was carried out to identify productive and drought-tolerant cultivars for later use in hybridization works. We evaluated nine cotton genotypes (seven upland and two shrubs) and two water treatments (control and stress) in a completely randomized design with a 9 x 2 factorial scheme, with four replications. Water stress consisted of the total suspension of the irrigation for 21 days from the emission of the first floral bud. Plants were grown in pots of 45 L, containing previously fertilized sandy soil. We evaluated physiological, growth, production and fiber characteristics on cultivars. Data were submitted to univariate and multivariate analyzes (Canonical Variables). We verified that BRS Rubi, BRS 286, BRS Seridó, CNPA 5M and CNPA 7MH were the most tolerant ones to the imposed water stress and responded differently to the mechanisms of resistance to drought. Under water stress conditions, genotypes that produced fibers with better characteristics were CNPA 7MH, CNPA 5M, BRS 286 and BRS Serido, with highlight to the CNPA 7MH.

Keywords: *Gossypium hirsutum*, drought tolerance, fiber quality

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE TABELAS	7
RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1. Importância socioeconômica do algodoeiro.....	14
2.2. Botânica do algodão.....	16
2.3. Fisiologia do algodoeiro diante do estresse hídrico.....	18
3. REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO I - Estimativas de fotossíntese e status celular em cultivares de algodoeiro submetidas a estresse hídrico	26
RESUMO	27
ABSTRACT	28
1. INTRODUÇÃO	29
2. MATERIAL E MÉTODOS	31
2.1. Procedimentos experimentais.....	31
2.2. Parâmetros fisiológicos.....	32
2.3. Análise estatística.....	33
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4. CONCLUSÃO	42
5. REFERÊNCIAS	43
CAPÍTULO II - Crescimento, produção e qualidade da fibra de cultivares de algodoeiro sob estresse hídrico	47
RESUMO	48
ABSTRACT	49
1. INTRODUÇÃO	50

2. MATERIAL E MÉTODOS.....	52
2.1. Procedimentos experimentais.....	52
2.2. Variáveis analisadas.....	53
2.3. Análise estatística.....	54
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	55
4. CONCLUSÃO.....	65
5. REFERÊNCIAS.....	66
CONCLUSÃO GERAL.....	71

1. INTRODUÇÃO GERAL

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) é uma das principais commodities mundiais do agronegócio de fibras e fios naturais. Segundo dados da ABRAPA (2016), a fibra participa com mais de 40% do vestuário da população mundial, além da extração de óleo, que é a terceira matéria-prima mais utilizada na produção de biodiesel no Brasil. A área plantada no mundo supera 35 milhões de hectares, para uma produção de 24 milhões de toneladas de fibra, destacando-se China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil (ABRAPA, 2016; FAO, 2016). O cinturão do algodoeiro movimenta cerca de US\$ 12 bilhões e envolve mais de 350 milhões de pessoas na cadeia produtiva (ABRAPA, 2016).

O Brasil é um dos grandes produtores mundiais, com mais de 1 milhão de hectares plantados, especialmente na região dos Cerrados do Centro Oeste e da Bahia. No semiárido nordestino, a lavoura já teve seu auge de produção até a década de 70, contudo, com os problemas de preço e os elevados custos de produção, o manejo do algodão de fibras brancas foi substituído pelo de fibras coloridas (Carvalho et al., 2011).

No aspecto fisiológico, trata-se de uma cultura que se destaca pela larga adaptação a ambientes com indisponibilidade hídrica, devido aos ajustes fisiológicos e a capacidade de crescimento e plasticidade radicular (Aquino et al., 2012). Apesar disso, a falta de umidade no solo pode causar efeitos deletérios à cultura, afetando negativamente a assimilação de CO₂, com sérias consequências na manutenção das estruturas reprodutivas que irão garantir a produção e a qualidade das fibras (Ullah et al., 2008; Hussein et al., 2011; Aquino et al., 2012; Zonta et al., 2015).

A habilidade de tolerar tais distúrbios depende da base genética das cultivares adotadas para esses ambientes. O Brasil detém um robusto programa de melhoramento de algodão, gerando periodicamente cultivares desenvolvidas para várias regiões geográficas, com manejo para produção de fibras de forma competitiva. Apesar da qualidade agrônômica que tais

cultivares detém, a maioria tem limitação a ambientes com irregularidades hídricas. Considerando-se as mudanças climáticas que vêm ocorrendo nas últimas décadas, especialmente as relacionadas com escassez hídrica, a indicação de materiais que tenham capacidade de tolerar ambientes com limitação hídrica é uma valiosa estratégia adotada em vários programas de melhoramento (Vasconcelos, 2016).

De acordo com Rodrigues et al. (2016), é possível que genótipos arbustivos (*G. hirsutum* subsp. Marie Galante, tipo Mocó) sejam mais tolerantes a ambientes com baixa disponibilidade hídrica do que materiais herbáceos (*G. hirsutum* subsp. latifolium). Esses autores utilizaram características de crescimento e a atividade de enzimas antioxidantes para identificar, entre cultivares herbáceas e arbustivas de algodão, quais eram as mais tolerantes à seca. Estudos com tal abordagem, baseando-se em características de produção e qualidade da fibra, são escassos na literatura. Na maioria dos relatos encontrados sobre o efeito do estresse hídrico na produção e na qualidade de fibras de algodão, foram avaliados genótipos herbáceos (Hussein et al., 2011; Carvalho et al., 2015, Zonta et al., 2015).

É necessário que trabalhos sejam realizados no sentido de conhecer as diferenças entre materiais arbustivos e herbáceos quando cultivados em ambientes com indisponibilidade hídrica, para traçar estratégias de combinação de genes dessas duas subespécies, sobretudo, focando em produtividade e características da fibra, já que fibras de boa qualidade são exigidas pela indústria têxtil (Carvalho et al., 2015). Nesse sentido, realizou-se este trabalho, visando identificar, entre cultivares comerciais herbáceas e arbustivas de algodeiro, as mais tolerantes ao estresse hídrico, baseando-se em características morfofisiológicas, de produção e de qualidade da fibra.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância socioeconômica do algodoeiro

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) é a principal fonte comercial de fibra natural para a indústria têxtil em todo o mundo, movimentando um mercado em torno de US\$ 12 bilhões por ano (ABRAPA, 2016). É considerada uma commodity em mais de 150 países, sendo Índia, China, Estados Unidos, Paquistão e Brasil os maiores produtores (USDA, 2014; ABRAPA, 2016).

No Brasil, os maiores polos de produção de algodão se situavam nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste, até o final da década de 90. A participação da região Centro-Oeste teve início nessa ocasião, principalmente nos estados de Mato Grosso e Goiás, onde os problemas com pragas, especialmente o bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Bohm.), ainda não estavam estabelecidos. Atualmente a região Centro-Oeste é o principal cinturão do algodão, com uma área em torno de 660,4 mil hectares e uma produção de 964,6 mil toneladas (Tabela 1).

Tabela 1. Área cultivada, produção e produtividade de algodão nas regiões brasileiras

Região	Área	Produção	Produtividade
	(1000 ha)	(1000 t)	(kg ha⁻¹)
Norte	7,3	8,3	1.137,0
Sul	0,9	0,7	778,0
Sudeste	23,8	32,3	1.357,0
Nordeste	262,3	283,6	1.081,0
Centro-Oeste	660,4	964,6	1.461,0

Fonte: CONAB (2016)

A produtividade da cultura tem variado entre 778,0 kg ha⁻¹ e 1.461,0 kg ha⁻¹, com maior expressão nos ambientes de cerrado, cujo manejo é beneficiado por um pacote de investimentos que inclui cultivares melhoradas, controle químico de pragas (patógenos, insetos e ervas daninhas) e tecnificação total das práticas agrícolas. Na região dos cerrados, tal investimento se reflete em um custo entre torno de U\$ 1.500-2.000, o que é compensado pelo valor de *commodity* da lavoura. Os principais estados produtores nacionais, com percentuais de produção, são: Mato Grosso (67,4%), Bahia (20,7%), Mato Grosso do Sul (3,6%), Maranhão (2,4%), Minas Gerais (2,0%), Tocantins (0,6%), São Paulo (0,4%) e Piauí (0,2%).

Além do largo valor econômico, o algodão também possui grande importância social, pelo número de empregos que gera direta ou indiretamente (Carvalho et al., 2010). Na região Nordeste, em meados da década de 70, a lavoura de algodão ocupou uma área superior a 700 mil ha, movimentando grandes somas de divisas, envolvendo todo o elo da cadeia produtiva, desde os produtores até as indústrias de beneficiamento, óleo, fiação e derivados. A partir da década de 80 a economia da lavoura se reverteu devido a vários fatores econômicos e agrícolas, em especial a introdução do bicudo do algodoeiro, em 1983, nos principais polos de produção, em Campina Grande (PB) e Campinas (SP). Tal ocorrência, praticamente, inviabilizou a continuidade do manejo do algodão no semiárido nordestino (Cartaxo et al., 2007).

Para essa região, a Embrapa implementou o programa de melhoramento de algodão colorido, na década de 90, visando oferecer outra alternativa agrícola, especialmente aos pequenos agricultores sediados na região semiárida. Em 2002, foi lançada a primeira brasileira cultivar de algodão colorido, BRS 200, de fibras com coloração marrom claro. Depois dessa, mais cinco fazem parte do portfólio da empresa, todas com tonalidades variando de verde claro ao avermelhado, atendendo as demandas de mercado e detentoras de larga adaptação ao ambiente semiárido (Carvalho et al., 2011).

A tecnologia de fibras coloridas remonta de vários anos. O algodão de fibra naturalmente colorida teve origem na América Antiga e é tão antigo quanto o de fibra branca. Há registros que tecelões já fiavam e teciam os algodões de cor marrom e verde desde sua domesticação, há cerca de 4.500 anos atrás (Carvalho et al., 2011).

2.2. Botânica do algodão

O algodoeiro pertence à classe das dicotiledôneas, ordem Malvales, família Malvaceae, tribo Hibisceae, gênero *Gossypium* (Beltrão e Souza, 1999). O gênero possui 50 espécies identificadas, a maioria diploide ($2n = 2x = 26$) e apenas quatro são cultivadas, tais como *G. arboreum* L. e *G. herbaceum* L, ambas diploides e nativas do Velho Mundo, e *G. hirsutum* L. e *G. barbadense* L., ambas alotetraplóides ($2n = 4x = 52$) e nativas do Novo Mundo. *G. arboreum*. é cultivado comercialmente na Índia, enquanto *G. herbaceum* é cultivado em algumas regiões secas da África e Ásia. Em termos mundiais, contudo, a espécie mais cultivada é *G. hirsutum*, que contribui com mais de 90% da fibra produzida (Maleia et al., 2010; Coutinho et al., 2014; Ribeiro, 2014).

A planta é de propagação sexuada, anual ou perene e de crescimento indeterminado. Tem como característica pequenas gotículas de gossipol, presente em toda planta, que é um pigmento presente na semente, definido como antinutricional, pois pode causar problemas de intoxicação em animais que se alimentem com o caroço do algodão (Moreira et al., 2006). Outra peculiaridade, presente em algumas espécies, é a presença de nectários na face inferior e na base das flores. Essas estruturas são glândulas responsáveis pela produção de néctar, as quais liberam um odor característico que atrai alguns tipos de insetos, especialmente melíferos.

As flores são hermafroditas e axilares, sendo considerada uma planta com sistema reprodutivo intermediário, uma vez a planta pode se reproduzir por autogamia, dependendo das condições ambientais (Lima et al., 2014). O algodoeiro possui na sua estrutura floral três a

quatro brácteas, que são folhas diferenciadas que protegem o botão. A floração tem início entre 45 e 56 dias, dependendo do genótipo. Até a formação do capulho, que é o produto comercial, vários eventos fisiológicos ocorrem. O botão floral (Figura 1A) surge a partir do meristema floral e cresce até cerca de 2 cm, a partir do qual a flor emerge (Figura 1B). As flores são monoicas, de coloração creme, com inúmeras anteras envolvendo o estigma (Figura 1C). O ovário é multiovular, contendo de três a cinco lóculos; cada um contém entre 20 e 40 óvulos, que darão origem às sementes. A fertilização ocorre em um período entre 24h e 48h, dependendo do clima. Alguns pigmentos surgem na flor (Figura 1D), até que ela fique arroxeadada, sinalizando a fertilização (Figura 1E). A partir daí, o fruto, denominado de maçã, começa a se desenvolver (Figura 1F), até que se forme o capulho (Figura 1G). Todo esse processo, desde o surgimento da flor leva entre 50 a 60 dias.

