

FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA a DE CULTIVARES DE ALGODOEIRO SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA E POLÍMERO HIDRORETENTOR

Kheila Gomes Nunes¹, Vera Lucia Antunes de Lima², Lauriane Almeida dos Anjos Soares³, Edilene Daniel de Araújo⁴, Franciele Simões do Nascimento⁵, Lucyelly Dâmela Araújo Borborema⁶

RESUMO: No semiárido nordestino, a escassez de água é um fator limitante para o crescimento das culturas agrícolas, e compromete a produtividade. Desta forma, estratégias visando aumentar a tolerância das plantas à seca é fundamental para produzir com segurança nesta região, destacando-se o uso de polímeros hidroretentores como alternativa para manter a umidade no solo. Objetivou-se avaliar os efeitos das doses de polímero hidroretentor na fluorescência da clorofila a de cultivares de algodoeiro de fibra colorida sob restrição hídrica. A pesquisa foi executada em casa de vegetação da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, utilizando o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 3 × 5, sendo três cultivares de algodoeiro de fibra colorida (BRS: Rubi, Jade e Verde) e cinco doses de polímero hidroretentor (0,0; 1,5; 3,5; 5,0 e 6,5 g dm⁻³ de solo) com três repetições e uma planta por parcela. As plantas foram cultivadas sob irrigação com lâmina de 40% ETr. Dose de até 3,7 g dm⁻³ de solo de polímero hidroretentor reduziu a fluorescência inicial das cultivares de algodoeiro de fibra colorida sob restrição hídrica, aos 60 dias após a semeadura. Para a fluorescência variável, doses de polímero hidroretentor superiores a 3,0 g dm⁻³ de solo promoveram aumento dessa variável nas cultivares BRS Jade e BRS Verde. No entanto, para a cultivar BRS Rubi, doses acima de 2,5 g dm⁻³ de solo reduziu da fluorescência variável.

PALAVRAS-CHAVE: Algodão colorido, hidrogel, sustentabilidade.

CHLOROPHYLL A FLUORESCENCE OF COTTON CULTIVARS UNDER WATER RESTRICTION AND WATER-RETENTIVE POLYMER

¹ Doutoranda, Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Rua Aprígio Veloso 882, Barro Universitário, Campina Grande, Paraíba, Brasil. Fone (83) 98742-1764, E-mail: kheilagomesnunes@gmail.com

² Profa. Dra, Unidade Acadêmica de Eng. Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Campina Grande, PB

³ Profa. Doutora, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG, Pombal, PB

⁴ Doutoranda, Pós-graduação em Eng. e Gestão dos Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, PB

⁵ Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, PB

⁶ Doutoranda, Pós-graduação em Eng. Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, PB

ABSTRACT: In the semiarid region of the Northeast, water scarcity is a limiting factor for the growth of agricultural crops and compromises productivity. Therefore, strategies to increase plant tolerance to drought are essential for safe production in this region, with emphasis on the use of water-retaining polymers as an alternative to maintain soil moisture. The objective of this study was to evaluate the effects of water-retaining polymer doses on chlorophyll a fluorescence of colored fiber cotton cultivars under water restriction. The research was carried out in a greenhouse at the Federal University of Campina Grande, Campina Grande-PB, using a randomized block design in a 3×5 factorial scheme, with three colored fiber cotton cultivars (BRS: Rubi, Jade and Verde) and five water-retaining polymer doses (0.0, 1.5, 3.5, 5.0 and 6.5 g dm⁻³ of soil) with three replicates and one plant per plot. The plants were grown under irrigation with a depth of 40% ETr. Doses of up to 3.7 g dm⁻³ of water-retaining polymer soil reduced the initial fluorescence of colored fiber cotton cultivars under water restriction, at 60 days after sowing. For variable fluorescence, doses of water-retaining polymer higher than 3.0 g dm⁻³ of soil promoted an increase in this variable in the cultivars BRS Jade and BRS Verde. However, for the cultivar BRS Rubi, doses above 2.5 g dm⁻³ of soil reduced variable fluorescence.

KEYWORDS: Colored cotton, hydrogel, sustainability.

INTRODUÇÃO

A escassez hídrica, intensificada pelas mudanças climáticas, tem causado impactos socioeconômicos expressivos em regiões semiáridas, especialmente no semiárido do Nordeste brasileiro (TAVARES et al., 2019). No cultivo do algodão, o déficit de água pode causar o aumento da fluorescência inicial, devido à redução na transferência de energia ao fotossistema II, podendo levar à degradação do centro de reação (KALAJI et al., 2017), ocasionando danos às membranas celulares.

