



Cultivares de algodoeiro herbáceo sob déficit hídrico aplicado em fases fenológicas

Upland cotton cultivars under water deficit applied in phenological phases

Mailson Araújo Cordão^{1*}, Whéllyson Pereira Araújo², José Rodrigues Pereira³, João Henrique Zonta⁴, Robson Felipe de Lima⁵, Fagner Nogueira Ferreira⁶

Resumo: Para o uso do recurso água na agricultura procura-se uma maior eficiência devido á escassez em determinadas regiões. Objetivou-se avaliar o efeito do déficit hídrico, aplicado em diferentes fases fenológicas, sobre o crescimento, fisiologia e produção das cultivares BRS 286 e BRS 336 de algodoeiro herbáceo. O delineamento experimental foi blocos casualizados em parcelas subdivididas, com os seis regimes de déficits hídricos, aplicados em diferentes fases fenológicas do algodoeiro, formando as parcelas e, as duas cultivares de algodoeiro herbáceo, as subparcelas, em 4 repetições. Foram avaliadas as variáveis de crescimento, fisiológicas e produtividade de algodão em caroço do algodoeiro herbáceo. O déficit hídrico restringiu o crescimento de ambas as cultivares de algodoeiro herbáceo, com as fases mais sensíveis sendo as de crescimento inicial, de botão floral e de flor. O déficit de 14 dias, aplicados nas diferentes fases fenológicas, não influenciou a fotossíntese das plantas de ambas as cultivares, mas alterou a condutâncias estomática e a transpiração das mesmas. As fases fenológicas de flor e de maçã foram as mais sensíveis ao déficit hídrico por apresentarem menor produção. Os tratamentos sem déficit em todo o ciclo e com déficit nas fases de crescimento inicial e de capulho, de ambas as cultivares de algodoeiro herbáceo, permitiram produtividade satisfatória em relação à média nacional.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* H.; Estresse; Semiárido brasileiro

Abstract: For the use of the water resource in agriculture, greater efficiency is sought because of scarcity in certain regions. The objective of this study was to evaluate the effect of water deficit, applied in different phenological phases, on the growth, physiology and production of upland cotton BRS 286 and BRS 336 cultivars. The experimental design was a randomized complete block in a Split Plot scheme, with the six water deficit regimes, applied on the different cotton phenological phases, constituting the Plots, and the two upland cotton cultivars, the Subplots, in four repetitions. Upland cotton growth, physiology and yield variables were evaluated. The water deficit restricted the upland cotton growth of both cultivars, with the most sensitive phases being those of initial growth, flower bud and flower. The 14 - day deficit, applied in the different phenological phases, did not influence the photosynthesis of the plants of both cultivars, but it altered its stomatal conductance and transpiration. Phenological phases of flower and fruit were the most sensitive to water deficit due to lower production. The treatments with no deficits in the whole cycle and with deficits in the initial growth and open fruit stages of both upland cotton cultivars allowed a satisfactory productivity compared to the national average.

Key-words: *Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* H.; Stress; Brazilian semi-arid

* Autor para correspondência

Recebido para publicação em 24/02/2018; aprovado em 24/06/2018

¹Mestrando Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba; Fone: (83) 99630-0104, mailson.cordao@gmail.com.

²Doutor Engenharia Agrícola, Instituto Federal do Piauí, Campus Oeiras, wpacordao@hotmail.com

³Doutor Engenharia Agrícola, Embrapa Algodão, jose.r.pereira@embrapa.br

⁴Doutor Recursos Hídricos, Embrapa Algodão, joao-henrique.zonta@embrapa.br

⁵Mestrando Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, robson_felipe88@hotmail.com

⁶Mestrando Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, fagnernf@gmail.com



INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é uma espécie que apresenta grande importância econômica em todo mundo, devido ao seu uso para diversas finalidades, sendo uma das culturas têxteis mais importantes (VASCONCELOS et al., 2018). Na safra de 2016, o Brasil produziu cerca de 3.464,103 toneladas de algodão herbáceo em caroço, em 1.002,302 hectares de área plantada. A região Nordeste foi responsável por 30,65% da área plantada, produzindo 954,098 toneladas (IBGE, 2016), gerando emprego, renda e matéria prima para vários setores da indústria têxtil.

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* H.) é uma planta que exige dias longos com muitas horas de brilho solar devido apresentar metabolismo do tipo C3, considerado pouco eficiente, além de apresentar senescência foliar quando no período de maturação dos capulhos (BELTRÃO et al., 2008). Neste sentido, o seu cultivo no semiárido Nordeste encontra fator favorável já que, segundo Silva et al. (2010), a duração do comprimento do dia solar médio é de aproximadamente 12 horas na região.

No Nordeste brasileiro encontra-se regiões com clima semiárido, tendo precipitação média irregular e abaixo de 800 mm por ano (MARENGO, 2008) e altas taxas de evapotranspiração, cerca de 2000 mm por ano, tornando necessário o uso da irrigação para garantia do sucesso de culturas como o algodoeiro.

Ademais, em função das limitações hídricas no semiárido, o uso eficiente da irrigação deve ser fundamental para cultivo de espécies, em especial o algodoeiro, uma vez que Zonta et al. (2015) e Rao et al. (2016) destacam a necessidade de uso de estratégias para a otimização no uso da água, como o uso de variedades adaptadas mais produtivas e de sistemas de cultivo mais eficientes.

Estudos com diferentes cultivares de algodoeiro e do uso da rega com déficit hídrico controlado para reduzir o gasto de água na irrigação, elevando a eficiência de uso da água de modo a garantir o retorno da produção na região semiárida, é importante, visto ser possível encontrar cultivares que apresentem respostas diferentes quando submetidas ao déficit hídrico (ZONTA et al., 2015). Sabe-se que, cada cultivar de algodoeiro podem diferir na morfologia da folha, na altura e na área foliar, apresentando maior ou menor habilidade de osmorregulação sob condições circunstanciais de intenso

estresse hídrico no solo (NUNES FILHO et al., 1998). A utilização de cultivares que se adaptem às diferentes condições edafoclimáticas é um fator essencial para se obter incremento na produtividade de qualquer cultura (ARAÚJO et al., 2013).

