

Capítulo

14

Maria da Conceição
Santana Carvalho¹

Alberto Carlos de
Campos Bernard²

Gilvan Barbosa Ferreira³

O POTÁSSIO NA CULTURA DO ALGODOEIRO

ABSTRACT

POTASH IN COTTON CROP

Potassium (K) is the second most absorbed and exported nutrient by cotton plants, playing an essential role on growth, yield and fiber quality. Nowadays, more than 86% of Brazilian cotton production comes from the Cerrado region. In their native condition, soils from that region are acidic, poor in nutrients and their K reserve is not sufficient to supply the amount absorbed by the crops in a long term cultivation. Thus, K fertilization is essential to ensure and maintain high cotton yields. Therefore, the main goal of this chapter is to report and discuss the recent results on K fertilization research for cotton crop in Brazil including: evolution of cotton cultivation in Brazil and in the Cerrado region; uptake, translocation, assimilation and

¹ Engenheira Agrônoma, D. Sc., Pesquisadora da Embrapa Algodão, Núcleo de Goiás, Caixa Postal 714, CEP 74001-970, Goiânia-GO; e-mail: mcscarva@cnpa.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo D.Sc., Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, CEP 13560-970, São Carlos-SP; e-mail: alberto@cnpse.embrapa.br

³ Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesquisador da Embrapa Algodão, Caixa Postal 174, CEP 58107-720, Campina Grande-PB; e-mail: gilvanbf@cnpa.embrapa.br

function of K and its importance to cotton plants; sequence of K assimilation and cotton nutritional requirements for this nutrient; Brazilian recommendations for cotton fertilization with K; cotton response to K fertilization focusing on recently obtained data on doses and practices adopted for fertilizer application in the Brazilian Cerrado.

RESUMO

O potássio (K) é o segundo nutriente mais absorvido e exportado pelo algodoeiro, sendo imprescindível para o desenvolvimento, a produtividade e a qualidade da fibra produzida. Atualmente, mais de 86% da produção de algodão no Brasil é proveniente de cultivos na região do Cerrado. Nos solos dessa região, que em sua condição natural são ácidos e pobres em nutrientes, a reserva de K não é suficiente para suprir as quantidades extraídas pelas culturas por longos períodos. Portanto, a adubação potássica é essencial para a obtenção e a manutenção de altas produtividades. O objetivo principal deste capítulo é mostrar e discutir os resultados de pesquisas recentes realizadas com adubação potássica do algodoeiro no Brasil, abordando: evolução da cultura no Brasil e no Cerrado; absorção, transporte, assimilação, funções do K e sua importância para o algodoeiro; marcha de absorção e exigência nutricional do algodoeiro em termos de K; recomendações oficiais de adubação potássica para a cultura do algodão no Brasil; resposta do algodoeiro à adubação potássica, enfatizando os resultados de pesquisas recentes com doses e modos de aplicação, conduzidas especialmente na região do Cerrado brasileiro.

1. INTRODUÇÃO

Na safra 2003/2004, a área plantada com a cultura do algodoeiro no Brasil ultrapassou um milhão de hectares (1.100 mil ha), registrando um aumento de 49,6% em relação à safra anterior (CONAB, 2005). Com a produtividade média de pluma em 1.190 kg ha⁻¹, alcançou-se a produção de 1.309,4 mil t, 54,5% a mais do que a produção obtida na safra 2002/2003. Para a safra 2004/2005, as estimativas de área plantada, produtividade e produção total são de 1.151,8 mil ha, 1.209 kg ha⁻¹ e 1.392,3 mil t de pluma, respectivamente (CONAB, 2005). O fator responsável por esse baixo crescimento na safra 2004/2005 é a redu-

ção do preço internacional da fibra, em decorrência do forte aumento dos estoques mundiais, que alcançarão 10.245 mil t em 2005 (USDA, 2005). Entretanto, existem capital, tecnologia e, principalmente, áreas disponíveis para a rápida expansão de até 2,2 milhões ha, especialmente no Cerrado em sucessão à cultura da soja, em 10% da área cultivada com esta leguminosa, conforme sugestão de Freire et al. (1999). Atualmente, mais de 75% da área plantada com algodão no Brasil encontra-se na região do Cerrado.

O manejo da fertilidade do solo, envolvendo correção da acidez e adubação, é um fator determinante para a produtividade do algodoeiro (SILVA, 1999; STAUT e ATHAYDE, 1999), porém deve ser feito de maneira criteriosa, visando a máxima eficiência econômica e o equilíbrio com o meio ambiente. O uso inadequado e excessivo de fertilizantes pode causar desequilíbrios nutricionais que resultam em aumento da incidência de doenças e pragas, afetam negativamente a produção e contaminam o meio ambiente, prejudicando toda a sociedade. Para a adubação equilibrada devem-se levar em consideração os resultados da análise de solos e de folhas, além do histórico da área e da exigência nutricional da cultura. Para isso, é necessário que existam recomendações de adubação atualizadas, baseadas em resultados de pesquisas.

O potássio (K) é o segundo nutriente mais absorvido e exportado pelo algodoeiro, sendo imprescindível para o desenvolvimento, a produtividade e a qualidade da pluma. Nos solos da região do Cerrado, os quais, em sua condição natural, são ácidos e pobres em nutrientes, a reserva de K não é suficiente para suprir a quantidade extraída pelas culturas por longos períodos, mesmo porque nessa região são obtidas as maiores produtividades mundiais de pluma em condições de cultivo em sequeiro (> 1.400 kg ha⁻¹). Portanto, é essencial que o seu suprimento para as plantas seja feito por intermédio da adubação. O manejo da adubação potássica, com relação a doses, modos (a lanço, sulco, parcelada) e épocas (pré-plantio, cobertura) de aplicação, deve ser considerado em função da época de maior demanda pela cultura e do potencial de perdas por lixiviação que os solos da região do Cerrado apresentam.

O objetivo deste capítulo é mostrar os resultados de alguns experimentos realizados com adubação potássica do algodoeiro, especialmente na região do Cerrado.