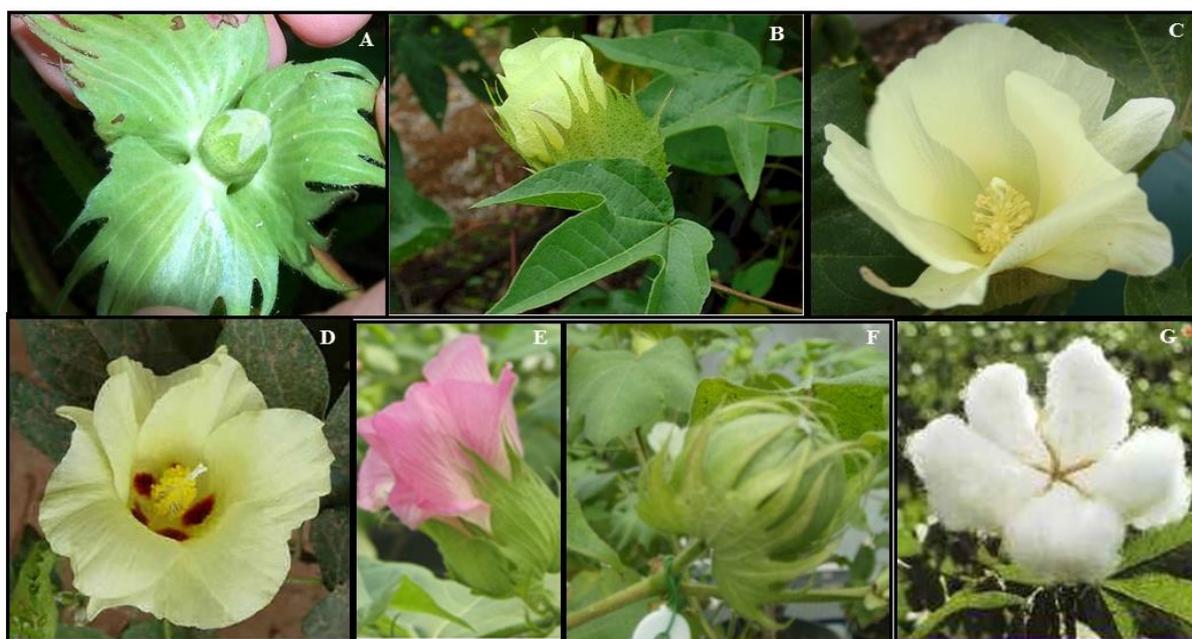


Figura 1. Fases dos eventos reprodutivos do algodoeiro. A - abertura floral, B - abertura da flor, C - flor completamente aberta, D - início da fertilização, E - flor fertilizada, F - maçã do algodoeiro, G - capulho. Foto: Roseane C. Santos

A semente é coberta por línter (raça *latifolium Hutch*), constituída de fibras pequenas, e rica em óleo (Beltrão e Souza, 1999). A fibra é constituída de uma única célula, contendo mais de 95 % de celulose. Quando totalmente madura possui 25 camadas de celulose, cristalina, fibrilar e amorfa.

Os principais produtos comercializáveis do algodoeiro vêm justamente da semente, com destaque para a fibra têxtil, que apresenta mais de quatrocentas aplicações na indústria, o óleo bruto (média de 15,5%) e os derivados, como a torta e o farelo, amplamente utilizados na alimentação animal.

2.3. Fisiologia do algodoeiro diante do estresse hídrico

A água é fator primordial para crescimento de todo ser vivo. Nas plantas, o requerimento hídrico varia em função da taxa de metabolismo da planta e do ciclo. Na célula vegetal, o suprimento de água em níveis inferiores aos requeridos altera o funcionamento dos protoplastos sobre a parede da célula, resultando em redução do turgor, afetando o crescimento celular (Taiz e Zeiger, 2013). Um ajustamento osmótico equilibrado leva a manutenção do turgor das células, mesmo quando as células entendem o sinal do estresse. No ajustamento osmótico, íons se acumulam no vacúolo e alguns solutos se acumulam no citoplasma, para manter o equilíbrio de potencial hídrico dentro da célula.

De modo geral, quando as plantas se encontram sob condições de estresse hídrico, as respostas das plantas envolvem primeiramente o fechamento estomático, reduzindo a transpiração, redução no transporte de assimilados, da fotossíntese, na divisão e expansão celular. Como consequência, ocorre redução no crescimento, na respiração, condutância estomática, entre outros fatores fisiológicos associados (Ferrari et al., 2015).

O algodoeiro é uma planta com metabolismo fotossintético do tipo C₃, com elevada taxa de fotorrespiração, superior a 40 % da fotossíntese bruta, dependendo do ambiente (Beltrão e Souza, 1999). O mecanismo fisiológico é complexo, porém possui várias habilidades

fisiológicas para superar períodos de supressão hídrica. Em condições de estresse severo, contudo, a planta reduz o crescimento e a atividade fotossintética, o que pode ser resultante do aumento na resistência difusiva estomática, uma vez que os estômatos são a principal via de troca gasosa entre as folhas e o meio externo (Amaral et al., 2006). A fase em que as plantas são mais sensíveis é durante a floração e formação das maçãs; um estresse hídrico nessa fase leva a queda das estruturas reprodutivas e, conseqüentemente, redução na produtividade da cultura (Aquino et al. 2012; Bezerra et al., 2010).

O algodoeiro herbáceo apresenta taxa diária de consumo hídrico relativamente baixa (Santos et al., 2006). De acordo com Aquino et al. (2012), a cultura requer, durante seu ciclo de vida, entre 650 e 900 mm de água. Em geral, na fase inicial até o aparecimento dos primeiros botões florais, o requerimento hídrico é inferior a 2 mm por dia. Após esta fase e com o rápido crescimento vegetativo, o consumo de água aumenta, podendo ultrapassar 8 mm por dia. Por ter habilidade para conviver com situações de seca, contudo, a planta utiliza de recursos intrínsecos de modo a contribuir com sua preservação, como a senescência das folhas e o aprofundamento do sistema radicular (Pace et al., 1999). Plaut et al. (1996) submeteram o algodoeiro a cinco regimes de umidade do solo (20, 40, 60, 80 e 100% da capacidade do vaso) e observaram que o crescimento da raiz foi mantido até 40% de umidade do solo, sendo menos sensível em condições de déficit hídrico do que o crescimento da parte aérea.

Relatos na literatura reportam que a supressão hídrica no algodoeiro leva a um aumento na relação raiz/parte aérea, como forma de as raízes de expandirem para buscar por águas em horizontes mais profundos do solo (Pace et al., 1999; Plaut et al., 1996). Batista et al. (2010) investigaram o crescimento de plantas de algodão sob estresse hídrico de 23 dias e verificaram que, além de redução na altura, o estresse hídrico promoveu redução nas estruturas reprodutivas (números de botões e de capulhos) e na qualidade das fibras, apesar das plantas terem alongado o sistema radicular, para aliviar o efeito da dissecação. Bezerra et al. (2010) relatam que a deficiência hídrica no período de floração a frutificação, pode reduzir

50% do potencial produtivo do algodoeiro, além de afetar o comprimento e qualidade da fibra.

Deeba et al., (2012) relatam que sob estresse, a planta do algodão sintetiza mais de 500 proteínas diferentes, com níveis de regulação diferenciados, como forma a se ajustar ou se defender do estresse exposto.

3. REFERÊNCIAS

ABRAPA - Associação Brasileira dos Produtores de Algodão. 2016. Disponível em: <<http://www.abrapa.com.br/estatísticas>>. Acesso em 25 ago. 2016.

AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 377-384, 2006.

AQUINO, L. A.; AQUINO, R. F. B. A.; SILVA, T. C.; SANTOS, D. F.; BERGER, P. G. Aplicação do fósforo e da irrigação na absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 355-361, 2012.

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, p. 197-206, 2010.

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

BEZERRA, J. R. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; DIAS, J. M. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marron, irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 625-632, 2010.

CARTAXO, W. V.; FREITAS, H. A.; VALE, L. S.; ALVES, H. V. N.; LIMA, N. J. Produção de sementes básicas das cultivares de algodão BRS 8H e CNPA 7MH, na agricultura familiar do município de Bom Sucesso, PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 6, 2007, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Embrapa Algodão, 2007.

CARVALHO, L. P.; ANDRADE, F. P.; SILVA FILHO, J. L. Cultivares de algodão colorido no Brasil. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 15, p. 37-44, 2011.

CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. L.; RODRIGUES, J. I. S.; TEODORO, P. E. Agronomic and technical fibers traits in elite genotypes of cotton herbaceous. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 4882-4887, 2015

CARVALHO, L. P.; SILVA, G. E. L.; LIMA, M. M. A.; MEDEIROS, E. P.; BRITO, G. G.; FREIRE, R. M. M. Variabilidade e capacidades geral e específica de combinação para teor de óleo em algodoeiro. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 14, p. 19-27, 2010.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 3 - Safra 2015/16, n. 12, 2016.

COUTINHO, T. C.; GUIMARÃES, M. A.; VIDAL, M. S. Determinação da diversidade genética entre acessos de algodão por meio de marcadores microsatélites. **Bioscience Journal**, v. 30, p. 1447-1458, 2014.

DEEBA, F; PANDEY A. K; RANJAN, S; MISHRA, A; SINGH, R; SHARMA, Y. K; SHIRKE, P. A; PANDEY, V. Physiological and proteomic responses of cotton (*Gossypium herbaceum* L.) to drought stress. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 53, p. 6-18, 2014.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **OECD-FAO Agricultural Outlook**. OECD Agriculture statistics (database), 2016.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico no metabolismo da soja em semeaduras antecipadas no Mato Grosso. **Nativa**, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.

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 Agriculture & Forestry**, v. 35, p. 611-621, 2011.

LIMA, T. C.; AQUINO, L. A.; BERGER, P. G. Botânica. In: **Algodão: do plantio à colheita**. BORÉM, A.; FREIRE, E. C. (Ed). Viçosa: Editora UFV, 2014. p. 50-66.

MALEIA, M. P.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES-VIDIGAL, P. S.; GONELA, A.; LACANALLO, G. F.; MOIANA, L. D.; CHAMUENE, A.; SOUSA, L. L.; DARBEN, L. M. Genetic divergence among African and American cotton (*Gossypium hirsutum* L. race latifolium H.) cultivars and inbred lines through random amplification of polymorphic DNA (RAPD) markers. **African Journal of Biotechnology**, v. 9, p. 8539-8548, 2010.

PACE, P. F.; CRALLE, H. T.; EL-HALAWANY, S. H. M.; COTHREN, J. T.; SENSEMAN, S. A. Drought-induced changes in shoot and root growth of young cotton plants. **The Journal of Cotton Science**. v. 3, p. 183-187, 1999.

PLAUT, Z.; CARMI, A.; GRAVA, A. Cotton root and shoot responses to subsurface drip irrigation and partial wetting of the upper soil profile. **Irrigation Science**, v. 16, p. 107-113, 1996.

RIBEIRO, V. A. Caracterização genética de atributos do desenvolvimento radicular em algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). 2014. 64 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Goiás, Campina Grande. 2014.

RODRIGUES, J. D.; SILVA, C. R. C.; PEREIRA, R. F.; RAMOS, J. P. C.; MELO FILHO, P. A.; CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, R. C. Characterization of water-stress tolerant cotton cultivars based on plant growth and in activity of antioxidant enzymes. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3763-3770, 2016.

SANTOS, A. C.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; AZEREDO, G. A. Variabilidade temporal da precipitação pluviométrica e rendimento do algodoeiro herbáceo em diferentes sistemas de manejo de solo e de adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 36, p. 123-129, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

ULLAH, I.; RAHMAN, M.; ASHRAF, M.; ZAFAR, Y. Genotypic variation for drought tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.): Leaf gas exchange and productivity. **Flora**, v. 203, p. 105-115, 2008.

VASCONCELOS, U. A. A. Análise dialética em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) para tolerância à seca. 2016. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2016.

ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; SOFIATTI, V.; FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P. Efeito da irrigação no rendimento e qualidade de fibras em cultivares de algodoeiro herbáceo. **Caatinga**, v. 28, p. 43-52, 2015.

CAPÍTULO I

ESTIMATIVAS DE FOTOSÍNTESE E STATUS CELULAR EM CULTIVARES DE ALGODOEIRO SUBMETIDAS A ESTRESSE HÍDRICO

ESTIMATIVAS DE FOTOSSÍNTESE E STATUS CELULAR EM CULTIVARES DE ALGODOEIRO SUBMETIDAS A ESTRESSE HÍDRICO

RESUMO

Cultivares de algodoeiro herbáceo e Mocó foram submetidas a supressão hídrica, e posteriormente avaliadas quanto a parâmetros fisiológicos, com objetivo de identificar materiais tolerantes à seca. Os parâmetros fisiológicos foram focalizados nas estimativas de trocas gasosas, fluorescência inicial, extrusão da membrana celular, conteúdo relativo de água e déficit de saturação hídrica. As plantas foram cultivadas em vasos previamente fertilizados, em casa de vegetação, adotando-se o delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições. As plantas foram regadas diariamente, mantendo-se a capacidade de pote, até os 45 dias após a emergência, quando a supressão hídrica foi estabelecida por 21 dias. Os dados submetidos foram analisados estatisticamente, adotando-se modelos uni e multivariados (método de Variáveis Canônicas). Cinco cultivares revelaram alto nível de tolerância ao estresse proposto, embora com mecanismos de respostas diferentes. A combinação das bases genéticas das cultivares BRS Rubi, BRS 286, BRS Seridó, com CNPA 5M e CNPA 7MH, pode possibilitar na identificação de indivíduos com elevada capacidade para produção de fibras e larga adaptação ao ambiente semiárido.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, resistência à seca, adaptação ambiental

ESTIMATES OF PHOTOSYNTHESIS AND CELL STATUS IN COTTON CULTIVARS SUBMITTED TO WATER STRESS

ABSTRACT

Upland and Mocó cotton cultivars were submitted to water suppression and later evaluated to physiological parameters, aiming to identify drought - tolerant materials. The physiological parameters were focused on gas exchange, initial fluorescence, cell membrane extrusion, relative content of water and deficit of water saturation. Plants were sown in pots previously fertilized, in greenhouse, adopting the completely randomized design, with 4 replications. Watering was provided daily, maintaining the pot capacity, until 45 days after emergence, when the water suppression was established, during 21 days. Data were submitted to statistical analysis, adopting univariate and multivariate models (Canonical Variables method). Five cultivars revealed high level of tolerance to water stress, although with different response mechanisms. The combination of genetic basis from BRS Rubi, BRS 286, BRS Seridó, with CNPA 5M and CNPA 7MH, may allow identification of high fiber yield individuals and broad adaptation to semiarid environment.