Nesse contexto, o uso de polímeros hidrorretentores destaca-se como estratégia promissora na mitigação dos efeitos do déficit hídrico, promovendo a retenção e liberação gradual da água no solo, o que reduz a dessecação das raízes e favorece o desenvolvimento da cultura mesmo sob déficit hídrico (MINOSSO et al., 2021).

Ante o exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os efeitos da aplicação de doses de polímero hidrorretentor na fluorescência da clorofila a de cultivares de algodoeiro de fibra colorida sob restrição hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em ambiente de casa de vegetação vinculado a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola – UAEEA, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, em Campina Grande, Paraíba, Brasil (7°15'18'' S e 35°52'28'' W, altitude média de 529 m).

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3×5 , sendo três cultivares de algodoeiro de fibra colorida (BRS Rubi, BRS Jade e BRS Verde) e cinco doses de polímero hidroretentor (0,0; 1,5; 3,5; 5,0 e 6,5 g dm⁻³ de solo) com três repetições e uma planta por parcela. As doses de polímero hidroretentor foram adaptadas do estudo desenvolvido por Pereira (2017) com a goiabeira.

Utilizou-se vasos plásticos com capacidade de 20 L adaptados como lisímetros, com um orifício na parte inferior para acoplar uma mangueira de 5 mm, conectada a recipientes de 2 L para coleta da água e determinação do consumo hídrico. Na parte interna adicionou-se uma manta geotêxtil e brita para evitar obstrução por partículas de solo. Em seguida, o solo foi acondicionado até $\frac{1}{2}$ da capacidade do vaso com solo de textura franco-arenosa, cujos atributos físico-hídricos e químicos foram analisados no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), da UAEEA/UFCG (TEIXEIRA et al., 2017).

Posteriormente, foi adicionado o polímero hidroretentor Forth®, um copolímero de poliácrlato de potássio poliacrilamida, com Capacidade de troca catiônica (CTC) de 532,26 mmolc dm⁻³ e Capacidade de retenção de água (CRA) de 1.526,69% que foi hidratado por 24 horas antes da aplicação, conforme as recomendações do fabricante. O polímero foi separado e incorporado ao solo de acordo com os tratamentos, sendo que a testemunha não recebeu o produto. Após esse processo, preencheu-se a outra camada de solo e ajustou-se a umidade para próxima da capacidade de campo, iniciando-se a semeadura. Foram semeadas cinco sementes por lisímetro e, posteriormente, realizou-se o desbaste, permanecendo apenas uma planta por lisímetro, a que apresentava o maior vigor fisiológico. A irrigação com 40% da ETr, iniciou-se a partir do surgimento da terceira folha definitiva. O cálculo foi baseado em plantas irrigadas com 100% da evapotranspiração real (ETr), sendo a irrigação realizada diariamente às 7h (SOARES et al., 2020).

Aos 30 dias após a semeadura (DAS) e, depois, em intervalos de 20 DAS, foi realizada a adubação com base na recomendação de Novais et al. (1991). Como fonte de micronutrientes, utilizou-se um composto de Dripsol® micro, aplicado via pulverização com frequência de 20 dias.

Aos 60 (DAS) foi avaliada a fluorescência da clorofila a, por meio de um fluorômetro de pulso modulado modelo OS5p da Opti Science pelo protocolo Fv/Fm, para determinação das variáveis de indução de fluorescência: Fluorescência inicial (F₀), máxima (F_m), variável (F_v) e a eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m). O protocolo foi realizado após adaptação das folhas ao escuro por um período 30 min e às 7 horas da manhã, usando um clipe do equipamento, para garantir que todos os aceptores primários estivessem totalmente oxidados, ou seja, os centros de reação estivessem abertos.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F a $p \leq 0,05$ e, quando significativo, realizou-se análise de regressão polinomial para as doses do polímero hidrorretentor e teste de Tukey para as cultivares, utilizando-se o software estatístico SISVAR ESAL (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da interação entre as doses do polímero hidrorretentor (H) e as cultivares de algodoeiro de fibra colorida sobre a fluorescência inicial (F₀) e a fluorescência variável (F_v). No entanto, para a fluorescência máxima (F_m) e a eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m), não foram influenciadas pelas fontes de variação testadas aos 60 DAS (Tabela 1).