Poucas cultivares têm sido identificadas como tolerantes à seca, assim como há limitação no conhecimento de fases de desenvolvimento da cultura que sejam críticas à falta de água para tais cultivares (CARVALHO et al., 2013), em especial relativo às características fisiológicas, de crescimento e produção do algodoeiro. As cultivares comerciais no Brasil têm adaptação limitadas a escassez de água, considerando os problemas ambientais atuais de limitação hídrica. A identificação de cultivares com capacidade para se adaptar a ambiente com restrição de água é uma valiosa estratégia (VASCONCELOS et al., 2018).

Carvalho et al. (2013) e Sousa (2015) comentam que o algodoeiro apresenta diferentes necessidades hídricas em relação aos estádios fenológicos, observando-se necessidade reduzida nos estádios iniciais e finais e máxima demanda no período da floração.

Neste sentido a identificação do comportamento das cultivares sob déficit hídrico em cada fase fenológica é uma estratégia para selecionar cultivares com rendimento satisfatório e adaptado às condições edafoclimáticas locais. Assim, objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito do déficit hídrico, aplicado em diferentes fases fenológicas, sobre o crescimento, fisiologia e produção das cultivares BRS 286 e BRS 336 de algodoeiro herbáceo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido, entre os meses de junho e dezembro de 2015, na área experimental localizada no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar (CCTA), pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Pombal, Paraíba. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo BSh, ou seja, semiárido quente e seco. Em junho de 2015, antes do preparo do solo, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-40 cm. A caracterização físico-hídrica e química do solo da área experimental, realizada pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade da Universidade Federal de Campina Grande – LIS/UFCG, Campina Grande, PB, encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos físico-hídricos e químicos do solo da área experimental, com amostras coletadas na profundidade de 0 – 40 cm.

C.E. dS m ⁻¹	pH H ₂ O	P mg dm ⁻³	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	Al ⁺³	H ⁺ Al ⁺³	
0,30	5,96	58	1,59	4,90	7,40	0,85	0,00	1,73	
SB	CTC	V	PST	N	Areia	Silte	Argila	Classe	
cmol _c dm ⁻³			%		g kg ⁻¹				
14,74	14,74	89,48	5,77	1,12	80	14,06	5,49	Areia franca	
							Tensão (atm)	Agua Disponível	Densidade g.cm ⁻³
		0,1	0,33	1,0	5,0	10	15	(% peso)	Solo Partícula
Umidade (%)	20,33	17,11	7,91	3,97	3,57	3,43	16,9	1,48	2,64

Fonte: Laboratório de Irrigação e Salinidade, UFCG, Campina Grande, 2015

Foram realizadas três adubações durante o experimento: a primeira em fundação, constituída por 250 kg ha⁻¹ de MAP (11% N e 52% de P2O5); a segunda, por ocasião do

surgimento dos botões florais (30 a 40 dias após germinação-DAG), aplicando-se 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia (45% N) e; a terceira, no florescimento (60 a 70 DAG),

aplicando-se 200 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de sulfato de amônio [(NH₄)₂SO₄] e 80 kg ha⁻¹ de potássio na forma de cloreto de potássio (K₂O) (CARVALHO et al., 2007).

O delineamento experimental foi blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com os seis regimes de déficit hídrico, aplicados nas diferentes fases fenológicas do algodoeiro (D1 = sem déficit em todo o ciclo, D2 = déficit na fase de crescimento inicial, D3 = na fase de aparecimento do primeiro botão floral, D4 = na fase de aparecimento da primeira flor, D5 = na fase de aparecimento da primeira maçã e D6 = na fase de aparecimento do primeiro capulho), constituindo as parcelas e, as duas cultivares de algodoeiro herbáceo (C1 = BRS 286 e C2 = BRS 336), mais plantadas no momento de início da pesquisa, lançadas pela Embrapa Algodão, as subparcelas, em 4 repetições.

Com base nos resultados das análises dos atributos físicos-hídricos e químicos não há limitação para o cultivo do algodoeiro herbáceo.

O déficit hídrico aplicado em determinada fase fenológica correspondeu à suspensão da irrigação por um período de 14 dias nessas fases, conforme o tratamento, realizando-se irrigações nas demais fases fenológicas da cultura com a lâmina equivalente ao tratamento sem déficit. Na tabela 2 se encontram os tratamentos de déficit hídrico aplicados conforme as fases fenológicas do algodoeiro, especificando, por tratamento, o período e a idade das plantas (Época do déficit), quando os déficits foram aplicados ou não, e respectivas lâminas aplicadas.

Tabela 2. Épocas, idades das plantas e consumo de água nos períodos de ocorrência dos tratamentos de déficit.

Déficit	Datas	Época do déficit		Lâmina aplicada (mm)
-	-	Idades das plantas		-
Irigado	Sem	-	-	732,41
Cresc. Inicial	22/07 a 05/08	29 DAG	43 DAG	686,65
Botão Floral	03/08 a 17/08	40 DAG	54 DAG	608,39
Flor	18/08 a 31/08	54 DAG	68 DAG	603,53
Maça	26/08 a 08/09	62 DAG	7 DAG	610,85
Capulho	03/10 a 16/10	100 DAG	114 DAG	649,67

Cresc. = Crescimento; DAG = Dias após germinação

As sementes das cultivares de algodoeiro herbáceo foram disponibilizadas pela Embrapa Algodão, sendo plantadas em fileiras simples, no espaçamento de 1,0 m entre linhas e 0,10 m entre plantas. Cada parcela foi constituída de uma linha de 6,0 m de comprimento por 1,0 m de largura, totalizando uma área útil de 6,0 m². Cada bloco mediu 144,0 m² de área e, o experimento, 24,0 m x 27,0 m (648,0 m²).

A umidade do solo foi monitorada utilizando-se sonda modelo Delta-T, que determina o teor de umidade no solo pelo método da reflectometria no domínio da frequência, efetuando-se leituras diárias nas profundidades de 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,60 e 1,00 m em tubos de acesso instalados em cada tratamento estudado. Os valores do conteúdo volumétrico de água no solo foram utilizados nos cálculos de reposição de água com base em 100% da água disponível do solo, além do monitoramento da condição de umidade do solo nos tratamentos sem e com déficit hídrico.

