

CRESCIMENTO INICIAL DE ALGODÃO CULTIVADO EM PLINTOSSOLO PÉTRICO CONCRECIONÁRIO*

MARCIO NIKKEL¹, SAULO DE OLIVEIRA LIMA²

* Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor.

¹ Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, Campus Gurupi, Rua Badejós, Lote 7, Chácaras 69/72, Zona Rural, CEP 77402-970, Caixa Postal 66, Gurupi, Tocantins, Brasil, markel.26@hotmail.com.

² Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal do Tocantins, Campus Gurupi, Rua Badejós, Lote 7, Chácaras 69/72, Zona Rural, CEP 77402-970, Caixa Postal 66, Gurupi, Tocantins, Brasil, saulolima@uft.edu.br.

RESUMO: O centro-norte do Brasil é uma região com forte presença de solo concrecionário, que apesar de apresentar desvantagem do ponto de vista agrônomo, não impede sua utilização na agricultura, pecuária ou silvicultura. Mediante a observação de estandes agrícolas com culturas neste tipo de solo, surgiu a hipótese de que concreções de petroplintita interferem negativamente. O objetivo do trabalho foi de verificar o crescimento e desenvolvimento de algodão (*Gossypium hirsutum*) cultivado em solo com a presença de nódulos de petroplintita e na ausência deles. Plintossolo Pétrico Concrecionário foi coletado na camada 0-0,20 m e parte do solo foi peneirado de modo que concreções maiores de 3,10 mm de diâmetro fossem retiradas, deixando assim dois tratamentos, solo com concreções e sem concreções petroplintita. O algodão cultivado em solo sem petroplintita teve maior crescimento aos 21 e 28 dias após a emergência (DAE), assim como maior taxa de crescimento absoluto. Médias de área foliar também foram maiores no algodão cultivado em solo sem petroplintita, 94,36 cm², ao passo que plantas de algodão cultivadas em solo com petroplintita tiveram média de 46,80 cm². Assim sendo, conclui-se que concreções de petroplintita interferem no desenvolvimento e crescimento do algodoeiro.

Palavras-chave: concreções, petroplintita, culturas anuais, restrição radicular, manejo do solo.

COTTON INITIAL GROWTH CULTIVATED IN CONCRETIONARY PETRIC PLINTHOSOL

ABSTRACT: The central-north of Brazil is a region with strong presence of concretionary soil, which, despite presenting disadvantages from the agronomic point of view, do not prevent their use in agriculture, livestock or forestry. Due to the observation of agricultural stands with crops in this type of soil, is hypothesized that plinthite ironstones concretions in the soil interfere negatively. The objective was to verify the growth and development of cotton (*Gossypium hirsutum*) cultivated in soil with the presence of plinthite ironstones and in the absence of them. Concretionary Petric Plinthosol were collected in the 0-0,20 m layer and part of the soil was sieved so that concretions larger than 3.10 mm in diameter were removed, thus leaving two treatments, soil with and without plinthite ironstones. Cotton grown in soil without ironstones showed higher growth at 21 and 28 days after emergence (DAE) as well in the absolute growth rate. Means of leaf area were bigger on cotton cultivated soil without ironstone, 94,36 cm², while cotton growth in soil with ironstone showed means 46,80 cm². Therefore, it is concluded that plinthite ironstones concretions interfere in the development and growth of cotton crops.

Keywords: concretions, plinthite ironstones, annual crops, root restriction, soil management.

1 INTRODUÇÃO

A cotonicultura é uma cultura de interesse nacional, uma vez que desempenha papel importante na balança comercial brasileira, sendo considerada como commodity agrícola do Brasil (PEROBELLI et al., 2016).