2. EVOLUÇÃO DA CULTURA DO ALGODOEIRO NO BRASIL E NO CERRADO

Até o início da década de 90, a produção de algodão no Brasil concentrava-se nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste. Após esse período, aumentou significativamente a participação do algodão produzido nas áreas de Cerrado, basicamente na Região Centro-Oeste. Esta região, que em 1990 cultivava apenas 123.000 ha (8,8% da área de algodão do País), passou para 475.000 ha em 2002, correspondendo a 62,7% do total da área (Tabela 1). Todos os Estados da Região Centro-Oeste são reconhecidamente produtores de algodão herbáceo, além do Distrito Federal. Outros Estados brasileiros que também estão produzindo algodão no Cerrado são a Bahia (cerca de 85% da área cultivada com algodão) e o Maranhão na Região Nordeste, além do Tocantins na Região Norte, cujos sistemas de produção apresentam características semelhantes às da Região Centro-Oeste.

Tabela 1. Área colhida de algodão herbáceo, por região geográfica do Brasil, no período de 1980 a 2005.

Ano	Região				Brasil
	Centro-Oeste	Sul	Sudeste	Nordeste	
1980	81	336	373	559	1.353
1985	148	540	547	1.013	2.253
1990	123	490	431	330	1.392
1995	199	283	241	360	1.104
2000	414	54	115	225	809
2002	475	35	102	146	758
2004	632	46	122	296	1.069
2005 ¹	632	53	132	333	1.152

¹ Estimativa em fevereiro de 2005.

Fonte: IBGE (1983); IBGE (1988); IBGE (1993); IBGE (1997); IBGE (2003); CONAB (2005).

Atualmente, a Região Centro-Oeste responde por 62,5% do algodão produzido no Brasil. Somando-se a produção da Região Centro-Oeste com a da Bahia, a do Maranhão e a do Tocantins, o algodão do Cerrado representa mais de 86,1% da produção nacional (Tabela 2).

Tabela 2. Área plantada, produtividade média e produção de algodão em pluma nas safras 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005, nas várias regiões e unidades da federação do Brasil.

Região/UF	Área plantada (mil ha)			Produtividade de pluma (kg ha ⁻¹)			Produção de pluma (mil t)		
	2003	2004	2005 ¹	2003	2004	2005 ¹	2003	2004	2005 ¹
BRASIL	735,1	1.100,0	1.151,8	1.256	1.190	1.209	847,5	1.309,4	1.392,3
NORTE	2,4	3,8	1,4	833	1.158	1.143	2,0	4,4	1,6
Tocantins	2,4	3,8	1,4	854	1.150	1.150	2,0	4,4	1,6
NORDESTE	167,0	296,2	332,7	810	996	1.050	135,2	295,0	349,2
Maranhão	3,3	6,9	9,0	1.294	1.208	1.322	4,3	8,3	11,9
Piauí	9,8	13,2	15,0	152	243	243	1,5	3,2	3,6
Ceará	14,0	16,8	16,8	265	262	262	4,0	4,4	4,4
Rio Grande do Norte	20,5	23,0	20,0	195	188	188	4,0	4,3	4,3
Paraíba	12,3	24,6	24,6	330	297	297	4,1	7,3	7,3
Pernambuco	6,2	4,7	4,7	165	165	165	1,0	0,8	0,8
Alagoas	14,6	9,5	9,5	162	142	142	2,4	1,3	1,3
Bahia	86,3	197,5	233,1	1.320	1.344	1.356	113,9	265,4	316,1

Tabela 2. Área plantada, produtividade média e produção de algodão em pluma nas safras 2002/2003, 2003/2004 e 2004/2005, nas várias regiões e unidades da Federação do Brasil.

Região/UF	Área plantada (mil ha)			Produtividade de pluma (kg ha ⁻¹)			Produção de pluma (mil t)		
	2003	2004	2005 ¹	2003	2004	2005 ¹	2003	2004	2005 ¹
CENTRO-OESTE	441,3	632,1	631,7	1.342	1.361	1.377	592,2	860,2	869,9
Mato Grosso	300,3	438,4	425,2	1.374	1.399	1.416	412,6	613,3	602,1
Mato Grosso do Sul	43,6	54,5	58,9	1.432	1.357	1.386	62,4	74,0	81,6
Goiás	95,4	135,6	143,7	1.197	1.248	1.265	114,2	169,2	181,8
Distrito Federal	2,0	3,6	3,9	1.521	1.026	1.140	3,0	3,7	4,4
SUDESTE	95,1	121,8	132,5	994	963	972	93,6	117,3	128,8
Minas Gerais	35,2	49,3	54,2	911	969	969	32,1	47,8	52,5
São Paulo	59,9	72,5	78,3	1.026	958	975	61,5	69,5	76,3
SUL	29,3	46,1	53,5	836	705	800	24,5	32,5	42,8
Paraná	29,3	46,1	53,5	836	704	800	24,5	32,5	42,8

¹Estimativa em fevereiro de 2005.

Fonte: CONAB (2004); CONAB (2005).

O deslocamento da produção de algodão para a região do Cerrado, principalmente para a Região Centro-Oeste, foi resultante das condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura e da utilização de variedades adaptadas às condições locais, tolerantes a doenças e com maior potencial produtivo, aliadas às modernas técnicas de cultivo e à mecanização das lavouras em empreendimentos empresariais. Soma-se a isso a expressiva elevação dos preços internos no primeiro semestre de 1997, o estreito suprimento do produto no mercado interno e o estímulo dos governos estaduais, por meio de programas especiais de incentivo a essa cultura (EMBRAPA, 2003).

Outro fator determinante da evolução da cultura do algodão na Região Centro-Oeste é a produtividade. Enquanto na Região Sul, representada pelo Estado do Paraná, a produtividade média na safra 2003/2004 foi de 705 kg ha⁻¹ e na Região Sudeste, de 963 kg ha⁻¹ de algodão em pluma, a média da Região Centro-Oeste foi de 1.364 kg ha⁻¹, ou seja, 93% e 42%, respectivamente, maior do que nas regiões consideradas tradicionais no cultivo do algodoeiro herbáceo (Tabela 2).