O sistema de irrigação utilizado foi o gotejamento. O coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi de 91%. As irrigações foram efetuadas com turno de rega fixo de dois dias, sempre pela manhã, baseadas na disponibilidade de água no solo para as plantas. A quantidade de água de reposição (mm) e o tempo de irrigação foram calculados, por evento de irrigação, em função da média dos valores de umidade medidos no tratamento sem déficit (D1 - 100% de água disponível - 100% AD) e nas camadas de 0,1 a 0,40 m do perfil do solo que, segundo Amaral e Silva (2008), corresponde a área do solo onde estão 80% das raízes efetivas do algodoeiro, utilizando uma planilha eletrônica em Excel.

As variáveis de crescimento [altura de planta (AP - cm), diâmetro caulinar (DC - mm) e área foliar (AF - cm²planta⁻¹)] foram avaliadas em quatro plantas por parcela por ocasião do final do déficit aplicado na fase de capulho (D6). A AP foi determinada medindo-se, com uma fita métrica, a distância compreendida entre a base da planta até seu ponteiro principal; o DC foi mensurado, a um cm da superfície do

solo, com um paquímetro digital e; a AF, com uma régua milimetrada, mediu-se, em 6 folhas por planta, sendo 2 no terço superior, 2 do terço médio e 2 do terço inferior, o comprimento longitudinal médio da nervura principal (X), mas contou-se o número total de folhas por planta, aplicando-se os dados coletados na fórmula descrita por Grimes e Carter (1969) para obter a área foliar média por folha (cm²), que multiplicada pelo número total de folhas por planta, resultou a área foliar total por planta.

As variáveis fisiológicas também foram avaliadas por ocasião do déficit final aplicado na fase de capulho (D6). Para tanto, realizou-se medições pontuais no período de 7 a 10 horas da manhã, em duas plantas por parcela, estas com folhas totalmente expandidas e completamente formadas, utilizando analisador de gás por infravermelho (IRGA) modelo - LCPro + (Analytical Development, Kings Lynn, UK), mensurando-se a fotossíntese (A) (μmol de CO₂ m⁻² s⁻¹), a concentração interna de CO₂ (Ci) (mmol de CO₂ m⁻²), a Transpiração (E) (mmol de H₂O m⁻² s⁻¹), a condutância estomática (gs) (mol de H₂O m⁻² s⁻¹), a eficiência instantânea no uso da água (EUA) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mol H₂O m⁻² s⁻¹)⁻¹] e a eficiência intrínseca da carboxilação (EICi) [(μmol m⁻² s⁻¹) (mmol de CO₂ m⁻²)⁻¹]. A EUA foi calculada pela razão entre a fotossíntese e a transpiração (A/E) e a EICi pela razão entre a fotossíntese e a concentração interna de CO₂ (A/Ci) (KONRAD et al., 2005; WANDERLEY, 2013).

A produtividade do algodão em caroço foi obtida da produção total de algodão colhida e pesada na área útil da parcela, extrapolando-se por hectare (kg ha⁻¹).

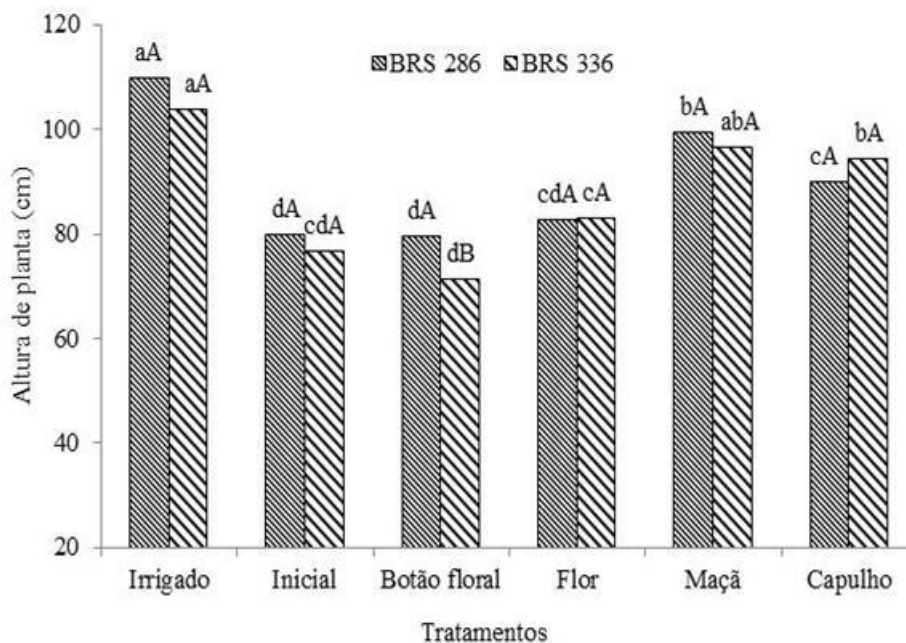
Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (Teste F) e, as médias dos tratamentos, comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se interação (D x C), nas variáveis AP, DC e AF, indicando dependência entre os fatores estudados na influência dos mesmos sobre estas variáveis. Deste modo,

estudando a AP das cultivares dentro de cada déficit hídrico, somente na fase de botão floral (D3 - 79,37 e 71,31 cm) houve diferenciação entre as cultivares (Figura 1).

Figura 1. Altura de planta de cultivares de algodoeiro herbáceo submetidas a déficits hídricos aplicados nas fases fenológicas. (letras maiúsculas - cultivares dentro de cada déficit hídrico; letras minúsculas - déficits dentro de cada cultivar)



Isto deriva provavelmente do fato que o ciclo da BRS 336 (170 a 180 DAG) é maior que o da BRS 286 (140 a 160 DAG) (EMBRAPA, 2011), afetando sua AP devido a redução do ciclo sob essas condições de déficit. Segundo Vasconcelos et al. (2018), a resposta das cultivares difere sob condições ambientais, a fim de assegurar o rendimento. Também, de acordo com Chaves et al. (2002), as estratégias das plantas para lidar com a seca normalmente envolvem mecanismos de prevenção e sua tolerância varia com o genótipo. Segundo Echer (2014), o déficit hídrico influencia no pré-florescimento, no tamanho do dossel, na produção das posições frutíferas e também no crescimento após o florescimento.