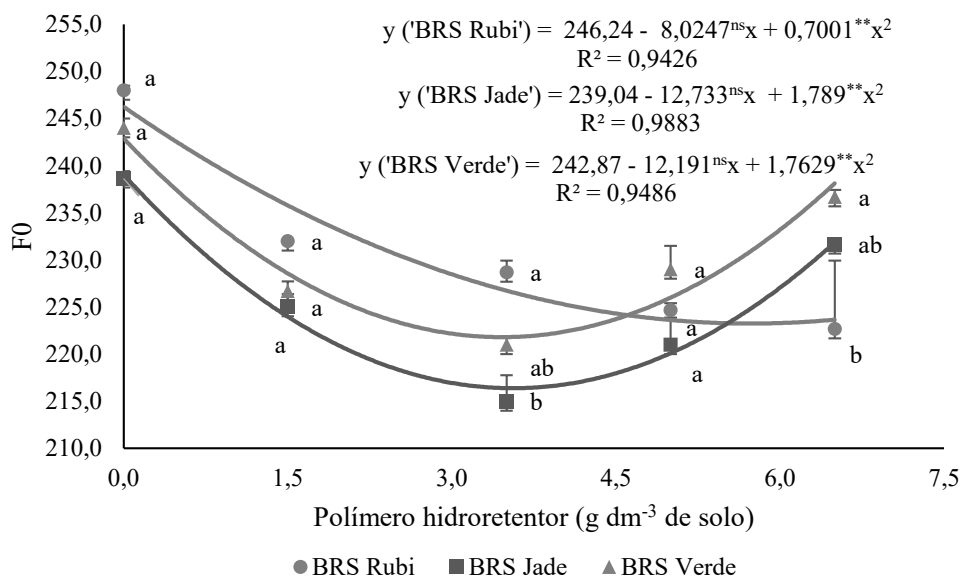
Tabela 1. Resumo da análise de variância para fluorescência inicial (F₀), fluorescência variável (F_v), máxima (F_m) e eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) de cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidas à restrição hídrica e doses de polímero hidrorretentor aos 60 dias após a semeadura (DAS)

Fonte de variação (FV)	Quadrado médio				
	GL	F ₀	F _v	F _m	F _v /F _m
Cultivares (C)	2	128,62**	440,95 ^{ns}	7138,95 ^{ns}	2,4 x 10 ^{-3ns}
Polímero hidrorretentor (H)	4	641,52**	1152,22 ^{ns}	3486,55 ^{ns}	3,17 x 10 ^{-4ns}
Regressão linear	1	780,27**	453,37 ^{ns}	6987,21 ^{ns}	1,06 x 10 ^{-3ns}
Regressão quadrática	1	1730,86**	3031,14 ^{ns}	6020,96 ^{ns}	3,9 x 10 ^{-5ns}
Interação (C × H)	8	79,25**	3268,95**	3450,12 ^{ns}	6,27 x 10 ^{-4 ns}
Blocos	2	4,95 ^{ns}	1727,62 ^{ns}	5591,02 ^{ns}	2,02 x 10 ^{-4ns}
Resíduo	28	23,52	661,72	2547,52	7,00 x 10 ⁻³
CV (%)		2,11	6,93	4,33	3,38

ns, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$; GL – Grau de liberdade; CV – Coeficiente de variação.

Para a fluorescência inicial da clorofila a, observou-se que para a cultivar BRS Rubi o incremento das doses de polímero hidrorretentor promoveu redução de 9,33% (22,99) ao

comparar a testemunha e a dose estimada de 5,7 g dm⁻³ de solo, no entanto, a partir dessa dose verificou-se que houve um aumento de 0,18% (0,41) até a maior dose estudada (Figura 1).



As médias seguidas por letras iguais não diferem entre si para as cultivares, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ns, ** e * respectivamente não significativo, significativo a $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$.

Figura 1. Fluorescência inicial - F0 de cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidas à restrição hídrica e doses de polímero hidroretentor, aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Para a cultivar BRS Jade, o uso do polímero hidroretentor até a dose estimada de 3,7 g dm⁻³ de solo promoveu uma redução de 9,46% (22,62), porém ainda foi possível perceber que a partir dessa dose houve um acréscimo da F0 de 7,10% (15,37) comparando-a com aquelas cultivada sob 6,5 g dm⁻³ de solo do condicionante (Figura 1).

Para a cultivar BRS Verde, observou-se um decréscimo na fluorescência inicial (F0) de 8,66% (21,04) ao comparar as plantas que não receberam polímero com aquelas submetidas à dose estimada de 3,7 g dm⁻³ de solo. No entanto, a partir dessa dose, houve um aumento de 7,26% (15,97) em relação à maior dose aplicada (6,5 g dm⁻³ de solo) (Figura 1).