Embora a produtividade média atingida seja satisfatória, a insuficiência de pesquisas, especialmente sobre o manejo da adubação, é um fator que pode limitar a expansão e comprometer a sustentabilidade da cotonicultura no Cerrado. A carência de informações embasadas em resultados de pesquisas leva os agentes da assistência técnica a recomendar quantidades muitas vezes excessivas de fertilizantes, elevando os custos de produção. O sistema de produção predominante na região caracteriza-se pelo uso intensivo de insumos (fertilizantes, herbicidas, inseticidas e fungicidas), o que contribui para que o custo de produção seja muito alto (MELO FILHO e RICHETTI, 2003). Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de tecnologias que proporcionem condições para o cultivo do algodoeiro em bases econômicas e ambientais sustentáveis. Práticas que reduzam a movimentação de solo e a quantidade de insumos e, ao mesmo tempo, permitam a manutenção e/ou a elevação da produtividade e da qualidade do produto, devem ser priorizadas, não somente com relação à redução dos custos de produção, mas também procurando reduzir os impactos negativos ao ambiente.

Em sua condição natural, pode-se considerar que os solos do Cerrado são ácidos, com baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e reten-

ção de umidade, apresentando deficiência generalizada de nutrientes, particularmente de fósforo (P) (LOPES, 1984). No entanto, os aspectos positivos são a facilidade de mecanização, correção e construção da fertilidade, a possibilidade de irrigação, a elevada profundidade, a friabilidade, a porosidade e a boa drenagem interna dos solos. Esses fatores concorrem para que a região do Cerrado seja considerada dentre aquelas de maior potencial agrícola do País (KER et al., 1992).

Dentre as classes de solos mais representativas do Cerrado, destacam-se os Latossolos, que se distribuem nos amplos chapadões, em áreas de relevo plano ou suavemente ondulado. Profundos, bem drenados, sem impedimento à mecanização agrícola e de baixa fertilidade natural, que pode ser facilmente corrigida, os Latossolos ocupam aproximadamente 46% da região (BERNARDI et al., 2003b). Devido à sua extensão geográfica e às características próprias, são os solos mais utilizados do Cerrado, consistindo, atualmente, nas áreas mais exploradas com culturas anuais na região. Outras classes de solos são também expressivas em termos de área, como Neossolos Quartzarênicos (17,7%), Plintossolos (12,2%) e Argissolos (11%), os quais, além da baixa fertilidade natural, apresentam, em geral, outros problemas de natureza física à exploração agrícola.

O sistema de preparo do solo que predomina no Cerrado para o cultivo de algodão ainda é o plantio convencional ou o sistema que pode ser denominado semi-direto, isto é, o plantio de uma cultura de cobertura para a formação de palha (normalmente o milheto, que é semeado a lanço e cujas sementes são incorporadas ao solo com grade) e a semeadura do algodão diretamente sobre a palha da cultura anterior (MELO FILHO e RICHETTI, 2003). O sistema convencional predispõe o solo à ocorrência de erosão hídrica e outros efeitos negativos sobre os agroecossistemas (FREITAS, 1994).

O sistema plantio direto (SPD), que já é utilizado como sistema de manejo e conservação do solo e da água no Cerrado, constitui uma opção eficiente de redução das perdas de solo e de nutrientes por erosão, pela manutenção da agregação do solo, da cobertura vegetal e dos restos culturais na superfície. Estima-se que a área de plantio direto no Cerrado ultrapassa 8 milhões ha (FEBRAPDP, 2003) e o algodão é uma excelente opção para a rotação de culturas com soja e milho nessa região. Embora não

exista estatística oficial, há evidências de que a área com plantio direto de algodão no Cerrado tem aumentado. A SLC Agrícola, por exemplo, plantou na safra 2004/2005 cerca de 33.000 ha de algodão na região do Cerrado, sendo 67% em SPD, 4% em cultivo mínimo (escarificação) e 29% em preparo reduzido (gradagem com implantação de cobertura do solo em agosto/setembro para plantio em dezembro), de acordo com Pavinato (2004)¹.

Como a expansão da área cultivada com algodão no Cerrado é relativamente recente, sobretudo em SPD, há necessidade de pesquisas que auxiliem o produtor a decidir sobre doses, épocas e modos mais adequados de aplicação de fertilizantes, considerando as características de solo, clima e dos sistemas de produção regionais. Nos últimos dez anos, o volume de pesquisas tem aumentado o suficiente para estudar as condições específicas dos principais Estados produtores (Mato Grosso, Bahia, Goiás e Mato Grosso do Sul) na tentativa de responder às demandas tecnológicas dos produtores nas áreas de nutrição mineral, fertilização e calibração da adubação potássica do algodoeiro no Cerrado. Nos Estados do Nordeste, com exceção da Bahia, as pesquisas não evoluíram, em decorrência do abandono do cultivo do algodoeiro arbóreo, dos frequentes estresses hídricos que reduzem substancialmente o potencial produtivo das variedades cultivadas de algodoeiro herbáceo e da riqueza dos solos do semi-árido em K-trocável, que torna improvável a obtenção de resposta positiva ao uso deste nutriente na adubação em condições de sequeiro. Silva (1999) publicou tabelas de adubação com K para o Estado de São Paulo com base em grande número de ensaios de campo, para a maioria das classes de solo e nos mais de 81 anos de pesquisa com a cultura. Apesar desse trabalho ser modelo para o restante do País, as condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo, onde as pesquisas foram desenvolvidas, e as mudanças tecnológicas que foram impostas pela nova cotonicultura brasileira (que passou da exploração em agricultura familiar para agricultura empresarial) tornam perigosa a extrapolação dos dados para a maior parte das condições de Cerrado.

¹ PAVINATO, A. SLC Agrícola, Goiânia. Comunicação pessoal, 2004.

3. ABSORÇÃO, TRANSPORTE, ASSIMILAÇÃO, FUNÇÕES DO POTÁSSIO E SUA IMPORTÂNCIA PARA O ALGODOEIRO

O K no solo está presente em diversas formas químicas, variando seu suprimento para a planta em função das quantidades dessas formas e de seu grau de disponibilidade. Em geral, o K estrutural presente nos minerais do solo perfaz 90% a 92% do total; a forma trocável representa 2% a 8%; e a solúvel na solução do solo, de 0,1% a 0,2% (GOEDERT, 1973 citado por VILELA et al., 2004). A forma trocável é a fornecedora dos nutrientes necessários para as plantas, sendo geralmente uma fração pequena, especialmente em solos ácidos, fortemente intemperizados, como os existentes no Cerrado.

