



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM AGRONOMIA

VINÍCIUS JOSÉ SOUZA PERES

SINCRONISMO DE LIBERAÇÃO DE POTÁSSIO DE RESÍDUOS DE *Urochloa*  
*ruzizensis* E SUA ABSORÇÃO POR CULTIVARES DE ALGODOEIRO

Presidente Prudente - SP  
2018



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO EM AGRONOMIA

VINÍCIUS JOSÉ SOUZA PERES

**SINCRONISMO DE LIBERAÇÃO DE POTÁSSIO DE RESÍDUOS DE *Urochloa*  
*ruzizensis* E SUA ABSORÇÃO POR CULTIVARES DE ALGODOEIRO**

Dissertação apresentada à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador:  
Prof. Dr. Fábio Rafael Echer

Co-orientador:  
Ciro Antônio Rosolem

Presidente Prudente - SP  
2018

633.51  
P437s

Peres, Vinícius José Souza.

Sincronismo de liberação de potássio de resíduos de *Urochloa ruziziensis* e sua absorção por cultivares de algodoeiro / Vinícius José Souza Peres. – Presidente Prudente, 2018.

63 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2018.

Bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Rafael Echer

1. *Gossypium hirsutum*. 2. Sistema de semeadura direta. 3. Lixiviação. I. Título.

## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

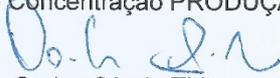
TÍTULO: "SINCRONISMO DE LIBERAÇÃO DE POTÁSSIO DE RESÍDUOS DE *Urochloa ruziziensis* E SUA ABSORÇÃO POR CULTIVARES DE ALGODOEIRO"

AUTOR(A): VINICIUS JOSÉ SOUZA PERES

ORIENTADOR(A): FÁBIO RAFAEL ECHER

Aprovado(a) como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE em AGRONOMIA

Área de Concentração PRODUÇÃO VEGETAL, pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

  
Prof. Dr. Fábio Rafael Echer

UNOESTE - Universidade do Oeste Paulista / Presidente Prudente (SP)

  
Dr. Júlio César Bogiani

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / Campinas(SP)

Data da realização: Presidente Prudente, 12 de dezembro de 2018.

## **DEDICATÓRIA**

Esse trabalho é dedicado aos meus pais, por serem a minha base, os responsáveis por eu conseguir chegar até aqui, concluindo uma fase de grande importância na vida.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por iluminar o meu caminho e a minha mente, principalmente nos momentos difíceis.

Ao meu orientador, Dr. Fábio Rafael Echer, pela disponibilidade de orientação no Programa de Pós-Graduação, pela confiança, suporte, ensinamentos, incentivo, amizade e compreensão, dedicados a mim neste período.

À minha família, que estiveram sempre presentes, me incentivando a chegar até aqui.

À minha namorada Eliane Batista Viúdes, pelo carinho, amor, apoio e principalmente pela compreensão neste período.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de bolsa de estudos referente ao processo nº 2016/16736-4.

À Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior-Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001.

À Fundação Agrisus, pelos recursos concedidos para a realização deste projeto.

Aos meus amigos do Grupo de Pesquisa Agropecuária do Oeste Paulista (GPAGRO), Alexandre Paião, Alexandrius Barbosa, Amarildo Francisquini, Tiago Catuchi, Luanda Feba, William Takata, Frank Kuwahara, Wellington Guerra, pelo companheirismo, auxílio e descontração, enfim, por tornarem meu trabalho mais leve.

Aos meus amigos do Grupo de Estudos do Algodão (GEA), Carlos Felipe Cordeiro, Bruno Poloto, Guilherme Dias, Bruno Senna, Rafael Senna, Daniel Rodela, Leonardo Galdi, Iago Fernandes, Gustavo Silva, Giuliano Oliveira, Carol Honorato e Beatriz Azóia pela contribuição, esforço e amizade construída durante as longas horas de trabalho.

Aos funcionários do Laboratório de Solos e Tecido Vegetal, assim como da Fazenda Experimental da UNOESTE, pelo auxílio na execução do experimento.

A todo corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela contribuição na minha formação como pessoa e como profissional.

Ao grande amigo Elton Anderson Aranda, que não se encontra mais entre nós, mas continua sendo exemplo de perseverança e amor a nossa profissão.

A todos, meus sinceros agradecimentos.

*“Cada um de nós compõe a sua história  
Cada ser em si  
Carrega o dom de ser capaz  
E ser feliz”. (Almir Sater)*

## RESUMO

### **Sincronismo de liberação de potássio de resíduos de *Urochloa ruziziensis* e sua absorção por cultivares de algodoeiro**

O potássio (K) não está associado a nenhuma estrutura orgânica, permitindo que ele seja aplicado na cultura antecessora em sistema de semeadura direta. O objetivo deste trabalho foi avaliar o sincronismo de liberação de K pela palhada de *Urochloa ruziziensis* e a sua absorção por cultivares de algodoeiro sob diferentes manejos de adubação potássica. O delineamento experimental foi em esquema fatorial 2x6 com cinco repetições, formado por duas cultivares de algodoeiro, uma precoce (FM 913GLT) e outra tardia (FM 983GLT) e o manejo do K: 0 K-SB - Sem K e sem braquiária; 0 K-CB - Sem K e com braquiária; 140 K na B -140 kg de K<sub>2</sub>O aplicado na braquiária; 70 K na B e 70 K no A- 70 kg K<sub>2</sub>O aplicado na braquiária e 70 kg de K<sub>2</sub>O no algodoeiro (30 DAE); - 140 K no A-SB- 70 kg de K<sub>2</sub>O aos 30 DAE e 70 kg K<sub>2</sub>O aos 45 DAE no algodoeiro sem braquiária; 140 K no A-CB- 70 kg de K<sub>2</sub>O aos 30 DAE e 70 kg K<sub>2</sub>O aos 45 DAE no algodoeiro com braquiária. A maior parte do K é liberada dos resíduos da braquiária (*Urochloa ruziziensis*) nos primeiros 30 dias após a dessecação da forrageira, havendo sincronismo com sua absorção pelo algodoeiro, mas sem efeito das cultivares de algodoeiro na recuperação do K lixiviado no perfil do solo. Em solos com baixo teor de K e de matéria orgânica a dose de K aplicado na espécie forrageira deve ser parcelada metade na forrageira e metade no algodoeiro para que não haja perda significativa em produtividade. Novos estudos devem ser realizados para elucidar o efeito negativo da presença da forrageira sobre o desenvolvimento do algodoeiro e encontrar formas alternativas de manejo uma vez que em solos leves e com baixa capacidade de retenção de água a cobertura do solo é fundamental para a sustentabilidade agrícola.

**Palavras-chave:** *Gossypium hirsutum*. Sistema de semeadura direta. Lixiviação.

## ABSTRACT

### **Synchronism of potassium release from *Urochloa ruziziensis* residues and their uptake by cotton cultivars**

Potassium (K) is not associated with any organic structure, allowing it to be applied in the predecessor crop in direct seeding system. The objective of this work was to evaluate the timing of K release by *Urochloa ruziziensis* straw and its absorption by cotton cultivars under different managements of potassic fertilization. The experimental design was in a 2x6 factorial scheme with five replicates, consisting of two cotton cultivars, one early (FM 913GLT) and one late (FM 983GLT) and the management of K: 0 K-SB - Without K and without brachiaria; 0 K-CB - Without K and with brachiaria; 140 K in B -140 kg of K<sub>2</sub>O applied in the brachiaria; 70 K in B and 70 K in A-70 kg K<sub>2</sub>O applied in the bracharya and 70 kg of K<sub>2</sub>O in the cotton (30 DAE); - 140 K in A-SB- 70 kg of K<sub>2</sub>O at 30 DAE and 70 kg K<sub>2</sub>O at 45 DAE in cotton without brachiaria; 140 K in A-CB- 70 kg of K<sub>2</sub>O at 30 DAE and 70 kg K<sub>2</sub>O at 45 DAE in the cotton with brachiaria. Most of the potassium is released from the residues of Brachiaria (*Urochloa ruziziensis*) in the first 30 days after forage desiccation. There is a synchronism with the absorption by the cotton, but no effect of the cotton cultivars on the recovery of the leached potassium in the soil profile. In soils with low potassium and organic matter, the potassium dose applied to the forage species should be split in the forage and half in the cotton so that there is no significant loss of productivity. New studies should be conducted to highlight the negative effect of forage presence on cotton development and to find alternative forms of management since in light soils and with low water retention capacity the soil cover is fundamental for agricultural sustainability.

**Keywords:** *Gossypium hirsutum*. Direct seeding system. Leaching.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Dados climáticos do período experimental.....	26
FIGURA 2 – Dados da temperatura dentro da casa de vegetação durante o período de permanência dos rizotrons.....	32
FIGURA 3 – Teor de K no solo após a colheita do algodoeiro em cinco profundidades.....	35
FIGURA 4 – Média da massa da matéria seca da palha da braquiária dos tratamentos com cobertura do solo aos 0, 20, 40, 60 e 80 dias após a emergência do algodoeiro.....	36
FIGURA 5 – Média do residual de $K_2O$ da palha da braquiária dos tratamentos com cobertura do solo aos 0, 20, 40, 60 e 80 dias após a emergência do algodoeiro.....	36
FIGURA 6 – Acúmulo de K na planta (a), nas folhas (b), no caule (c) e nos frutos (d) aos 0, 20, 40, 60 e 80 e 120 dias após a emergência em diferentes manejos de adubação potássica.....	38
FIGURA 7 – Número médio de capulhos em cultivares de algodoeiro sob diferentes manejos de adubação potássica.....	43
FIGURA 8 – Resistência da fibra de cultivares de algodoeiro sob manejos de adubação potássica.....	46
FIGURA 9 – Comprimento da raiz principal (a), das raízes laterais (b) e o comprimento total das raízes (c) das cultivares de algodoeiro .....	47

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Soma dos valores de Graus-Dia durante o ciclo do algodoeiro.....	27
TABELA 2 – Descrição dos tratamentos e manejo da adubação potássica.....	27
TABELA 3 – Características químicas e granulométricas do solo.....	28
TABELA 4 – Características químicas do perfil do solo antes do manejo de adubação potássica.....	28
TABELA 5 – Características químicas e granulométrica do solo utilizado em casa de vegetação.....	32
TABELA 6 – Resumo da análise de variância para as variáveis com análise de regressão.....	34
TABELA 7 – Condutância estomática ( $\text{mmol H}_2\text{O}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) de cultivares de algodoeiro nos estádios fenológicos F1 (primeira flor), F7 (sétima flor) e C2 (segundo capulho).....	39
TABELA 8 – Índice de área foliar (IAF) aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência.....	39
TABELA 9 – Teor de macronutrientes em folhas de algodoeiro em razão do manejo da adubação potássica e das cultivares.....	40
TABELA 10 – Teor de micronutrientes em folhas de algodoeiro em razão do manejo da adubação potássica e das cultivares.....	41
TABELA 11 – Plantas por metro quadrado, altura e número de nós totais.....	42
TABELA 12 – Componentes de produção e produtividade de algodoeiro em caroço e em fibra nos tratamentos com manejo da adubação potássica em cultivares de algodoeiro.....	44
TABELA 13 – Qualidade tecnológica da fibra de cultivares de algodoeiro sob manejos da adubação potássica.....	45
TABELA 14 – Massa da matéria seca da parte aérea, raiz e relação de raiz/parte aérea.....	48
TABELA 15 – Comprimento, superfície, volume e diâmetro médio de raízes de cultivares de algodoeiro.....	48

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	17
<b>3</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	18
<b>4</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	19
4.1	Cultura do algodoeiro.....	19
4.2	Importância do K para o algodoeiro.....	20
4.3	Absorção de K por cultivares de algodoeiro.....	22
4.4	Efeito de plantas de cobertura sobre o K no solo.....	23
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	26
5.1	Experimento em campo.....	26
5.1.1	Características do local.....	26
5.1.2	Delineamento experimental.....	27
5.1.3	Instalação e desenvolvimento.....	28
5.1.4	Parâmetros avaliados.....	30
5.2	Experimento em casa de vegetação.....	31
5.3	Análise estatística.....	33
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	34
6.1	Nutrição e produtividade.....	34
6.2	Crescimento radicular .....	46
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	49
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	54
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	55

## 1 INTRODUÇÃO

O potássio (K) é um nutriente requerido pelo algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) em quantidade semelhante à do nitrogênio (N) (CASSMAN, 1993). Em média, aproximadamente 73 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O são necessários para cada tonelada de algodão em caroço produzido (CARVALHO et al., 2011), e a época de máxima taxa de absorção coincide com o florescimento (FURLANI JR. et al., 2001). Deste total, aproximadamente 22 kg ha<sup>-1</sup> são exportados (CARVALHO et al., 2011). Durante o desenvolvimento dos frutos a absorção de K é muito pequena, mas a translocação para os frutos é intensa (ROSOLEM; MIKKELSEN, 1989), de modo que há muito K nas cápsulas dos frutos.

O K desempenha um papel importante no metabolismo das plantas, pois está relacionado com o seu crescimento, desenvolvimento e produção. As deficiências de K podem ocasionar problemas em numerosas funções fisiológicas, incluindo relações hídricas, ativação enzimática, equilíbrio de carga, crescimento e produção reduzida, bem como a diminuição da resistência á estresses (OOSTERHUIS et al., 2013). A exigência de K para o crescimento ideal da planta é de 2 a 5% do peso seco da planta (MARSCHNER, 1995). O algodoeiro é mais sensível à deficiência de K do que a soja (*Glycine max* L.) e o milho (*Zea mays* L.) (COPE, 1981). O principal mecanismo de transporte do K até a raiz é a difusão (RUIZ et al., 1999), que contribui de 72 a 96% para a nutrição de K (OLIVEIRA et al., 2004). Contudo, o fluxo de massa pode ter contribuição significativa no processo quando a concentração de K na solução do solo é elevada.

Os solos arenosos apresentam como característica principal a baixa fertilidade natural, baixa retenção de água e capacidade de troca de cátions (CTC), devido aos reduzidos teores de matéria orgânica e argila (FONTES et al., 2001; MENDONÇA et al., 2006). Compreende-se que nesses solos o K disporá de menos cargas negativas para se associar, portanto, quando na presença de água, o K não adsorvido estará na solução do solo, aumentando a possibilidade de ocorrer fluxo de massa, mas aumentando também a possibilidade de ocorrer lixiviação (ROSOLEM; NAKAGAWA, 2001).

O cultivo de plantas de cobertura possibilita o uso deste K livre na solução do solo para formação de biomassa, e evita a lixiviação para as camadas mais profundas do solo, por isso, seu cultivo pode resultar em aumento dos teores

disponíveis de nutrientes nas camadas superficiais do solo (FIORIN, 1999), principalmente o K, por não ser metabolizado na planta e formar ligações com moléculas orgânicas de fácil reversibilidade, além de ser o íon mais abundante nas células vegetais (MARSCHNER, 1995). As quantidades de K na parte aérea de plantas de cobertura podem constituir uma fonte expressiva do nutriente às culturas subsequentes (ROSOLEM et al., 2006).

O K disponibilizado da palha, assim como aquele adicionado via adubação potássica, podem ser lixiviados no perfil do solo, dependendo da quantidade de chuva, da dose de nutriente aplicado e da textura do solo, entre outros fatores, o que faz com que o manejo da adubação potássica seja importante, tanto do ponto de vista econômico como ambiental (ROSOLEM et al., 2006). Rosolem e Nakagawa (2001) observaram que a lixiviação de K no perfil de um solo de textura média aumentou muito quando foram aplicadas doses de  $K_2O$  acima de  $80 \text{ kg ha}^{-1}$  por ano, independentemente do modo de aplicação do fertilizante.