Keywords: *Gossypium hirsutum*, drought resistance, environmental adaptation

1. INTRODUÇÃO

O algodão é uma das culturas produtoras de fibras mais importantes na indústria têxtil mundial. É cultivada em mais de 100 países e considerada uma commodity em mais de 150 nações (USDA, 2014). A China e a Índia respondem por aproximadamente 53% da produção mundial. O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores da fibra de algodão no planeta, cultivado em mais de 6.800 propriedades, numa área de, aproximadamente, 1 milhão de hectares (IBGE, 2016).

Apesar da fertilidade do solo e das práticas de manejo serem importantes no cultivo de algodão, a maior influência na produção de fibras está nos fatores climáticos. Os pequenos agricultores, em áreas semiáridas, dependem, geralmente, de chuvas para suprir as necessidades hídricas de suas lavouras, e essa dependência torna o rendimento de fibras muito vulnerável à escassez de água resultante de mudanças nos volumes e padrões de precipitação (Pettigrew, 2004; De Tar, 2008; Gwimbi e Mundoga, 2010).

O uso de cultivares tolerantes à seca é a solução mais viável para se evitar ou minimizar perdas na produção, embora a maioria das cultivares comerciais seja vulnerável a variações fisiológicas quando cultivadas em ambientes propensos ao estresse hídrico (Longenberger et al., 2009; Brito et al., 2011; Rodrigues et al., 2016). Genótipos arbustivos (*G. hirsutum* subsp. Marie Galante, tipo Mocó) são mais tolerantes a ambientes secos do que materiais herbáceos (*G. hirsutum* subsp. latifolium) (Rodrigues et al., 2016). Assim, a combinação de genes de Marie Galante e latifolium é uma estratégia valiosa para um programa de melhoramento focado em ambientes semiáridos, pois os genótipos podem fornecer rendimento razoável, devido ao ajuste ambiental condicionado por fatores genéticos.

Durante a estação seca, a quantidade de botões florais e a de capulhos são as mais negativamente afetadas na fase reprodutiva, com impacto direto na produtividade e na qualidade das fibras (Parida et al., 2008; Rodrigues et al., 2016).

O monitoramento fisiológico das plantas submetidas a estresse hídrico é um procedimento muito adotado nos processos de seleção porque auxilia na identificação das plantas tolerantes, baseando-se nas interações das trocas gasosas, status hídrico, fluorescência, entre outros. Na literatura são encontrados artigos reportando como os distúrbios fisiológicos provocados pelo estresse hídrico afetam o crescimento e desenvolvimento do algodoeiro (Parida et al., 2008; Ullah et al., 2008; Brito et al., 2011; Abdel-Kader et al., 2015).

Entre os processos fisiológicos, a fotossíntese é o principal fator determinante do crescimento e da produção da planta. As estimativas da assimilação líquida de CO₂ em plantas que passam por estresse hídrico são frequentemente baixas, com taxas diferenciadas em plantas tolerantes, o que auxilia nos procedimentos de seleção para tolerância à seca. Ullah et al. (2008) submeteram 32 genótipos de algodão a 40 dias de supressão hídrica, a partir da fase inicial da cultura, e verificaram ser a produção das plantas positivamente associada com a assimilação de CO₂. Segundo os autores, foi possível identificar genótipos tolerantes ao estresse hídrico a partir dessa variável.

Outras variáveis associadas à fotossíntese têm papel chave no entendimento do processo de tolerância da planta ao estresse hídrico. Vários trabalhos focalizam nas características de fluorescência, status hídrico das células e integridade da membrana celular (Parida et al., 2008; Brito et al., 2011). Em algodão, Parida et al. (2008) submeteram dois genótipos a 14 dias de supressão hídrica e verificaram que o conteúdo relativo de água do material sensível começou a reduzir a partir do terceiro dia sem irrigação, enquanto que no tolerante, não houve redução, mesmo após o período de estresse. Essa variável foi indicada pelos autores para auxiliar nos processos de seleção para tolerância à seca.

Neste trabalho foram utilizadas cultivares comerciais de algodoeiro dos tipos herbáceo e arbustivo (Mocó), com objetivo de identificar genótipos com potencial para serem usados como genitores em programas de melhoramento focalizados para ambientes semiáridos, baseando-se em parâmetros fisiológicos relacionados com fotossíntese e status celular.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Procedimentos experimentais

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em Campina Grande, PB, Brasil (7°13'50"S, 35°52'52"O, 551 m), utilizando-se de nove cultivares de algodão desenvolvidas pela Embrapa e pela Fundação Mato Grosso (FMT), no delineamento inteiramente casualizado com 4 repetições (Tabela 1).

Tabela 1. Características agronômicas das cultivares de algodão utilizadas neste estudo

Cultivar	Tipo	AA	Características
1- FMT 705	H	Cerrado	FB, PA, ARM
2- FM 966	H	Cerrado	FB, PA, ARM
3- BRS RUBI	H	Semiárido	FM, PA
4- BRS 286	H	Cerrado/Semiárido	FB, TS, ARM
5- FMT 701	H	Cerrado	FB, ARM
6- CNPA ITA 90	H	Cerrado	FB, TS, ARM
7- CNPA 5M	A	Semiárido	FB, RS, PA
8- CNPA 7MH ¹	H	Semiárido	FB, RS, ARM
9- BRS Seridó ¹	H	Semiárido	FB, TS, ARM

¹ Genótipos obtidos por cruzamento entre as subespécies Marie Galante e latifolium. H - herbáceo; A - arbustivo; AA - Adaptação Ambiental; FB - Fibra Branca, FM - Fibra Marrom, PA - Produtividade Alta, ARM - Alto Rendimento de Maças Maduras, TS - Tolerante à Seca, RS - Resistente à Seca

Os procedimentos de cultivo foram os mesmos descritos em Rodrigues et al. (2016). A semeadura foi feita em vasos de 45 L, preenchidos com solo arenoso previamente fertilizado com ureia (20 Kg ha⁻¹), superfosfato simples (60 Kg ha⁻¹) e cloreto de potássio (30 Kg ha⁻¹). Foram mantidas duas plantas por vaso, regadas diariamente, mantendo a umidade do solo

próxima ao nível correspondente ao da capacidade de campo. Os requerimentos hídricos foram estimados de acordo com Almeida et al. (2015).

As plantas foram submetidas a dois tratamentos hídricos, controle (irrigação normal) e estresse (supressão total da irrigação por 21 dias), na fase R1 (45 dias após a emergência), correspondendo ao início da floração (Marur e Ruano, 2001). A irrigação diária foi realizada considerando o balanço hídrico: volume aplicado menos volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 10% (Almeida et al., 2015). A temperatura e a umidade relativa do ar foram registradas, diariamente, durante o ensaio.

2.2. Parâmetros fisiológicos

As trocas gasosas foram estimadas por meio de analisador de gás infravermelho (IRGA), em folhas completamente expandidas, situadas no meio do dossel, aos 21 dias de supressão hídrica, no período de 7 a 8 horas da manhã, avaliando-se: taxa de assimilação de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*) e eficiência instantânea do uso da água (*A/E*). A fluorescência inicial da clorofila (*F_o*) foi mensurada utilizando-se de um fluorímetro modular. A extrusão da membrana celular (EMC), o conteúdo relativo de água nas folhas (CRA) e o déficit de saturação hídrica (DSH) foram avaliados em 5 discos foliares (113 mm²). A EMC foi avaliada por meio do extravasamento de eletrólitos, estimado pela relação [(*C_i*/*C_f*) x 100], sendo *C_i* e *C_f* as condutividades inicial e final do meio, respectivamente (Brito et al., 2011). O CRA e o DSH foram estimados por relações entre MF - massa fresca, MT - massa turgida e MS - massa seca (Brito et al., 2011):

$$CRA = [(MF - MS/MT - MS)] * 100$$

$$DSH = [(MT - MF/MT - MS)] * 100$$

2.3. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0.01$ e 0.05) e as médias dos tratamentos hídricos em cada genótipo foram comparadas pelo teste F. Para auxiliar na identificação de genótipos tolerantes, os dados fisiológicos foram utilizados na análise multivariada, com base no método das variáveis canônicas. A dissimilaridade entre os genótipos foi estimada pela distância de Mahalanobis (Cruz et al., 2014). Todos os procedimentos uni e multivariados foram realizados utilizando o programa GENES, versão 5.1.2013 (Cruz, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nove cultivares de algodoeiro desenvolvidas para as regiões semiárida e de cerrados brasileiros foram submetidas a 21 dias de supressão hídrica em casa de vegetação e avaliadas quanto a oito variáveis fisiológicas, focalizadas na fotossíntese e no status celular. Verificou-se diferença estatística significativa ($p < 0.01$) entre genótipos (G), tratamentos hídricos (TH) e efeito de interação G x TH, para todas as variáveis, indicando que os genótipos responderam diferencialmente ao tratamento hídrico ao qual foram submetidos. As médias de temperatura (máxima e mínima) e umidade relativa do ar registradas durante o período experimental variaram entre 24,35-31,05 °C e 49%-75%, respectivamente.

Os sintomas fenotípicos advindos do estresse hídrico iniciaram-se aos 7 dias após a suspensão da irrigação, com perda de turgidez das folhas, redução do crescimento em altura, redução da área foliar e senescência foliar (Figura 1).



Figura 1. Visão geral do experimento (A), plantas tolerantes (B) e plantas sensíveis à seca (C) após 7 dias de supressão hídrica

A identificação dos genótipos tolerantes se baseou na abordagem conjunta das variáveis e suas inter-relações, registradas aos 21 dias de supressão hídrica (Figuras 2 e 3). As cultivares herbáceas BRS 286, BRS Rubi e BRS Seridó foram as mais eficientes em superar o desgaste fisiológico resultante do estresse hídrico. Essas cultivares não apresentaram perdas nas trocas gasosas, ou seja, as plantas continuaram realizando fotossíntese numa intensidade igual ou próxima às do tratamento controle (Figura 2A-C). A consequência foi vista na eficiência instantânea do uso da água (Figura 2D), indicando que as plantas sob estresse continuaram utilizando a água de maneira similar às plantas controle.

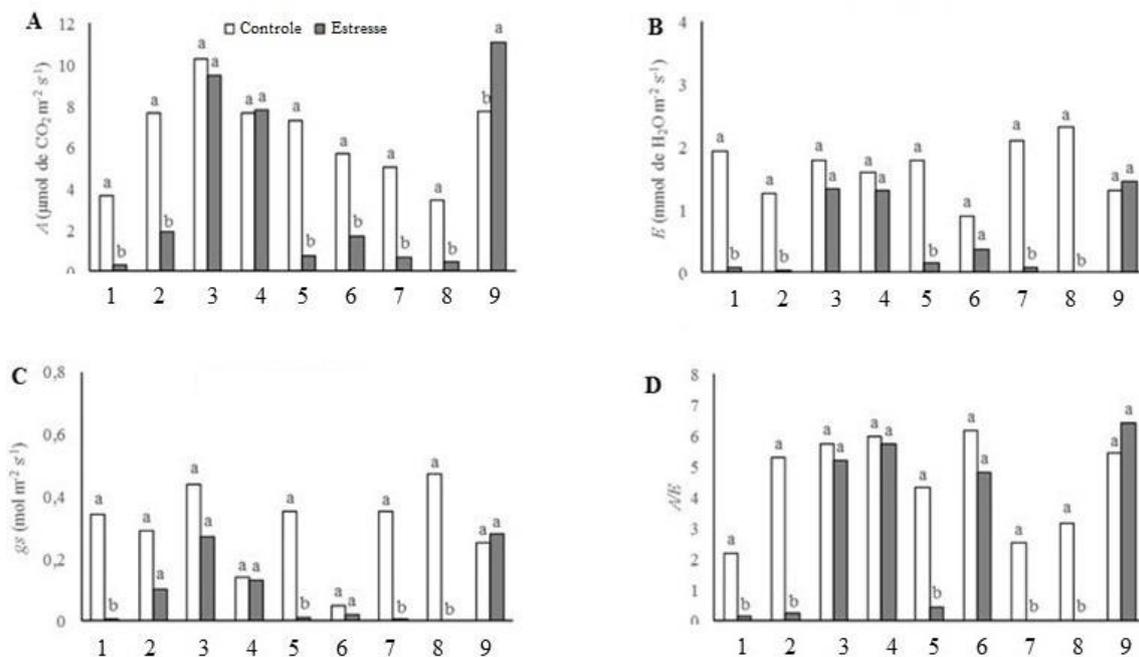


Figura 2. A- Taxa de assimilação de CO₂ (A), B- transpiração (E), C- condutância estomática (gs), D- eficiência instantânea do uso da água (A/E) em cultivares de algodoeiro submetidas a estresse hídrico. 1- FMT 705, 2- FM 966, 3- BRS Rubi, 4- BRS 286, 5- FMT 701, 6- CNPA ITA 90, 7- CNPA 5M, 8- CNPA 7MH, 9- BRS Seridó. Médias dos tratamentos hídricos em cada genótipo seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F