O K encontra-se em solução como íon K^+ e precisa se deslocar até a superfície da membrana celular para ser absorvido. O principal mecanismo de seu transporte é a difusão, responsável por 72% a 96% do K absorvido pelo algodoeiro nas condições dos solos brasileiros (OLIVEIRA et al., 2004). Essa difusão segue o gradiente de concentração criado na superfície das raízes quando o K é absorvido pela membrana celular e está sujeita aos efeitos de concentração do nutriente no solo, capacidade tampão do solo, teor de umidade, textura, entre outros que podem retardar o fornecimento do nutriente para a planta.

Em geral, o algodoeiro não se destaca como uma planta com alta densidade de raízes e tem baixa capacidade de extração de K quando comparado com o trigo, o milho, a soja e, principalmente, o amendoim (KERBY e ADAMS, 1985). Sua taxa de depleção do teor de K na rizosfera (de 30%) é 2,7 vezes menor do que a da cevada sob as mesmas condições de solo e praticamente se esgota a uma distância pequena da raiz, como 5-10 mm, enquanto a da cevada se estende até 20-25 mm (SHI et al., 2004). Assim, Brouder e Cassman (1990) defendem que a taxa de absorção de K pelo algodão depende da densidade de comprimento radicular e da sua área superficial total. Essas características são fortemente influenciadas pelo teor de K no meio e por suas interações com a compactação (ROSOLEM et al., 1998), a calagem (ROSOLEM et al., 2003) e o teor de umidade do solo (OLIVEIRA et al., 2004). Esses autores discutem a provável implicação desses fatores na ocorrência de deficiência de K no período de enchimento das maçãs.

Na superfície externa da membrana, o K é absorvido passivamente por um processo de uniporte através de canal iônico no plasmalema, que dissipa o gradiente eletroquímico criado pela polarização da membrana durante o funcionamento ativo das H^+ -ATPases. Esse processo é de baixa afinidade e ocorre em maior concentração. Marschner (1995) acredita que os mecanismos de alta afinidade para a absorção de baixas concentrações de K no meio externo operam na membrana usando o processo de co-transporte H^+/K^+ ou simporte H^+/K^+ . O autor explica que o K é transportado lateralmente na corrente citoplasmática das células das raízes até que possa ser exsudado na seiva do xilema, cujos vasos o transportarão a longas distâncias para as folhas, frutos e brotos em crescimento. Nesses locais, o K é novamente deixado no apoplasto, em solução, próximo ao plasmalema das células das folhas e dos frutos e o processo de absorção se repete. Em condições de deficiência de K^+ , as células das raízes tendem a mantê-lo em seu vacúolo, diminuindo sua translocação para a parte aérea (MARSCHNER, 1995; PEUKE et al., 2002). Isto provoca uma mudança na partição de carbono (C), beneficiando o crescimento radicular, aumentando sua respiração celular, seus teores de sódio (Na), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) e diminuindo a fotossíntese e o crescimento da parte aérea (PEUKE et al., 2002).

Jeschke e Hartung (2000) mostram que existe forte interação entre a parte aérea e as raízes na nutrição mineral envolvendo o K, seja modulando sua taxa de absorção, ou mantendo sua especificidade, ou permitindo a interação entre vasos xilemáticos e desses com o floema visando fornecer os nutrientes necessários para o pleno desenvolvimento de brotos, flores e frutos.

O K atua na regulação do potencial osmótico da célula, sendo muito importante no balanço das cargas negativas dos seus ácidos orgânicos e dos ânions absorvidos pelas raízes. É também ativador de várias enzimas e, portanto, requerido em numerosos processos metabólicos. Sua deficiência pode acarretar acúmulo de compostos nitrogenados livres ou solúveis, que podem ser aminoácidos, amidas e amônio, além de aminas, que são produtos da descarboxilação de aminoácidos, como é o caso da putrescina (MENGEL e KIRKBY, 1982; MARSCHNER, 1995).

Os resultados encontrados na literatura mostram ainda que há reduções na fotossíntese líquida e aumento na respiração, especialmente

radicular, na deficiência de potássio (PEUKE et al., 2002). Este macronutriente também regula a abertura dos estômatos e interfere nas taxas de transferência do CO₂ nas folhas. Com a deficiência de K ocorre diminuição da fosforilação e inibição do transporte de fotossintetatos, ocorrendo interrupção da conversão dos produtos intermediários em sacarose e consequente acúmulo de carboidratos solúveis, inclusive de açúcares redutores. Já o conteúdo adequado deste nutriente reduz o potencial osmótico, levando à redução da taxa de transpiração (NATR, 1972; BARKER, 1979; HUBER, 1985). Plantas de algodoeiro deficientes em K apresentaram menores índices de área foliar, reduzida capacidade fotossintética (PETTIGREW e MEREDITH JUNIOR, 1997), não conseguiram utilizar eficientemente a água e outros nutrientes, tornando-se menos tolerantes a estresses ambientais (STAUT e KUIHARA, 1998), foram mais precoces no florescimento e terminaram mais cedo seu crescimento reprodutivo, pois tiveram dificuldade em translocar fotossintetatos para os frutos (PETTIGREW, 1999).

O acúmulo elevado de carboidratos em tecidos como as folhas, aparentemente é uma parte de todos os efeitos que a deficiência de K provoca na planta, reduzindo a quantidade de fotoassimilados disponíveis para os órgãos reprodutivos e levando a alterações na produção de pluma e na qualidade da fibra do algodoeiro. Pettigrew (1999) observou que a deficiência de K aumentou a concentração de glicose nas folhas e de amido (82%), glicose (14%) e frutose (27%) nas raízes.