## 2 JUSTIFICATIVA

Com a adoção do sistema de semeadura direta (SSD) e o uso de plantas de cobertura no sistema, incluindo as forrageiras, a dinâmica dos nutrientes no solo é alterada, exigindo novas linhas de pesquisa cujos resultados possam direcionar os produtores para o manejo eficiente do uso de fertilizantes, criar alternativas que facilitem as operações no campo, e principalmente, viabilizar áreas de baixa fertilidade, degradadas e de textura arenosa comuns na região do Oeste Paulista. Uma das alternativas a ser considerada é a antecipação da adubação potássica de semeadura do algodoeiro para a gramínea usada como cobertura do solo, que permite a retirada do adubo potássico do sulco de semeadura e, além dos benefícios de evitar o efeito salino do adubo potássico. Para tanto, é muito importante que ocorra uma sincronia de liberação do K pela palhada da gramínea e sua absorção pelo algodoeiro, principalmente no período de maior exigência da cultura. Portanto, faz-se necessário o estudo com cultivares de distintos ciclos de maturação, bem como das formas de parcelamento do adubo potássico na gramínea e no algodoeiro.

A adubação potássica fornecida na gramínea forrageira pode proporcionar aumento na taxa de crescimento das plantas de cobertura, reduzir as perdas por lixiviação deste nutriente em solo arenoso, melhorar a nutrição, o desempenho fisiológico, a produtividade e a qualidade da fibra do algodoeiro, sobretudo da cultivar tardia, pois o período de florescimento mais longo pode melhorar a sincronia de liberação de K da palhada e sua absorção pelo algodoeiro, além de que o sistema radicular mais vigoroso da cultivar tardia pode favorecer a absorção do K lixiviado para as camadas mais profundas do solo.

### 3 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resposta de cultivares de algodoeiro cultivados sob resíduos de *Urochloa ruziziensis* sob manejos da adubação potássica.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1 Cultura do algodoeiro

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) é uma dicotiledônea de elevada importância econômica e social (BELTRÃO, 2006), produzido em mais de 60 países, mas apenas cinco deles – China, Índia, Estados Unidos, Paquistão e Brasil – são responsáveis por aproximadamente 80% da produção mundial. Apesar da qualidade e multiplicidade de uso de suas sementes (óleo, proteína, celulose, fertilizante), o algodoeiro é cultivado, essencialmente, para a produção de fibras. Além disso, é também a segunda cultura mais importante na produção de óleo. A fibra de algodão atende cerca de 50% do consumo mundial de fibras e cerca de 70% do consumo brasileiro (CHIAVEGATO et al., 2009).

No Brasil, a cultura do algodoeiro herbáceo obteve ganhos bastante significativos na produtividade e seus componentes, além da percentagem de fibra e da própria qualidade intrínseca da fibra, com destaque para as características resistência e finura. Nos cerrados do Brasil, o algodoeiro desponta como uma das principais culturas em produtividade a qual, em regime de sequeiro, sem irrigação suplementar, apresenta média superior a 1100 kg ha<sup>-1</sup> de fibra, e com elevado rendimento industrial de fibras, superiores a 40% (BELTRÃO, 2006). Segundo a CONAB (2018), a estimativa para safra de algodão em caroço é de 4206 kg ha<sup>-1</sup>.

O algodoeiro é uma planta perene, com hábito de crescimento indeterminado, apresenta dois tipos de ramos (vegetativos e reprodutivos), estrutura foliar planofilar e elevado coeficiente de extinção da luz (LAMAS; FERREIRA, 2013). A rota de fixação de CO<sub>2</sub> é a típica das plantas C<sub>3</sub>, com elevada taxa de fotorrespiração (BELTRÃO; AZEVEDO, 1993).

O algodoeiro é uma planta exigente quanto à qualidade do solo, desenvolvendo seu máximo potencial produtivo em solos férteis, ricos em matéria orgânica, profundos, bem estruturados, permeáveis e bem drenados. Pode ser cultivado em diversos tipos de solos desde que sejam manejados com o objetivo de fornecer condições físicas, químicas e biológicas adequadas ao desenvolvimento da planta (CARVALHO et al., 2007).

## 4.2 Importância do K para o algodoeiro

O K é um nutriente requerido pelo algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), em quantidade semelhante à do nitrogênio (N), podendo ser extraído do solo a taxas de até 5,6 kg ha<sup>-1</sup> dia durante as fases de florescimento e frutificação (CASSMAN, 1993). Para cada quilograma de fibra produzida é necessária a absorção de 0,130 kg de K (SILVA et al., 1995). O fruto, incluindo sua casca, é o dreno dominante de K na planta (ROSOLEM; MIKKELSEN, 1991).

A deficiência do K resulta em menor deposição de celulose na parede secundária das fibras, causando decréscimo na maturidade, micronaire, alongamento, comprimento, perímetro e uniformidade (BENNETT et al., 1965). A planta carente em K tem ciclo mais curto, com maturação antecipada (SILVA et al., 1995), decréscimo na produção de fibras, na massa dos frutos e das sementes (PETTIGREW et al., 1996).

Os principais mecanismos de transporte do K à superfície radicular são o fluxo de massa e difusão (BARBER, 1962). Em condições normais, a grande maioria do transporte do K ocorre através da difusão, o fluxo de massa pode representar apenas 1 a 3% do transporte total de K (MARSCHNER, 1995; ROSOLEM et al., 2003). A difusão contribui para a nutrição de K em torno de 72 a 96% (OLIVEIRA et al., 2004).

Do ponto de vista fisiológico, o K é um macro elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas que afeta muitos processos fisiológicos fundamentais (WHITE; KARLEY, 2010). O K é o mais abundante nutriente inorgânico catiônico na planta, constituindo geralmente de 2 a 10% do peso seco (MARSCHNER, 1995; BEDNARZ; OOSTERHUIS, 1996). O K pode ser armazenado no citoplasma e/ou no vacúolo (MARSCHNER, 1995). Nas células das plantas, as concentrações de K são geralmente mais elevadas no citosol entre 130 e 150 mM, e as concentrações mais baixas, 20 a 100 mM, ocorrem nos vacúolos e determinam o transporte de K (FERNANDO et al., 1992; MARSCHNER, 1995).

O K move-se contra seu gradiente de concentração através dos transportadores de K<sup>+</sup> e dos canais localizados na membrana plasmática das células da raiz (ASHLEY et al., 2006), enquanto dois mecanismos de transportes independente são empregados: um, de alta afinidade seletiva via absorção ativa que permite a entrada de K<sup>+</sup> mesmo em baixas concentrações (<1 mM) que envolve o

bombeamento de prótons  $H^+$  para a membrana plasmática e complexos da ATPase, e outro, de baixa afinidade e passivo, mediado pelo canal que funciona principalmente em concentrações externas elevadas ( $>1$  mM) (BRITTO; KRONZUCKER, 2008; ALEMAN et al., 2011).

O K é indispensável para o funcionamento ótimo do aparelho fotossintético da planta (HARTT, 1969). Além do seu papel de regulador estomático, que mantém a pressão de turgescência, o K também exerce controle sobre a ativação da ribulose bifosfato carboxilase (MENGEL; KIRKBY, 2001), que é responsável por regular as taxas de fixação de  $CO_2$ , bem como a concentração de clorofila (PIER; BERKOWITZ, 1987). Além disso, os níveis de K controlam a ATPases da membrana interior dos cloroplastos que mantêm valores ótimos de pH para conversão eficiente de energia luminosa em energia química (BERKOWITZ; PETERS, 1993). Foram relatadas reduções significativas nas taxas de fotossíntese do algodoeiro devido à baixa disponibilidade de K, atribuídas principalmente às limitações estomáticas (BEDNARZ; OOSTERHUIS, 1999; ZHAO et al., 2001, PERVEZ et al., 2004). O K tem sido relatado como controlador da taxa de transpiração através do seu efeito sobre a função estomática (BLATT, 1988) e, conseqüentemente, o transporte da raiz de sais minerais, nitrato e aminoácidos. Além do K ser essencial para a manutenção de gradientes osmóticos e de pH entre o floema e as células do parênquima dentro dos tubos de peneira que são necessárias para o carregamento e transporte do floema e de assimilados (MARSCHNER, 1995), ele também fornece a energia necessária para o floema transmembrantar recarregar seus processos (GAJDANOWICZ et al., 2011).

Níveis mais baixos do que o ideal de K resultam em acúmulo de carboidratos em várias espécies de plantas (AMTMANN et al., 2008; AMTMANN; ARMENGAUD, 2009), incluindo o algodoeiro (BEDNARZ; OOSTERHUIS, 1999; PETTIGREW, 1999; ZHAO et al., 2001). Em apoio a essas observações, Ashley e Goodson (1972) observaram que o nível insuficiente de K reduziu severamente a translocação de fotoassimilados marcado com  $^{14}C$ . No entanto, Bednarz et al. (1998) relataram que a deficiência de K aumentou as taxas de transpiração enquanto o oposto foi observado por Zhao et al. (2001) e Pervez et al. (2004).

O estresse hídrico reduz significativamente as taxas fotossintéticas devido as limitações estomáticas, diminui a condutância estomática que resulta em menor taxa fotossintética (LAWLOR; CORNIC, 2002), devido ao comprometimento

estomático ou metabólico, onde as atividades de enzimas fotossintéticas como a ribulose-bifosfato-carboxilase/oxigenase são perturbadas (MEDRANO et al., 1997; TEZARA et al., 1999).

A redução na eficiência e na função da adenosina trifosfato sintase (ATPase) também tem sido relatada sob seca (TEZARA et al., 1999), resultando em alteração no pH do estroma e reduções simultâneas na produção de energia (BERKOWITZ; GIBBS, 1983), devido à diminuição da eficiência do mecanismo fotossintético de utilizar a energia de entrada da luz e aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) (LAWLOR; CORNIC, 2002).

Foram observados aumento na dispersão de K em cloroplastos sob deficiência hídrica, o que resultou em uma supressão da fotossíntese (SEN GUPTA; BERKOWITZ, 1987), enquanto que altos níveis de K têm sido associados com a manutenção dos valores de pH ótimo no estroma do cloroplasto e funcionamento ótimo do mecanismo fotossintético (PIER; BERKOWITZ, 1987).

Pesquisas com espinafre (*Spinacia oleracea* L.) e trigo (*Triticum aestivum* L.) indicaram que as plantas com escassez de água que contêm quantidades mais elevadas do que o ideal de K foram capazes de manter atividade fotossintética eficiente (PIER; BERKOWITZ, 1987) devido aos efeitos do K sobre o pH do estroma do cloroplasto e a desidratação. Outras investigações sobre o trigo também relataram que os efeitos nocivos do estresse hídrico na atividade fotossintética foram minimizados quando o K foi fornecido em quantidade suficiente (SEN GUPTA et al., 1989). Resultados semelhantes também foram obtidos de feijão mungo (*Vigna irradia* L.) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata* G.) (SANGAKKARA et al., 2000), o que levou os investigadores a sugerir que o aumento da concentração de K nas plantas pode manter as taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> pela regulação da função estomática e equilibrar as relações hídricas da célula (MENGEL; KIRKBY, 2001).

### **4.3 Absorção de K por cultivares de algodoeiro**

O aumento dos relatos de deficiências K em cultivares modernas pode ser devido à sua maturidade ser precoce, assim como o aumento da produtividade em comparação com cultivares tradicionais (OOSTERHUIS, 1995). Embora pareça lógico que uma cultivar de maturação precoce não teria o tempo para crescer e expandir o seu sistema de radicular e armazenar tanto K como um cultivar de ciclo

mais tardio, experimentos testando essas teorias têm mostrado resultados mistos (OOSTERHUIS, 2013).

Cultivares precoces são mais sensíveis a deficiência de K devido a maior exigência de K pelas partes reprodutivas no início do ciclo e ao seu sistema radicular ser relativamente menor em comparação com cultivares tardias, o que resultou em uma translocação antecipada de K das folhas para o fruto em relação a cultivar tardia, favorecendo o aparecimento antecipado de deficiência visual de K na cultivar precoce (HALEVY, 1976).

Clement-Bailey e Gwathmey (2007) observaram que o fornecimento adicional de 112 kg de K ha<sup>-1</sup> para a cultivar precoce resultou em aumento significativo na produtividade, o que não ocorreu na cultivar tardia, uma vez que as cultivares precoces necessitam de níveis mais elevados de K no solo (TUPPER et al. (1996). A eficiência de absorção de K em cultivares é fator determinante na resposta em produtividade, sobretudo quando em baixos teores de K no solo (CASSMAN et al., 1989; LÓPEZ et al. (2008).

Gwathmey et al. (2009) não encontraram diferenças significativas na utilização de K entre cultivares de diferentes maturidades, porém sugeriram que podem haver diferenças significativas em casos de baixo teor de K, embora inconsistentes, as cultivares mais precoces tiveram maior absorção de K em 1 dos 3 anos, e maior acúmulo de K no fruto em 2 de 3 anos do estudo. As evidências mostram claramente que as diferenças genotípicas existem na absorção e na resposta às doses de K, principalmente no que diz respeito à maturidade das culturas e em situações de baixo teor de K (OOSTERHUIS, 2013).

#### **4.4 Efeitos de plantas de cobertura sobre o K no solo**

A disponibilidade de K, assim como a capacidade de suprimento deste nutriente pelo solo, depende da presença de minerais primários e secundários, da aplicação de fertilizantes e da CTC do solo, além da ciclagem do nutriente pelas plantas (WERLE et al., 2008). Segundo Raji (1982), as formas de K encontram-se em variações como: K não trocável, K trocável, K em solução e K na planta. A passagem do K da forma trocável para a não trocável pode ser rápida, dependendo da concentração do nutriente na solução do solo, fazendo com que seja possível a

ocorrência de perdas por lixiviação das formas inicialmente não disponíveis, devido à tendência natural de equilíbrio do solo (ROSOLEM et al., 2006).

A energia de retenção dos cátions trocáveis  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  nos colóides do solo segue a série liotrófica, resultando na maior lixiviação de K em solos bem drenados, principalmente em solos com menor CTC (RAIJ, 1991), característica de solos arenosos.

A implantação de sistemas de manejo conservacionistas, que têm como princípio a manutenção de cobertura vegetal e seus resíduos sobre o solo, destaca-se como uma das estratégias eficazes para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas nas regiões tropicais e subtropicais (CAIRES et al., 2006). A eficácia do sistema de semeadura direta está relacionada, dentre outros fatores, com a quantidade e a qualidade de resíduos produzidos pelas plantas de cobertura, a persistência desses resíduos sobre o solo, a velocidade de decomposição e a liberação de nutrientes (TORRES, 2003).

A maximização da ciclagem de nutrientes, pelo adequado manejo dos resíduos vegetais produzidos num cultivo, é uma opção para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, otimizando os recursos internos (CHAGAS et al., 2007). Assim, a decomposição de resíduos em solos aumenta a disponibilidade de nutrientes para as culturas subsequentes (REICOSCKY; FORCELLA, 1998). Parte do estoque de nutrientes torna-se disponível para as plantas em um intervalo curto, contribuindo com a elevação da produtividade das culturas subsequentes (SOUZA; MELO, 2000).

O K é um nutriente que não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica, sendo encontrado como cátion livre ou adsorvido, o que o torna facilmente trocável das células ou dos tecidos, com alta mobilidade intracelular (TORRES; PEREIRA, 2008). A taxa de decomposição dos resíduos vegetais é controlada pelas características qualitativas do material vegetal, principalmente pela relação C/N e o teor de lignina, pelo manejo que definirá o tamanho dos fragmentos (BORTOLUZZI; ELTZ, 2000), que, em conjunto com a ação do clima, principalmente temperatura do ar e precipitação pluvial (ESPÍNDOLA et al., 2006; TORRES et al., 2007) influenciam a atividade dos organismos decompositores (MOORE, 1986).

Alguns estudos mostram a rápida velocidade de liberação do K, independente da espécie envolvida e da época do corte, e destacam que este fato provavelmente está associado à natureza do nutriente ocorrer na forma iônica nas

plantas, não participando de nenhuma das estruturas orgânicas (TAIZ; ZEIGER, 1991). Calonego et al. (2005) observaram maiores quantidades de K lixiviado à medida que o estado de senescência da planta evoluiu após o manejo químico. Sorato e Crusciol (2007) observaram que a calagem aumentou o teor de K na parte aérea das plantas e que, dentre os cátions disponibilizados ao solo após a aplicação, o K é o mais solúvel nos extratos dos resíduos vegetais.