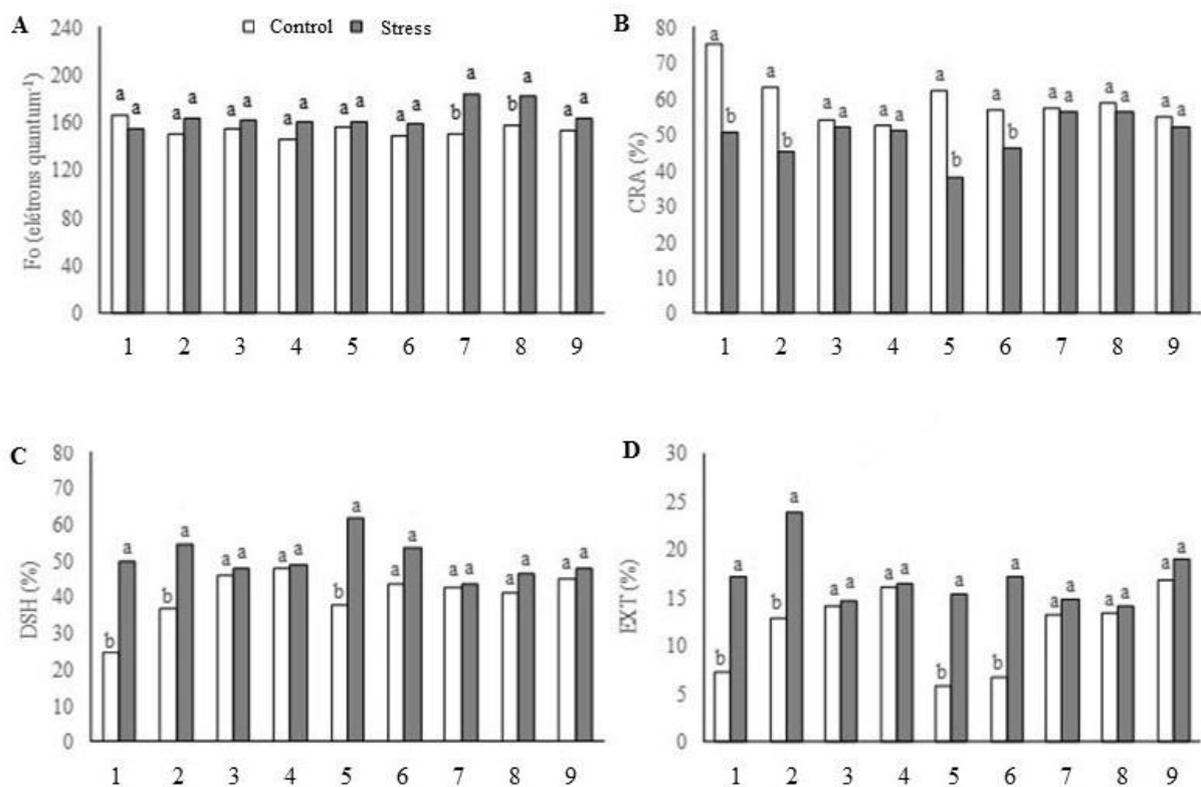


Figura 3. A- Fluorescência inicial (Fo), B- conteúdo relativo de água (CRA), C- déficit de saturação hídrica (DSH) e D- extrusão da membrana celular (EXT) em cultivares de algodoeiro sob estresse hídrico. 1- FMT 705, 2- FM 966, 3- BRS Rubi, 4- BRS 286, 5- FMT 701, 6- CNPA ITA 90, 7- CNPA 5M, 8- CNPA 7MH, 9- BRS Seridó. Médias dos tratamentos hídricos em cada genótipo seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste F

BRS 286, BRS Rubi e BRS Seridó são cultivares desenvolvidas pela Embrapa para manejo em ambiente semiárido. No Brasil, esse clima se caracteriza por apresentar forte insolação, temperaturas altas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração da pluviosidade em um curto período, em média de três a quatro meses (Sá e Silva, 2010). Em tais situações, é muito comum a ocorrência de secas, reduzindo, significativamente, a produtividade agrícola.

De acordo com Brito et al. (2011), mesmo pertencendo a uma só espécie, os genótipos de algodoeiro podem desencadear mecanismos de tolerância diferentes em resposta ao déficit hídrico. Isso justifica o comportamento diferenciado verificado em CNPA 7MH, um híbrido

herbáceo (Upland) x arbóreo (Mocó), e em CNPA 5M, uma cultivar arbórea (Mocó perene), ambos resistentes à seca e desenvolvidos pela Embrapa. Durante os 21 dias de supressão hídrica, essas cultivares reduziram ao máximo as trocas gasosas (Figura 2A-C), que pode ser uma estratégia de plantas tolerantes à seca, contudo minimizaram, drasticamente, a eficiência do uso da água (Figura 2D). Em algumas espécies, essa estratégia é intrínseca, uma vez que a planta compensa as perdas nas trocas gasosas com os ajustes de outros fatores fisiológicos. Conforme pode ser verificado na Figura 3, percebe-se que as plantas de CNPA 7MH e CNPA 5M, submetidas ao estresse hídrico, mantiveram o conteúdo relativo de água (Figura 3B), o déficit de saturação hídrica das folhas (Figura 3C) e a extrusão da membrana celular (Figura 3D) nos mesmos níveis das plantas do tratamento controle, mas, com elevação da fluorescência inicial (Figura 3A). De acordo com Baker e Rosenqvist, (2004), o aumento da fluorescência inicial pode ocorrer se houver algum dano no centro de reação do PSII, ou redução da transferência de energia do sistema coletor de luz para o centro de reação. Baseados nos resultados aqui obtidos, sugere-se que essas cultivares possivelmente reduziram a absorção de radiação solar como forma de desacelerar os processos metabólicos decorrentes do estresse hídrico, resultando, então, em elevação da fluorescência.

Resultados semelhantes foram obtidos por Longenberger et al. (2009), ao avaliarem 20 genótipos de algodão cultivados com irrigação e em sequeiro (estresse hídrico), verificando que a eficiência do PSII (derivada de características de fluorescência) não foram afetadas, igualmente, de maneira significativa pelo estresse imposto. Também em Abdel-Kader et al. (2015) que, ao avaliarem progênies de algodão herbáceo submetidas à irrigação, com reposição de 60% da evapotranspiração, foi verificado que as progênies tolerantes tiveram maior habilidade de manter o conteúdo relativo de água nas folhas e a extrusão da membrana celular, no tratamento com limitação hídrica.

Os resultados observados nesse trabalho com as cultivares da Embrapa BRS 286, BRS Rubi, BRS Seridó, CNPA 7MH e CNPA 5M atestam a plasticidade genética delas quando

enfrentam flutuações ambientais. Todas têm em comum uma forte base genética, devido à contribuição de progenitores que possuem alelos favoráveis para tolerância a ambientes com baixa disponibilidade hídrica, fato frequentemente encontrado na região semiárida do Brasil (Sá e Silva, 2010; Brito et al., 2011; Rodrigues et al., 2016).

Com relação às cultivares FMT 705, FM 966 e FMT 701, desenvolvidas para região de cerrado, verificou-se que todas reduziram as taxas das trocas gasosas no tratamento estressado (Figura 2), além do conteúdo relativo de água, elevando, por conseguinte, o déficit de saturação hídrica e a extrusão da membrana celular, o que condiz com um comportamento de sensibilidade a ambientes com limitação hídrica (Figura 3B, C e D). Esse desequilíbrio, possivelmente, contribuiu para promover danos celulares, baseando-se no fenótipo das plantas, com aspecto clorótico e flácido das folhas dessas cultivares (Figura 1). A cultivar CNPA ITA 90, também recomendada para Cerrado, foi sensível ao estresse hídrico imposto, embora em nível diferenciado, uma vez que reduziu apenas a taxa de assimilação de CO₂ (Figura 2A), sem danos significativos para as demais variáveis relacionadas com as trocas gasosas (Figura 2B-D). É possível que, se cultivada em ambientes com restrição hídrica, possa responder melhor do que as demais cultivares desenvolvidas pela FMT.

Brito et al. (2011) também avaliaram cultivares de algodão desenvolvidas pela Embrapa, submetendo-as a um estresse hídrico até as plantas atingirem potencial hídrico foliar de -3,0 MPa. Os autores também constataram redução da extrusão da membrana celular nas cultivares tolerantes (BRS 187 8H e ACALA SJ-4), indicando que essa variável pode ser considerada confiável para uso em trabalhos de seleção focalizando na tolerância ao estresse hídrico.

Baseando-se no conjunto de variáveis adotadas nesse estudo, procedeu-se a uma análise de agrupamento, utilizando-se do método de variáveis canônicas (VC) considerando-se as matrizes de médias e de variância e covariância residual. Na Tabela 2, se encontram os autovalores, a variação individual (%) e a variação acumulada, baseados nas oito variáveis

fisiológicas. Verificou-se que as duas primeiras variáveis canônicas explicaram 89,09% da variância total, indicando que a dispersão gráfica dos pontos pode ser representada em um plano bidimensional.

Tabela 2. Estimativa das variâncias (autovalores e variação acumulada) das variáveis canônicas para as 8 características analisadas nos genótipos de algodoeiro

Variáveis Canônicas	Autovalor	%	Varição Acumulada (%)
VC1	26,55	71,76	71,76
VC2	6,41	17,33	89,09
VC3	2,73	7,38	96,48
VC4	0,60	1,62	98,11
VC5	0,46	1,24	99,35
VC6	0,15	0,40	99,76
VC7	0,08	0,23	99,99
VC8	0,001	0,003	100,00

Os grupos obtidos pela análise de VC se encontram na Figura 4. Quatro grupos foram formados, contendo as seguintes composições de cultivares: G1 - composto pelas cultivares tolerantes à seca CNPA 5M e CNPA 7MH, a primeira derivada da perene CNPA 3M (Marie Galant), e a segunda derivada da linhagem CNPA 91 - 194, um híbrido formado pela combinação dos tipos Marie Galante e herbáceo, indicada para as regiões semiáridas do Nordeste brasileiro (Embrapa, 1991; Embrapa, 1997); G2 - composto pelas cultivares BRS Rubi, BRS 286 e BRS Seridó, todas de ciclo precoce e recomendadas para manejo em ambientes de clima semiárido (Rodrigues et al., 2016). A BRS Rubi tem fibra colorida e é oriunda do cruzamento entre uma linhagem introduzida dos E.U.A de coloração da fibra marrom escura e a cultivar CNPA 7H, de elevada produtividade e larga adaptação ambiente semiárido. Em estudos de estabilidade, a BRS Rubi apresentou adaptabilidade a ambientes desfavoráveis (déficit hídrico) para os caracteres comprimento, uniformidade e resistência, indicando que é uma adequada fonte de genes para melhorar estas características em condições do semiárido (Carvalho et al., 2011; Carvalho et al., 2015).

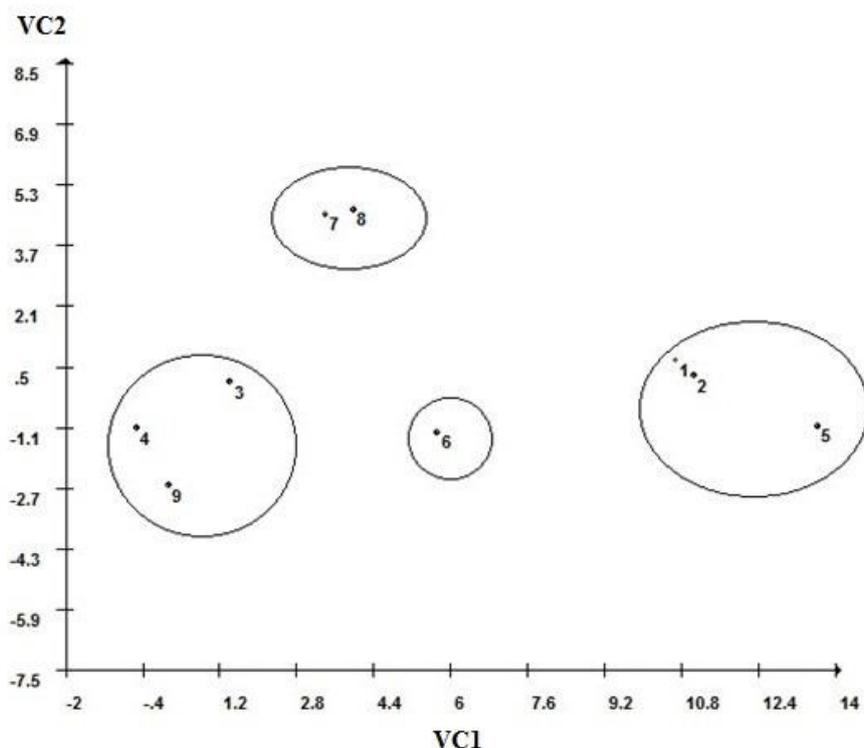


Figura 4. Dispersão gráfica de 9 genótipos de algodoeiro submetidos a estresse hídrico, com base em 8 características fisiológicas, pelo método de variáveis canônicas. 1 - FMT 705, 2 - FM 966, 3 - BRS Rubi, 4 - BRS 286, 5 - FMT 701, 6 - CNPA ITA 90, 7 - CNPA 5M, 8 - CNPA 7MH, 9 - BRS Seridó

A BRS 286 é resultado do cruzamento entre as cultivares CNPA ITA 90 e CNPA 7H e se caracteriza por apresentar elevada produtividade e larga adaptação para ambientes de cerrado e semiárido (Freire et al., 2015; Souza, 2015). Zonta et al. (2015) ao estudar o comportamento de quatro cultivares submetidas a diferentes lâminas de irrigação, verificaram que BRS 286 apresentou maior produtividade e manteve a qualidade de fibra em condições de déficit hídrico, indicando que este material também possui alelos favoráveis que podem ser explorados em programas de melhoramento focalizando em ambiente semiárido. Por fim, a cultivar BRS Seridó é descendente da CNPA 7MH e tem elevado grau de tolerância à seca em ambiente semiárido (Embrapa, 2006).

No G3, se agruparam as cultivares desenvolvidas para o cerrado brasileiro, FMT 705, FM 966 e FMT 701, todas recomendadas para manejo com alto nível tecnológico. Estas cultivares são de elevada produtividade, sendo FMT 701 e FMT 705 de ciclo tardio (Rosolem et al., 2012; Rodrigues et al., 2016) e FM 966 de ciclo precoce (Ferreira et al., 2015). A FMT 705 se caracteriza por apresentar resistência à ramulária e a nematoides; a FM 966 é a mais precoce do grupo, possui porte baixo e boas características de fibras com destaque para resistência (32 gf tex^{-1}) e finura (3,8 a 4,2 $\mu\text{g/pol}$). A FMT 701 possui elevada produtividade, resistência a várias doenças de folhagens e tem larga aceitação por produtores de algodão na região dos Cerrados (Freire et al., 2015).