O algodão (*Gossypium hirsutum*) é uma planta herbácea, com hábito de crescimento indeterminado, cujo capulho produz fibras que variam entre 2,22 a 3,33 cm de comprimento e que segundo Fang et al. (2017) responde por 95% da produção mundial de fibras. Possui dois tipos de ramificação, monopodial, quando a gema apical é persistente e os ramos laterais nascem abaixo da extremidade e simpodial, quando a gema apical é não persistente, sendo substituída pela gema lateral imediatamente abaixo; dois tipos de folhas verdadeiras, as inseridas nos ramos e as dos frutos e; duas gemas, axilar e extra-axilar, que se encontram na base de cada folha (MONTEIRO et al., 2005; SILVA et al., 2011). O algodoeiro apresenta tolerância relativamente alta à seca, que se deve a sua capacidade de aprofundamento do sistema radicular em condições de déficit hídrico (ALMEIDA et al., 2017) que alcança profundidades de 150 cm (CHEN et al., 2018).

A produção e a qualidade do algodão brasileiro foram conquistadas devido à pesquisa e desenvolvimento de material vegetal adaptado às condições edafoclimáticas das atuais regiões produtoras e o desenvolvimento de germoplasmas com as características técnicas da fibra exigidas pela indústria (TELES; FUCK, 2016).

De acordo com a Conab (ALGODÃO, 2018) a produção de pluma de algodão na safra 2017/2018 foi em torno de 1.789.000 toneladas, onde os estados de Mato Grosso, Bahia e Mato Grosso do Sul figuram como maiores produtores. A produção do Tocantins foi de 3.600 toneladas.

Uma das características dos solos tocantinenses é a grande quantidade de Plintossolos (SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO DO TOCANTINS, 2015). Plintossolos são solos minerais, formados sob condição de restrição à

percolação da água, sujeitos ao efeito temporário de excesso de umidade, geralmente mal ou imperfeitamente drenados, com expressiva plintitização, com ou sem petroplintitas (EMBRAPA, 2018). A plintita é uma formação proveniente da mistura de argila, pobre em carbono orgânico e rica em ferro, ou ferro e alumínio, com grãos de quartzo e outros minerais. É um material distinto do solo, uma vez que é rica em óxido de ferro que pode ser encontrada em forma laminar, nodular, esferoidal ou irregular, com diâmetros maiores que 2 mm, sendo firme quando úmida e muito dura quando seca, já petroplintitas, após ciclos repetitivos de umedecimento e ressecamento sofrem consolidação vigorosa, ganhando aspecto pétrico de forma irreversível (EMBRAPA, 2018).

Apesar de apresentar características indesejáveis do ponto de vista agrônomo (AZEVEDO; BUENO, 2017), o uso agrícola nesta ordem de solo (Plintossolos) não chega a ser um empecilho, com o cultivo de espécies de interesse econômico, como soja e feijão, (NIKKEL; LIMA, 2017) as quais requerem considerável mecanização agrícola. Contudo, agricultores comentam que a produtividade sobre esta ordem de solo são menores quando comparado à outras ordens de solos, como Latossolos, por exemplo. Quanto a isto, é possível que as plantas possam estar gastando maior quantidade de fotoassimilados no sistema radicular, pois as concreções de petroplintita, quando em horizonte concrecionário em posição diagnóstica, atuam como um ambiente restritivo para o livre crescimento das raízes, assim como, interferirem na percolação de água no perfil de solo.

Diante disso, um estudo em relação a interação deste solo e as plantas se justifica. Características fenológicas de plantas mostram forte diferenciação genética ao longo de gradientes climáticos naturais e relevo que resultam em adaptações ecótopas e neste sentido, características abióticas e bióticas do solo tem recebido atenção como fatores ecologicamente importantes na previsão de variações de diversas características

fenológicas (WARE et al., 2019). Logo, a morfologia de plantas compreende o estudo da anatomia vegetal e reflete a adaptação ecológica das plantas, devido a forte relação entre forma e seu funcionamento, visto que tem intensa relação com a fisiologia.

Assim, a análise de crescimento continua sendo o meio mais acessível, de baixo custo e com precisão para avaliar o crescimento e entender a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o comportamento vegetal (LEMES et al., 2018) influenciados por meio de fatores ambientais, genéticos e agrônômicos (RIBEIRO et al., 2018).

A partir dos dados de crescimento podem-se estimar as causas de variações de crescimento entre plantas submetidas a ambientes diferentes as quais podem ser estudadas através de medidas distintas, número de unidades estruturais, medidas de superfície e massa da matéria seca (POMMERENING; MUSZTA, 2016; KÖRNER, 2018).