A antecipação da adubação potássica na semeadura do milho não comprometeu o acúmulo de K e nem a produtividade da soja em sucessão e ainda minimizou a exportação de K nos grãos de soja cultivada em Latossolo Vermelho de textura média (FOLONI; ROSOLEM, 2008). Em algodoeiro, a antecipação da adubação potássica no milho (BERNARDI et al., 2009) e em *Urochloa ruziziensis* (CARVALHO et al., 2012) foi tão eficiente quanto o manejo tradicional da adubação (sulco de semeadura e cobertura).

## 5 METODOLOGIA

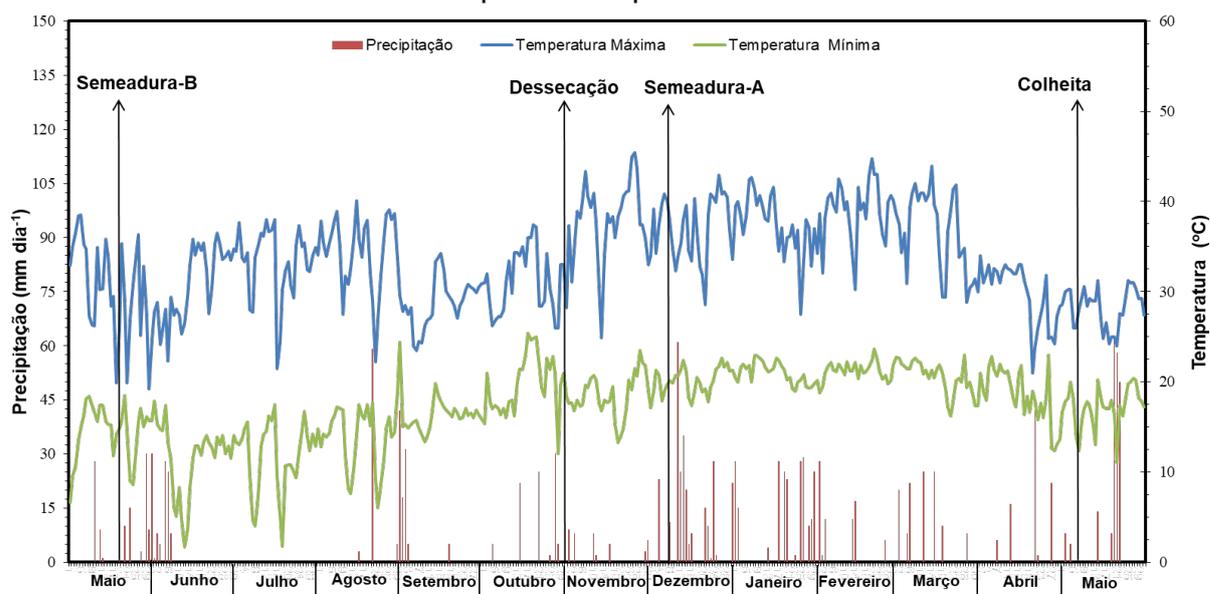
Foram instalados dois experimentos, sendo um em condições de campo e um em casa de vegetação.

### 5.1 Experimento em campo

#### 5.1.1 Características do local

O experimento foi desenvolvido na safra 2016/17, na Fazenda Experimental da Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, localizada no município de Presidente Bernardes (22° 07' 32" Latitude Sul e 51° 23' 20" Longitude Oeste, com altitude de 475 metros). O solo desta região é classificado como Argissolo Vermelho Distroférico de textura arenosa (EMBRAPA, 2006), e o clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, com temperaturas médias anuais em torno de 25°C e regime pluvial caracterizado por dois períodos distintos, um chuvoso, de outubro a março, e outro de baixa precipitação pluvial, de abril a setembro descrito na Figura 1.

FIGURA 1 – Dados climáticos do período experimental



Para a definição dos Graus-Dia durante a condução do experimento (Tabela 1), utilizou-se a fórmula citada por Rosolem (2001). O cálculo da soma térmica é GD

=  $\Sigma [(T + t) / 2 - 15]$ , onde: T = temperatura máxima diária; t = temperatura mínima diária; 15 = temperatura base ( $^{\circ}$  C).

TABELA 1 – Soma dos valores de Graus-Dia durante o ciclo do algodoeiro

Estádios de crescimentos	Graus Dia
Emergência - F1 (primeira flor) *	902,7
Emergência - F7 (sétima flor) *	1244,6
Emergência - C2 (segundo capulho) *	1607,8
Emergência - Colheita	1818,2

Fonte: Próprio autor (2018).

\*(MARUR; RUANO, 2001)

### 5.1.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x6, formado por duas cultivares de algodoeiro, uma precoce (FM 913GLT) e outra tardia (FM 983GLT), e seis manejos de adubação potássica (Tabela 2), com cinco repetições. Cada parcela foi composta por 4 linhas de algodoeiro espaçadas em 0,8 m, com 7 m de comprimento, totalizando 22,4 m<sup>2</sup>. Para as avaliações, foi considerado como área útil apenas as 2 linhas centrais, descartando 1 m de bordadura de cada lado.

TABELA 2 – Descrição dos tratamentos e manejo da adubação potássica

Tratamentos	Cobertura do solo	Dose	Forma de aplicação
0 K-SB	Sem braquiária	Sem K	
0 K-CB	Com braquiária	Sem K	
140 K na B	Com braquiária	140 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	140 kg de K <sub>2</sub> O na braquiária
70 K na B e 70 K no A	Com braquiária	140 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	70 kg de K <sub>2</sub> O na braquiária e 70 kg de K <sub>2</sub> O no algodoeiro (30 DAE)
140 K no A-SB	Sem braquiária	140 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	70 kg de K <sub>2</sub> O aos 30 DAE e 70 kg K <sub>2</sub> O aos 45 DAE no algodoeiro
140 K no A-CB	Com braquiária	140 kg ha <sup>-1</sup> de K <sub>2</sub> O	70 kg de K <sub>2</sub> O aos 30 DAE e 70 kg de K <sub>2</sub> O aos 45 DAE no algodoeiro

Fonte: Próprio autor (2018).

### 5.1.3 Instalação e desenvolvimento

O experimento iniciou-se em 20 de maio de 2016, pela semeadura mecânica da braquiária (*Urochloa ruziziensis*) na densidade de 14 kg ha<sup>-1</sup> de sementes puras viáveis. Posteriormente, foi realizada a coleta de solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm para caracterização química da área. Em laboratório, as amostras coletadas foram secas em temperatura ambiente e analisadas quanto às seguintes características: pH (CaCl<sub>2</sub>), matéria orgânica, bases trocáveis, alumínio e hidrogênio extraíveis, fósforo disponível, micronutrientes e granulometria. Também foram calculadas a capacidade de troca de cátions (CTC) e a saturação por bases (V%), conforme metodologia proposta por Raij et al. (2001) (Tabela 3). Com base nesta caracterização foi realizada a correção do solo aplicando em superfície uma dose de 1.400 kg ha<sup>-1</sup> de calcário calcítico PRNT 83,1 45% CaO e 4,9% MgO. Para caracterizar o perfil do solo antes do manejo de adubação potássica, também foi coletada e analisada amostras de solo nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm (Tabela 4).

TABELA 3 – Características químicas e granulométricas do solo

Prof. cm	pH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O g dm <sup>-3</sup>	P (Resina) mg dm <sup>-3</sup>	S	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	m	V
								mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%
0-20	4,7	13,6	2,8	4,0	0,6	17,6	0,8	7,3	5,1	13,2	30,7	4,3	42,6
20-40	4,8	11,6	2,0	3,3	2,3	18,6	0,8	6,5	4,4	11,7	30,3	16,4	38,6
Prof. cm	B	Cu	Fe mg dm <sup>-3</sup>	Mn	Zn	Areia			Silte g kg <sup>-1</sup>	Argila			
0-20	0,34	2,0	26,0	0,9	0,4	848			36	116			
20-40	0,41	1,4	31,5	1,0	0,3	841			23	137			

Fonte: Próprio autor (2018).

TABELA 4 – Características químicas do perfil do solo antes do manejo de adubação potássica

Prof. cm	pH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O g dm <sup>-3</sup>	P (Resina) mg dm <sup>-3</sup>	S	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	CTC	m	V
								mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					%
0-10	5,5	13,9	19,7	3,9	0,0	14,3	1,0	14,7	7,6	23,3	37,6	0,0	62,0
10-20	4,5	12,1	8,6	5,6	1,3	18,6	0,7	7,9	3,7	12,2	30,8	9,6	39,7
20-40	4,5	9,5	4,8	4,8	2,2	19,6	0,3	3,0	2,0	5,4	25,0	28,9	21,7
40-60	4,4	11,6	5,9	5,7	2,0	19,6	0,4	3,0	2,7	6,1	25,7	24,7	23,8
60-80	4,4	8,4	3,4	5,5	2,4	19,6	0,4	3,2	2,6	6,2	25,8	28,0	23,9

Fonte: Próprio autor (2018).

Em 7 de setembro de 2016, no início das chuvas, também iniciou-se o manejo da adubação potássica, na forma de Cloreto de K (60% K<sub>2</sub>O), sendo realizada as aplicações em cobertura na braquiária conforme os tratamentos. Além dessa adubação, em 11 de outubro de 2016, foi realizada uma adubação em cobertura de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, na forma de Nitrato de Amônio (31% N) para os tratamentos com a presença da braquiária. Em 1 de novembro de 2016 as plantas foram dessecadas com glyphosate na dose de 1.920 g i.a. ha<sup>-1</sup>.

A semeadura do algodoeiro foi realizada em 9 de dezembro de 2016, 38 dias após a dessecação química da área. Na adubação de semeadura foi utilizado 130 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de Mono-Amônio-Fosfato (MAP). Aos 30 dias após a emergência (DAE) foi realizada a segunda adubação potássica na dose de 70 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para os tratamentos 70 K na B e 70 K no A; 140 K no A-SB e 140 K no A-CB e 70 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de Sulfato de Amônio (21% N), ambos em cobertura. Aos 45 DAE foi realizada a terceira adubação de cobertura com K, utilizando a dose de 70 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O para os tratamentos 140 K no A-SB e 140 K no A-CB. Além da adubação potássica também foi feita uma adubação nitrogenada, na forma de uréia (45% N), em todas as parcelas do experimento, onde os tratamentos sem a presença da braquiária receberam a dose de 70 kg ha<sup>-1</sup> de N e os tratamentos com a presença da braquiária a dose de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N. Também, foi aplicado 2 kg ha<sup>-1</sup> de ácido bórico via foliar.

O manejo de plantas daninhas foi realizado com três aplicações de glyphosate (1.920 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e uma aplicação de glufosinato (700 g i.a ha<sup>-1</sup>), uma vez que as duas cultivares são tolerantes a esses herbicidas. O controle das pragas foi realizado utilizando-se os inseticidas: Imidacloprido (70 g i.a ha<sup>-1</sup>) , para os alvos: pulgão do algodoeiro (*Aphis gossypii*) e tripes (*Frankliniella schultzei*); Carbosulfano (700 g i.a ha<sup>-1</sup>), para os alvos: bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*) e lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*); Beta-cyfluthrin (12.5 g i.a ha<sup>-1</sup>) + Imidacloprido (100 g i.a ha<sup>-1</sup>), para o alvo: bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*); Flubendiamida (72 g i.a ha<sup>-1</sup>), para o alvo: lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*); Tiametoxam (36 g i.a ha<sup>-1</sup>) + Lambda-cialotrina (27g i.a ha<sup>-1</sup>), para o alvo: bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*); Espiromesifeno (140 g i.a ha<sup>-1</sup>), para os alvos: ácaro branco (*Polyphagotarsonemus latus*) e ácaro rajado (*Tetranychus urticae*); Fipronil (80 g i.a ha<sup>-1</sup>), para o alvo: bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis*). Para o manejo de fungicida foi realizado a aplicações do

fungicida: Azoxystrobin (72 g i.a ha<sup>-1</sup>) + Tebuconazole (120 g i.a ha<sup>-1</sup>), para os alvos: Ramulária (*Ramularia areola*) e Ramulose (*Colletotrichum gossypii*).

Sete dias antes da colheita foi utilizado o desfolhante Tidiazurom (60 g i.a ha<sup>-1</sup>) + Diurom (30 g i.a ha<sup>-1</sup>). Ainda, é importante ressaltar que todos os produtos foram utilizados em dosagem recomendadas pelo fabricante. A colheita de todas as parcelas foi realizada em 8 de maio de 2017 aos 141 DAE.

#### 5.1.4 Parâmetros avaliados

Para a avaliação da liberação de K pela palha da forrageira para o solo, estimou-se a quantidade de matéria seca da parte aérea da braquiária com a coleta rente ao solo do material contido em 0,20 m<sup>2</sup>, aos 0, 20, 40, 60 e 80 DAE do algodoeiro, com cinco repetições por parcela, que foi seco em estufa a 65°C, pesadas e moídas para determinação do teor de K (MALAVOLTA et al., 1997). Assim calculou-se a quantidade remanescente de K na palhada e a quantidade de K liberada da palha para o solo.

A lixiviação do K no perfil do solo foi determinada em amostras de solo coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60 e 60-80 cm em dois períodos distintos. A primeira antes de iniciar o manejo da adubação potássica na forrageira (07/09/2016) e a segunda após a colheita do algodoeiro (15/05/2017). Em cada amostragem foram coletadas duas sub-amostras por parcela para formar uma amostra composta e a partir dela determinado o teor de K (RAIJ et al., 2001).

A marcha de absorção de K pelo algodoeiro foi realizada em cinco plantas competitivas (em linha e em sequência) por parcela, amostradas aos 20, 40, 60, 80 e 120 DAE do algodoeiro. Após serem coletadas, as plantas foram separadas conforme a época em caule, folhas e frutos (botões florais, flores, maçãs, capulhos, fibra e semente). As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 65°C durante 72 horas, para determinação da massa da matéria seca, sendo então moídas para posterior análise química de K (MALAVOLTA et al., 1997). De posse dos resultados de massa seca de cada estrutura vegetativa e reprodutiva e dos teores de nutrientes de cada órgão em cada época amostrada foram construídas curvas da marcha de absorção de K da planta inteira (soma de todos os órgãos).

A diagnose foliar foi realizada em 10 plantas por parcela, em folhas opostas ao fruto (4ª ou 5ª folha a partir do ápice da haste principal), no período de florescimento do algodoeiro estágio F7 (sétima flor). As amostras coletadas foram processadas de acordo com os métodos descritos em Malavolta et al. (1997).

A avaliação da condutância estomática (*gs*) ocorreu nos estádios F1 (primeira flor) (18/02/17), F7 (sétima flor) (12/03/17) e C2 (segundo capulho) (11/04/17), com leituras na folha mais nova, totalmente expandida, do ápice para a base, iniciadas às oito horas e finalizada às dezessete horas com intervalos de uma hora entre as análises, utilizando um porômetro (SC1- Decagon Devices). O índice de área foliar (IAF) foi avaliado aos 30, 60, 90 e 120 DAE, utilizando um ceptômetro (LP-80, Decagon Devices).

Por ocasião da colheita foram avaliados os componentes de produção do algodoeiro: número de plantas por metro quadrado, altura das plantas, número de nós, número e peso médio dos capulhos. A produtividade foi estimada pela colheita manual de dois metros de linha das duas linhas centrais da parcela. Uma sub-amostra foi descaroçada e o rendimento de fibra determinado, bem como a qualidade tecnológica da fibra (HVI – High Volume Instrumentals), como o micronaire, resistência, comprimento, índice de fibras curtas e maturidade da fibra (TAYLOR, 1982).

## **5.2 Experimento em casa de vegetação**

Em paralelo ao experimento em campo foi conduzido um estudo complementar, em rizotrons, na casa de vegetação da Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, com objetivo de avaliar o crescimento radicular das cultivares de algodoeiro.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, e os tratamentos constituídos pelas duas cultivares de algodoeiro utilizadas no experimento em campo: uma precoce (FM 913GLT) e outra tardia (FM 983GLT), com 10 repetições.