Além destas, outras funções fisiológicas do K na planta são: controle e regulação da absorção e da atividade de outros nutrientes, promoção do crescimento de tecidos meristemáticos, redução da suscetibilidade ao ataque de pragas e doenças e aumento da resistência à seca (MALAVOLTA, 1980). Pettigrew e Meredith Junior (1997) mostraram que a aplicação de K aumentou a eficiência do uso de nitrogênio (N). Huber e Army (1985) catalogaram diversos trabalhos mostrando que a boa nutrição em K diminui os efeitos de mancha angular, podridão da raiz, murcha de *Verticillium*, murcha de *Fusarium oxysporum* f. *vasifectum* (Atk.), mancha de *Cercospora* e de *Alternaria* e ataque de nematóides reniformes. Em algodoeiro, Harris (2001) afirmou que na maior parte dos casos em que a mancha foliar (*Cercospora*, *Alternaria* e, mais recentemente, *Stemphylium*) foi estudada nos Estados Unidos, observaram-se baixos teores de K no solo, no tecido da planta e/ou no pecíolo. Muitas vezes, as manchas foliares são um sistema secundário ao problema primário

da deficiência de K. Os autores acreditam que a provável ação do K se deve, principalmente, à redução do acúmulo de metabólitos ricos em N, geralmente acumulados em condições de deficiência de K.

As funções que os nutrientes exercem no metabolismo vegetal determinam sua mobilidade ou sua redistribuição dentro da planta, após terem sido absorvidos e incorporados. O K age no citoplasma ativando e modulando a atividade de cerca de 60 enzimas. Devido à sua alta mobilidade, redistribui-se facilmente dentro da planta; por isso, em condições de deficiência de suprimento do nutriente pelo solo, os sintomas de deficiências foliares surgirão inicialmente nas folhas mais velhas. Em variedades modernas de algodoeiro, com alta capacidade produtiva e período curto de maturação das maçãs, a intensidade de translocação de K para os frutos é tal que os sintomas de deficiência característicos deste nutriente se manifestam nas folhas maduras mais novas do terço superior da planta. Segundo Maples et al. (1988-1989 citados por HOWARD et al., 1998), isto ocorre porque a taxa de translocação de K para os frutos supera a taxa de absorção de nutrientes pelas raízes das plantas e, provavelmente, como os frutos são um dreno preferencial, as folhas do terço superior ficam sem aporte deste nutriente enquanto a planta está em pleno desenvolvimento vegetativo e/ou há redistribuição do K presente em seus tecidos. Isto provoca clorose internerval, seguida de coloração bronzalaranja. As folhas têm seus bordos encurvados para baixo, tornando-se enrijecidas e manchas necróticas aparecem em suas margens. As maçãs caem e ocorre desfolhamento precoce da planta. Esse quadro sintomatológico é parecido com o causado por *Verticillium*; entretanto, cortando-se o meristema apical em bisel, observa-se facilmente o escurecimento do vaso provocado pelo fungo e inexistente na deficiência de K. Segundo Carvalho et al. (2001), as seguintes condições são predisponentes para ocorrência de deficiência no período de enchimento dos frutos: grande carga de maçãs em rápido desenvolvimento concomitante ou não com baixo teor de nutriente no solo, declínio da atividade do sistema radicular no florescimento causado por menor translocação de carboidratos, compactação, acidez, nematóides, falta temporária de umidade no solo para o nutriente se difundir até as raízes, falta de oxigênio nas raízes para a respiração celular e ocorrência de *Verticillium*.

Ferreira et al. (2004b) e Ferreira et al. (2004c) mostraram que o uso de doses excessivas de K aumenta o crescimento vegetativo do algodoeiro, especialmente em condições de alta pluviosidade, luminosidade e

densidade de plantio. Neste caso, as condições ambientais dificultam a aplicação e a ação do regulador de crescimento, por lavagem das folhas, resultando em diminuição da produção de fibra em função do investimento preferencial de C pela planta em crescimento vegetativo. Kerby e Adams (1985) observaram que o crescimento exuberante do algodoeiro aumenta a incidência de pragas e doenças nas folhas e o apodrecimento das maçãs do baixeiro, provavelmente devido ao microclima mais úmido entre as plantas, o que pode comprometer fortemente a produção.

Com relação à qualidade da fibra, no geral há melhora com o fornecimento de K. O nutriente proporciona manutenção da folhagem e regulariza o ciclo do algodoeiro, proporcionando maior deposição de celulose nas paredes internas da fibra, o que melhora acentuadamente o índice micronaire (finura e maturidade). O comprimento médio de fibras é, no geral, menos beneficiado. No entanto, o número de fibras mais curtas (uniformidade de comprimento) diminui, ocorrendo a formação de fibras de melhor qualidade, dando origem a fios mais resistentes (SILVA et al., 1984). A aplicação de K resultou em aumento do peso do capulho e de 100 sementes, uniformidade da fibra, maturidade e índice micronaire (SABINO et al., 1995; SABINO et al., 1999). Mais recentemente, Nascimento Júnior et al. (2000) comprovaram que a aplicação de K melhorou o índice micronaire e a uniformidade da fibra. Os resultados de Cassman et al. (1990) confirmam essas observações, pois obtiveram respostas significativas para a produção de sementes de algodão em função da aplicação de K. A produção de pluma aumentou relativamente mais que a produção de sementes, resultando em maior proporção de pluma com os aumentos das doses deste nutriente. A maior porcentagem de pluma refletiu o aumento do comprimento de fibra e da espessura da parede secundária (medida pelo índice micronaire) obtido nas plantas adubadas com K.

Bauer et al. (1998) observaram, em três anos seguidos, que a adubação potássica não afetou a produção de flores, tanto na data recomendada para o plantio como no plantio com atraso de dois meses. No entanto, a deficiência de K reduziu a produção de pluma e o comprimento da fibra. A produção de óleo nas sementes de algodão também é alterada pela fertilização com este nutriente. Shanmugham e Bhatt (1990), trabalhando com uma série de experimentos de campo na Índia, entre 1982 e 1985, mostraram que a aplicação de 44,4 kg ha⁻¹ de K₂O e 15,6 kg ha⁻¹ de K₂O, complementada com 2-3 pulverizações foliares, permitiu aumento

médio de 2,2% a 2,7% de óleo nas sementes; a aplicação de 30 kg ha⁻¹ de K₂O no solo mais 2-3 aplicações foliares de KCl ou de K₂SO₄ ensejaram incremento de até 4,6% na produção de óleo nas sementes da variedade de algodão Upland MCU 5. As evidências apontam para um efeito consistente da melhoria do teor de óleo nas sementes quando um solo deficiente em K é corrigido (KERBY e ADAMS, 1985).