Para os déficits dentro das cultivares, verificou-se que, na cultivar BRS 286, os déficits foram restritivos a AP em todas as fases fenológicas, quando comparados ao tratamento irrigado, ocorrendo o mesmo na BRS 336, exceto na fase de maçã (Figura 1). No geral, em ambas as cultivares, as plantas de algodão apresentaram as menores médias de altura quando o déficit foi aplicado nas fases de crescimento inicial, de botão floral e de flor, sendo que, a partir da fase de maçã, foram menos afetadas por este fator, provavelmente devido estarem próximas a atingir o crescimento máximo varietal (110 a 125 cm, respectivamente (EMBRAPA, 2011)).

Vasconcelos et al. (2018), por sua vez, encontraram efeito relativo da altura com o rendimento e demonstraram que a suspensão de água influenciou o crescimento e produção de plantas de algodoeiro em diferentes níveis. Sousa et al. (2008) afirmam que, nas fases de formação de órgãos produtivos

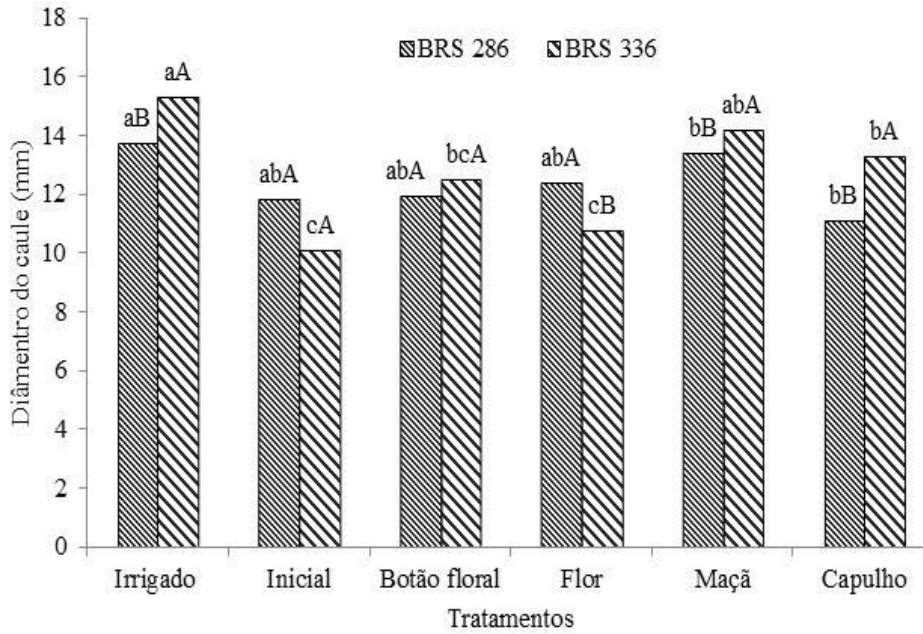
(botão floral, flor, maçã), grande parte dos assimilados usados no crescimento vegetativo são transportados para uso no desenvolvimento reprodutivo.

Analisando o diâmetro do caule das cultivares BRS 286 e BRS 336 dentro de cada déficit hídrico, observa-se que houve diferença entre as mesmas nos tratamentos irrigados (13,73 mm x 15,27 mm) e com déficit na fase de flor (12,37 mm x 10,72 mm) e de capulho (11,06 mm x 13,25 mm), respectivamente.

Observando o DC nos déficits hídricos dentro de cada cultivar, verificou-se, na cultivar BRS 286, que apenas o déficit aplicado na fase de capulho (D6) se diferenciou do tratamento irrigado e, na cultivar BRS 336, apenas o déficit aplicado na fase de maçã não se diferenciou do tratamento irrigado. As fases que apresentaram as menores médias de diâmetro de caule foram crescimento inicial, botão floral e flor (Figura 2). Sousa (2015) afirma que, na fase de capulho, o crescimento vegetativo é inibido devido ao grande número de maçãs em desenvolvimento, diminuindo a atividade do sistema radicular.

Baldo et al. (2009) afirmam que a altura e o diâmetro do caule das plantas de algodão foram menores no tratamento de deficiência de água, mostrando que, nestes casos, o crescimento secundário do caule diminui, mas Santos e Carlesso (1998), complementam que, após a interrupção do déficit hídrico, estas características tendem a voltar ao normal, porém não em sua plenitude, pois a velocidade de recuperação é reduzida.

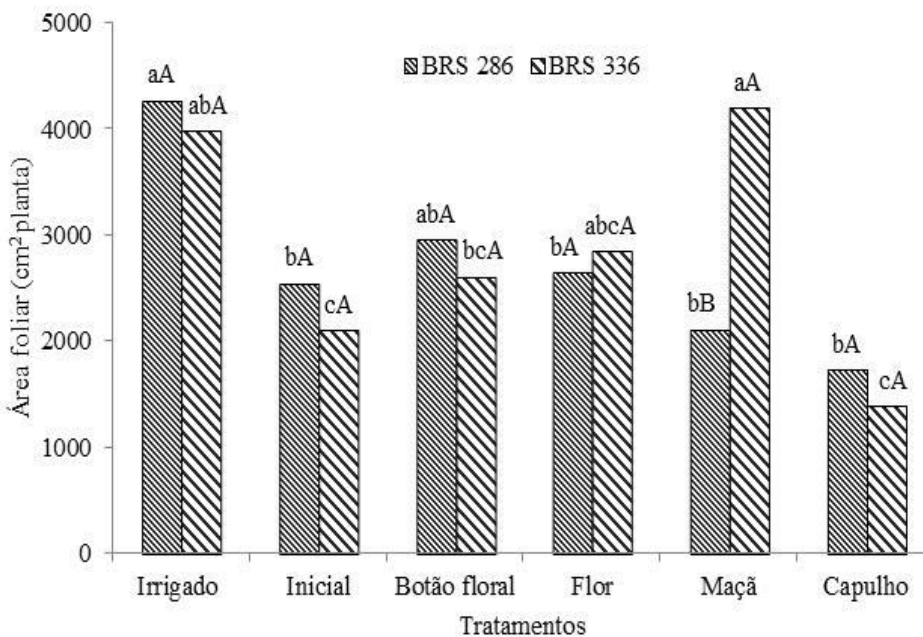
Figura 2. Diâmetro caulinar de cultivares de algodoeiro herbáceo submetidas a déficits hídricos aplicados nas fases fenológicas (letras maiúsculas - cultivares dentro de cada déficit hídrico; letras minúsculas - déficits dentro de cada cultivar)