As unidades experimentais, rizotrons, foram constituídas por tubos de PVC com diâmetro de 0,30 m e altura de 0,85 m. Os tubos foram cortados ao meio no sentido longitudinal, formando uma face plana, na qual foi instalada uma parede de vidro para propiciar o acompanhamento visual do crescimento radicular da planta.

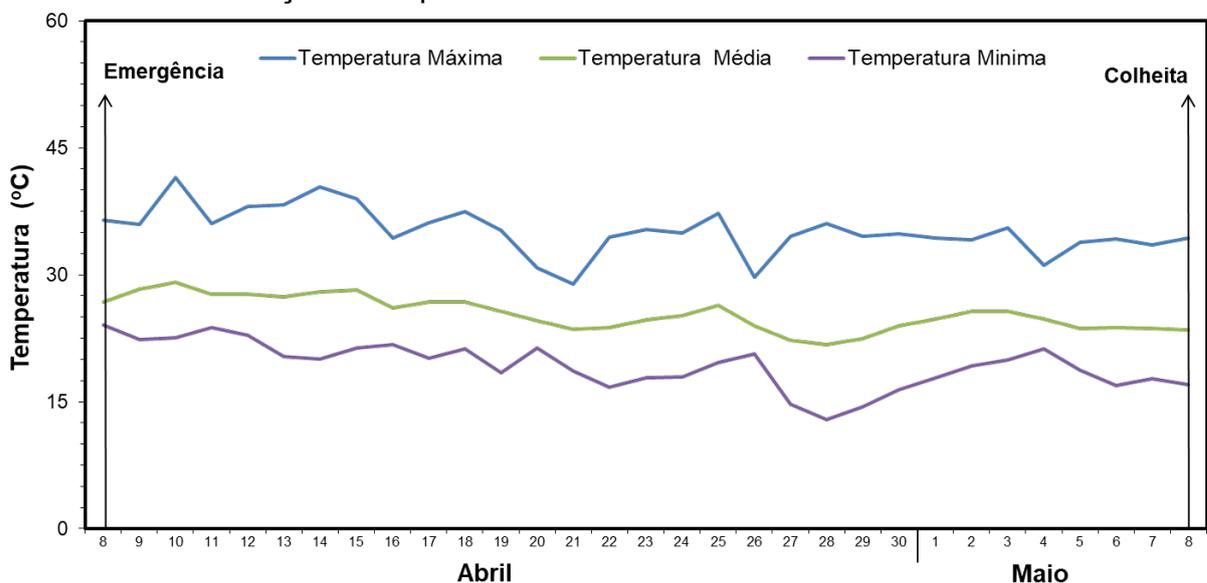
Junto à parede de vidro instalou-se uma tampa deslizante de madeira laminada para evitar a incidência de luz e o crescimento radicular. Os tubos permaneceram inclinados a 15°, para possibilitar o crescimento do sistema radicular rente ao vidro para possibilitar a sua visualização. O volume de terra contido em cada unidade experimental foi de 30 dm<sup>3</sup>, foi utilizado um solo orgânico e de coloração escura, cujas características químicas e granulométricas estão descritas na Tabela 5. O teor de água foi monitorado diariamente e corrigido sempre que necessário para que permanecesse próximo à capacidade de campo e os dados de temperatura estão descritos na Figura 2.

TABELA 5 – Características químicas e granulométricas do solo utilizado em casa de vegetação

pH (CaCl <sub>2</sub> )	M.O g dm <sup>-3</sup>	P (Resina) mg dm <sup>-3</sup>	S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg dm <sup>-3</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	Mg <sup>2+</sup> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	SB	CTC	m %	V %
6,9	60,5	656,1	348,7	0,0	10,4	16,5	218,8	48,8	284,1	294,5	0,0	96,5
B	Cu	Fe	Mn mg dm <sup>-3</sup>	Zn			Areia	Silte g kg <sup>-1</sup>			Argila	
0,9	7,0	50,10	2,0	16,0			782	109			110	

Fonte: Próprio autor (2018).

FIGURA 2 – Dados da temperatura dentro da casa de vegetação durante o a condução do experimento



Um dia após a emergência da planta iniciou-se o monitoramento do crescimento radicular por meio de marcações no filme plástico das raízes que cresceram junto ao vidro. A avaliação foi repetida com intervalo de 3 dias, até a raiz

encostar no fundo do rizotron. Os filmes plásticos com as anotações de crescimento radicular do algodoeiro ao longo dos 31 dias foram avaliados seguindo metodologia proposta por Tennant (1975) para determinação do comprimento radicular. Em resumo, os filmes foram colocados sobre uma folha marcada com quadrículos de 1,0 cm de lado e contadas às interseções das raízes com as linhas. O comprimento radicular foi calculado como:  $L = N \times 11/14$ , em que: L - comprimento radicular; e N - número de interseções.

Após a avaliação do crescimento radicular, as plantas foram cortadas à altura do colo e a parte aérea seca em estufa de circulação forçada de ar (65°C por 72 horas) para determinação da massa de matéria seca. Adicionalmente, as raízes foram lavadas, cortadas em pedaços de aproximadamente 1,5 cm e armazenadas em álcool (álcool etílico hidratado 70° INPM) em geladeira à 4°C até serem analisadas. Após a análise, a amostra foi seca em estufa para determinação da massa de matéria seca da raiz.

Com o auxílio de um scanner óptico, ligado a um computador, foram adquiridas imagens das raízes. As imagens adquiridas foram analisadas quanto: ao comprimento radicular total (cm), superfície da raiz (cm<sup>2</sup>), diâmetro médio da raiz (mm), volume da raiz (cm<sup>3</sup>), bem como o comprimento, a superfície e o volume em cada classe de diâmetro (0-0,50; 0,51-1,0; 1,01-1,50 e >1,51mm) usando o software winRHIZO Pro. Também foi calculada a relação raiz/parte aérea, tomando-se os valores de matéria seca de raiz e de parte aérea.

### **5.3 Análise estatística**

Os dados referentes a cultivar e manejo de K foram submetidos à análise de variância e de regressão e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 6 RESULTADOS

Para a variável teor de K no solo foi significativo para a interação entre o manejo e profundidade (Tabela 6), com relação os dados relacionados a massa e o teor de K da braquiária foi significativo para a interação entre manejo e DAE, para o acúmulo de K na planta e nos órgãos vegetativo e reprodutivo foi significativo para a interação entre manejo e DAE, com relação a resistência da fibra foi significativo para interação entre cultivar e manejo e para o crescimento radicular foi significativo para interação entre cultivar e DAE.

TABELA 6 – Resumo da análise de variância para as variáveis com análise de regressão e gráfico.

Variável	Cultivar (C)	Manejo (M)	DAE (D)	Profundidade (P)	CxM	CxD	CxP	MxD	MxP	CxMxD	CxMxP
Teor de K no Solo	**	**	-	**	ns	-	ns	-	**	-	ns
Massa da matéria seca	-	ns	**	-	-	-	-	**	-	-	-
Teor residual de K na palha	-	ns	**	-	-	-	-	*	-	-	-
Acúmulo de K na planta	ns	**	**	-	ns	ns	-	*	-	ns	-
Acúmulo de K na folha	ns	**	**	-	ns	ns	-	*	-	ns	-
Acúmulo de K no caule	ns	**	**	-	ns	ns	-	*	-	ns	-
Acúmulo de K no fruto	ns	**	**	-	ns	ns	-	*	-	ns	-
Resistencia da fibra	**	ns	-	-	*	-	-	-	-	-	-
Comprimento da raiz principal	ns	-	*	-	-	*	-	-	-	-	-
Comprimento da raiz lateral	ns	-	*	-	-	*	-	-	-	-	-
Comprimento da raiz total	ns	-	*	-	-	*	-	-	-	-	-

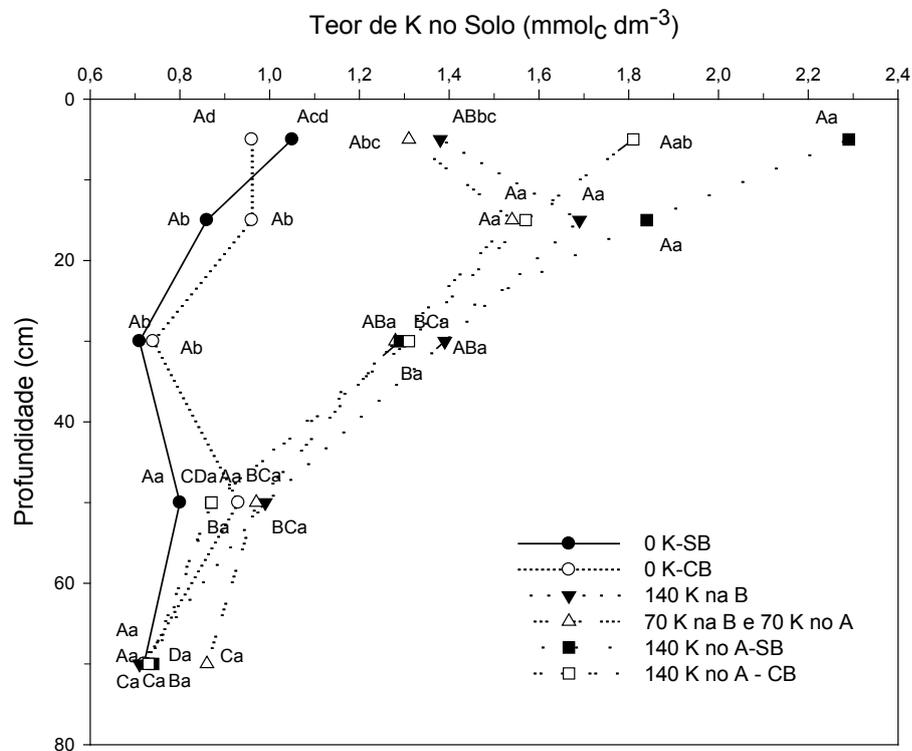
ns não significativo, \*significativo a 5%, \*\* significativo a 1%

### 6.1 Nutrição e produtividade

O teor de K no solo na camada de 0-10 cm foi 90,8% maior no tratamento onde o K foi aplicado em cobertura no algodoeiro sem a presença da braquiária em relação aos tratamentos onde a adubação com K foi antecipada na braquiária e para

os tratamentos sem K (Figura 3). Ainda, para as camadas de 10-20 e 20-40 cm o teor de K no solo foi 81,3 e 58% maior para os tratamentos que receberam a aplicação de K independente da época de aplicação, comparado aos que não receberam, respectivamente. Também, podemos observar teores de K maiores nas camadas de 0-10 e 10-20 cm em relação as camadas mais profundas, onde o K foi parcelado no algodoeiro com e sem a presença da braquiária. Porém, quando o K foi antecipado na braquiária (70 ou 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O), os teores de K foram iguais nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-40.

FIGURA 3 – Teor de K no solo após a colheita do algodoeiro em cinco profundidades

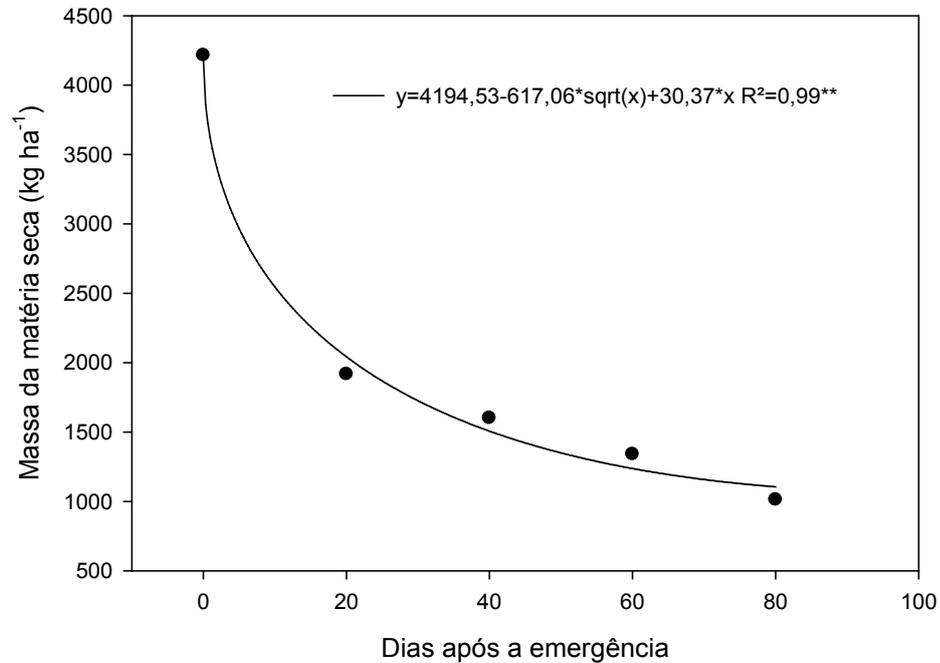


Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada profundidade e letras maiúsculas comparam cada tratamento dentro da profundidade, ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

A antecipação de 140 kg de K<sub>2</sub>O e 70 kg K<sub>2</sub>O na braquiária não apresentou resposta para a massa da matéria seca. Ainda, em relação as médias da massa da matéria seca da braquiária (Figura 4), observou-se, modo geral uma alta degradação (54,53%) no período de 0 a 20 DAE e, posterior a esse período (40 a 80 DAE), nota-se uma diminuição da degradação e estabilização da massa da matéria seca. Para o teor de K remanescente na palha, não foi observado aumento para os tratamentos onde a aplicação de 140 kg de K<sub>2</sub>O e 70 kg K<sub>2</sub>O foi antecipada na braquiária. Ainda,

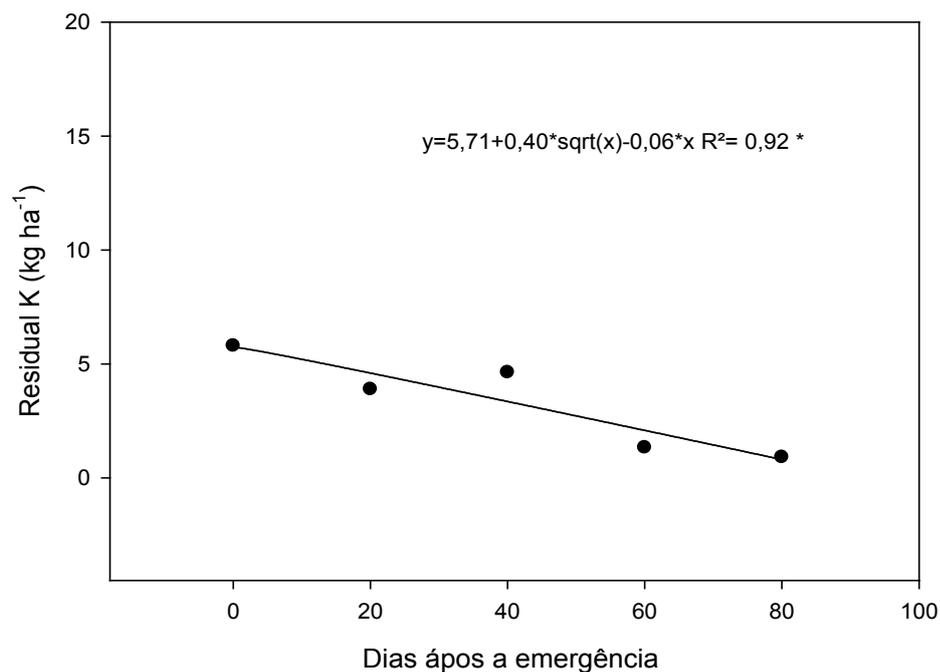
foi observado em relação as médias do K remanescente, que, de modo geral, houve uma liberação geral de 83, 87 % de K do teor inicial (Figura 5).