O último grupo, G4, conteve apenas um material, representado por CNPA ITA 90. Essa cultivar é oriunda da Deltapine Acala 90, que se caracteriza por apresentar ciclo longo (150-160 dias), elevada produtividade, alta qualidade de fibras, resistência à ramulose, adaptação à colheita mecânica e larga adaptação ambiental (Souza et al., 2006; Freire et al., 2015; Rodrigues et al., 2016). No processo de seleção da CNPA ITA 90, os critérios do melhoramento foram mais focados para o aumento de produtividade, adaptabilidade para colheita mecânica e adequação para as condições do Cerrado, do que propriamente para a adaptação a ambientes secos.

A disposição dos grupos formados pelo método de VC corrobora com as interpretações reportadas com as variáveis fisiológicas de forma individualizada, indicando que o método aglomerativo oferece contribuições efetivas para auxiliar nas práticas de seleção voltadas para tolerância de germoplasma ao estresse hídrico.

4. CONCLUSÃO

1. BRS Rubi, BRS 286, BRS Seridó, CNPA 5M e CNPA 7MH são tolerantes ao estresse hídrico proposto e respondem diferencialmente quanto aos mecanismos de resistência à seca.

2. A combinação das bases genéticas de BRS Rubi, BRS 286, BRS Seridó, com CNPA 5M e CNPA 7MH, é uma estratégia tangível para identificar indivíduos com elevada capacidade para produção de fibras e larga adaptação ao ambiente semiárido.

5. REFERÊNCIAS

ABDEL-KADER, M.A.; ESMAIL, A.M.; EL SHOUNY, K.A.; AHMED, M.F. Evaluation of the drought stress effects in cotton genotypes by using physiological and morphological traits. **Internacional Journal of Science and Research**, v. 4, p. 1358-1366, 2015.

ALMEIDA, L. L. S.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P.; BARBOSA, J. L.; ELIAS, J. J. Crescimento do algodoeiro colorido pós-poda em solos com distintas PSTs e doses de esterco. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, p. 6-11, 2015.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p. 1607-1621, 2004.

BRITO, G. G.; SOFIATTI, V.; LIMA, M. M. A.; CARVALHO, L. P.; SILVA FILHO, J. L. Physiological traits for drought phenotyping in cotton. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 117-125, 2011.

CARVALHO, L. P.; ANDRADE, F. P.; SILVA FILHO, J. L. Cultivares de algodão colorido no Brasil. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 15, p. 37-44, 2011.

CARVALHO, L. P.; SALGADO, C. C.; FARIAS, F. J. C.; CARNEIRO, V. Q. Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de algodão de fibra colorida quanto aos caracteres de fibra. **Ciência Rural**, v. 45, p. 598-605, 2015.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2013.

DE TAR, W. R. Yield and growth characteristics for cotton under various irrigation regimes on sandy soil. **Agricultural Water Management**, v. 95, p. 69-76, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa 113 - Algodão 7MH**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. (Folder).

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **CNPA 5M**: cultivar de algodoeiro mocó precoce. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1991. (Folder).

FERREIRA, A. C. B.; BORIN, A. L. D. C.; BRITO, G. G.; SILVA FILHO, J. L.; BOGIANI, J. C. Épocas de semeadura, cultivares e densidades de plantas para algodão adensado em segunda safra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, p. 397-405, 2015.

FREIRE, E. C.; MORELLO, C. L.; FARIAS, F. J. C.; PEDROSA, M. B.; SILVA FILHO, J. L. Melhoramento do algodoeiro: cultivares convencionais e transgênicas para o Cerrado. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 3. ed. Brasília: Gráfica e Editora Positiva, 2015. p. 151-201.

GWIMBI, P.; MUNDOGA, T. Impact of climate change on cotton production under rainfed conditions: case of Gokwe. **Journal of Sustainable Development in Africa**, v. 12, p. 59-69, 2010.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 29 dez. 2016.

LONGENBERGER, P. S.; SMITH, C. W.; DUKE, S. E.; McMICHAEL, B.L. Evaluation of chlorophyll fluorescence as a tool for the identification of drought tolerance in upland cotton.

Euphytica, v. 166, p. 25-33, 2009.

MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of cotton plant development. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 5, p. 313-317, 2001.

PARIDA, A. K.; DAGAONKAR, V. S.; PHALAK, M.S.; AURANGABADKAR, L. P. Differential responses of the enzymes involved in proline biosynthesis and degradation in drought tolerant and sensitive cotton genotypes during drought stress and recovery. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 30, p. 619-627, 2008.

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

RODRIGUES, J. D.; SILVA, C. R. C.; PEREIRA, R. F.; RAMOS, J. P. C.; MELO FILHO, P. A.; CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, R. C. Characterization of water-stress tolerant cotton cultivars based on plant growth and in activity of antioxidant enzymes. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3763-3770, 2016.

ROSOLEM, C. A.; DEUS, A. C. F.; MARTINS, P. O.; LÉLES, E. P. Acúmulo e distribuição de boro em cultivares de algodão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1231-1238, 2012.

SÁ, I. B.; SILVA, P. C. G. **Semiárido brasileiro**: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2010. 402 p.

SOUZA, A. A.; FREIRE, E. C.; BRUNO, R. L. A.; CARVALHO, L. P.; SILVA FILHO, J. L.; PEREIRA, W. E. Estabilidade e adaptabilidade do algodoeiro herbáceo no cerrado do Mato grosso e Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p.1125-1131, 2006.

SOUZA, R. M. Fertilização orgânica em algodoeiro herbáceo, cv. BRS 286. **Revista Espaço Científico Livre**, v. 5, p. 40-54, 2015.

ULLAH, I.; RAHMAN, M.; ASHRAF, M.; ZAFAR, Y. Genotypic variation for drought tolerance in cotton (*Gossypium hirsutum* L.): Leaf gas exchange and productivity. **Flora**, v. 203, p. 105-115, 2008.

USDA - United States Department of Agriculture. **Cotton world markets and trade**. FAS/USDA, 2014.

ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; SOFIATTI, V.; FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P. Efeito da irrigação no rendimento e qualidade de fibras em cultivares do algodoeiro. **Caatinga**, v. 28, p. 43-52, 2015.

CAPÍTULO II

CRESCIMENTO, PRODUÇÃO E QUALIDADE DA FIBRA DE CULTIVARES DE ALGODOEIRO SOB ESTRESSE HÍDRICO

CRESCIMENTO E CARACTERÍSTICAS DA FIBRA EM CULTIVARES DE ALGODÃO SUBMETIDAS A ESTRESSE HÍDRICO SEVERO

RESUMO

Um experimento foi desenvolvido para avaliar em casa de vegetação o crescimento, a produção e a qualidade da fibra em nove cultivares de algodoeiro herbáceo e Mocó, submetidas a 21 dias de supressão hídrica, com o objetivo de identificar as mais tolerantes à deficiência hídrica no solo na fase de reprodução, entre julho de 2015 e janeiro de 2016, em delineamento inteiramente casualizado, com 9 genótipos e 2 tratamentos hídricos (controle e estresse), com quatro repetições. As plantas foram cultivadas em vasos de 45 L, contendo solo arenoso previamente fertilizado. A supressão hídrica foi estabelecida a partir da emissão do primeiro botão floral dos genótipos, aos 45 dias após a emergência das plântulas normais. As cultivares do tipo herbáceo BRS Rubi, BRS 286 e BRS Seridó e os arbustivos CNPA 5M e CNPA 7MH foram os mais tolerantes ao estresse hídrico no período considerado mais comprometido pela grande maioria das plantas cultivadas. Em condições de estresse hídrico, os genótipos que produziram fibras de melhor qualidade foram CNPA 7MH, CNPA 5M, BRS 286 e BRS Seridó, com destaque para o arbustivo CNPA 7MH.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, herbáceo, Mocó, tolerância à seca

GROWTH, YIELD AND FIBER QUALITY IN COTTON CULTIVARS UNDER WATER STRESS

ABSTRACT

In this work, we evaluated growth, production and fiber quality characteristics in nine cultivars of upland and Mocó cotton, submitted to 21 days of water suppression, in order to identify the most tolerant ones to that condition. Experiment was conducted in a greenhouse between July 2015 and January 2016. A completely randomized design was used, with 9 genotypes and 2 water treatments (control and stress), with 4 replicates. Plants were grown in pots of 45 L, containing sandy soil previously fertilized. Water suppression began with the emission of the first floral bud of the genotypes. Data were submitted to analysis of variance by the F test ($p < 0.05$). We found that upland genotypes BRS Rubi, BRS 286 and BRS Seridó and shrub genotypes CNPA 5M and CNPA 7MH were the most tolerant ones to the water stress imposed. Under conditions of water stress, the genotypes that produced fibers with better characteristics were CNPA 7MH, CNPA 5M, BRS 286 and BRS Seridó, with the highlight being the shrub genotype CNPA 7MH.

Keywords: *Gossypium hirsutum*, herbaceous, Mocó, drought tolerance

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é a principal fonte comercial de fibra natural para a indústria têxtil em todo o mundo. Os maiores produtores mundiais são Índia, China, Estados Unidos, Paquistão e Brasil (FAO, 2016). No Brasil, o algodão é cultivado em mais de 950 mil hectares, sendo os estados de Mato Grosso e Bahia os maiores produtores, respondendo por aproximadamente 88% da produção nacional (CONAB, 2016).

No Nordeste brasileiro, o algodão é geralmente cultivado em regiões de clima semiárido, onde os solos são de baixa fertilidade e a precipitação pluvial é irregular e mal distribuída e com elevada taxa de evapotranspiração, levando a problemas de estresse hídrico nos vegetais. Trata-se de uma cultura que se destaca pela larga adaptação a ambientes com indisponibilidade hídrica, devido a ajustes fisiológicos e capacidade de crescimento e plasticidade radicular (Aquino et al., 2012). Apesar disso, a falta de umidade no solo pode causar efeitos deletérios à cultura, afetando negativamente a assimilação de CO₂, com sérias consequências na manutenção das estruturas reprodutivas que irão garantir a produção (Aquino et al., 2012).

Amaral et al. (2006) reportam que sob estresse severo, a planta reduz o crescimento e a atividade fotossintética, o que pode ser resultante do aumento na resistência difusiva estomática, uma vez que os estômatos são a principal via de troca gasosa entre as folhas e o meio externo. As fases em que as plantas, em geral, são mais sensíveis caracterizam-se na floração e formação das maçãs. Nessas condições e fase fenológica, há comprometimento das estruturas reprodutivas com reflexos negativos na produtividade e qualidade da produção (Hussein et al., 2011; Cordão Sobrinho et al., 2015; Zonta et al., 2015; Rodrigues et al., 2016).

Para ambientes com restrição hídrica, a adoção de cultivares tolerantes à seca constitui a estratégia mais viável para a manutenção da lavoura e para minimizar as perdas de safra que frequentemente ocorrem em áreas semiáridas e áridas. Batista et al. (2010) investigaram o

crescimento de plantas de algodão sob estresse hídrico de 23 dias e verificaram que, além de redução na altura, o estresse hídrico promoveu redução nas estruturas reprodutivas (números de botões e de capulhos) e na qualidade das fibras, apesar das plantas terem alongado o sistema radicular, para aliviar o efeito da dissecação. Bezerra et al. (2010) relatam que a deficiência hídrica no período de floração a frutificação, pode reduzir 50% do potencial produtivo do algodoeiro, além de afetar o comprimento e qualidade da fibra.

Considerando-se que a resposta de tolerância à seca no algodoeiro varia em função do genótipo, objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento e as características da fibra de cultivares dos tipos herbáceo (*upland*) e arbóreo (mocó), submetidas a estresse hídrico severo, em condições de casa de vegetação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Procedimentos experimentais

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, em Campina Grande, PB, (7°13'50"S, 35°52'52"O, 551 m), no período de julho/2015 a janeiro/2016. A semeadura foi procedida em potes (45 L), contendo solo de textura franco-arenosa previamente fertilizado com ureia (20 kg ha⁻¹), superfosfato simples (60 kg ha⁻¹) e cloreto de potássio (30 kg ha⁻¹). Em cada pote foram semeadas 3 sementes, deixando-se 2 por pote após 10 dias de emergidas. As plantas foram regadas diariamente mantendo-se a umidade do solo na capacidade de campo. As temperaturas e umidade relativa do ar, registradas diariamente por meio de termohigrômetro digital, variaram entre 24,35-31,05 °C e 49-75%, respectivamente.

Foram avaliados nove genótipos de algodão (Tabela 1) submetidos a dois tratamentos hídricos (controle e estresse hídrico), em esquema fatorial 9 x 2 e delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. No tratamento controle, as plantas foram regadas durante todo o ciclo, sendo os volumes de água aplicados com base no balanço hídrico: volume aplicado menos o volume drenado na irrigação anterior, acrescido de uma fração de lixiviação de 10%, visando reduzir a quantidade de sais acumulada na zona radicular (Almeida et al., 2015). O estresse hídrico constou da suspensão da irrigação por 21 dias, a partir do início da formação dos botões florais, correspondendo à fase R1 (Marur e Ruano, 2001). Após o estresse, as plantas foram reidratadas regularmente até a abertura dos capulhos.