Uma vez que ainda é incerta a influência que concreções de petroplintita presentes no solo exercem no desenvolvimento de culturas de interesse agrônômico, este trabalho tem como objetivo avaliar, por meio

de avaliações morfológicas, a interferência da petroplintita no crescimento do algodoeiro cultivado em Plintossolo Pétrico Concrecionário.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na estação experimental da Universidade Federal do Tocantins (UFT), Campus Universitário de Gurupi, localizado na região sul do estado do Tocantins a 11° 43' S e 49° 04' W, a 280 m de altitude. O clima local, segundo a classificação de Köppen, é tropical de savana (Aw) (DUBREUIL et al., 2018). A temperatura média anual é de 27°C e precipitação média anual de 1.500 mm, sendo verão chuvoso, inverno seco e elevado déficit hídrico entre os meses de maio a outubro.

O solo, descrito é classificado (Tabela 1) como Plintossolo Pétrico Concrecionário argissólico litoplântico (EMBRAPA, 2018) e foi coletado em área nativa de Cerrado na camada arável de 0,0 - 0,20 m e secado ao sol. Parte do solo foi peneirado em peneiras com malha até 3,10 mm a fim de separar as concreções mais grosseiras de petroplintita.

Tabela 1. Características morfológicas do solo estudado em Gurupi, TO.

Profundidade (m)	Horizonte	Textura	Cor úmida	Estrutura		
				Tipo	Classe	Grau
0,0 - 0,27	Ac	franco-argilo-arenosa-casc.	7,5YR 3/3	fraca	muito pequena	granular
0,27 - 0,44	ABc	argilo-arenosa casc.	7,5YR 4/4	fraca	muito pequena	granular
0,47 - 1,38	Btc	argila casc.	5YR 5/8	fraca blocos subangulares que se desfaz em fraca muito pequena granular		
1,38 - 1,50 +	F	-	2,5YR 4/4	muito casc.	maciça	

⁽¹⁾ casc = cascalhenta.

Foram obtidos dois tratamentos, solo com concreções de petroplintita e solo sem essas concreções. Foram retiradas amostras de solo na camada arável 0 – 0,20 m onde frações maiores que 2 mm de diâmetro foram removidas, de acordo com o Manual de

Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 2017) para análises físico-químicas. A análise textural mostrou que o solo possui 645 g.kg⁻¹ de areia, 50 g.kg⁻¹ de silte e 305 g.kg⁻¹ de argila. Com base nos resultados da análise química, foi feita a incubação de solo para

neutralização do Al, elevação do pH e suprimento de Ca e Mg na quantidade de calcário de 820 kg.ha⁻¹. Buscou-se adubar os experimentos de forma básica, de modo que as plantas tivessem condições suficientes para se desenvolver, uma vez que o objetivo não foi avaliar produção, mas o comportamento das espécies com mínimo de interferência possível da adubação e estimular o crescimento que pudesse refletir nas variáveis avaliadas, pois maiores quantidades de nutrientes no solo poderiam mascarar os experimentos.

O solo foi adubado com base na recomendação de Ribeiro, Guimarães e Alvarez (1999) com 20 kg.ha⁻¹ de N, 70 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg.ha⁻¹ K₂O com as fontes ureia (44% de N), superfosfato simples (18% de P₂O₅) e cloreto de potássio (58% de K₂O), respectivamente. Sacos plásticos com volume de um L foram preenchidos com solo, com e sem petroplintita e posteriormente semeados com sementes de algodão da cultivar Monsanto 1536 RR Flex com oito repetições por tratamento, os quais foram colocados no chão, sobre tábuas de madeira, ao ar livre. A semeadura ocorreu em fevereiro de 2017 e aos três dias após a emergência (DAE) fez-se o desbaste, deixando apenas uma planta por saco plástico. A irrigação foi suplementar, a cada dois dias foi realizada, de modo que o solo chegasse a 80% da capacidade de campo. Após 14 DAE, fez-se uma aplicação de Acetamiprido (20 g do ingrediente ativo.ha⁻¹) para controlar pulgão (*Aphis gossypii*), cigarrinha (*Empoasca spp*) e mosca-branca (*Bemisia tabaci*).