A variável F0 representa a fluorescência mínima quando todos os centros de reação do fotossistema II (PSII) estão abertos, sendo que seu aumento está associado a danos estruturais ao PSII, como o desacoplamento entre o complexo antena e o centro de reação, decorrente da fotoinibição, que é o que ocorre quando as plantas estão submetidas a estresse abiótico (Guidi, et al., 2019). No caso desta pesquisa, as plantas foram expostas a uma redução de 60% na lâmina de irrigação, situação que pode promover esse tipo de estresse.

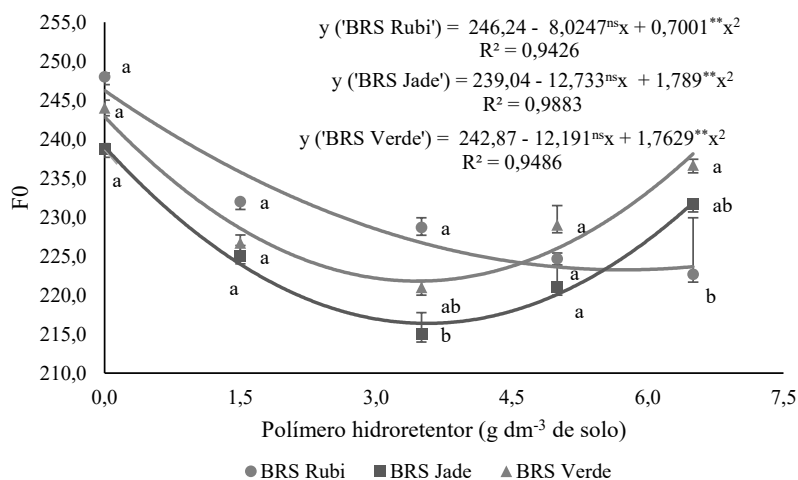
Quanto à comparação entre cultivares, verifica-se efeito significativo apenas nas doses de 3,5 e 6,5 g dm⁻³ de solo do polímero hidroretentor. Na dose de 3,5 g dm⁻³, o maior valor médio (228,67) de F0 foi registrado na cultivar BRS Rubi, enquanto BRS Jade apresentou a menor

média (215,00), com uma diferença relativa de 6,35% (13,67) entre as duas cultivares. Na dose de 6,5 g dm⁻³ de solo, BRS Verde obtiveram o maior valor (236,67) de fluorescência inicial, superando a BRS Rubi em 5,91% (14,00), que apresentou o menor (222,67) F0 nessa dosagem.

No entanto, observou-se que, nas cultivares avaliadas, doses moderadas do polímero hidroretentor promoveram a redução da fluorescência inicial da clorofila a (F0), indicando menor estresse no fotossistema II (PSII). Esse efeito sugere que o polímero contribuiu para a manutenção da umidade do solo e facilitou a absorção de água pelas plantas, mesmo sob condições de déficit hídrico. De forma geral, a ação do polímero hidroretentor favoreceu a retenção de água no solo, estabilizou o microambiente radicular e atenuou os efeitos negativos da restrição hídrica sobre o sistema fotossintético de cultivares de algodoeiro de fibra colorida, promovendo o crescimento vegetativo e a manutenção da atividade fotossintética (Agbna & Zaidi, 2025).

Para a fluorescência variável (Fv) das cultivares de algodoeiro de fibra colorida, verificou-se que para a cultivar BRS Rubi apresentou com a adição do polímero hidroretentor um incremento de 3,12% (29,10) ao relacionar a testemunha com a dose estimada de 2,5 g dm⁻³ de solo. Após essa dose, observou-se redução de 8,09% (77,76) até a maior dose estudada (Figura 2).

No caso da cultivar BRS Jade, evidenciou-se que o aumento das doses de polímero hidroretentor resultou em decréscimo de 6,82% (65,01) para a Fv, quando estabelece a comparação entre a testemunha e dose estimada de 3,4 g dm⁻³ de solo, no entanto, a partir dessa dose notou-se que houve um aumento de 6,38% (56,76) entre a maior média obtida e a maior dose estudada (Figura 2).



As médias seguidas por letras iguais não diferem entre si para as cultivares, pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ns, ** e * respectivamente não significativo, significativo a $p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$.

Figura 2. Fluorescência Variável – Fv de cultivares de algodoeiro de fibra colorida submetidas à restrição hídrica e doses de polímero hidroretentor, aos 60 dias após a semeadura (DAS).

Considerando a cultivar BRS Verde notou-se redução de 3,74% (35,04) até a dose de 3,0 g dm⁻³ de solo, mas a partir dessa dose observa-se um incremento de 7,31% (65,99) até a maior 6,5 g dm⁻³ de solo. Em relação às cultivares, observou-se diferença significativa apenas nas doses de 1,5, 3,5 e 6,5 g dm⁻³ de solo do polímero hidroretentor. Na dose de 1,5 g dm⁻³, a maior fluorescência variável (F_v) foi registrada na cultivar BRS Rubi, que superou as cultivares BRS Jade e BRS Verde em 6,97% (62,34) e 5,86% (53,00), respectivamente.