Tabela 1. Características das cultivares de algodão utilizadas neste estudo

Cultivar	Tipo	AA	Características
1- FMT 705	H	Cerrado	FB, PA, ARM
2- FM 966	H	Cerrado	FB, PA, ARM
3- BRS RUBI	H	Semiárido	FM, PA
4- BRS 286	H	Cerrado/Semiárido	FB, TS, ARM
5- FMT 701	H	Cerrado	FB, ARM
6- CNPA ITA 90	H	Cerrado	FB, TS, ARM
7- CNPA 5M	A	Semiárido	FB, RS, PA
8- CNPA 7MH ¹	H	Semiárido	FB, RS, ARM
9- BRS Seridó ¹	H	Semiárido	FB, TS, ARM

¹ Genótipos obtidos por cruzamento entre as subespécies Marie Galante e latifolium. H - herbáceo; A - arbustivo; AA - Adaptação Ambiental; FB - Fibra Branca, FM - Fibra Marrom, PA - Produtividade Alta, ARM - Alto Rendimento de Maçãs Maduras, TS - Tolerante à Seca, RS - Resistente à Seca

2.2. Variáveis analisadas

Uma análise de crescimento foi procedida aos 7, 14 e 21 dias após o início do estresse, e aos 7 dias após a reidratação, registrando-se as seguintes variáveis: altura de plantas (AP), diâmetro da haste (DH) e número de folhas (NF). Foi mensurada ainda a área foliar (AF), aos 21 dias após o início do estresse hídrico, através da seguinte expressão, proposta por Grimes e Carter (1969):

$$Y = 0,4322 X^{2,3002}$$

Em que:

Y = Área foliar unitária (cm²) e

X = Comprimento da nervura principal da folha do algodoeiro (cm).

A área foliar total planta foi dada pelo somatório das áreas de todas as folhas.

Após a colheita, as plantas foram coletadas e submetidas à secagem em estufa de circulação de ar-forçado, a 65 °C, até atingirem massa constante. Em seguida foram pesadas, separadamente, as massas secas de raízes e da parte aérea das plantas, para determinação da relação raiz/parte aérea.

Com relação à produção, foram mensuradas as variáveis: massa de capulhos por planta, massa de algodão em pluma e número de capulhos por planta. As características tecnológicas das fibras foram analisadas pelo aparelho HVI (High Volume Instruments), modelo 1000, Zellweger, do Laboratório de Fibras da Embrapa Algodão. As variáveis foram: comprimento, uniformidade, índice de fibras curtas, resistência, alongamento à ruptura, índice micronaire, maturidade e índice de fiabilidade.

2.3. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F ($p < 0,01$ e $0,05$). Para comparação das médias entre genótipos foi utilizado o Teste de Skott-Knott e entre regimes hídricos o Teste F (Storck et al., 2000). Na realização dos procedimentos estatísticos foi utilizado o programa SISVAR versão 5.3 (Ferreira, 2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nove cultivares de algodão foram submetidas a 21 dias de supressão hídrica, iniciada a partir do início de floração, e avaliadas quanto ao crescimento e características das fibras, em casa de vegetação. Verificou-se efeito significativo para todas as variáveis, pelo teste F, com coeficientes de variação variando entre 1,09% e 16,88%, indicando adequada precisão experimental.

Na Figura 1, encontram-se as médias de altura das a cultivares, registradas semanalmente durante os 21 dias de supressão hídrica e uma semana após reidratação. Pelos resultados [, de maneira geral, o crescimento de todas cultivares foi prejudicado pelo estresse hídrico imposto, contudo, CNPA 5M, BRS eridó e CNPA 7MH foram menos comprometidos com perdas de 21%, 23% e 27%, respectivamente, no final do período do estresse, seguido de restabelecimento normal, a partir da reidratação. As cultivares FMT 701, CNPA ITA 90 e FM 966 foram mais sensíveis, com reduções de 40%, 37% e 34%, respectivamente e lentidão no restabelecimento do crescimento, após a reidratação. Essa lentidão também foi verificada na FMT 705, e condiz com a natureza genética dessas cultivares que foram desenvolvidas para expressar maior potencial produtivo em ambientes com clima de Cerrado, não possuindo fatores herdáveis para tolerar estresse hídrico prolongado, como os que ocorrem no semiárido nordestino (Souza et al., 2006; Rosolem et al., 2012; Rodrigues et al., 2016).

A Figura 2 contém as médias do diâmetro da haste das cultivares, submetidas a estresse hídrico. Tal como visto na Figura 1, percebe-se que BRS Seridó e CNPA 5M revelaram menores perdas no diâmetro da haste das plantas, durante o período do estresse estabelecido, enquanto que nas cultivares do Cerrado, as reduções foram superiores a 25%, sendo maiores para FMT 701 (29%) e FM 966 (28%).

Com relação ao número de folhas (Figura 3), percebe-se que o estresse severo de 21 dias de supressão hídrica afetou drasticamente a emissão total de folhas, que são necessárias

para manter as atividades fisiológicas relacionadas com o desenvolvimento das plantas. A média de redução se situou em 51%, sendo mais expressiva para CNPA 5M (56%), FMT 705 (55%), BRS 286 (54%) e CNPA ITA 90 (53%). Após uma semana de reidratação, todas cultivares adaptadas ao semiárido restabeleceram a habilidade de emitir novas folhas enquanto que as adaptadas ao Cerrado revelaram uma tendência linear, delongando por mais tempo o restabelecimento dessa variável (ver FMT 705, FM 966, FMT 701 e CNPA ITA 90). Esses resultados corroboram com os de Rodrigues et al. (2016), que avaliaram os mesmos genótipos sob estresse hídrico brando, de apenas 7 dias, e constataram que a emissão de folhas foi afetada em todas plantas, porém menos reduzida em CNPA 5M e BRS 286.

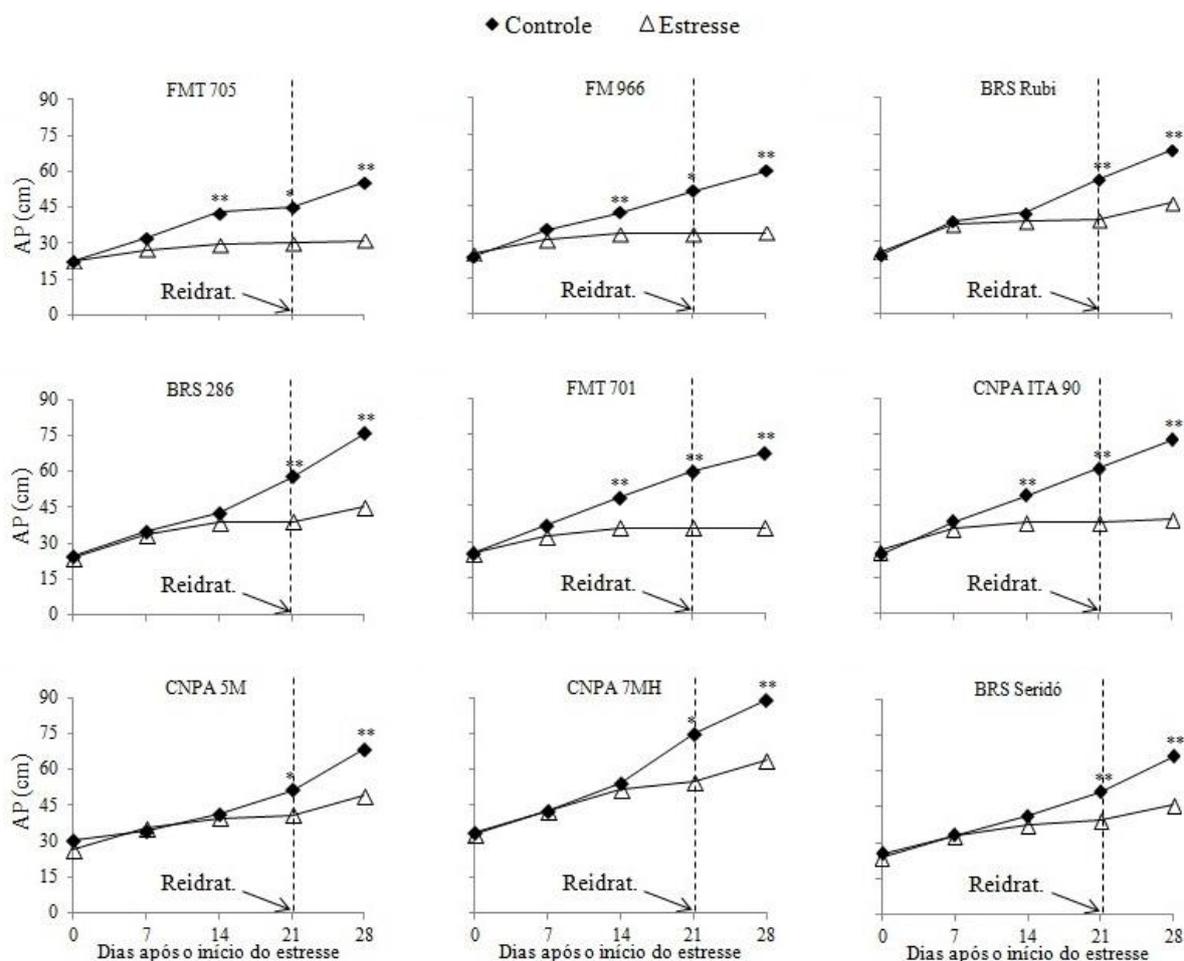


Figura 1. Altura de planta (AP) de cultivares de algodoeiro submetidas a estresse hídrico e após reidratação. **, * - médias dos tratamentos hídricos em cada período de avaliação diferem entre si a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente, pelo Teste F; Reidrat. - reidratação

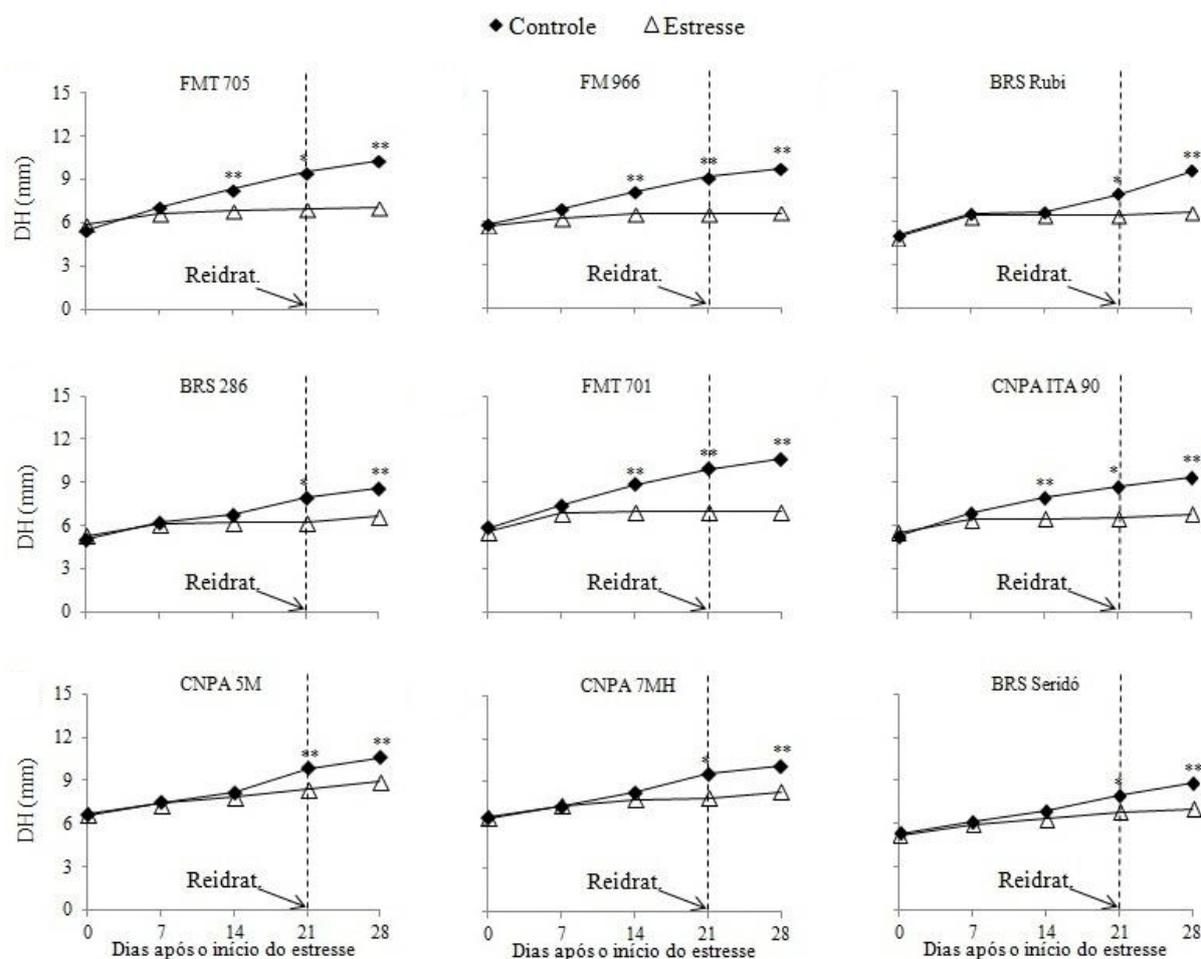


Figura 2. Diâmetro da haste (DH) de cultivares de algodoeiro submetidas a estresse hídrico e após reidratação. **, * - médias dos tratamentos hídricos em cada período de avaliação diferem entre si a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente, pelo Teste F; Reidrat. - reidratação

A redução no número de folhas é uma variável muito contributiva na análise de crescimento porque interfere diretamente na produção final da cultura, uma vez que a abscisão de folhas e a redução da área foliar fazem com que a superfície para absorção de radiação solar seja diminuída, causando prejuízos no processo fotossintético (Arruda et al., 2002). No algodoeiro, a redução do dossel da planta (número e área das folhas) é uma consequência comum em plantas sob estresse hídrico e ocorre devido a um mecanismo fisiológico para diminuir a superfície transpirante e reduzir a perda de água para o ambiente (Arruda et al., 2002; Meloni et al., 2001; Saleh, 2012). Na Figura 4 se encontram as médias da área foliar das plantas submetidas a estresse hídrico. As reduções foram drásticas para FMT

705 (70%), FM 966 (66%) e CNPA ITA 90 (61%) indicando que, em casos de uma possível ocorrência de veranico prolongado por três semanas durante a estação de cultivo, a produção de fibras poderá ser significativamente abalada. Por outro lado, BRS Seridó (37%) e BRS Rubi (39%) tiveram as menores reduções, favorecidas pela base genética que as condicionam a ampla adaptação ao ambiente semiárido (Rodrigues et al., 2016).