Aos 21 DAE e aos 28 DAE foi realizada a medição de altura das plantas e posteriormente calculada a taxa de crescimento absoluto (TCA) utilizando a fórmula:

$$TCA = \frac{A2-A1}{T2-T1} \quad (1)$$

Onde: A2 se refere a medição final, A1 a medição inicial e o intervalo de tempo, T2 o tempo final e T1 o tempo inicial.

Já aos 38 DAE encerrou-se o experimento onde foi feito o cálculo de área foliar pelo método destrutivo. O estágio vegetativo das plantas se encontrava entre V2 e V5. Cada planta teve suas folhas retiradas, cortadas rente ao pecíolo e colocadas em uma folha branca com régua graduada. Fez então uma fotografia digital e posterior análise da área foliar com o programa imageJ (RUEDEN et al., 2017). Separou-se a parte aérea e o sistema radicular o qual posteriormente foi lavado em água corrente e após, colocados em estufa de secagem com circulação forçada a 65°C durante 72 h. Em seguida, as respectivas massas secas foram pesadas em balança de precisão para obtenção da massa seca radicular, massa seca da parte aérea, massa seca total e relação parte aérea radicular.

O teste para a verificação da existência de normalidade dos dados utilizados não foi realizado, uma vez que não é recomendável proceder ao teste em amostras de tamanho menor ou igual a dez e sim, partir diretamente para uma estratégia não paramétrica de análise (TORMAN; COSTER; RIBOLDI, 2012; LE BOEDEC, 2016). Diante disso, as médias foram comparados por meio de teste de Wilcoxon para amostras independentes ao nível de 5% de probabilidade, utilizando o suplemento ActionStat (PERIOTTO; GUALTIERI, 2017) para Excel (MICROSOFT, 2016).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 constam valores da granulometria do solo coletado e a sua respectiva composição de concreções no solo, o que correspondeu a mais de 65% da massa de solo. A Tabela 3 apresenta as médias de crescimento (em cm) de algodão aos 21 DAE e 28 DAE e taxa de crescimento absoluto (TCA), cultivado em solo com petroplintita e sem petroplintita. Pode-se observar que houve diferença estatística em todas as avaliações.

Tabela 2. Granulometria de Plintossolo Pétrico coletado na camada 0 – 0,20 m, em Gurupi, TO.

Abertura malha (mm)	12,00	10,00	7,93	6,39	4,00	3,10	< 3,10
Peso ¹ (g.1000 g ⁻¹)	4,24	6,63	38,75	103,27	362,4	159,4	325,35
%	0,42	0,66	3,87	10,33	36,24	15,94	32,54

¹ Os valores se referem ao peso das concreções retidas nas peneiras.

Tabela 3. Médias de crescimento (em cm) da parte aérea aos 21 DAE, 28 DAE e taxa de crescimento absoluto (TCA) (em cm) de algodão (*Gossypium hirsutum*) cultivado em solo com e sem concreções de petroplintita em Gurupi, TO.

	21 DAE	28 DAE	TCA
Solo com petroplintita	12,05 b	13,48 b	0,20 b
Solo sem petroplintita	15,26 a	18,67 a	0,48 a

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Wilcoxon independente a 5 % de probabilidade; Coeficiente de Variação: 21 DAE, 20%; 28 DAE, 22%; TCA, 59%.

Aos 21 DAE, o algodão cultivado em solo sem petroplintita apresentou maior valor, 15,23 cm, ao passo que o algodão cultivado em solo com petroplintita apenas 12,05 cm. O mesmo pôde ser observado aos 28 DAE, onde o algodão cultivado em solo sem petroplintita apresentou maior valor, 18,67 cm, e o algodão cultivado em solo com petroplintita 13,48 cm. Quanto a taxa de crescimento absoluto, que é o crescimento do algodão entre o período de avaliação, dos 21 aos 28 DAE, o algodão cultivado em solo sem petroplintita apresentou valor de 0,48 cm dia⁻¹, já o algodão cultivado em solo com petroplintita apresentou crescimento menor, 0,20 cm dia⁻¹. A análise quantitativa do crescimento é uma ferramenta e a maneira mais acessível e precisa para avaliar o desenvolvimento vegetal e a contribuição de diferentes processos fisiológicos sobre o seu desempenho, submetidas a diferentes ou iguais condições agroecológicas (POMMERENING;

MUSZTA, 2016). O atraso no desenvolvimento de plantas ou estádios fenológicos ou subperíodos de desenvolvimento observado neste experimento pode afetar estádios posteriores como floração e mais posteriormente a produtividade do algodão.