FIGURA 4 – Média da massa da matéria seca da palha da braquiária dos tratamentos com cobertura do solo aos 0, 20, 40, 60 e 80 dias após a emergência do algodoeiro



\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ )

FIGURA 5 – Média do residual de K da palha da braquiária dos tratamentos com cobertura do solo aos 0, 20, 40, 60 e 80 dias após a emergência do algodoeiro

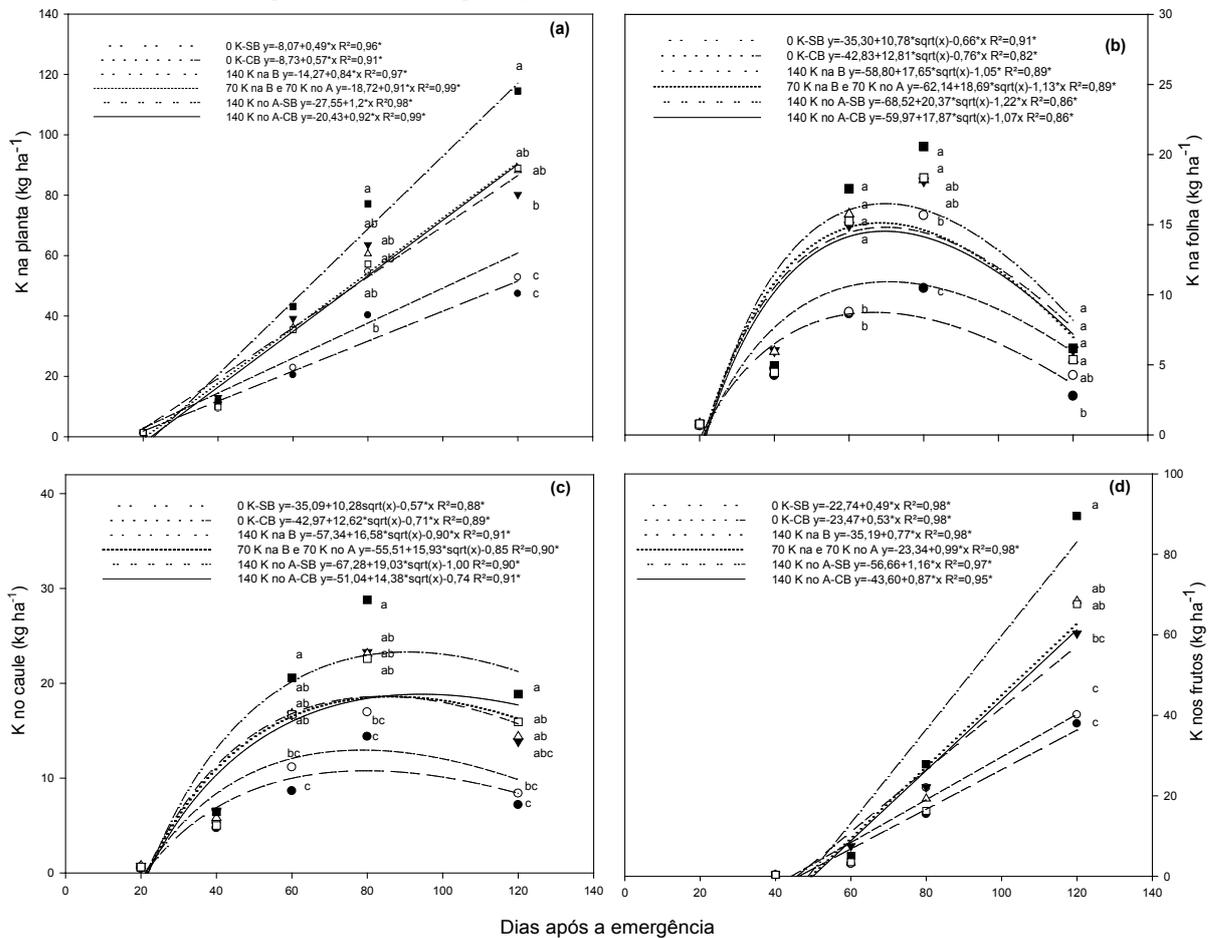


\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

As cultivares não apresentaram diferença na marcha de absorção de K, e esta foi maior aos 120 DAE quando o K foi aplicado no algodoeiro aos 30 DAE e aos 45 DAE sem a presença da braquiária em relação aos tratamentos 0 K com e sem a presença da braquiária e onde foi aplicado 140 kg K<sub>2</sub>O na braquiária (Figura 6a).

O acúmulo máximo de K nas folhas ocorreu entre 60 e 80 DAE (Figura 6b). Aos 60 DAE o acúmulo foi maior nos tratamentos que receberam a adubação potássica e aos 80 DAE nos tratamentos em que a adubação foi feita no algodoeiro, comparado aos tratamentos sem adubação. Por outro lado, a adubação potássica realizada no algodoeiro sem braquiária proporcionou maior acúmulo de K no caule do algodoeiro aos 80 e 120 DAE comparado aos tratamentos sem K (Figura 6c). Adicionalmente a adubação no algodoeiro ou o parcelamento no algodoeiro e na braquiária proporcionou maior acúmulo de K nos frutos do algodoeiro, comparado aos tratamentos sem K (Figura 6d).

FIGURA 6 – Acúmulo de K na planta (a), nas folhas (b), no caule (c) e nos frutos (d) aos 20, 40, 60 e 80 e 120 dias após a emergência em diferentes manejos de adubação potássica



(—) 0 kg de K<sub>2</sub>O sem braquiária, (---) 0 kg de K<sub>2</sub>O com braquiária, (---) 140 kg de K<sub>2</sub>O aplicado na braquiária, (---) 70 kg de K<sub>2</sub>O aplicado na braquiária e 70 kg no algodoeiro, (---) 140 kg de K<sub>2</sub>O aplicado no algodoeiro sem braquiária e (---) 140 kg de K<sub>2</sub>O aplicado no algodoeiro com braquiária.

\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada época.

A condutância estomática (*gs*) foi 17,5% maior na cultivar FM 913GLT no estádio F1 e 6,8% na cultivar FM 983GLT em C2. Além disso a ausência da adubação potássica reduziu a *gs* no estádio F7 comparado aos tratamentos em que a adubação potássica foi aplicada no algodoeiro com braquiária, onde o K foi aplicado integralmente na braquiária ou quando o K foi parcelado no algodoeiro e na braquiária (Tabela 7).

TABELA 7 – Condutância estomática ( $\text{mmol H}_2\text{O}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) de cultivares de algodoeiro nos estádios fenológicos F1 (primeira flor), F7 (sétima flor) e C2 (segundo capulho)

Tratamento	F1	F7	C2
0 K-SB	310,26 a	377,85 b	229,54 a
0 K- CB	328,10 a	438,23 ab	229,97 a
140 K na B	357,10 a	459,15 a	266,08 a
70 K na B e 70 K no A	346,68 a	447,60 a	247,03 a
140 K no A- SB	334,10 a	410,13 ab	233,48 a
140 K no A- CB	337,48 a	464,76 a	246,59 a
F	1,77 <sup>ns</sup>	4,75 <sup>**</sup>	2,03 <sup>ns</sup>
Cultivar			
FM 913GLT	367,81 a	437,04 a	233,59 b
FM 983GLT	303,48 b	428,87 a	250,64 a
CV (%)	11,36	11,11	12,95
F	42,66 <sup>**</sup>	0,43 <sup>ns</sup>	4,43 <sup>*</sup>
Tratamento x Cultivar	0,87 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>

F = valor do F calculado para a fonte de variação Tratamento.

CV (%) = Porcentagem do coeficiente de variação.

\*, \*\* e ns, significativo ( $p < 0,05$ ), ( $p < 0,01$ ) e não significativo, respectivamente.

O índice de área foliar (IAF) da cultivar FM 983GLT foi maior que na cultivar precoce FM 913GLT aos 90 DAE. Também aos 90 DAE, a adubação potássica, independente da forma de aplicação, apresentou aumento médio de 27,7% comparado ao tratamento sem K e sem braquiária (Tabela 8).

TABELA 8 – Índice de área foliar (IAF) aos 30, 60, 90 e 120 dias após a emergência

Tratamento	30 DAE	60 DAE	90 DAE	120 DAE
0 K-SB	0,47 a	3,0 a	1,55 b	0,84 c
0 K- CB	0,36 a	2,6 a	1,70 ab	0,88 bc
140 K na B	0,41 a	3,2 a	1,98 a	1,06 a
70 K na B e 70 K no A	0,44 a	3,3 a	1,99 a	1,05 a
140 K no A- SB	0,53 a	3,4 a	2,04 a	1,15 a
140 K no A- CB	0,36 a	2,9 a	1,91 a	1,02 ab
F	2,36 <sup>ns</sup>	1,77 <sup>ns</sup>	5,39 <sup>**</sup>	10,74 <sup>**</sup>
Cultivar				
FM 913GLT	0,39 a	3,03 a	1,78 b	0,98 a
FM 983GLT	0,46 a	3,14 a	1,94 a	1,02 a
CV (%)	30,69	24,97	14,13	11,46
F	3,81 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	5,47 <sup>*</sup>	1,97 <sup>ns</sup>
Tratamento x Cultivar	0,77 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>

F = valor do F calculado para a fonte de variação Tratamento.

CV (%) = Porcentagem do coeficiente de variação.

\*, \*\* e ns, significativo ( $p < 0,05$ ), ( $p < 0,01$ ) e não significativo, respectivamente.

O teor foliar de K foi inferior á faixa de suficiência em todos os tratamentos avaliados, e esta foi maior quando o K foi aplicado na braquiária, comparado ao tratamento sem K e sem braquiária. Além disso, o teor de Mg foi 26,4% maior no tratamento sem K e sem braquiária, comparado com os demais que foram adubados com K. A cultivar FM 913GLT apresentou teores 9,8; 10,9; 11,6; 17 e 27% maiores de P, K, Mg, S e Zn, respectivamente, em relação à cultivar FM 983GLT (Tabelas 9 e 10).

TABELA 9 – Teor de macronutrientes em folhas de algodoeiro em razão do manejo da adubação potássica e das cultivares

Tratamento	g kg <sup>-1</sup>					
	N	P	K	Ca	Mg	S
0 K-SB	43,40 a	2,46 a	5,58 b	35,41 a	10,66 a	4,30 a
0 K- CB	43,85 a	2,53 a	6,47 ab	33,07 a	9,73 ab	3,85 a
140 K na B	45,08 a	2,47 a	8,77 a	31,44 a	8,41 b	4,15 a
70 K na B e 70 K no A	44,25 a	2,41 a	6,98 ab	30,93 a	8,21 b	4,02 a
140 K no A- SB	42,79 a	2,41 a	7,70 ab	31,49 a	8,69 b	3,90 a
140 K no A- CB	43,74 a	2,50 a	7,93 ab	31,69 a	8,40 b	3,89 a
F	1,47 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	2,50*	1,57 <sup>ns</sup>	6,48**	1,03 <sup>ns</sup>
Cultivar						
FM 913GLT	43,53 a	2,58 a	7,61 a	36,74 a	9,51 a	4,33 a
FM 983GLT	44,17 a	2,35 b	6,86 a	27,93 a	8,52 b	3,70 b
F	1,47 <sup>ns</sup>	10,20**	1,64 <sup>ns</sup>	65,79**	10,17**	19,78**
Tratamento x Cultivar	0,71 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>
CV (%)	4,61	11,31	31,32	13,01	13,38	13,65
Nível de suficiência <sup>#</sup>	35-40	2,0-2,5	14-16	30-40	4,0-5,0	2,0-3,0

F = valor do F calculado para a fonte de variação Tratamento.

CV (%) = Porcentagem do coeficiente de variação.

\*, \*\* e ns, significativo ( $p < 0,05$ ), ( $p < 0,01$ ) e não significativo, respectivamente.

<sup>#</sup>Malavolta et. al. (1997)

TABELA 10 – Teor de micronutrientes em folhas de algodoeiro em razão do manejo da adubação potássica e das cultivares

Tratamento	g kg <sup>-1</sup>									
	B		Cu		Fe		Mn		Zn	
0 K-SB	27,00	a	14,43	a	130,4	a	156,9	a	23,77	a
0 K- CB	28,70	a	11,41	a	109,5	a	153,1	a	25,21	a
140 K na B	27,75	a	11,75	a	93,43	a	138,3	a	23,98	a
70 K na B e 70 K no A	27,60	a	12,48	a	89,91	a	339,1	a	22,53	a
140 K no A- SB	28,90	a	11,05	a	116,4	a	154,7	a	25,05	a
140 K no A- CB	32,05	a	12,52	a	104,1	a	173,5	a	25,45	a
F	0,31	<sup>ns</sup>	0,43	<sup>ns</sup>	0,91	<sup>ns</sup>	0,91	<sup>ns</sup>	0,27	<sup>ns</sup>
Cultivar										
FM 913GLT	26,05	a	12,29	a	117,2	a	243,7	a	27,23	a
FM 983GLT	31,28	a	12,25	a	97,35	a	128,3	a	21,42	b
F	3,97	<sup>ns</sup>	0,001	<sup>ns</sup>	1,62	<sup>ns</sup>	3,15	<sup>ns</sup>	11,34	**
Tratamento x Cultivar	1,03	<sup>ns</sup>	0,97	<sup>ns</sup>	1,46	<sup>ns</sup>	0,99	<sup>ns</sup>	0,49	<sup>ns</sup>
CV (%)	35,49		47,13		56,32		135,23		27,45	
Nível de suficiência <sup>#</sup>	20-30		30-40		60-80		20-40		10-15	

F = valor do F calculado para a fonte de variação Tratamento.

CV (%) = Porcentagem do coeficiente de variação.

\*, \*\* e ns, significativo ( $p < 0,05$ ), ( $p < 0,01$ ) e não significativo, respectivamente.

<sup>#</sup>Malavolta et. al. (1997)

O manejo do K e a cultivar não afetaram a densidade de plantas (Tabela 11). A altura de plantas foi 17,5% maior quando a adubação potássica foi feita no algodoeiro sem braquiária em relação aos tratamentos sem K (com e sem braquiária) e quando o K foi parcelado no algodoeiro cultivado sobre braquiária. Além disso, a cultivar tardia apresentou um aumento de 19,80% em relação a cultivar precoce. O parcelamento da adubação potássica no algodoeiro sem braquiária aumentou um nó por planta comparado ao tratamento sem K e sem braquiária (Tabela 11).

TABELA 11 – Plantas por metro quadrado, altura e número de nós totais

Tratamento	Plantas		Altura		Nº de nós
	m <sup>-2</sup>		cm		
0 K-SB	8,70	a	77,92	b	11,37 b
0 K- CB	8,80	a	78,02	b	11,90 ab
140 K na B	8,70	a	83,06	ab	12,15 ab
70 K na B e 70 K no A	8,10	a	83,26	ab	12,20 ab
140 K no A- SB	8,10	a	91,02	a	12,46 a
140 K no A- CB	7,80	a	76,44	b	12,32 ab
F	0,82	<sup>ns</sup>	4,13	**	2,62*
Cultivar					
FM 913GLT	8,70	a	74,41	b	12,18 a
FM 983GLT	8,00	a	89,15	a	11,95 a
F	3,27	<sup>ns</sup>	42,67	**	1,33 <sup>ns</sup>
Tratamento x Cultivar	0,75	<sup>ns</sup>	1,02	<sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>
CV (%)	16,87		10,69		6,31

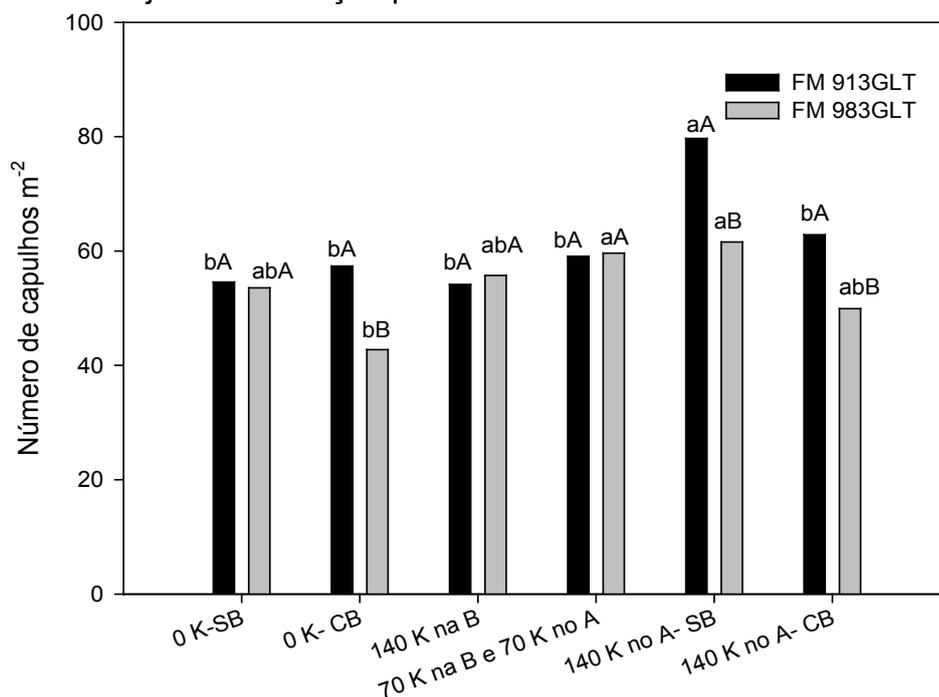
F = valor do F calculado para a fonte de variação Tratamento.