Analisando a Área Foliar das cultivares dentro de cada déficit hídrico, observa-se, que as mesmas se diferenciaram apenas na fase de maçã onde a BRS 286 (D5-2112,9 cm²) foi inferior a BRS 336 (D5-4198,25 cm²). Estudando os déficits dentro de cada cultivar, observa-se na BRS 286 que o tratamento D3 não se diferenciou do tratamento irrigado (D1), com estes tendo as maiores médias, enquanto que, na cultivar BRS 336, as menores médias de AF foram encontradas nos déficits aplicados nas fases crescimento inicial (D2-2105,7 cm²), botão floral (D3-2608,88 cm²) e capulho (D6-1384,54 cm²) e os déficit aplicados nas fases de flor (D4) e maçã (D5)

não se diferenciaram do tratamento irrigado (Figura 3). Segundo Echer (2014), o crescimento expansivo das folhas jovens é muito sensível ao potencial de água, enquanto que Cordão Sobrinho et al. (2007), estudando lâminas de irrigação em algodoeiro herbáceo, observaram que lâminas pequenas de irrigação alteraram a morfologia da planta, em virtude de reduzir a sua altura, seu diâmetro do caule, sua área foliar e sua fitomassa, podendo-se dizer que o crescimento e desenvolvimento do algodoeiro é influenciado pelo déficit nas fases e pelas cultivares.

Figura 3. Área foliar de cultivares de algodoeiro herbáceo submetidas a déficits hídricos aplicados nas fases fenológicas (letras maiúsculas - cultivares dentro de cada déficit hídrico; letras minúsculas - déficits dentro de cada cultivar).

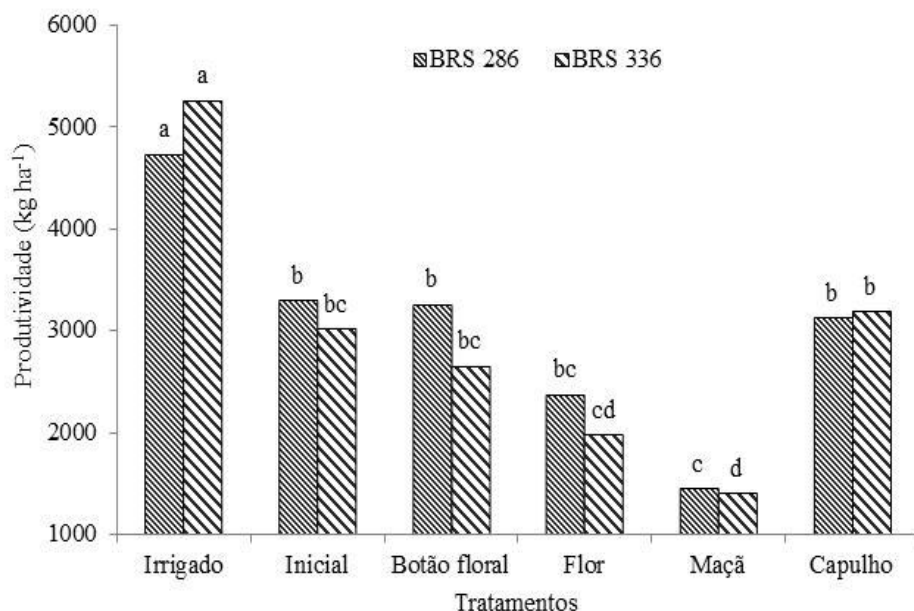


Na variável produtividade de algodão em caroço (PROD), os tratamentos sem déficit em todo o ciclo e com déficit nas fases crescimento inicial e de capulho de ambas as cultivares de algodoeiro herbáceo permitiram produtividade satisfatória em relação à média nacional (figura 4). Em que observa-se reduções dos valores absolutos conforme os tratamentos de déficit são aplicados ao longo das fases fenológicas do ciclo para ambas as cultivares estudadas, sendo todos inferiores ao tratamento irrigado (sem déficit, irrigado todo o ciclo) (Figura 4). Este comportamento também foi observado por Batista et al. (2010), os quais afirmam que a irrigação resultou em maior número de estruturas reprodutivas, altura de plantas, número de capulhos por planta e consequente maior produtividade de algodão em caroço. Também se assemelham a resultados de estudos de Almeida et al. (2017), em casa de vegetação, onde os déficits hídricos aplicados nas diferentes

fases fenológicas das cultivares BRS 286 e BRS 336 de algodoeiro herbáceo diminuíram a produtividade.

As fases onde o déficit foi mais crítico foram a de flor (D4) e de maçã (D5) para ambas cultivares (Figura 4). Resultado semelhante foi em encontrado por Zonta et al. (2017), os quais comentaram que o déficit hídrico provocou maiores perdas em rendimento de algodão durante a primeira flor e a primeira maçã, devido à alta demanda de água nessas fases ocorrendo abscisão das estruturas reprodutivas. Também Echer (2014) afirma que o déficit hídrico durante a fase de florescimento e de enchimento das maçãs tem provocado, mais comumente, as maiores reduções de produtividade. De acordo com Sousa (2015), na cultura do algodão a produtividade é determinada não somente pelas características genéticas e meio de cultivo, mas também pela disponibilidade de água, que varia de acordo com seu estágio de desenvolvimento.