Uma característica interessante apresentada pelo algodoeiro, sob condições adequadas de nutrição potássica, é a maior extensão do período de enchimento das maçãs pelo retardamento da fase de *cut out* (final do surgimento de novos botões ou paralisação da fase reprodutiva). Esse efeito permite a obtenção de maior produtividade, tanto na primeira quanto na segunda colheita, quando esta é feita escalonada em duas épocas, caracterizada pela menor participação porcentual da produção da primeira apanha quando comparada com o resultado final obtido (KERBY e ADAMS, 1985; GWATHMEY e HOWARD, 1998). Por outro lado, a deficiência de K reduz o índice de área foliar, a interceptação da luz, a eficiência da fotossíntese e a translocação de fotossintetatos, aumenta a taxa de florescimento precoce, acelera a fase de maturação e encurta o ciclo da cultura, prejudicando a produtividade e a qualidade dos frutos colhidos (PETTIGREW, 2003). O excesso deste nutriente alonga em demasia o ciclo da cultura, provoca forte retenção das folhas, escalona a maturação dos frutos durante um longo período, predispondo ao aumento do ataque de pragas e doenças foliares e especialmente do apodrecimento dos frutos, de acordo com Benett et al. (1965 citados por KERBY e ADAMS, 1985). Esses autores mostraram perda de 34 kg ha⁻¹ a 336 kg ha⁻¹ de algodão em caroço por apodrecimento das maçãs quando as doses de K variaram de 0 a 672 kg ha⁻¹ de K₂O, sob condições irrigadas. O incremento de produção obtido (2.360 kg ha⁻¹ ou 78% a mais com relação à testemunha) foi grande o suficiente para compensar as perdas por apodrecimento de maçãs (336 kg ha⁻¹ ou 888% mais do que a testemunha).

4. MARCHA DE ABSORÇÃO E EXIGÊNCIA NUTRICIONAL DO ALGODOEIRO EM POTÁSSIO

O algodoeiro exporta relativamente pequena quantidade de K na colheita (fibra + semente). As taxas de absorção e de exportação deste macronutriente variam amplamente com a variedade utilizada, a produtividade obtida, os teores presentes no solo e a quantidade de fertilizante apli-

cado anualmente (KERBY e ADAMS, 1985), sendo mais comuns os valores de exportação situados entre 28%-30% da extração total (STAUT, 1996; MARTINS, 1997 citado por FUNDAÇÃO MT, 1997). Contudo, para a obtenção de altas produtividades com fibra de boa qualidade, a cultura extrai elevadas quantidades de K do solo, o que deve ser considerado no planejamento da adubação. Os dados encontrados na literatura sobre as quantidades deste nutriente absorvidas e exportadas pela cultura do algodoeiro são variáveis em função de diferenças em variedades plantadas, condições de clima, solo e manejo da cultura (Tabela 3). Inúmeros autores apresentaram valores de exportação deste nutriente que variam muito: Kamprath e Welch (1968) – 29,4%; Lagièrre (1969) – 11,8%; Kerby e Adams (1985) – 15%; Silva et al. (1995b) assumem a exportação de 12 kg t⁻¹ de K₂O em algodão em caroço; Staut (1996) – 29,7%; Martins (1997 citado por FUNDAÇÃO MT, 1997) – 28%; Thompson (1999) – 18,4%; mais recentemente, Possamai (2003) aplicou os valores de 12,06 g kg⁻¹ e 8,75 g kg⁻¹ de K₂O, oriundos de ampla revisão de literatura, para calcular a exportação total de K₂O por algodoeiro. Por isso, para realizar adubação com base no balanço nutricional, além da análise de solo e de folhas, é muito importante determinar a extração e a exportação de nutrientes pela cultura, considerando as condições locais.

O algodoeiro absorve altas quantidades de K para produzir acima de 3.000 kg ha⁻¹ de algodão em caroço. De acordo os dados compilados na Tabela 3, são necessários cerca de 43 kg ha⁻¹ a 89 kg ha⁻¹ de K₂O para cada tonelada de algodão em caroço produzida, variação que pode ser explicada pela diferença entre variedades utilizadas, produtividade alcançada, nível de fertilidade dos solos cultivados e doses de fertilizantes aplicadas. Em condições irrigadas, no Estado do Alabama (Estados Unidos), Bennett et al. (1965 citados por KERBY e ADAMS, 1985), encontraram necessidade de 33,8 kg a 87,0 kg de K para a produção de uma tonelada de algodão em caroço, quando variaram a dose de 0 a 672 kg ha⁻¹ de K₂O aplicados em pré-plantio. Os autores explicaram que embora as produções tenham sido crescentes, passando de 3.020 kg ha⁻¹ para 5.380 kg ha⁻¹ de algodão em caroço, só houve resposta significativa até o limite de consumo de 58,3 kg t⁻¹, sendo a absorção adicional promovida pelas doses superiores a 300 kg ha⁻¹ de K₂O, considerada consumo de luxo. Apesar de as doses usadas por aqueles autores terem sido maiores do que as aplicadas no Estado da Bahia, por exemplo, é possível que as maiores doses (140 kg ha⁻¹ e 210 kg ha⁻¹ de K₂O)

Tabela 3. Acúmulo de potássio em variedades de algodão, em condições de campo, obtido por diversos autores. Valores calculados para a produção de 1.000 kg ha⁻¹ de algodão em caroço.