CV (%) = Porcentagem do coeficiente de variação.

\*, \*\* e ns, significativo ( $p < 0,05$ ), ( $p < 0,01$ ) e não significativo, respectivamente.

A cultivar FM 913GLT apresentou maior número de capulhos que a cultivar FM 983GLT quando o K foi aplicado no algodoeiro com ou sem braquiária e na ausência de K com braquiária (Figura 7). A cultivar precoce FM 913GLT apresentou maior número de capulhos quando adubada com 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O sem a presença de braquiária. Por outro lado, a aplicação de 140 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O sem a presença de braquiária ou a aplicação de metade da dose de K na braquiária e metade no algodoeiro proporcionaram o maior número de capulhos da cultivar tardia FM 983GLT, comparado ao tratamento sem K com braquiária.

FIGURA 7 – Número médio de capulhos em cultivares de algodoeiro sob diferentes manejos de adubação potássica



SB = Sem braquiária; CB = Com braquiária; B = Braquiária; A = Algodoeiro.

Médias seguidas por letras minúsculas comparam a cultivar em diferentes tratamentos e letras maiúsculas comparam os cultivares em um mesmo tratamento pelo teste Tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Não houve efeito do manejo da adubação potássica sobre o peso médio do capulho (PMC), porém a cultivar FM 983GLT apresentou capulhos 16,9% mais pesados que a cultivar FM 913GLT (Tabela 12), mas com um rendimento de fibra 5,2% inferior à cultivar FM 983GLT. A maior produtividade foi obtida com a aplicação do K no algodoeiro sem braquiária ou com metade da dose aplicada na braquiária e metade no algodoeiro, comparado com os demais tratamentos (Tabela 12).

TABELA 12 – Componentes de produção e produtividade de algodão em caroço e em fibra nos tratamentos com manejo da adubação potássica em cultivares de algodoeiro

Tratamentos	Nº Capulhos	PMC	Rendimento de Fibra	Produtividade de algodão em fibra
	m <sup>2</sup>	g	%	kg ha <sup>-1</sup>
0 K-SB	54,0 b	3,06 a	44,5 a	733,3 bc
0 K- CB	50,0 b	3,09 a	44,8 a	684,2 c
140 K na B	54,9 b	3,25 a	44,4 a	791,4 bc
70 K na B e 70 K no A	59,3 b	3,22 a	44,6 a	848,7 ab
140 K no A- SB	70,6 a	3,01 a	45,0 a	949,7 a
140 K no A- CB	56,3 b	3,19 a	44,3 a	786,9 bc
F	7,30**	4,13**	1,14 <sup>ns</sup>	6,77**
Cultivar				
FM 913GLT	61,2 a	2,9 b	45,8 a	803,4 a
FM 983GLT	53,8 b	3,4 a	43,5 b	794,7 a
F	12,06**	42,67**	144,27**	0,09 <sup>ns</sup>
Tratamento x Cultivar	2,77*	1,02 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	2,24 <sup>ns</sup>
CV (%)	14,39	10,69	3,26	14,08

PMC = Peso médio de capulhos; SB = Sem braquiária; CB = Com braquiária; B = Braquiária; A = Algodoeiro.

F = valor do F calculado para a fonte de variação Tratamento.

CV (%) = Porcentagem do coeficiente de variação.

\*, \*\* e ns, significativo ( $p < 0,05$ ), ( $p < 0,01$ ) e não significativo, respectivamente.

O tratamento onde o K foi parcelado na braquiária e no algodoeiro apresentou índice micronaire superior aos demais tratamentos, mas não diferiu de quando o K foi aplicado integralmente na braquiária ou quando não foi aplicado K mas havia braquiária (Tabela 13). O parcelamento da adubação potássica na braquiária e no algodoeiro reduziu o índice de fibras curtas e aumentou a maturidade da fibra comparado ao tratamento que não recebeu K (Tabela 13). Além disso, a cultivar FM 983GLT apresentou melhor qualidade que a cultivar FM 913GLT, como o índice micronaire (+ 13,7%), comprimento (1,36%) e maturidade (2,22% maior), apesar do índice de fibras curtas ter sido menor na cultivar precoce FM 913GLT (- 14,4%).

TABELA 13 – Qualidade tecnológica da fibra de cultivares de algodoeiro sob manejos da adubação potássica

Tratamento	Micronaire	Comprimento	Fibras curtas	Maturidade
	$\mu\text{g in}^{-1}$	mm	%	-
0 K-SB	3,89 c	29,64 a	7,39 a	85,40 d
0 K- CB	4,27 b	29,59 a	7,01 ab	86,37 abc
140 K na B	4,47 ab	29,54 a	7,05 ab	86,90 ab
70 K na B e 70 K no A	4,52 a	29,74 a	6,83 b	86,95 a
140 K no A- SB	4,25 b	29,42 a	6,93 ab	86,12 c
140 K no A- CB	4,25 b	29,60 a	6,87 ab	86,25 bc
F	13,25**	1,00 <sup>ns</sup>	2,41*	12,11**
Cultivar				
FM 913GLT	4,00 b	29,39 b	6,5 b	85,4 b
FM 983GLT	4,55 a	29,79 a	7,6 a	87,3 a
F	119,48**	20,35**	108,89**	228,15**
Tratamento x Cultivar	0,99 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	1,96 <sup>ns</sup>	1,99 <sup>ns</sup>
CV (%)	9,01	2,29	11,89	1,20
Padrão de comercialização	3,5-4,9	>28	-	-

SB = Sem braquiária; CB = Com braquiária; B = Braquiária; A = Algodoeiro.

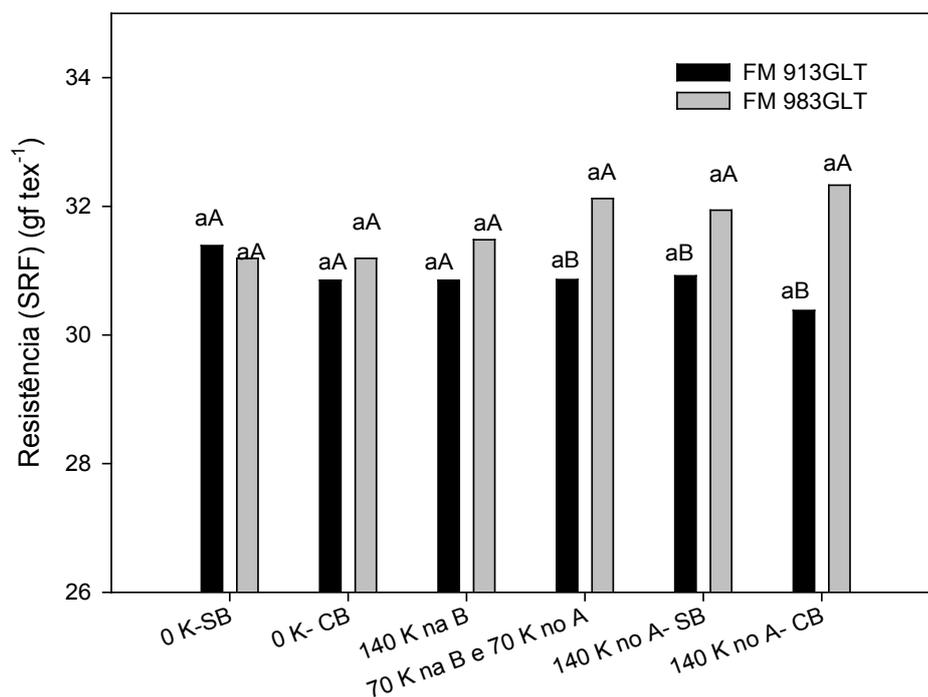
CV (%) = Porcentagem do coeficiente de variação Tratamento.

F = valor do F calculado para a fonte de variação.

\*, \*\* e ns, significativo ( $p < 0,05$ ), ( $p < 0,01$ ) e não significativo, respectivamente.

A cultivar FM 983GLT apresentou resistência da fibra superior a FM 913GLT quando o K foi aplicado no algodoeiro com e sem a presença da braquiária ou quando foi parcelado na braquiária e no algodoeiro (Figura 8), mas não houve diferença entre os manejos da adubação potássica dentro de cada cultivar.

FIGURA 8 – Resistência da fibra de cultivares de algodoeiro sob manejos de adubação potássica

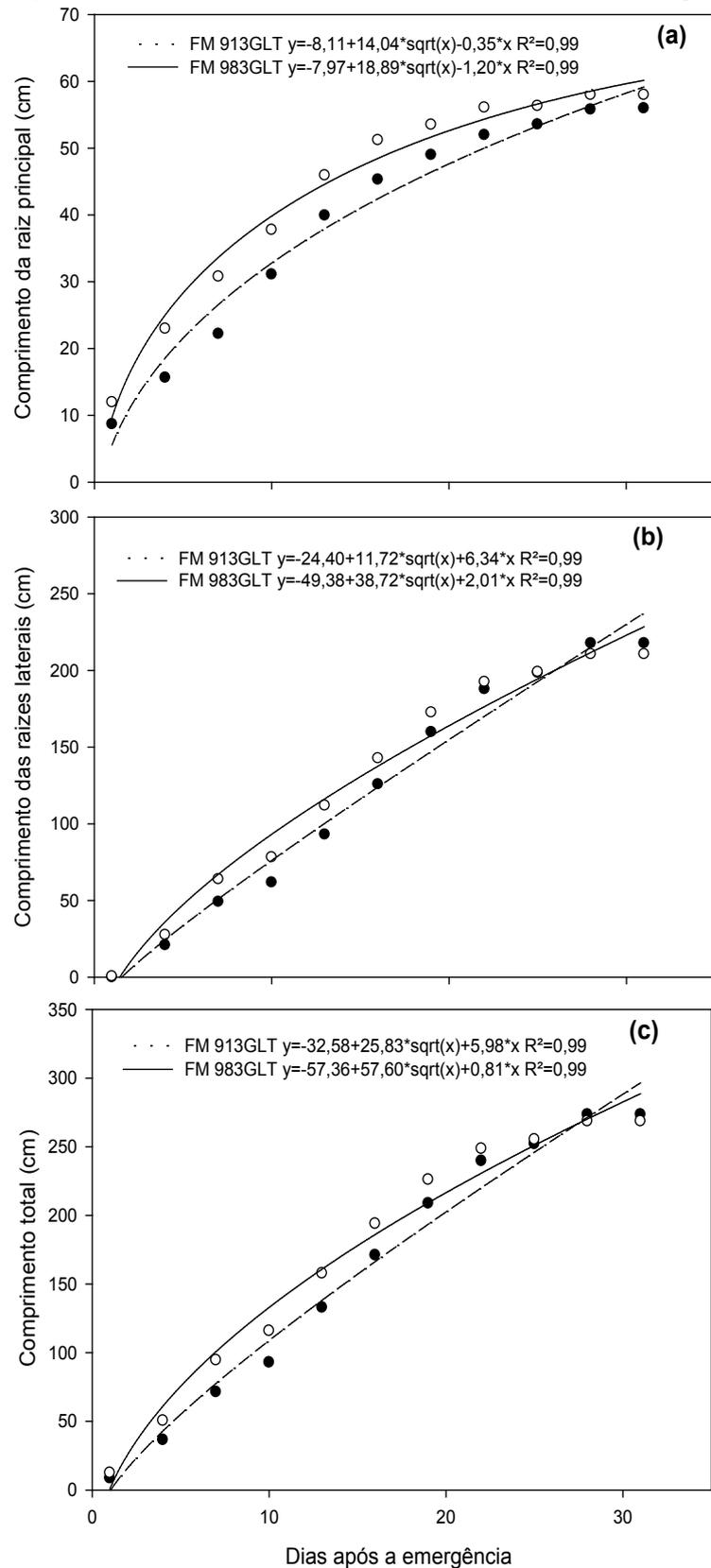


Médias seguidas por letras minúsculas comparam a cultivar em diferentes tratamentos e letras maiúsculas comparam os cultivares em um mesmo tratamento pelo teste tukey a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

## 6.2 Crescimento radicular

O comprimento radicular da raiz (principal, lateral e total) não foi afetado pelas cultivares (Figura 9 a, b e c). Tampouco houve efeitos das cultivares sobre a matéria seca da parte aérea, raiz e a relação raiz/parte aérea, comprimento final, superfície e volume radicular (Tabelas 22, 23, 24 e 25) respectivamente.

FIGURA 9 – Comprimento da raiz principal (a), das raízes laterais (b) e o comprimento total das raízes (c) das cultivares de algodoeiro



\* significativo ao nível de 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ )

TABELA 14 – Massa da matéria seca da parte aérea, raiz e relação de raiz/parte aérea

Cultivar	Parte Aérea (g)	Raiz (g)	Raiz/Parte aérea (g)
FM 913GLT	10,94 a	0,45 a	0,04 a
FM 983GLT	11,51 a	0,50 a	0,04 a
F	2,61 <sup>ns</sup>	1,03 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>
CV (%)	6,89	24,04	20,12

ns, não significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 15 – Comprimento, superfície, volume e diâmetro médio de raízes de cultivares de algodoeiro

Cultivar	Comprimento (cm)	Superfície (cm <sup>2</sup> )	Volume (cm <sup>3</sup> )	Diâmetro (mm)	Comprimento/volume (km/m <sup>3</sup> )
FM 913GLT	3504 a	611 a	8,50 a	0,56 a	16,31 a
FM 983GLT	3750 a	654 a	9,14 a	0,55 a	17,65 a
F	0,96 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,001 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>
CV (%)	15,12	18,03	22,87	7,25	24,19

ns, não significativo, ao nível de 5% de probabilidade.

## 7 DISCUSSÃO

A adubação potássica no algodoeiro elevou os teores de K na camada de 0-10 cm em razão do menor tempo entre a aplicação do fertilizante potássico e a amostragem para análise. Por outro lado, quando se aplicou o K na braquiária ou metade na braquiária e no algodoeiro os teores de K na superfície foram menores que quando aplicou no algodoeiro ou na ausência de K (Figura 3).

Houve aumento nos teores de K até a camada de 20-40 cm de profundidade em todos tratamentos que foram adubados, uma vez que a retenção dos cátions trocáveis  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  nos colóides do solo seguem a série liotrópica, resultando na maior lixiviação de K em solos bem drenados, principalmente em solos com menor CTC (RAIJ, 1991), como os solos arenosos. Werle et al. (2008) constataram que a chuva simulada de 1600 mm aumentou a lixiviação do K no solo arenoso, mesmo em teores menores de K em relação ao solo argiloso.

A aplicação do K na braquiária não elevou a produtividade da mesma (Figura 4). A ausência do efeito do fornecimento de K sobre a produtividade da braquiária pode estar relacionado com o residual de K trocável (Tabela 4) e não trocável (não avaliado), existente no solo, uma vez que, a braquiária *ruziziensis* tem elevada capacidade de absorver K trocável e não trocável (ROSOLEM et al. 2012a; GARCIA et al., 2008; CALONEGO et al., 2005).