A tabela 4 apresenta a área foliar (AF) total (cm²) e a média de área foliar por folha (cm² folha⁻¹) de algodão cultivado em solo com petroplintita e sem petroplintita. Pode-se observar que houve diferença estatística em ambos os parâmetros avaliados. Em relação a área foliar total, o algodão cultivado em solo sem petroplintita apresentou maior valor, 94,36 cm², enquanto o algodão cultivado em solo com petroplintita, 46,8 cm². Quanto as médias de área foliar por folha, o algodão cultivado em solo sem petroplintita apresentou médias de, 19,35 cm², e o algodão cultivado em solo com petroplintita, 11,7 cm².

Tabela 4. Valores de área foliar aos 38 DAE de algodão (*Gossypium hirsutum*) cultivado em solo com e sem concreções de petroplintita em Gurupi, TO.

	Total (cm ²)	Média (cm ² folha ⁻¹)
Solo com petroplintita	46,80 b	11,70 b
Solo sem petroplintita	94,36 a	19,35 a

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Wilcoxon independente a 5 % de probabilidade; Coeficiente de Variação: Total, 50%; média, 41%.

A área foliar de uma cobertura vegetal é resultante das respostas ecofisiológicas das plantas às condições físicas, químicas e biológicas do solo, microclima, herbivoria,

doenças, competição e a interação destes em outros estágios da vegetação (HARDWICK et al., 2015; SILVA et al., 2015; VISAKORPI et al., 2018).

A medição da área foliar pode ser um importante parâmetro em estudos relacionados com morfologia, anatomia e ecofisiologia vegetal, já que permite a obtenção de um indicador fundamental para a compreensão das respostas da planta a fatores ambientais específicos, visto que são dados de partes da planta que estão intimamente ligada à quantidade de radiação interceptada (TRIPATHI et al., 2018).

Neste estudo, as condições físicas do solo interferiram na AF. Em geral, solos compactados, ou seja, sistema radicular em um ambiente de restrição, reduzem a AF do algodoeiro (FALKOSKI FILHO; BATISTA; ROSOLEM, 2013), pois em condições de estresse das plantas, estresse hídrico, por exemplo, fotoassimilados são direcionados para o sistema radicular reduzindo o crescimento da parte aérea (VELHO et al., 2017). Como a AF do algodoeiro semeado em solo com petroplintita foi menor estatisticamente, uma das hipóteses sugere que a planta tenha gastado mais fotoassimilados no sistema radicular para se desenvolver num ambiente restritivo, neste caso as concreções de petroplintita, e por consequência,

comprometeu o desenvolvimento da parte aérea das plantas nos estágios iniciais da cultura, tanto em área foliar quanto em altura.

Em um estudo com girassol, Scapinelli et al. (2016) perceberam que a compactação do solo desencadeou reflexos no desenvolvimento vegetativo da cultura, diminuindo a altura das plantas. Iijima e Kato (2007), em um estudo sobre o crescimento radicular sob anaerobiose, restrição hídrica e mecânica de quatro culturas agrícolas, perceberam que as raízes do algodão mostraram alongação radicular mais estável que as outras culturas. Neste sentido, uma vez que o sistema radicular do algodão é considerado resistente, menor AF do algodão cultivado em solo com petroplintita pode ser um indício de que concreções de petroplintita podem restringir o desenvolvimento radicular da cultura.

A Tabela 5 apresenta a média (em g) de massa seca da parte aérea (MSA); massa seca da raiz (MSR); massa seca total (MST) e relação parte aérea parte radicular ($MSA.MSR^{-1}$) de algodão cultivado em solo com e sem concreções de petroplintita. Houve diferença estatística da massa seca da parte aérea, massa seca total e relação parte aérea radicular.