Fonte	Variedade	Estado	K ₂ O (kg ha ⁻¹)	
			Acúmulo	Exportação
FURLANI JÚNIOR et al. (2001)	IAC 22	SP	60	-
FUNDAÇÃO MT (1997)	ITA 90	MT	43	-
STAUT (1996)	ITA 90	MS	47	14
PERSEGIL et al. (2004)	IAC 24	MS	60	-
FERRARI et al. (2004)	Delta Opal	MS	60	-
BENKE et al. (2004)	ITA 90	MS	48	-
MALAVOLTA et al. (1979)	?	SP	48-60	18-22
ALTMANN e PAVINATO (2001)	?	MS/GO	-	9
SILVA e RAIJ (1996)	?	SP	60	19
FERREIRA et al. (2004c)	BRS Camaçari	BA	84	25 ¹
FERREIRA et al. (2004c)	BRS Ipê	BA	64	19 ¹
FERREIRA et al. (2004c)	BRS Sucupira	BA	89	27 ¹
FERREIRA et al. (2004c)	BRS Aroeira	BA	78	23 ¹
FERREIRA et al. (2004c)	Delta Opal	BA	65	19 ¹
FERREIRA et al. (2004c)	Fibermax 966	BA	64	19 ¹
FERREIRA et al. (2004c)	Suregrow	BA	74	22 ¹
Média	-	-	63	20

¹ Estimada a partir da extração total assumindo um coeficiente de exportação máximo de 30%.

utilizadas no Latossolo Vermelho Amarelo arenoso da região tenham promovido consumo de luxo na maioria das variedades cultivadas. De fato, apenas as variedades Fibermax e Delta Opal responderam em produtividade até a dose de 160 kg ha⁻¹ e 139 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente, e mantiveram consumo próximo do considerado adequado por Bennett et al. (1965 citados por KERBY e ADAMS, 1985).

As quantidades totais de K absorvidas e exportadas permitem estimar a dose de fertilizante a ser aplicada. Já a marcha de absorção do nutriente fornece informações sobre o período de maior exigência durante o ciclo da planta. Na Figura 1 está apresentada a marcha de absorção de K das variedades IAC 24, Delta Opal e ITA 90.

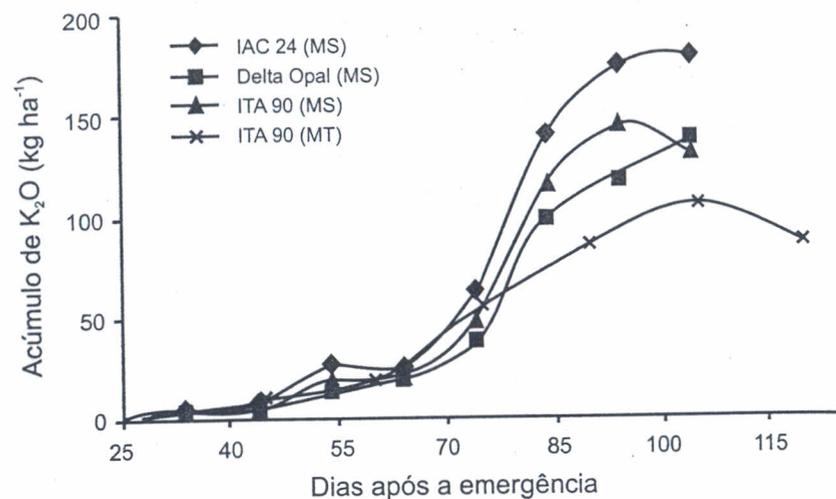


Figura 1. Acúmulo de K₂O pelas variedades de algodoeiro ITA 90, IAC 24 e Delta Opal em função de dias após a emergência, considerando-se produtividade de 3.000 kg ha⁻¹ de algodão em caroço.

Fonte: STAUT (1996).

Nota-se que a absorção de K aumenta rapidamente a partir dos 40-45 dias após a emergência, permanecendo até os 90 dias para as variedades avaliadas em Selvíria-MS. No caso da variedade ITA 90, avaliada em Mato Grosso, o período de maior exigência ocorreu dos 40-45 dias até os 100 dias após a emergência. Esta diferença em relação ao Estado do Mato Grosso do Sul deve estar relacionada com o estágio fisiológico do algodoeiro. O período de maior absorção deste nutriente coincide com o período do pleno florescimento, ocorrendo seu pico por volta de 75 dias da emergência para as condições de Mato Grosso com a variedade ITA 90 (ROSOLEM, 2001). Em locais com maior altitude e temperaturas mais baixas, o ciclo do algodoeiro fica mais longo, assim como naqueles com altas precipitações e baixa luminosidade.

Depois dos 90-95 dias após a emergência, a velocidade de absorção de K cai bruscamente. Nesta fase, a planta está em processo de enchimento dos frutos e maturação das fibras, exigindo consideráveis quantidades deste nutriente, o qual é translocado para os frutos (ROSOLEM,

2001). Assim, para assegurar altas produtividades e qualidade de fibra é importante que o potássio esteja disponível às plantas no período de maior exigência da cultura.

5. RECOMENDAÇÕES OFICIAIS DE ADUBAÇÃO COM POTÁSSIO PARA A CULTURA DO ALGODÃO

Recomenda-se que, de modo geral, seja feita uma adubação corretiva para atingir níveis adequados dos nutrientes (Tabela 4) e adubações de manutenção para restituir a quantidade exportada pela cultura (SOUSA e LOBATO, 2004). A adubação corretiva pode ser feita de uma só vez, a lanço, ou anualmente, aplicando-se uma quantidade maior do que a adubação de manutenção até alcançar os teores adequados no solo.

Quando os teores no solo atingem níveis adequados, a adubação de manutenção é recomendada, considerando-se a quantidade de nutrientes extraídos e exportados pela cultura, a expectativa de produtividade e os fatores que afetam a eficiência de uso dos fertilizantes.

Considerando-se que o teor de K no solo esteja adequado (Tabela 4), a Embrapa Cerrado (SOUSA e LOBATO, 2004) recomenda 40 kg ha⁻¹ a 100 kg ha⁻¹ de K₂O para a adubação do algodoeiro, dependendo da expectativa de rendimento. A recomendação para Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999) é de no máximo 130 kg ha⁻¹ de K₂O, quando a disponibilidade de K no solo é baixa, considerando-se produtividade esperada de 2.500 kg ha⁻¹. No Estado de São Paulo, a recomendação máxima é de 120 kg ha⁻¹ de K₂O em solos com teores muito baixos de K e CTC maior do que 6,0 cmol_c dm⁻³, quando se espera produtividades acima de 2.400 kg ha⁻¹ (SILVA e RAIJ, 1996).