A produção de massa da matéria seca da braquiária no presente estudo foi de 4200 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 4), menor do que a produtividade encontrada por Pacheco et al. (2013) (6700 kg ha<sup>-1</sup> para o primeiro ano do experimento e 13900 kg ha<sup>-1</sup> para o segundo ano), e isso pode ser atribuído a baixa precipitação e temperatura no inverno (Figura 1), condições climáticas que não favorecem o bom desenvolvimento da cultura, uma vez que a semeadura da braquiária ocorreu em 20/05/16.

A ausência de resposta no teor de K remanescente na palha para os tratamentos com fornecimento de 70 kg de K<sub>2</sub>O e 140 kg de K<sub>2</sub>O na braquiária (Tabela 6) encontradas no período de 0 DAE (39 dias após o manejo químico) está relacionada às pequenas precipitações diárias que ocorreram do momento da dessecação até a data da coleta, que somadas chegam a 66 mm de chuva em 39 dias, fato que contribuiu para a liberação do K, uma vez que, Calonego et al. (2005), constataram através de chuva simulada, que a partir de quatro dias após o manejo de dessecação, a liberação de K na *U. decumbens* atinge taxas diárias próximas a 1

kg de K ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>. Esse fato, ainda, refletiu nos valores médios de K remanescente na palha (Figura 5) no período de 0 DAE (39 dias após o manejo químico) encontrados no presente trabalho, que estão abaixo dos valores reportados pela literatura para o gênero *Urochloa* (CALONEGO et al., 2005; PACHECO et al., 2013). Ainda, para os resultados da liberação geral de K remanescente da palha encontrados no presente trabalho, foi encontrado resultados similares pelos autores Mendonça et al. (2015).

Em relação ao acúmulo de K na planta (Figura a), a braquiária influenciou negativamente o acúmulo de K pelas plantas de algodoeiro, conforme reportado em soja (ALMEIDA et al., 2018a) e milho (ALMEIDA et al., 2018b) em que a presença da braquiária *ruzizensis* reduziu a absorção de P pelas culturas e a produtividade. Ainda, o aumento das médias do acúmulo de K pelas plantas de algodoeiro aos 120 DAE (Figura 6a) é reflexo do pico de acúmulo de K nos frutos (Figura d). Observou-se também que a partir dos 80 DAE a intensificação da redistribuição do K das folhas (Figura 6b) e do caule (Figura 6c) para os frutos (Figura 6d), uma vez que, o K é altamente móvel na planta e os frutos são os principais drenos na planta (ROSOLEM; MIKKELSEN, 1991).

O K exerce papel chave na regulação estomática (LANGER et al., 2004). Apesar disso, o manejo do K não afetou a condutância estomática (*gs*) no estágio F1 (Tabela 7), e isso pode estar associada a boa disponibilidade de água para a planta, uma vez que choveu no dia anterior a avaliação (Figura 1). Além disso, as plantas não apresentavam sintomas de deficiência de K, devido ao teor médio de K no solo (Tabela 4) e a baixa demanda do nutriente até o início do florescimento. Conforme reportado por Zahoor et al. (2017) plantas não adubadas com K apresentaram potencial hídrico semelhantes às plantas adubadas quando havia boa disponibilidade de água no solo.

Entretanto a maior *gs* na cultivar FM 913GLT em F1 pode estar relacionada com a maior precocidade desse material, pois cultivares mais precoces tendem a antecipar os estádios fenológicos e para isso o seu metabolismo, oposto do que ocorreu na cultivar FM 983GLT em C2. As plantas adubadas com K apresentaram maior *gs* em F7, fase de pleno florescimento cuja demanda por K é alta (ROSOLEM et al., 2012b), como reportado na literatura (ZHAO et al., 2001; HU et al., 2016; HU et al., 2017). A *gs* foi semelhante nos manejos do K em C2, fase de abertura dos

capulhos, em razão da diminuição no teor de K nas folhas e o aumento nos frutos, pois os frutos são os principais drenos na planta (ROSOLEM; MIKKELSEN, 1991).

O manejo do K não afetou o IAF aos 30 e 60 DAE como consequência da baixa demanda de K pela planta. Porém aos 90 e 120 DAE o IAF foi maior quando a planta foi adubada com K, resultado da manutenção da área foliar, pois a vida útil da folha é reduzida quando falta K (WRIGHT, 1999). O maior IAF na cultivar FM 983GLT aos 90 DAE é justificado pelo decréscimo antecipado da produção de matéria seca vegetativa na cultivar precoce, conforme relatado por Clement-Bailey e Gwathmey (2007).

O teor de K nas folhas de algodoeiro ficou abaixo do nível de suficiência (14-16 g kg<sup>-1</sup>) (Malavolta et al., 1997) em todos os tratamentos (Tabela 9), apesar do maior teor de K nas folhas do tratamento onde o K foi aplicado integralmente na braquiária. Esse fato comprova que a época de amostragem em pleno florescimento (F7) (78 DAE) se mostrou tardia para o local em que o experimento foi conduzido. Uma vez que, os autores Ferreira et al (2010) encontraram resultados para os valores médios de K na folha amostrados aos 85 DAE dentro do nível de suficiência proposto por Malavolta et al. (1997). Ainda, á exceção do K e do Cu, os outros nutrientes atingiram os níveis de suficiência (MALAVOLTA et al., 1997), e a cultivar precoce mostrou maior teor de P, Mg, S e Zn.

O número de capulhos e o peso médio de capulhos (PMC) são os componentes de produção que determinam a produtividade (SUI et al., 2014). Assim, a inserção dos capulhos se dá nos nós reprodutivos o que indica que o número de nós pode interferir no número de capulhos desde que a retenção dos frutos seja mantida. Por outro lado, a altura de plantas não interfere no número de nós, uma vez que a distância entre nós pode ser regulada pelo controle hormonal. De fato foi observado no presente trabalho que a maior altura da cultivar FM 983GLT não influenciou o número de nós (Tabela 11) e nem a produtividade (Tabela 12). Adicionalmente o capulho mais pesado da cultivar FM 983GLT não influenciou a produtividade, pois a cultivar FM 913GLT produziu maior número de capulhos (Tabela 12).

A maior produtividade de fibra no tratamento com a aplicação do K no algodoeiro sem a presença da braquiária comparado ao controle não adubado sem braquiária foi reflexo do melhor desenvolvimento vegetativo uma vez que este tratamento proporcionou maior altura da planta e maior número de nós, o que

resultou em maior número de posições frutíferas (Tabela 12). Ainda, é resultado também de uma maior manutenção de área foliar aos 90 e 120 DAE (Tabela 8), uma vez que os valores de IAF adequado para esse período é entre 3 e 4 (KENNEDY; HUTCHINSON, 2001) e para o presente estudo estão abaixo. O aumento na produtividade via adubação potássica foi reportado anteriormente (CASSMAN et al., 1989; CLEMENT-BAILEY; GWATHMEY, 2007; SUI et al., 2014). Entretanto, a adubação potássica aliada a braquiária apresentou produtividade semelhante aos tratamentos sem K, o que indica uma limitação de produtividade quando a braquiária é cultivada antes do algodoeiro. Assim o manejo da adubação parcelada metade na braquiária e metade no algodoeiro, apesar de ter produtividade levemente inferior ao manejo da adubação no algodoeiro sem braquiária, foi a melhor alternativa entre os tratamentos que tinham a braquiária no sistema. Bernardi et al (2009) e Carvalho et al (2012) encontraram produtividades similares com a antecipação da adubação potássica em plantas de cobertura comparadas como manejo convencional (sulco e cobertura).

O tratamento onde o K foi parcelado na braquiária e no algodoeiro apresentou índice micronaire superior aos demais tratamentos, mas não diferiu de quando o K foi aplicado integralmente na braquiária ou quando não foi aplicado K mas havia braquiária (Tabela 13). O parcelamento da adubação potássica na braquiária e no algodoeiro reduziu o índice de fibras curtas e aumentou a maturidade da fibra comparado ao tratamento que não recebeu K (Tabela 13). Além disso, a cultivar FM 983GLT apresentou melhor qualidade que a cultivar FM 913GLT, como o índice micronaire (+ 13,7%), comprimento (1,36%) e maturidade (2,22% maior), apesar do índice de fibras curtas ter sido menor na cultivar precoce FM 913GLT (-14,4%).

O parcelamento da adubação potássica na braquiária e no algodoeiro melhorou o micronaire e a maturidade da fibra, mas sem efeito sobre o comprimento da fibra, sendo esta a variável mais dependente do K. O efeito do K sobre a qualidade de fibra é bem conhecido (PETTIGREW et al., 1996; SUI et al., 2014), mas as interações entre genótipo, clima e solo podem alterar essa resposta (PETTIGREW, 2003; REDDY et al., 2004). As maiores variações nos parâmetros qualitativos da fibra ocorreram entre as cultivares, pois, a genética da cultivar e sua interação com o ambiente determinam a qualidade da fibra (RAMEY, 1986; REDDY et al., 1999). Assim, as diferenças na qualidade de fibra observadas entre as

cultivares pode ser atribuída à genética dos cultivares. Por outro lado, a resistência da fibra foi influenciada pelo manejo da adubação potássica somente na cultivar tardia. Resposta que pode estar relacionada ao ciclo das cultivares, uma vez que, as cultivares precoces geralmente possuem fibra com menor resistência, em relação às cultivares de ciclo normal ou tardio (HEILMAN et al., 1986; FREIRE; CARVALHO, 2004).

O crescimento radicular similar entre as cultivares pode estar relacionado com os padrões genéticos (ROSOLEM et al. 2000) e com o tempo de crescimento, pois as avaliações foram realizadas até os 31 DAE, onde as plantas se encontravam no estágio V7/V8 em função da limitação do volume de solo explorado e é esperado que o crescimento radicular do algodoeiro seja máximo por ocasião do início do florescimento (McMICHAEL, 1990).

## 8 CONCLUSÃO

A adubação potássica aumentou o desenvolvimento e a produtividade do algodoeiro, entretanto, a presença da forrageira não proporcionou aumento da produtividade. Ainda, as cultivares não apresentaram diferença no crescimento radicular até os 31 DAE.

A maior parte do K é liberada dos resíduos de *Urochloa ruziziensis* nos primeiros 30 dias após a dessecação da forrageira, havendo sincronismo com a absorção pelo algodoeiro, mas sem efeito das cultivares de algodoeiro na recuperação do K lixiviado no perfil do solo. Em solos com baixo teor de K e de matéria orgânica a dose de K aplicado na espécie forrageira deve ser parcelada metade na forrageira e metade no algodoeiro para que não haja perda significativa em produtividade. Novos estudos devem ser realizados para elucidar o efeito negativo da presença da forrageira sobre o desenvolvimento do algodoeiro e encontrar formas alternativas de manejo uma vez que em solos leves e com baixa capacidade de retenção de água a cobertura do solo é fundamental para a sustentabilidade agrícola.

## REFERÊNCIAS

- ALEMAN, F.; NIEVES-CORDONES, M.; MARTINEZ, V.; RUBIO, F. Root K<sup>+</sup> acquisition in plants: the Arabidopsis thaliana model. **Plant Cell Physiology**. v. 52, p. 1603-1612, 2011.
- ALMEIDA, D.S; ROCHA, K. F.; SOUZA, M.; DELAI, L. B.; ROSOLEM, A. C. Soil Phosphorus Bioavailability and Soybean Grain Yield Impaired by Ruzigrass **Agronomy Journal**. v 110, p.1–10,2018a
- ALMEIDA, D.S.; PENN, C. J.; ROSOLEM, C. A. Assessment of phosphorus availability in soil cultivated with ruzigrass. **Geoderma**.v 312, p.64–73, 2018b
- AMTMANN, A.; TROUFFLARD, S.; ARMENGAUD, P. The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. **Physiologia Plantarum**. v. 133, p. 682-691, 2008.
- AMTMANN, A.; ARMENGAUD, P. Effects of N, P, K, and S on metabolism: New knowledge gained from multilevel analysis. **Current Opinion in Plant Biology**. v. 12, p. 275-283, 2009.
- ASHLEY, D. A.; GOODSON, R. D. Effect of time and plant potassium status on <sup>14</sup>C-labeled photosynthate movement in cotton. **Crop Science**. v. 12, p. 686-690, 1972.
- ASHLEY, M. K.; GRANT, M.; GRABOV, A. Plant responses to potassium deficiencies: a role for potassium transport. **Journal of Experimental Botany**. v. 57, p. 425-436, 2006.
- BARBER, S. A. A diffusion and mass-flow concept of soil nutrient availability. **Soil Science**. v. 93, p. 39-49, 1962.
- BEDNARZ, C. W.; OOSTERHUIS, D. M. Physiological changes during the development of potassium deficiency in cotton, in Oosterhuis, D. S., Berkowitz, G. A.: Frontiers in potassium nutrition: **New perspectives on the effects of potassium on crop physiology**. American Society of Agronomy, Indianapolis, IN, USA, p. 83-86, 1996.
- BEDNARZ, C. W.; OOSTERHUIS, D. M.; EVANS, R. D. Leaf photosynthesis and carbon isotope discrimination of cotton in response to potassium deficiency. **Environmental and Experimental Botany**. v. 39, p. 131-139, 1998.
- BEDNARZ, C. W.; OOSTERHUIS, D. M. Physiological changes associated with potassium deficiency in cotton. **Journal of Plant Nutrition**. v. 22, p. 303-313, 1999.
- BELTRÃO, N. E. M.; AZEVÊDO, D. M. P. Defasagem entre as produtividades real e potencial do algodoeiro herbáceo: **limitações morfológicas, fisiológicas e**

**ambientais**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, p. 108. (EMBRAPA-CNPA. Documentos, 39), 1993.

BELTRÃO, N. E. de M. **Fisiologia da produção do algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 8. (Embrapa Algodão. Circular técnica, 94), 2006.

BENNETT, O. L.; ROUSE, R.; ASHLEY, D. A.; DOSS, B. D. Yield, fiber quality and potassium content of irrigated cotton plants as affected by rates of potassium. **Agronomy Journal**. Madison, v. 57, p. 296-9, 1965.

BERKOWITZ, G. A.; GIBBS, M. Reduced osmotic potential inhibition of photosynthesis. Site-specific effects of osmotically induced stromal acidification. **Plant Physiology**. v. 71, p. 905-911, 1983.

BERKOWITZ, G. A.; PETERS, J. S. Chloroplast inner-envelope ATPase acts as a primary H<sup>+</sup> pump. **Plant Physiology**. v. 102, p. 261-267, 1993.

BLATT, M. R.: Potassium-dependent, bipolar of K<sup>+</sup> channels in guard cells. **Journal of Membrane Biology** v. 102, p. 235-246, 1988.

BORTOLUZZI, E. C.; ELTZ, F. L. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia-preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 449-457, 2000.

BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J. Cellular mechanisms of potassium transport in plants. **Physiologia Plantarum**. v. 133, p. 637-350, 2008.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F. J.; ALLEONI, F.; CAMBRI, M. A. Calagem superficial e cobertura de aveia-preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 87-98, 2006.

CAKMAK, I. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 168, p. 521- 530, 2005.

CALONEGO, J. C.; ROSOLEM, C. A.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 99-108, 2005.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B.; STAUT, L. A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: FREIRE, E., ed. **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília, ABRAPA, p. 581-647, 2007.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, A. C. B. **Manejo de solos aptos à cotonicultura no cerrado**. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no cerrado do Brasil**. 2. ed. Aparecida de Goiânia: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2011. Cap. 19

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, A. C. B.; SANTOS, F. C.; SANTOS, C. R. O. Antecipação da Adubação Potássica do Algodoeiro para a Cultura de Cobertura do Solo em Sistema Plantio Direto. In: **FERTIBIO**, Maceió Anais. 2012.

CASSMAN, K. G.; KERBY, T. A.; ROBERTS, B. A.; BRYANT, D. C.; BROUDER, S. M. Differential response of two cotton cultivars to fertilizer and soil potassium. **Agronomy Journal**. v. 81, p. 870-876, 1989.