Tabela 5. Médias (em g) de massa seca da parte aérea (MSA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação parte aérea radicular ($MSA.MSR^{-1}$) aos 38 DAE de algodão (*Gossypium hirsutum*) cultivada em solo com e sem concreções de petroplintita em Gurupi, TO.

	MSA	MSR	MST	$MSA.MSR^{-1}$
Solo com petroplintita	0,49 b	0,14 a	0,64 b	3,43 b
Solo sem petroplintita	0,91 a	0,14 a	1,05 a	6,62 a

Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Wilcoxon independente a 5 % de probabilidade; Coeficiente de Variação: MSA, 53%; MSR, 34%; MST, 48%; $MSA.MSR^{-1}$, 44%.

A maior média de massa seca da parte aérea foi no algodão cultivado em solo sem petroplintita, com média de 0,91 g, já no algodão cultivado em solo com petroplintita, o valor foi de 0,49 g. Em relação a massa seca total, o algodão cultivado em solo sem petroplintita teve peso de 1,05 g ao passo que o algodão em solo com petroplintita, 0,64 g. Quanto a relação parte aérea radicular, o algodão cultivado em solo com petroplintita, teve relação 6,62, já o algodão cultivado em solo sem petroplintita, relação 3,43. Os valores demonstram um indício de que o

algodão cultivado em solo com petroplintita desenvolveu-se fisiologicamente tentando superar ou se adaptar a uma barreira física no solo, contudo, foi incapaz de repassar seiva bruta adequadamente para a planta e esta incapaz de produzir fotoassimilados em quantidade satisfatória para a parte aérea, gastando mais no sistema radicular, como indicam os valores de MSR em relação à $MSA.MSR^{-1}$.

Silva, Maia e Bianchini (2006) ao avaliarem o crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, entre elas o

algodão, considerando diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, com 56,9% de areia 9,0% de argila e 34,1% silte, sob condição de irrigação subsuperficial, observaram que a massa seca relativa total da parte aérea da cultura teve um comportamento decrescente à medida que a densidade do solo aumentava após $1,1 \text{ Mg.m}^{-3}$, o que pôde ser observado também na altura relativa.

Contudo, Falkoski Filho, Batista e Rosolem (2013) ao avaliarem a sensibilidade de cinco cultivares de algodão à compactação do solo em um Nitossolo Vermelho de textura argilosa, perceberam que as cultivares de algodão avaliadas apresentaram variabilidade quanto à sensibilidade na resistência do solo à penetração refletida na massa seca da parte aérea e radicular aos 23 DAE, onde a compactação não evitou o desenvolvimento radicular quando estava compactado a 1,92 MPa, mas que a resistência à penetração (RP) entre 0,92 a 1,06 MPa reduziu em 50 % o crescimento radicular do algodoeiro.

Diante disso, relacionando o crescimento, AF e as respectivas massas secas das plantas de algodão avaliadas, pode-se

interpretar que as concreções de petroplintita exerceram influência no seu desenvolvimento. A interpretação de Iijima e Kato (2007), quanto a estabilidade celular radicular do algodoeiro é corroborada pelo experimento Falkoski Filho, Batista e Rosolem (2013) do ponto de vista da variabilidade de cultivares de algodão, logo, em paralelo a este experimento, a cultivar avaliada mostrou alta sensibilidade ao solo com petroplintita.

4 CONCLUSÕES

Concreções petroplínticas interferem no crescimento e/ou desenvolvimento vegetativo do algodoeiro.

Algodão tem menor área foliar e matéria seca da parte aérea nos estádios vegetativos iniciais quando cultivado em solo com concreções de petroplintita.

5 AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

6 REFERÊNCIAS

ALGODÃO. Observatório agrícola. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. **CONAB**, Brasília, v. 5, n. 5, p. 50- 56, 2018. Quinto levantamento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/12569_5b3e0e675171f49a5b1e9215edc1064a> Acesso em: 24 de jun. de 2018.