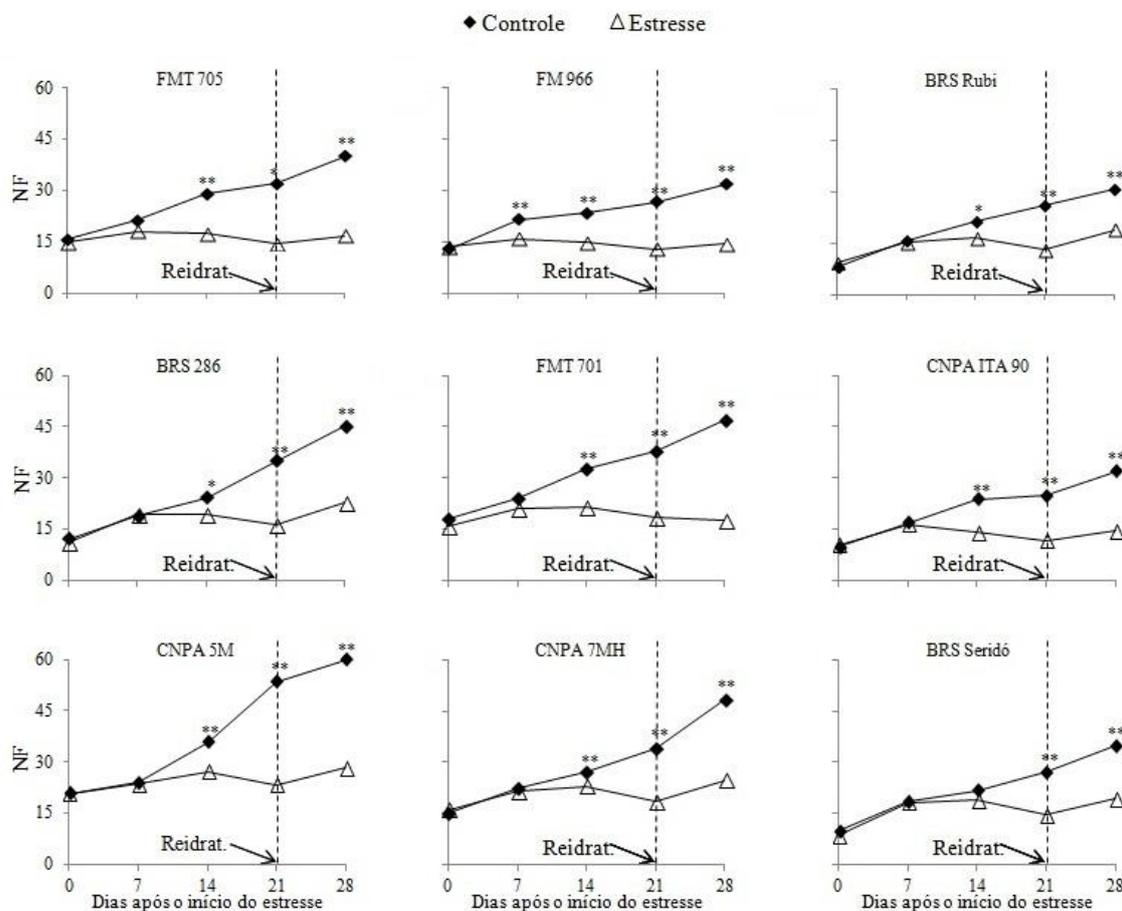


Figura 3. Número de folhas (NF) de cultivares de algodoeiro submetidas a estresse hídrico e após reidratação. **, * - médias dos tratamentos hídricos em cada período de avaliação diferem entre si a $p < 0,01$ e $p < 0,05$, respectivamente, pelo Teste F; Reidrat. - reidratação

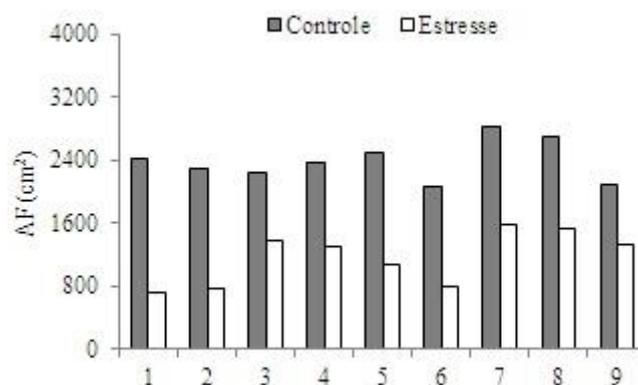


Figura 4. Médias de área foliar de cultivares de algodoeiro dentro de cada tratamento hídrico, aos 21 dias após o início do estresse. 1- FMT 705, 2- FM 966, 3- BRS Rubi, 4- BRS 286, 5- FMT 701, 6- CNPA ITA 90, 7- CNPA 5M, 8- CNPA 7MH, 9- BRS Seridó. Todas as médias diferiram entre tratamentos pelo teste F ($p < 0,05$).

Com fins de estimar um balanço geral do comportamento das cultivares frente ao estresse hídrico imposto, estimou-se a relação raiz/parte aérea das plantas, que indica uma habilidade adicional da planta em aprofundar suas raízes em busca de umidade para garantir sua sobrevivência. Conforme pode ser visualizado na Figura 5, CNPA 5M e CNPA 7MH apresentaram maior *input* dessa variável, com aumento de 44% e 40%, respectivamente. Menores acréscimos foram detectados em FMT 705 e FM 966, ambas com 17%, confirmando a inabilidade desses materiais para adaptação ao semiárido. Esses resultados estão de acordo com os obtidos por Rodrigues et al. (2016), que verificaram maior expansão do sistema radicular nos genótipos CNPA 5M e CNPA 7MH, submetidos a 7 dias de supressão hídrica.

As raízes são os primeiros órgãos a perceberem os sinais celulares do estresse hídrico e o diferencial nas plantas tolerantes é a habilidade morfológica para expandir o sistema radicular em horizontes mais profundos do solo, permitindo às plantas maiores chances de sobrevivência em condições de seca (Pace et al., 1999; Saleh, 2012; Rodrigues et al., 2016). O aprofundamento das raízes em ambientes sujeitos a indisponibilidade hídrica é uma resposta comum em genótipos tolerantes de algodão. Pace et al. (1999) submeteram dois genótipos de algodoeiro a 13 dias de supressão hídrica, iniciada aos 36 dias após a semeadura, e

observaram que todas as plantas submetidas ao estresse reduziram altura, área foliar, massa seca de folhas e aumentaram a relação raiz/parte aérea.

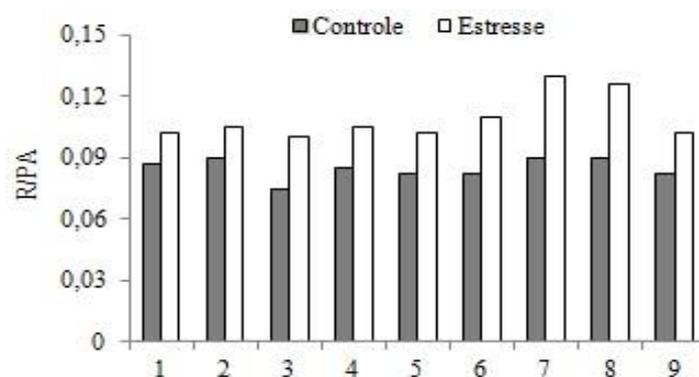


Figura 5. Médias de relação raiz/parte aérea em cultivares de algodoeiro dentro de cada tratamento hídrico, no final do ciclo. 1- FMT 705, 2- FM 966, 3- BRS Rubi, 4- BRS 286, 5- FMT 701, 6- CNPA ITA 90, 7- CNPA 5M, 8- CNPA 7MH, 9- BRS Seridó. Todas as médias diferiram entre tratamentos pelo teste F ($p < 0,05$)

Com relação ao desempenho agrônômico, verificou-se que os 21 dias de supressão hídrica causaram reduções na massa de capulhos por planta, na massa de algodão em pluma e no número de capulhos por planta (Figura 6) em todas as cultivares, sendo maiores na FMT 705, FM 701, CNPA ITA 90 e FM 966, com perdas superiores a 64%, 56%, 53% e 52%, respectivamente, nas três variáveis. As cultivares adaptadas ao semiárido revelaram perdas na faixa de 30%. Isso indica que esses materiais são valiosos recursos genéticos para uso em trabalhos de melhoramento visando aumentar a base genética de cultivares produtivas, agregando características de tolerância à seca. Em um trabalho realizado por Zonta et al. (2015), que submeteram cultivares de algodoeiro a diferentes lâminas de irrigação (130, 100, 70 e 40% da evapotranspiração da cultura), incluindo a BRS 286, os autores verificaram que a produção foi reduzida devido ao estresse hídrico, mas a BRS 286 manteve a produtividade, sendo este material o de maior tolerância ao estresse hídrico, nas condições em que o estudo foi conduzido.

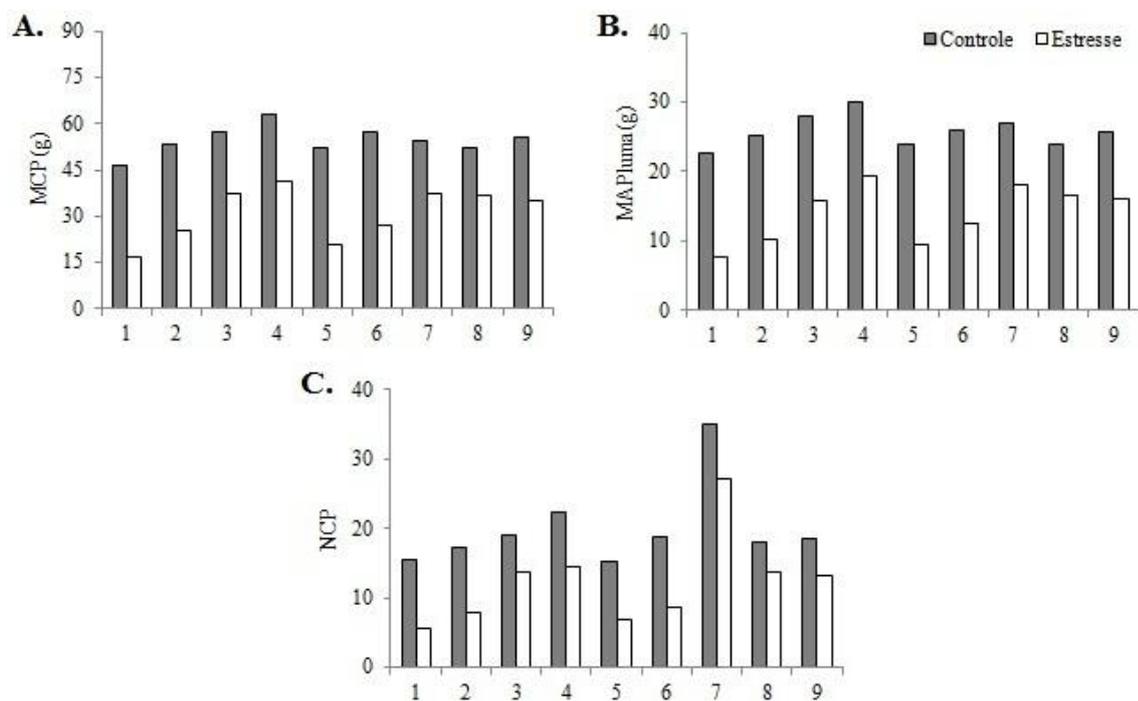


Figura 6. Médias das variáveis agrônômicas nos genótipos de algodão submetidos a 21 dias de supressão hídrica. A- Massa de capulhos por planta (MCP), B- massa de algodão em pluma (MAPluma), C- Número de capulhos por planta (NCP). 1- FMT 705, 2- FM 966, 3- BRS Rubi, 4- BRS 286, 5- FMT 701, 6- CNPA ITA 90, 7- CNPA 5M, 8- CNPA 7MH, 9- BRS Seridó. Todas as médias diferiram entre tratamentos pelo teste F ($p < 0,05$)

Com relação às características da fibra, verificou-se que, de maneira geral, as cultivares desenvolvidas para regiões semiáridas, com exceção de BRS Rubi, apresentaram os melhores valores de características da fibra em condições de estresse hídrico, com maior destaque positivo das arbustivas CNPA 7MH e CNPA 5M, que agruparam o maior número de características dentro dos padrões exigidos pela indústria têxtil (Tabela 2).

O comprimento de fibras é considerado ideal para a indústria têxtil quando se encontra em valores acima de 30 mm (Santana et al., 2008; Carvalho et al., 2015a). No presente estudo, apenas as duas cultivares arbustivas e a cultivar herbácea BRS Seridó tiveram médias dessa variável acima desse valor. As médias para comprimento de fibras registrados quando as

plantas foram submetidas a estresse hídrico foram de 33,41 mm, 33,38 mm e 30,69 mm em CNPA 5M, CNPA 7MH e BRS Seridó, respectivamente (Tabela 2).