CASSMAN, K. G. Cotton. In: BENNETT, W.F. (Ed). **Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants**. Saint Paul: APS Press, Cap. 10, p. 111-119, 1993.

CHAGAS, E.; ARAÚJO, A.P.; TEIXEIRA, M.G.; GUERRA, J.M.G. Decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio de resíduos da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 723-729, 2007.

CLEMENT-BAILEY, J.; GWATHMEY, C. O. Potassium effects on partitioning, yield, and earliness of contrasting cotton cultivars. **Agronomy Journal**. v. 99, p. 1130-1136, 2007.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra do algodão 2017/18. Brasília, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>. Acessado: 11 de setembro de 2018.

COPE, J. T. Effects of 50 years of fertilization with phosphorus and potassium on soil test levels and yields at six locations. **Soil Science Society of America Journal**. v. 45, p. 342-347, 1981.

CRUSCIOL, C. A. C; COTTICA, R. L; LIMA, E. V; ADREOTTI, M; MORO, E; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa. Agropecuária. Brasileira. Brasília**, v. 40, p. 161-168, fev. 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro, 306p, 2006.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L.; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 321-328, 2006.

FERNANDO, M.; MEHROKE, J.; GLASS, A. D. M. De novo synthesis of plasma membrane and tonoplast polypeptides of barley roots during short term K<sup>+</sup> deprivation. In search of the high-affinity K<sup>+</sup> transport system. **Plant Physiology**. v. 100, p. 1269-1276, 1992.

FIORIN, J. E. Plantas recuperadoras de fertilidade do solo. In: **Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo em plantio direto**, Cruz Alta. Resumos de palestras. Passo Fundo: Aldeia Norte, v. 3, p. 92, 1999.

- FERREIRA, A. C. B.; LAMAS, F.M.; CARVALHO, M. C. S.; SALTON, J. C.; SUASSUANA, N. D. Produção de biomassa por cultivos de cobertura do solo e produtividade do algodoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.45, p.546-553, 2010
- FREIRE, E. C.; CARVALHO, L. P. Cultivares do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. de M.; ARAÚJO, A. E. de. (Ed.). **Algodão: o produtor pergunta e a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 33-45.
- FOLONI, J. S. S.; ROSOLEM, C. A. Produtividade e acúmulo de potássio na soja em função da antecipação da adubação potássica no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1549-1561, 2008.
- FONTES, M. P. F.; CAMARGO, O. A.; SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, v. 58, p. 627-646, 2001.
- FURLANI JR., E.; SILVA, N. M.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; ROSOLEM, C. A.; CARVALHO, M. A. C. Extração de macronutrientes e acúmulo de massa seca de algodão cv. IAC 22. **Cultura Agrônômica**. v. 10, p. 71-87, 2001.
- GAJDANOWICZ, P., MICHARD, E., SANDMANN, M., ROCHA, M., DREYER, I. Potassium gradients serve as a mobile energy source in plant vascular tissues. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v. 108, p. 864-869, 2011.
- GARCIA, R.A.; CRUSCIOL, C.A.C.; CALONEGO, J.C. & ROSOLEM, C.A. Potassium cycling in a corn-brachiaria cropping system. **European Journal of Agronomy**. V 28, p.579-585, 2008.
- GWATHMEY, C. O.; MAIN, C. L.; YIN, X. Potassium uptake and partitioning relative to dry matter accumulation in cotton cultivars differing in maturity. **Agronomy Journal**. v. 101, p. 1479-1488, 2009.
- HALEVY, J. Growth rate and nutrient uptake of two cotton cultivars grown under irrigation. **Agronomy Journal**. v. 68, p. 701-705, 1976.
- HARTT, C. E. Effect of potassium deficiency upon translocation of <sup>14</sup>C in attached blades and entire plants of sugarcane. **Plant Physiology** v. 45, p. 183-187, 1969.
- HEILMAN, M. D.; NAMKEN, L. N.; SUMMY, K. R. Sistemas de algodão de ciclo curto para áreas infestadas pelo bicudo. In: BARBOSA, S.; LUKEFHAR, J. M.; BRAGA SOBRINHO, R. (Ed.). **O bicudo do algodoeiro**. Brasília, DF: EMBRAPA-DDT, 1986. p. 253-274. (EMBRAPADDT. Documentos, 4).
- HU, W., JIANG, N., YANG, J., MENG, Y., WANG, Y., CHEN, B., ZHAO, W., OOSTERHUIS, D. M., ZHOU, Z.: Potassium (K) supply affects K accumulation and photosynthetic physiology in two cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars with different K sensitivities. **Field Crops Research**, v.196, p.51-63, 2016

HU, W., COOMER, T. D., LOKA, D. A., OOSTERHIUS, D. M., ZHOU, Z.: Potassium deficiency affects the carbon-nitrogen balance in cotton leaves. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.115, p.408-417, 2017.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con um estudio de los climas de la tierra**. México: FCE, p. 482-487, 1948

LAMAS, F. M.; FERREIRA, A. C. B. **Arranjo espacial do algodoeiro como fator para otimizar a produtividade de fibra** – Dourados, MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013.

LANGER, K.; LEVCHENKO, V.; FROMM, J.; GEIGER, D.; STEINMEYER, R.; LAUTNER, S.; ACHE, P.; HEDRICH, R. The poplar K<sup>+</sup> channel KPT1 is associated with K<sup>+</sup> uptake during stomatal opening and bud development. **The Plant Journal**, v.37, p.828- 838, 2004.

LAWLOR, M. M.; CORNIC, G. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. **Plant, Cell & Environment**. v. 25, p. 275-294, 2002.

LÓPEZ, M.; EL-DAHAN, M. A. A.; LEIDI, E. O. Genotypic variation in potassium uptake in dryland cotton. **Journal of Plant Nutrition**. v. 31, p. 1947-1962, 2008.

MARUR, C.J.; RUANO, O. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.5, n.2, p.313-317, 2001.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, p. 319, 1997.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. **Academic Press**, Inc., London, UK, p. 651, 1995.

McMICHAEL, B.L. Root-shoot relationships in cotton. In: BOX JR., J.D.; HAMMOND, L.C. (ed.). **Rhizosphere Dynamics**. Boulder: Westview Press, 1990. p.232-249.

MEDRANO, H.; PARRY, M. A.; SOCIAS, X.; LAWLOR, D. W. Long term water stress inactivates Rubisco in subterranean clover. **Annals of Applied Biology**. v. 131, p. 491-501, 1997.

MENDONÇA, E. S. et al. Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and sandy loam Oxisol from the Cerrado Region, Brazil. **Geoderma**, v. 132, p. 131-142, 2006.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ADREOTTI, M.; PARIZ, C. M.; YANO, E. H.; PEREIRA, F. C. B. L. Liberação de nutrientes da palhada de forrageiras consorciadas com milho e sucessão com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 183-193, 2015.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of Plant Nutrition. **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht, the Netherlands, p. 833, 2001.

MOORE, A. M. Temperature and moisture dependence of decomposition rates of hard-wood and coniferous leaf litter. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 18, p. 427-435, 1986.

OLIVEIRA, R. H.; ROSOLEM, C. A.; TRIGUEIRO, R. M. Importância do fluxo de massa e difusão no suprimento de potássio ao algodoeiro como variável de água e potássio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 439-445, 2004.

OOSTERHUIS, D. M. Potassium nutrition of cotton with emphasis on foliar fertilization, in Constable, C. A. N., Forrester, W.: Challenging the future. **Proceedings. World Cotton Research Conference 1**. CSIRO, Australia, p. 133-146, 1995.

OOSTERHUIS, D.M. **Growth and development of a cotton plant**. Fayetteville: University of Arkansas, Arkansas Cooperative Extension Service, 1992. 24p. (MP332-4M-9-92R).

OOSTERHUIS, D. M.; LOKA, D. A.; RAPER, T. B. Potassium and stress alleviation: Physiological functions and management of cotton. **Journal Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 176, p. 331-343, 2013.

PACHECO, L. P; BARBOSA, J. M.; LEANDRO, W. M; MACHADO, P. L. O. A; ASSIS, R. L; MADARI, B. E; PETTER, F. A. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura e produtividade de soja e arroz em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, p. 1228-1236, 2013.

PERVEZ, H.; ASHRAF, M.; MAKHDUM, M. I. Influence of potassium nutrition on gas exchange characteristics and water relations in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Photosynthetica**, v. 42, p. 251-255, 2004.

PETTIGREW, W. T.; HEITHOLD, J. J.; MEREDITH JR., W.R. Genotypic interactions with potassium and nitrogen in cotton of varied maturity. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 89- 93, 1996.

PETTIGREW, W.T. Potassium deficiency increases specific leaf weights and leaf glucose levels in field-grown cotton. **Agronomy Journal**. v.91, p. 962-968, 1999.

PETTIGREW, W. T. Relationships between insufficient potassium and crop maturity in cotton. **Agronomy Journal**. v. 95, p. 1323-1329, 2003.

PIER, P. A.; BERKOWITZ, G. A. Modulation of water stress effects on photosynthesis by altered leaf K<sup>+</sup>. **Plant Physiology**. v. 85, p. 655-661, 1987.

RAIJ, B. Van. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba, Ceres,1991. 343p

RAIJ, B. Van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, p. 285, 2001.

RAMEY JR., H. H., **Stress influences on fiber development**. In: Mauney, J.R., Stewart, J.McD. (Eds.), Cotton Physiology. The Cotton Foundation, Memphis, TN, USA, p. 315-359, 1986.

REDDY, K. R.; DAVIDONIS, G. H.; JOHNSON, A. S.; VINYARD, B. T. Temperature regime and carbon dioxide enrichment alter cotton boll development and fiber properties. **Agronomy Journal**. v. 91, p. 851-858, 1999.

REDDY, K. R.; KOTI, S.; DAVIDONIS, G. H.; REDDY, V. R. Interactive effects of carbon dioxide and nitrogen nutrition on cotton growth, development, yield and fiber quality. **Agronomy Journal**. v. 96, p. 1148-1157, 2004.

REICOSKY, D. C.; FORCELLA, F. Cover crop and soil quality interactions in agroecosystems. **Journal Soil Water Conservation**. v. 53, p. 224-229, 1998.

ROSOLEM, C. A.; MIKKELSEN, D. S. Nitrogen source-sink relationship in cotton. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 12, p. 1417-1448, 1989.

ROSOLEM, C. A.; MIKKELSEN, D. S. Potassium absorption and partitioning in cotton as affected by periods of potassium deficiency. **Journal of Plant Nutrition**. v. 14, n. 9, p. 1001-1016, 1991.

ROSOLEM, C. A.; GIOMMO, G. S.; LAURENTI, R. L. B. Crescimento radicular e nutrição de cultivares de algodoeiro em resposta à calagem. **Pesquisa agropecuária brasileira**. V.35. p-827-833, 2000

ROSOLEM, C.A. Ecofisiologia e manejo da cultura do algodoeiro. Piracicaba: POTAFOS, 2001. 9p. (Informações Agrônomicas, n. 95)

ROSOLEM, C. A.; NAKAGAWA, J. Residual and annual potassic fertilization for soybeans. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 59, p. 143-149, 2001.

ROSOLEM, C. A.; SILVA, R. H. D.; ESTEVES, J. A. F. Suprimento de potássio às raízes do algodoeiro em função da adubação potássica e calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 635-641, 2003.

ROSOLEM, C. A.; SANTOS, F. P.; FOLONI, J. S. S.; CALONEGO, J. C. Potássio no solo em consequência da adubação sobre a palha de milho e chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 1033-1040, 2006.

ROSOLEM, C. A.; VICENTINI, J. P. T. M.; STEINER, F. Suprimento de potássio em função da adubação potássica residual em um latossolo vermelho do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1507-1515, 2012a.

ROSOLEM, C. A.; ECHER, F. R., LISBOA, I. P., BARBOSA, T. S. Acúmulo de Nitrogênio, fósforo e potássio pelo Algodoeiro Sob Irrigação Cultivado em Sistemas

Convencional e Adensado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 427-466, 2012b.

RUIZ, H. A.; MIRANDA, J.; CONCEIÇÃO, J. C. S. Contribuição dos mecanismos de fluxo de massa e de difusão para o suprimento de K, Ca, Mg às plantas de arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 1015-1018, 1999.

SANGAKKARA, U. R.; FREHNER, M.; NOSBERGER, J. Effect of soil moisture and potassium fertilizer on shoot water potential, photosynthesis and partitioning of carbon in mungbean and cowpea. **Journal of Agronomy and Crop Science**. v. 185, p. 201-207, 2000.

SEN GUPTA, A.; BERKOWITZ, G. A. Osmotic adjustment, symplast volume, and nonstomatally mediated water stress inhibition of photosynthesis in wheat. **Plant Physiology**. v. 85, p. 1040-1047, 1987.

SEN GUPTA, A.; BERKOWITZ, G. A.; PIER, P. A. Maintenance of photosynthesis at low leaf water potential in wheat. Role of potassium status and irrigation history. **Plant Physiology**. v. 89, p. 1358-1365, 1989.

SILVA, N. M.; CARVALHO, L. H.; CIA, E.; FUZZATTO, M. G.; CHIAVEGATO, E. J.; ALLEONI, L. R. F. **Seja doutor do seu algodoeiro**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 69, mar. (Encarte, Arquivo do Agrônomo n. 8), 1995.

SORATO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais mediante aplicação de calcário e gesso na superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 81-90, 2007.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sobre diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 885-896, 2000.

SUI, N.; ZHOU, Z.; YU, C.; LIU, R.; YANG, C.; ZHANG, F.; SONG, G.; MENG, Y. Yield and potassium use efficiency of cotton with wheat straw incorporation and potassium fertilization on soils with various conditions in the wheat-cotton rotation system. **Field Crops Research**, v. 172, p. 132-144, 2014.

TAYLOR, R. A.; Measure of cotton fiber tenacity on 1/8 gage HVI tapered. **Journal of Engineering for Industry**. v 104, p 169-174, 1982.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. Redwood City, Benjamin/Cummings Publishing Company, p. 565, 1991.

TENNANT, D. Atest of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Ecology**, v.63, p.995-1001, 1975.

TEZARA, W.; MITCHELL, V. J.; DRISCOLL, S. D.; LAWLOR, D. W. Water stress inhibits plant photosynthesis by decreasing coupling factor and ATP. **Nature**. v. 401, p. 914-917, 1999.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J.; PAULA, J. C. **Efeito da temperatura do ar e precipitação pluviométrica na decomposição de plantas de cobertura no Cerrado**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DO SOLO, 31., Gramado, 2007. Anais...Gramado, SBCS/UFRGS, 2007.

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G. Dinâmica do potássio nos resíduos vegetais de plantas de cobertura no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 32, p. 1609-18, 2008.

TUPPER, G. R.; CALHOUN, D. S.; EBELHAR, M. W. **Sensitivity of early-maturing varieties to potassium deficiency**. Proc. Beltwide Cotton Conf., January 9–12, National Cotton Council of America, Memphis, TN, p. 625-628, 1996.

WERLE, R; GARCIA, R. A; ROSOLEM, C. A. Lixiviação de potássio em função da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.32, p 2297-2305, 2008

WHITE, P. J.; KARLEY, A. J. Potassium, in Hell, R., Mendel, R. R.: **Cell Biology of Metals and Nutrients**. Springer, New York, USA, p. 199-224, 2010.

WRIGHT, P. R.; Premature senescence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) – Predominantly a potassium disorder caused by an imbalance of source and sink. **Plant and Soil**. v. 211, p 231–239, 1999.

ZAHOOR, R.; ZHAO, W.; DONG, H.; SNIDER, J. L.; ABID, M.; IQBAL, B.; ZHOU, Z. Potassium improves photosynthetic tolerance to and recovery from episodic drought stress in functional leaves of cotton (*Gossypium hirsutum* L.): **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 119, p. 21-32, 2017.

ZHAO, D.; OOSTERHUIS, D. M.; BEDNARZ, C. W. Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. **Photosynthetica**, v. 39, p. 103-109, 2001.