Figura 4. Produtividade de cultivares de algodoeiro herbáceo submetidas a déficits hídricos aplicados em suas diferentes fases fenológicas (Letras minúsculas - déficits dentro de cada cultivar).



Em geral, o déficit hídrico nas fases de crescimento inicial, botão floral e de capulho, em ambas as cultivares, promoveram menores perdas de produtividade quando comparados ao tratamento testemunha (D1) (Figura 4), corroborando Zonta et al. (2017) que, nos estudos com cultivares de algodão sob déficit hídrico em diferentes fases de crescimento, relatam que, quando o déficit foi imposto nas fases de emergência, primeiro botão floral e primeiro capulho, a redução do rendimento do algodão foi menos grave.

Vale ressaltar que, no tratamento de déficit hídrico aplicado na fase de capulho (D6) ocorreram irrigações até o surgimento do primeiro capulho, após ocorrendo o período da aplicação do déficit. Assim, consequentemente, as plantas de algodão ainda apresentavam alguns órgãos reprodutivos jovens, onde a aplicação do déficit ocasionou aborto destas estruturas como mecanismo de defesa, uma vez que o suprimento hídrico se tornou desfavorável, caindo a produtividade.

Vasconcelos et al. (2018) comentam que, dos fatores ambientais que podem provocar a abscisão no algodoeiro, a deficiência hídrica no solo é considerado o principal. De

acordo com Echer (2014), os frutos mais jovens são abortados para manter o fornecimento de carboidratos para frutos mais velhos. Em condições do cerrado, as variedades estudadas apresentam produção média de algodão em caroço em torno de 4.874 kg ha⁻¹ para a BRS 286 e de 3.851 kg ha⁻¹ para a BRS 336 (EMBRAPA, 2009; EMBRAPA, 2011), respectivamente.

Observam-se, para ambas as cultivares, menores reduções da produtividade nas fases menos afetadas pelo déficit hídrico: crescimento inicial, botão foral e capulho. Na BRS 286, houve redução de 30%, 31,20% e 33,92% e na BRS 336, de 42,58%, 49,59% e 39,49% de produtividade nestas fases, respectivamente (Figura 4).

Quanto aos dados fisiológicos verificou-se diferenças entre os tratamentos do fator Déficit (D) aplicados nas diferentes fases fenológicas do algodoeiro herbáceo nas variáveis condutância estomática (g_s) e transpiração (E), mas nenhuma das variáveis analisadas foram influenciadas pelo fator Cultivar (C). Por outro lado, a interação (D x C) foi significativa nas variáveis g_s e E , indicando dependência entre os fatores estudados na influência dos mesmos sobre

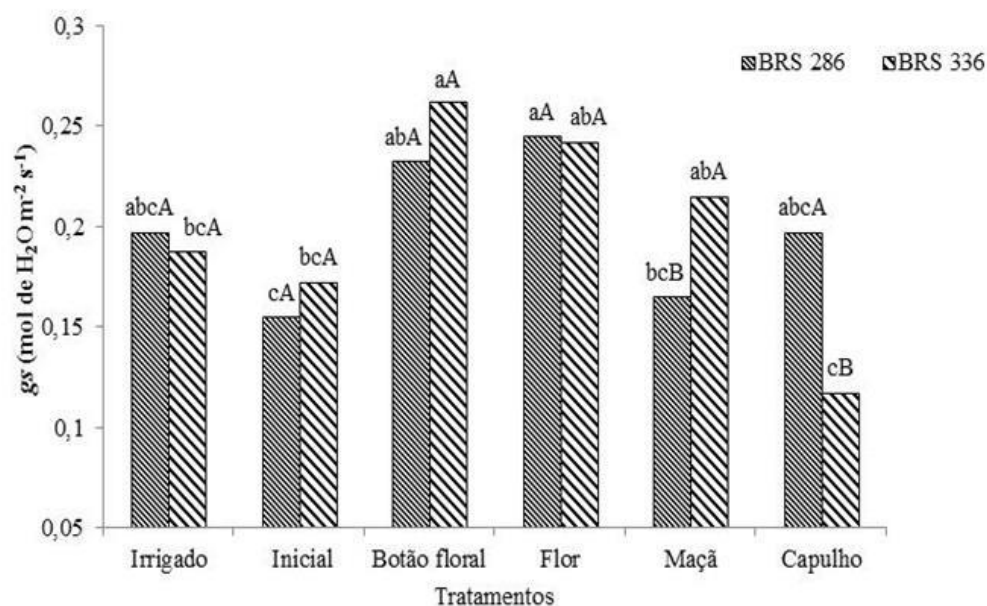
estas variáveis, interpretada pelo desdobramento da interação destes fatores sobre estas variáveis. Nesta condição, pode-se dizer que a tolerância do algodoeiro a níveis de déficit hídrico depende do efeito combinado dos níveis dos fatores cultivar e déficit hídrico.

Os fatores estudados não influenciaram a concentração interna de CO_2 (C_i) e a fotossíntese (A), medidas no final da fase de capulho após déficit de 14 dias. Resultados semelhantes foram encontrados por Araújo et al. (2015), estudando as mesmas cultivares de algodoeiro herbáceo, submetidas a déficit hídrico. Relativo á fotossíntese, Chaves e Oliveira (2004) argumentam que, em condições de déficit hídrico, a limitação de CO_2 é a causa principal da redução das taxas fotossintéticas. Então, como o déficit hídrico não afetou a concentração interna de CO_2 (C_i), assim também não influenciou a fotossíntese. Echer (2014) supõe que a fotossíntese é reduzida quando a transpiração de água pelo dossel não consegue manter a temperatura no limite ideal. Isso explica a razão da não influência dos fatores estudados sobre estas variáveis, justamente como sendo o horário de medição/avaliação das mesmas, pois foi durante o período da manhã, nas horas de temperatura amenas do dia, sobretudo

porque os fatores que podem influenciar a fotossíntese são a hora do dia, as concentrações ambientais de CO_2 , o tipo de folha e o estágio de crescimento (LOKA et al. 2011). Por outro lado, Souza et al. (2001) informam que uma consequência do fechamento dos estômatos é a redução da concentração de CO_2 intercelular, todavia isso não foi observado nesta pesquisa, porque houve variação nos valores de g_s , mas não ocorreu redução na disponibilidade de CO_2 na câmara subestomática.