Na dose de 3,5 g dm⁻³, a BRS Rubi se destacou com os maiores valores médios de F_v , com incremento de 8,10% (71,66) em relação à BRS Jade e de 6,06% (54,66) em comparação à BRS Verde. Por outro lado, na dose de 6,5 g dm⁻³, os maiores valores médios de F_v foram obtidos pelas cultivares BRS Verde (964,00) e BRS Jade (935,67), observando um aumento de 9,09 (80,33) e 5,88 (52,00), nessa ordem, em relação a BRS Rubi (Figura 2).

Observa-se que a resposta das plantas ao déficit hídrico depende de diversos fatores, como a frequência, intensidade e duração do estresse, além da cultivar utilizada, do estágio de desenvolvimento e do seu potencial de tolerância (Zonta et al., 2017). No presente estudo, os resultados para a fluorescência variável evidenciaram respostas distintas entre as cultivares avaliadas, indicando que a aplicação do polímero hidroretentor influenciou a eficiência fotoquímica de forma diferenciada. Isso ressalta a necessidade de ajustes específicos nas doses aplicadas, a fim de otimizar a resposta fisiológica de cada material vegetal.

CONCLUSÕES

O uso de polímero hidroretentor na dose de até 3,7 g dm⁻³ de solo reduz a fluorescência inicial das cultivares de algodoeiro de fibra colorida sob restrição hídrica aos 60 dias após a semeadura. Quanto à fluorescência variável, doses superiores a 3,0 g dm⁻³ de solo promovem aumento dessa variável nas cultivares BRS Jade e BRS Verde. No entanto, para a cultivar BRS Rubi, doses acima de 2,5 g dm⁻³ de solo reduz da fluorescência variável.

AGRADECIMENTOS

À universidade Federal de Campina Grande (UFCG), ao Programa de Pós - Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) e ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical – INCTAGris (CNPq/FUNCAP/CAPES), pelos

apoios institucionais e financeiros, por meio dos processos n° 406570/2022-1 (CNPq) e INCT – 35960 -62747.65.95/51 (FUNCAP).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGBNA, G. H.; & ZAIDI, S. J. Hydrogel Performance in Boosting Plant Resilience to Water Stress—A Review. **Gels**, v. 11, n. 4, p. 276, 2025.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, p.529-535, 2019.

GUIDI, L.; LO PICCOLO, E.; & LANDI, M. Chlorophyll fluorescence, photoinhibition and abiotic stress: does it make any difference the fact to be a C3 or C4 species?. **Frontiers in plant science**, v. 10, p. 174, 2019.

KALAJI, H.M.; SCHANSKER, G.; BRESTIC, M.; BUSSOTTI, F.; CALATAYUD, A.; FERRONI, L.; GOLTSEV, V.; GUIDI, L.; JAJOO, A.;... & OLISOVSKA, K.; KUNDERLIKOVA, K.; SHELONZEK, H.; RUSINOWSKI, S.; BABA, W. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel. **Photosynth Research**, v. 132, p.13–66, 2017.

MINOSSO, R. R.; SOSTISS, M.O, G. L.; DRANSKI, J. A. L. Componentes de rendimento e produtividade da soja cultivada com hidrogel. **Revista Científica Rural**, v.23, p.69-82, 2021.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. **Ensaio em ambiente controlado**. in: oliveira a. j. métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília: Embrapa-sea, 1991. p. 189-253.

PEREIRA, E. C. **Diversidade genética, frequência de irrigação e doses de polímero hidrotentor na produção de goiabeira**. Tese (Doutorado Fitotecnia), Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró – RN, 2017, 93p.

SOARES, L. A. A. DOS; DIAS, K. M. M.; NASCIMENTO, H. M.; LIMA, G. S. DE; OLIVEIRA, K. J. A. DE; SILVA, S. S. DA. Estratégias de manejo do déficit hídrico em fases fenológicas do algodoeiro colorido. **Irriga**, v. 25, p. 656-662, 2020.

TAVARES, V. C DE A.; PAULINO, I.R.; SILVA, D.G. DA. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v.34, p.385-405, 2019.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. EMBRAPA solos, 2016.

ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N.; RODRIGUES, J. I. S.; SOFIATTI, V. Cotton response to water deficits at different growth stages. **Revista Caatinga**, v.30, p. 980-990, 2017.