ALMEIDA, E. S. A. B.; PEREIRA, J. R.; AZEVEDO, C. A. V.; ARAÚJO, W. P.; ZONTA, J. H.; CORDÃO, M. A. Algodoeiro herbáceo submetido a déficit hídrico: produção. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, v. 13, n. 1, p. 22-28, 2017.

AZEVEDO, J. R.; BUENO, C. R. P. Potencialidades e limitações agrícolas de solos em assentamento de reforma agrária no município de Chapadinha-MA. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 17, n. 3, p. 1-13, 2017.

CHEN, J.; LIU, L.; WANG, Z.; SUN, H.; ZHANG, Y.; LU, Z.; LI, C. Determining the effects of nitrogen rate on cotton root growth and distribution with soil cores and minirhizotrons. **Plos One**, San Francisco, v. 13, n. 5, p. 1-14, 2018.

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; NETO, J. L. S. A. Les types de climats annuels comme marqueurs du changement climatique au Brésil de 1964 a 2015. **Revista Franco-Brasileira de Geografia**, São Paulo, v. 37. n. 1, p. 406-411, 2018.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

FALKOSKI FILHO, J.; BATISTA, I.; ROSOLEM, C. A. Sensibilidade de cultivares de algodoeiro à compactação do solo. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3645-3654, 2013.

FANG, L.; WANG, Q.; HU, Y.; JIA, Y.; CHEN, J.; LIU, B.; ZHANG, Z.; GUAN, X.; CHEN, S.; ZHOU, B.; MEI, G.; SUN, J.; PAN, Z.; HE, S.; XIAO, S.; SHI, W.; GONG, W.; LIU, J.; MA, J.; CAI, C.; ZHU, X.; GUO, W.; DU, X.; ZHANG, T. Genomic analyses in cotton identify signatures of selection and loci associated with fiber quality and yield traits. **Nature Genetics**, New York, v. 49, n. 7, p. 1089-1091, 2017.

HARDWICK, S. R.; TOUMI, R.; PFEIFER, M.; TURNER, E. C.; NILUS, R.; EWERS, R. M. The relationship between leaf area index and microclimate in tropical forest and oil palm plantation: Forest disturbance drives changes in microclimate. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 201, n. 1, p. 187-195, 2015.

IJIMA, M.; KATO, J. Combined soil physical stress of soil drying, anaerobiosis and mechanical impedance to seedling root growth of four crop species. **Plant Production Science**, Tokyo, v. 10, n. 4, p. 451-459, 2007.

KÖRNER, C. Concepts in empirical plant ecology. **Plant Ecology & Diversity**, Edinburgh, v. 11, n. 4, p. 405-42, 2018.

LE BOEDEC, K. Sensitivity and specificity of normality tests and consequences on reference interval accuracy at small sample size: a computer-simulation study. **Veterinary Clinical Pathology**, New Jersey, v. 45, n. 4, p. 648-656, 2016.

LEMES, E. S.; OLIVEIRA, S.; NEVES, E. H.; RITTER, R.; MENDONÇA, A. O.; MENEGHELLO, G. E. Crescimento inicial e acúmulo de sódio em plantas de arroz submetidas à salinidade. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 61, n. 1, p. 01-09, 2018.

MICROSOFT. **Microsoft Office Excel**. Version 16. Redmond: Microsoft Corporation, 2016.

MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGATO, E. J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A. V.; PRELA, A. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 15-24, 2005.

NIKKEL, M.; LIMA, S. O. Distribuição espacial da matéria orgânica do solo sob o uso de diferentes pivôs centrais. **Acta Iguazu**, Cascavel, v. 6, n. 3, p. 56-64, 2017.

PERIOTTO, F.; JULIANO GUALTIERI, S. C. Germinação e desenvolvimento inicial de *Campomanesia pubescens* (DC.) O. Berg (Myrtaceae) em diferentes substratos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 743-752, 2017.

PEROBELLI, F. S.; VALE, V. A.; BELGO, T. M. LANZIOTTI, F. Avaliação espacial das fontes de crescimento de um conjunto de commodities agrícolas brasileiras exportáveis entre 2003-2013. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 14, n. 1-3, p. 1-40, 2016.