Na variável g_s , observando-se o comportamento das cultivares dentro de cada déficit, as mesmas somente se diferenciaram nos tratamentos de déficit aplicados nas fases de maçã e de capulho, com a BRS 286 apresentando maior valor de g_s no déficit aplicado na fase de capulho e, a BRS 336, na fase de maçã (Figura 5), o que pode ser relativo a um maior potencial de resistência da cultivar BRS 286 já que, sob essa circunstância, estaria 14 dias sem irrigação, e de recuperação da cultivar BRS 336, pois teriam voltado a serem irrigadas normalmente, ambas as cultivares, na fase de maçã. No entanto, experiências de campo mostraram que a condutância estomática do algodão era adaptável ao déficit hídrico (LOKA et al., 2011).

Figura 5. Condutância estomática de cultivares de algodoeiro herbáceo submetidas a déficits hídricos aplicados nas fases fenológicas (letras maiúsculas- déficits dentro de cada cultivar; letras minúsculas - cultivares dentro de cada déficit hídrico)

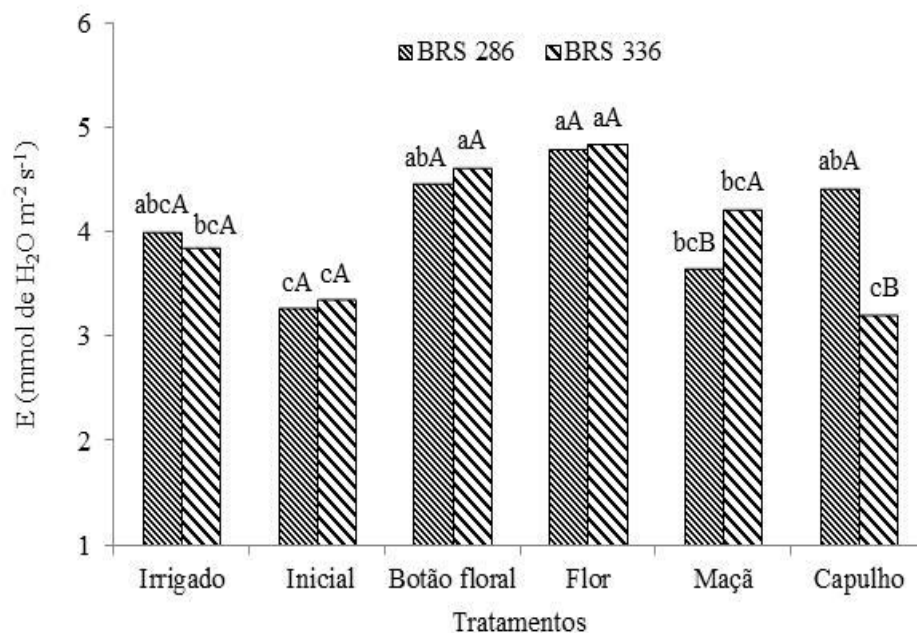


No estudo dos déficits hídricos dentro de cada cultivar, para a cultivar BRS 286, as melhores médias foram verificadas no tratamento sem déficit (irrigada todo o ciclo) e nos déficits aplicados nas fases de botão floral, flor e capulho, enquanto que para a BRS 336, foram nos déficits aplicados nas fases de botão floral, de flor e de maçã (Figura 5). De acordo com Loka et al. (2011), o fechamento estomático completo não ocorreu mesmo quando os potenciais de água foliar se aproximaram de $-3,0$ Mpa, sugerindo que o fechamento estomático em plantas cultivadas em campo é impedido para que as plantas mantenham o fluxo de água.

Sendo a medição/avaliação feita após 14 dias de déficit na fase de capulho e, observada, em geral, maior condutância nas plantas que sofreram déficit nas fases de botão floral e de flor em ambas as cultivares estudadas, provavelmente pode ser uma forma da planta tentar recuperar ou reestabelecer o potencial produtivo e garantir a produção.

Analisando na variável transpiração (E), as cultivares dentro de cada déficit hídrico, observa-se que as mesmas se diferenciaram na fase de maçã, onde a BRS 286 foi inferior, e na fase de capulho, quando a BRS 336 apresentou transpiração inferior. Observando o déficit hídrico dentro de cada cultivar, na BRS 286, as melhores medias foram verificadas no tratamento sem déficit e no déficit aplicado nas fases de Botão Floral, Flor e Capulho, enquanto que, na BRS 336, foram as do déficit aplicado nas fases de Botão floral e de Maçã (Figura 6). Tais resultados se assemelham aos observados na condutância estomática (Figura 5), significando dizer que, quando ocorre elevação na transpiração ocorre também na condutância estomática. A abertura estomática e a condutância estomática são controladas de acordo com o teor de água celular, afetando funções como a respiração (LOKA et al., (2011).

Figura 6. Transpiração de cultivares de algodoeiro herbáceo submetidas a déficits hídricos aplicados nas fases fenológicas (letras maiúsculas - déficits dentro de cada cultivar; letras minúsculas - cultivares dentro de cada déficit hídrico)



Segundo Sousa (2015), a maior parte da água absorvida pela planta de algodão é usada para manter a temperatura da folha em valores que favoreçam a atividade enzimática. Apesar da redução da *gs* e variações na transpiração da planta, presume-se que o algodoeiro manteve atividade fotossintética equilibrada em todas as fases estudadas apresentando mecanismo de resistência ao déficit hídrico.

CONCLUSÕES

O déficit hídrico restringiu o crescimento de ambas as cultivares de algodoeiro herbáceo, com as fases mais sensíveis o crescimento inicial, botão floral e flor. Nos diferentes déficits hídricos aplicados, as cultivares BRS 286 e BRS 336 de algodoeiro herbáceo tem padrão de crescimento diferenciado.

O déficit de 14 dias não influenciou a fotossíntese das plantas de ambas as cultivares, mas, alterou a condutâncias estomática e a transpiração das mesmas.