O mercado têxtil exige média de uniformidade de fibras acima de 80% (Santana et al., 2008). Neste estudo, todos os genótipos obtiveram médias dessa variável acima desse valor. Porém, apenas CNPA 7 MH e CNPA 5M tiveram aumento significativo dessa variável com o estresse hídrico, enquanto que em FMT 705 houve redução. Os demais genótipos não foram afetados pelos tratamentos hídricos quanto a essa característica. Hussein et al. (2011), avaliando o genótipo Aleppo-33 submetido a níveis de água disponível no solo (100%, 80%, 65% e 50%), verificaram que a altura de planta, a produção de maçãs e de algodão em caroço foram reduzidas com o estresse hídrico, mas a uniformidade das fibras também não foi afetada por nenhum dos tratamentos aplicados.

Para a indústria têxtil, há maior interesse em plumas cujo índice de fibras curtas seja baixo, pois, quanto menor esse índice, melhor é o desempenho das fibras no processo de fabricação do fio (Cordão Sobrinho et al., 2015). Com exceção de BRS Rubi, todos os genótipos avaliados apresentaram baixos índices de fibras curtas - abaixo de 9 (Brasil, 2002). Dentro do regime de estresse hídrico, as cultivares que obtiverem os menores índices de fibras curtas foram CNPA 7MH, CNPA 5M, BRS 286 e BRS Seridó (adaptadas ao semiárido) e FM 966 (desenvolvida para o cerrado), conforme Tabela 2.

Verificou-se que a resistência das fibras em CNPA 7MH e CNPA 5M aumentou com o estresse hídrico, enquanto que as médias dessa variável nas cultivares FMT 705, FMT 701 e CNPA ITA 90 reduziram (Tabela 2), situando-se abaixo de $29,0 \text{ g tex}^{-1}$, que é o valor mínimo requerido pela indústria têxtil para minimizar a quebra dos fios durante o processamento (Carvalho et al., 2015a).

Na Tabela 2, observa-se que o alongamento à ruptura não foi afetado de maneira significativa pelos regimes hídricos em nenhum dos genótipos avaliados, e que houve diferença significativa apenas entre os genótipos. Em estudo sobre os parâmetros genéticos de

6 cultivares de algodoeiro, baseando-se em características da fibra, Baxevanos et al. (2013) verificaram que o alongamento à ruptura é fortemente controlado pelo fator genético, com poucas influências do ambiente, o que pode explicar a não diferenciação entre os tratamentos controle e estresse, para essa variável, no presente estudo. O alongamento é uma característica relacionada à resistência da fibra e valores muito baixos podem indicar fragilidade das fibras (Kasama et al., 2016). Todos os valores de alongamento observados (Tabela 2) foram inferiores ao valor considerado ideal para a indústria têxtil, que é de 7% (Santana et al., 2008).

O índice micronaire é um indicativo da relação finura/maturidade da fibra e valores entre 3,6 e 4,2 são desejáveis para a indústria têxtil (Santana et al., 2008; Kasama et al., 2016). Na Tabela 2, verifica-se que, dentro do regime de estresse hídrico, todas as cultivares adaptadas para o semiárido (BRS Rubi, BRS 286, CNPA 5M, CNPA 7MH e BRS Seridó) apresentaram valores dentro de intervalo exigido pela indústria têxtil, enquanto que, entre os materiais adaptados para os Cerrados, apenas FMT 701 apresentou valores ideais de índice micronaire (3,99). Os valores de maturidade das fibras em todos os genótipos foram superiores a 0,80, que é o valor mínimo exigido pela indústria têxtil (Carvalho et al., 2015a). Conforme Kijun et al. (2014), fibras com valores de maturidade abaixo de 0,80 podem ser rejeitadas no mercado, pois a baixa maturidade pode causar defeitos nos tecidos e prejudicar a absorção e a retenção de corantes. Com relação ao índice de fiabilidade, verificou-se que nenhum dos genótipos avaliados obteve média dentro dos padrões exigidos pela indústria têxtil, que é entre 2000 e 2500 (Santana et al., 2008).

Verificou-se que BRS Rubi teve baixos valores de comprimento, uniformidade, índice de fibras curtas, resistência, índice micronaire e índice de fiabilidade (Tabela 2). De acordo com Carvalho et al. (2015b), este é um fato comum, pois a seleção de materiais com fibras de cores mais escuras piora as características da fibra.

Tabela 2. Comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento à ruptura (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT) e índice de fiabilidade (CSP) de fibras de cultivares de algodoeiro submetido a estresse hídrico

Genótipo	UHM (mm)		UNF (%)		SFI		STR (g tex ⁻¹)	
	C	E	C	E	C	E	C	E
1 - FMT 705	27,83 cA	26,70 cA	85,63 aA	83,34 dB	6,66 bA	7,45 bA	32,89 aA	28,83 cB
2 - FM 966	28,97 cA	29,86 bA	86,24 aA	86,51 aA	6,60 bA	6,43 cA	33,97 aA	33,64 aA
3 - BRS Rubi	19,16 dB	23,23 dA	80,20 cA	81,15 dA	14,76 aA	9,42 aB	26,32 cA	26,26 cA
4 - BRS 286	28,96 cA	29,96 bA	84,26 bA	85,42 bA	6,82 bA	6,75 cA	30,91 bA	31,14 bA
5 - FMT 701	28,01 cA	29,04 bA	85,03 bA	84,43 cA	7,28 bA	7,18 bA	33,21 aA	28,03 bB
6 - CNPA ITA 90	29,40 bA	29,07 bA	84,90 bA	84,39 dA	7,29 bA	7,78 bA	32,18 aA	27,95 cB
7 - CNPA 5M	32,21 aA	33,41 aA	83,69 bB	85,12 bA	6,81 bA	6,28 cA	30,57 bB	32,92 aA
8 - CNPA 7MH	32,16 aA	33,38 aA	84,09 bB	86,44 aA	6,17 bA	6,15 cA	32,87 aB	34,83 aA
9 - BRS Seridó	30,13 bA	30,69 bA	86,20 aA	85,94 cA	6,31 bA	6,76 cA	32,43 aA	32,20 bA

Genótipo	ELG (%)		MIC		MAT		CSP	
	C	E	C	E	C	E	C	E
1 - FMT 705	5,48 aA	5,08 aA	4,29 bB	5,21 aA	0,87 bB	0,89 aA	2996,53 aA	2350,02 dA
2 - FM 966	4,73 bA	4,17 bA	3,84 bB	4,52 bA	0,86 bB	0,88 aA	3262,30 aA	3191,14 bA
3 - BRS Rubi	6,11 aA	5,71 aA	5,75 aA	4,19 bB	0,88 aA	0,86 bB	1240,71 bB	1880,91 eA
4 - BRS 286	6,06 aA	5,60 aA	4,04 bA	3,69 cA	0,85 cA	8,85 cA	2840,98 aA	3101,44 cA
5 - FMT 701	5,38 aA	4,73 bA	3,06 cB	3,99 cA	0,84 cB	0,86 bA	3060,10 aA	3005,57 cA
6 - CNPA ITA 90	6,04 aA	5,88 aA	3,46 cA	3,07 dA	0,84 cA	0,84 cA	3182,62 aA	2749,36 cB
7 - CNPA 5M	4,97 bA	5,12 aA	3,49 cA	3,69 cA	0,85 cA	0,85 cA	3106,68 aA	3247,02 bA
8 - CNPA 7MH	4,39 bA	4,79 bA	3,12 cB	3,77 cA	0,84 cA	0,86 bA	3339,67 aA	3589,48 aA
9 - BRS Seridó	5,57 aA	5,32 aA	3,85 bB	4,17 bA	0,85 cB	0,88 aA	3233,65 aA	2958,60 cA

C - controle; E - estresse; médias seguidas pela mesma letra maiúscula entre tratamentos (sentido horizontal) não diferem entre si, pelo Teste F; médias seguidas pela mesma letra minúscula entre genótipos (sentido vertical) não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott

4. CONCLUSÃO

1. Entre os genótipos estudados, BRS Rubi, BRS 286, BRS Seridó, CNPA 5M e CNPA 7MH são os mais tolerantes ao estresse hídrico imposto, caracterizando-se como genitores para trabalhos de melhoramento com vistas à deficiência de água no solo.

2. Os genótipos que produzem fibras com melhores características são CNPA 7MH, CNPA 5M, BRS 286 e BRS Seridó, com destaque positivo para CNPA 7MH e CNPA 5M.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. L. S.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. P.; BARBOSA, J. L.; ELIAS, J. J. Crescimento do algodoeiro colorido pós-poda em solos com distintas PSTs e doses de esterco. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, p. 6-11, 2015.

AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 377-384, 2006.

AQUINO, L. A.; AQUINO, R. F. B. A.; SILVA, T. C.; SANTOS, D. F.; BERGER, P. G. Aplicação do fósforo e da irrigação na absorção e exportação de nutrientes pelo algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 355-361, 2012.

ARRUDA, F. P.; ANDRADE, A. P.; SILVA, I. F.; PEREIRA, I. E.; GUIMARÃES, M. A. M. Emissão/abscisão de estruturas reprodutivas do algodoeiro herbáceo, cv. CNPA 7H: efeito do estresse hídrico esse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, p. 21-27, 2002.

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, p. 197-206, 2010.

BAXEVANOS, D.; TSIALTAS, I. T.; GOULAS, C. Repeatability and stability analysis for fiber traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **African Journal of Crop Science**, v. 7, p. 1423-1429, 2013.

BEZERRA, J. R. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; DIAS, J. M. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marron, irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 625-632, 2010.

BRASIL. Instrução Normativa nº 63, de 5 de dezembro de 2002. Aprova o Regulamento técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Algodão em Pluma. DOU, 6/12/2012, Seção 1, p. 6-8, 2002.

CARVALHO, L. P.; FARIAS, F. J. C.; MORELLO, C. L.; RODRIGUES, J. I. S.; TEODORO, P. E. Agronomic and technical fibers traits in elite genotypes of cotton herbaceous. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, p. 4882-4887, 2015a.

CARVALHO, L. P.; SALGADO, C. C.; FARIAS, F. J. C.; CARNEIRO, V. Q. Estabilidade e adaptabilidade de genótipos de algodão de fibra colorida quanto aos caracteres de fibra. **Ciência Rural**, v. 45, p. 598-605, 2015b.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 3 - Safra 2015/16, n. 12, 2016.

CORDÃO SOBRINHO, F. P.; GUERRA, H. O. C.; ARAÚJO, W. P.; PEREIRA, J. R.; ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C. Fiber quality of upland cotton under different irrigation depths. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 1057-1063, 2015.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **OECD-FAO Agricultural Outlook**. OECD Agriculture statistics (database), 2016.

FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFV, 2000.

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

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 Agriculture & Forestry**, v. 35, p. 611-621, 2011.

KASAMA, E. H.; FERREIRA, F. M.; SILVA, A. R. B.; FIORESE, D. A. Influência do sistema de colheita nas características da fibra do algodão. **Ceres**, v. 63, p. 631-638, 2016.

KIJUN, A.; EL-DESSOUKY, H. M.; BENIANS, T. A.; GOUBET, F.; MEULEWAETER, F.; KNOX, J. P.; BLACKBURN, R. S. Analysis of the physical properties of developing cotton fibers. **European Polymer Journal**, v. 51, p. 57-68, 2014.

MARUR, C. J.; RUANO, O. A reference system for determination of cotton plant development. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 5, p. 313-317, 2001.

MELONI, D. A.; OLIVA, M. A.; RUIZ, H. A.; MARTINEZ, C. A. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. **Journal of Plant Nutrition**, v. 24, p. 599-612, 2001.

PACE, P. F.; CRALLE, H. T.; EL-HALAWANY, S. H. M.; COTHREM, J. T.; SENSEMAN, S. A. Drought-induced changes in shoot and root growth of young cotton plants. **Journal of Cotton Science**, v. 3, p. 183-187, 1999.

RODRIGUES, J. D.; SILVA, C. R. C.; PEREIRA, R. F.; RAMOS, J. P. C.; MELO FILHO, P. A.; CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, R. C. Characterization of water-stress tolerant cotton cultivars based on plant growth and in activity of antioxidant enzymes. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3763-3770, 2016.

ROSOLEM, C. A.; DEUS, A. C. F.; MARTINS, P. O.; LÉLES, E. P. Acúmulo e distribuição de boro em cultivares de algodão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1231-1238, 2012.

SALEH, B. Salt stress alters physiological indicators in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Soil & environment**, v. 31, p. 113-118, 2012.

SANTANA, J. C. F.; WANDERLEY, M. J. R.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; LEÃO, A. B.; VIEIRA, D. J. Características da fibra e do fio do algodão: análise e interpretação dos resultados. In: BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica 2, 2008. p. 1099-1120.

SOUZA, A. A.; FREIRE, E. C.; BRUNO, R. L. A.; CARVALHO, L. P.; SILVA FILHO, J. L.; PEREIRA, W. E. Estabilidade e adaptabilidade do algodoeiro herbáceo no cerrado do Mato grosso e Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1125-1131, 2006.

STORCK, L.; GARCIA, D. C.; LOPES, S. J.; ESTEFANEL, V. **Experimentação agrícola**.
Santa Maria: Editora da UFSM, 2000.

ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; SOFIATTI, V.; FARIAS, F. J. C.; CARVALHO, L. P.
Efeito da irrigação no rendimento e qualidade de fibras em cultivares de algodoeiro herbáceo.
Caatinga, v. 28, p. 43-52, 2015.

CONCLUSÃO GERAL

Com base no estudo de características morfofisiológicas, de produção e da qualidade da fibra de nove cultivares comerciais de algodoeiro submetidas a estresse hídrico, recomendam-se os genótipos BRS Rubi, BRS 286, BRS Seridó, CNPA 5M e CNPA 7MH para cultivo em ambientes com disponibilidade hídrica reduzida e para serem genitores em trabalhos de melhoramento visando à obtenção de materiais que agreguem características de tolerância à seca juntamente com boa produtividade.