POMMERENING, A.; MUSZTA, A. Relative plant growth revisited: Towards a mathematical standardisation of separate approaches. **Ecological Modelling**, Amsterdam, v. 320, n. 1, p. 383-392, 2016.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

RIBEIRO, R. M. P.; ALBUQUERQUE, J. R. T. D.; SANTOS, M. G. D.; BARROS JÚNIOR, A. P.; GRANGEIRO, L. C.; SILVEIRA, L. M. D. Growth dynamics of sesame cultivars. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 4, p. 1062-1068, 2018.

RUEDEN, C. T.; SCHINDELIN, J.; HINER, M. C.; DEZONIA, B. E.; WALTER, A. E.; ARENA, E. T.; ELICEIRI, K. W. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. **BMC Bioinformatics**, London, v. 18, n. 529, p. 1-26, 2017.

SCAPINELLI, A.; DEINA, F. R.; VALADÃO JUNIOR, D. D.; VALADÃO, F. C. A.; PEREIRA, L. B. Sistema radicular e componentes produtivos do girassol em solo compactado. **Bragantia**, Campinas, v. 75, n. 4, p. 474-486, 2016.

SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO DO TOCANTINS. Superintendência de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. **Produto cartográfico, solos do Tocantins**. Palmas: SEPLAN, abr. 2015.

SILVA, E. R. A. C.; GALVÍNIO, J. D.; BRANDÃO NETO, J. L.; MORAIS, Y. C. B. Space-time analysis of environmental changes and your reflection on the development of phenological of vegetation of mangrove. **Journal of Agriculture and Environmental Sciences**, Madison, v. 4, n. 1, p. 245-253, 2015.

SILVA, G. J.; MAIA, J. C. D. S.; BIANCHINI, A. Crescimento da parte aérea de plantas cultivadas em vaso, submetidas à irrigação subsuperficial e a diferentes graus de compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 31-40, 2006.

SILVA, I. P. F.; JUNIOR, J. F. S.; ARALDI, R.; TANAKA, A. A.; GIROTTO, M.; BOSQUE, G. G.; LIMA, F. Estudos das fases fenológicas do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 10, n. 20, p. 1-10, 2011.

TELES, G. C.; FUCK, M. P. Pesquisa e desenvolvimento de cultivares: o perfil tecnológico da cotonicultura brasileira. **Informe Gepec**, Toledo, v. 20, n. 1, p. 61-77, jan./jun. 2016.

TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. Normality of variables: diagnosis methods and comparison of some nonparametric tests by simulation. **Revista Hospital das Clínicas de Porto Alegre**, Porto Alegre, v. 32, n. 2, p. 227-234, 2012.

TRIPATHI, A.; POHANKOVÁ, E.; FISCHER, M.; ORSÁG, M.; TRNKA, M.; KLEM, K.; MAREK, M. The evaluation of radiation use efficiency and leaf area index development for the estimation of biomass accumulation in short rotation poplar and annual field crops. **Forests**, Basel, v. 9, n. 4, p. 168-184, 2018.

VELHO, L. P. S.; GEMELI, M. S.; TREVISANI, N.; PEREIRA, T. C. V.; CERUTTI, P. H.; MELO, R. C. D.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M.; CORRÊA, S. C. Phenotypic correlation and direct and indirect effects of aerial part components with root distribution of common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 52, n. 5, p. 328-334, 2017.

VISAKORPI, K.; GRIPENBERG, S.; MALHI, Y.; BOLAS, C.; OLIVERAS, I.; HARRIS, N.; RIFAI, S.; RIUTTA, T. Small-scale indirect plant responses to insect herbivory could have major impacts on canopy photosynthesis and isoprene emission. **New Phytologist**, Lancaster, v. 220, n. 3, p. 799-810, 2018.

WARE, I. M.; VAN NULAND, M. E.; SCHWEITZER, J. A.; YANG, Z.; SCHADT, C. W.; SIDAK-LOFTIS, L. C.; STONE, N. E.; BUSCH, J. D.; WAGNER, D. M.; BAILEY, J. K. Climate-driven reduction of genetic variation in plant phenology alters soil communities and nutrient pools. **Global Change Biology**, Chicago, v. 25, n. 4, p. 1514-1528, 2019.