As fases fenológicas de flor e de maçã foram as mais sensíveis ao déficit hídrico.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. S. A. B. de; PEREIRA, J. R.; AZEVEDO, C. A. V. de; ARAÚJO, W. P.; ZONTA, J. H.; CORDÃO, M. A. Algodoeiro herbáceo submetido a déficit hídrico: Produção. ACSA, Patos-PB, v.13, n.1, p.22-28, 2017.
- AMARAL, J. A. B. do; SILVA, M. T. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do gergelim por manejo de irrigação. Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas, v.12, n.1, p.25-33, 2008.
- ARAÚJO, W. P.; ALMEIDA, E. S. A. B. de; PEREIRA, J. R.; ZONTA, J. H.; CORDÃO M. A. Taxa de fotossíntese líquida e transpiração do algodoeiro herbáceo sob déficit hídrico. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da

Agronomia, Fortaleza-CE, Anais. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2015.

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

BALDO, R.; SCALON, S. P. Q. de; ROSA, Y. B. C. J.; MUSSURY, R. M.; BETONI, R.; BARRETO, W. dos S. Comportamento do algodoeiro cultivar Delta Opal sob estresse hídrico com e sem aplicação de bioestimulante. Revista Ciência e Agrotecnologia, v. 33, p.1804-1812, 2009.

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

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. O agronegócio do algodão no Brasil. 2. ed. Brasília- DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 570 p.

CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A. D.; ROSA, G. M. da. Demanda Hídrica das Culturas de Interesse Agrônomo. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p.969, 2013.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B.; BARBOSA, K. A. Sugestão de adubação nitrogenada do algodoeiro para o estado de Goiás com base em resultados de pesquisa. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. Cap .16, P. 51-647.

- CORDÃO SOBRINHO, F. P.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de. M.; SOARES, F. A. L.; Terceiro Neto, C. P. C. Crescimento e rendimento do algodoeiro BRS-200 com aplicações de cloreto de mepiquat e lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, p. 284-292, 2007.
- CHAVES, M. M.; PEREIRA, J. S.; MAROCO, J.; RODRIGUES, M. L.; RICARDO, C. P. P.; OSÓRIO, M. L.; CARVALHO, I.; FARIA, T.; PINHEIRO, C. How Plants Cope with Water Stress in the Field. *Photosynthesis and Growth. Annals of Botany*, v. 89, Pg. 907-916, 2002.
- CHAVES, M. M.; OLIVEIRA, M. M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. *Journal of Experimental Botany*, v. 55, n. 407, pg. 2365–2384, 2004.
- EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. BRS 336 cultivar de alta qualidade de fibra para cultivo no Cerrado e no semiárido do Brasil: Campina Grande-PB, 2011.
- EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. BRS 286 cultivar de alta produtividade de pluma de porte baixo, para cultivo no estado da Bahia. Campina Grande-PB, 2009.
- ECHER, F. R. O algodoeiro e os estresses abióticos: temperatura, luz, água e nutrientes. Cuiabá-MT. Instituto Mato-grossense do Algodão - Imamt, 2014. 123 p.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola municipal. Brasília: Sistema IBGE de Recuperação Automática, 2016, Acessado em : <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/economicas/agricultura-e-pecuaria.html>> acessado em: 10/10/2016.
- KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B. da; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. *Bragantia*, v.64, p.339-347, 2005.
- GRIMES, D. W.; CARTER, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf area measurements. *Agronomy Journal*, v.3, n.61, p.477-479, 1969.
- LOKA, D. A.; OOSTERHUIS, D. M.; RITCHIE, G. L. Water-Deficit Stress in Cotton. In: OOSTERHUIS, D. M. *Stress Physiology in Cotton*. The Cotton Foundation. Cordova, tennessee, U.S.A. 2011. Cap. 3. p.37-72.
- MARENCO, J. A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil. *Parcerias estratégicas*, Brasília, DF. n.27, 2008.
- NUNES FILHO, J.; LIMA E SÁ, V. A.; OLIVEIRA JÚNIOR, I. S.; COUTINHO, J. L. B.; SANTOS, V. F. Efeito de lâminas de irrigação sobre o rendimento e qualidade da fibra de cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.2, p.295-299, 1998.
- RAO, S. S.; TANWAR, S. P. S.; REGAR, P. L. Effect of deficit irrigation, phosphorous inoculation and cycocel spray on root growth, seed cotton yield and water productivity of drip irrigated cotton in arid environment. *Agricultural Water Management*, Rajasthan, Índia, v. 25, n. 25, p.2-12, 2016.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *R. Bras. Engenharia. Agric. Amb.*, 2:287-294, 1998.
- SILVA, C. D. S.; SANTOS, P. A. A.; LIRA, J. M. S.; SANTANA, M. C.; SILVA JÚNIOR, C. D. S. Curso diário das trocas gasosas em plantas de feijão-caupi submetidas à deficiência hídrica. *Revista Caatinga*, v.23, p.7-13, 2010.
- SOUSA, J. V. R. Algodoeiro fertirrigado por gotejamento sob doses de nitrogênio, lâminas de água e espaçamentos de plantio. 2015. 79p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT, Rondonópolis. 2015.
- SOUZA, C. R. de; SOARES, A. M.; REGINA, M. de A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v. 10, n. 36, p.1221-1230, 2001.
- VASCONCELOS, U. A. A.; CAVALCANTI, J. J. V.; FARIAS, F. J. C.; VASCONCELOS W. S.; SANTOS, R. C. dos. Diallel analysis in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) for water stress tolerance. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.18, p.24-30, 2018.
- WANDERLEY, J. A. C. Morfofisiologia e produção do girassol sob técnicas de captação de água “*in situ*” e adubação orgânica. 2013. 76f. Dissertação Mestrado universidade federal de Campina Grande: UFCG, campina grande. 2013.
- ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N.; RODRIGUES, J. I. da S.; SOFIATTI, V. Cotton response to water deficits at different growth stages. *Rev. caatinga*, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 980 – 990, 2017.
- ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; SOFIATTI, V.; BRANDÃO, Z. N. Yield of cotton cultivars under different irrigation depths in the Brazilian semi-arid region. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 19, n. 8, p.748-754, 2015.