As doses recomendadas pelos órgãos oficiais estão muito aquém das quantidades de K utilizadas atualmente nas lavouras de algodão no Cerrado (Tabela 5, Figura 2). A aplicação de doses elevadas deste nutriente no Cerrado é justificada, em parte, pelo alto potencial produtivo das variedades plantadas na região, aliado a condições climáticas favoráveis e elevado nível tecnológico das lavouras, proporcionando produtividades acima de 4.000 kg ha⁻¹. De fato, considerando-se que o solo esteja em seu nível adequado de K em dada localidade do Cerrado, apenas a reposição do nutriente exportado na colheita (Tabela 3), usando a base de 20 kg de K₂O para cada

Tabela 4. Interpretação da análise de solo para potássio no Cerrado e nos Estados de Minas Gerais e São Paulo.

Estado/Região	CTC pH 7,0 ($\text{cmol}_e \text{ dm}^{-3}$)	Interpretação				
		Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado/Bom	Alto/Muito bom
Minas Gerais ²		Teor de K no solo (mg dm^{-3}) ¹ – Extrator Mehlich 1				
		<15	16-40	41-70	71-120	>120
		-	□ 15	16-30	31-40	>40
Cerrado ³	>4,0	-	□ 25	26-60	51-80	>80
		Teor de K no solo ($\text{cmol}_e \text{ dm}^{-3}$) – Extrator Resina				
São Paulo ⁴		0,0-0,07	0,08-0,15	0,16-0,3	0,31-0,6	>0,6

¹ mg dm^{-3} de K^+ = $\text{cmol}_e \text{ dm}^{-3}$ x 391.

Fonte: ² GUIMARÃES et al. (1999); ³ SOUSA e LOBATO (2004); ⁴ RAUJ et al. (1996).

tonelada de algodão em caroço, já elevaria a necessidade de adubação para $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ visando manter o sistema sustentável neste nível de produtividade. Levando-se em consideração que a eficiência média mínima da adubação potássica no algodoeiro é de 55% a 70% (FERREIRA et al., 2004c), dependendo da dose e da forma de aplicação, seria necessário adicionar $114 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ a $146 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de K_2O . Essa quantidade está ligeiramente acima do máximo recomendado por Sousa e Lobato (2004), mesmo em solo cuja fertilidade nativa tenha sido corrigida, e bem abaixo do comumente praticado no Cerrado (Tabela 5).

Tabela 5. Doses de potássio utilizadas atualmente em algumas regiões produtoras de algodão no Cerrado, safra 2003/2004.

Local (Estado)	Semeadura	Cobertura	Total
	Dose de K_2O (kg ha^{-1})		
Chapadão Sul/Costa Rica (MS)	70	100	170
Maracajú/São Gabriel Oeste (MS)	100	64	164
Naviraí/Dourados (MS)	60	40	100
Primavera do Leste (MT)	60	100	160
Sapezal (MT)	78	100	178
Campo Novo (MT)	60	110	170
Sorriso (MT)	88	100	188
SLC Agrícola (MS, GO, MA)	-	-	125
Fazenda Horita (BA)	54	162	216
Ipaneri (GO)	54	110	164
Grupo Shimohira - Itumbiara (GO)	70	110	180
Algodoeira W3 - Itumbiara (GO)	70	110	180
Montividiu (GO)	90	60	150
Montividiu (GO)	50	120	170
Santa Helena de Goiás (GO)	50	120	170
Média	68	100	166

Fonte: Informações pessoais com consultores ou diretamente nas fazendas.

Tomando-se por base as produtividades médias dos cinco maiores Estados produtores (MT = 3.630 kg ha^{-1} ; BA = 3.450 kg ha^{-1} ; GO = 3.285 kg ha^{-1} ; SP = 2.520 kg ha^{-1} ; MS = 3.525 kg ha^{-1} ; e média de 3.282 kg ha^{-1} de algodão em caroço) e a taxa de exportação média igual a 20 kg ha^{-1} de

Tabela 6. Recomendação de adubação com potássio para a cultura do algodoeiro, considerando-se a expectativa de produtividade de algodão em caroço de 4.500 kg ha⁻¹, no Estado de Mato Grosso.

Teor de K no solo (mg dm ⁻³)	Dose de K ₂ O recomendada (kg ha ⁻¹)
< 40	150 a 200
40 a 60	120 a 140
60 a 80	100
> 80	75 ¹

¹ Quantidade de potássio equivalente àquela exportada pelo algodão em caroço, a qual, em Mato Grosso, segundo dados da Fundação MT, é de aproximadamente 41 kg ha⁻¹ de K₂O para produtividade de 4.500 kg ha⁻¹.

Fonte: FUNDAÇÃO MT (2004).

Possamai (2003) propôs um sistema de recomendação de corretivos e fertilizantes para o cultivo do algodoeiro. Nesse sistema, todas as ofertas ou os suprimentos de nutrientes para a planta são medidos, tais como o K disponível do solo e do fertilizante, o K mineralizável dos resíduos, entre outros, e todas as demandas ou requerimentos são contabilizados, como o requerimento para a produção das quantidades de cada órgão da planta para uma produtividade definida, o requerimento para uma dose de segurança, incluindo as taxas de recuperação pela planta e pelos extratores do nutriente presente no sistema. A dose assim gerada é função do nível de produtividade da cultura em dada área de produção, sendo mantidas as condições para o equilíbrio sustentável da fertilidade do solo. Entretanto, o sistema ainda não foi validado em nível de campo, mas seu formato teórico oferece possibilidade de adequação às necessidades locais e, assim, tem grandes chances de se tornar uma ferramenta preditiva de fácil manuseio e de boa concordância com os dados experimentais.

Infelizmente, tem-se observado que a aplicação de altas doses de K atualmente no Cerrado é feita de modo generalizado visando produtividades acima de 4.500 kg ha⁻¹, independentemente do teor de K disponível, da CTC do solo e do potencial produtivo da região. Isso pode estar ocasionando consumo de luxo deste nutriente ou até perdas por lixiviação do excesso que não é absorvido pela cultura ou adsorvido na CTC do solo. Além disso, na agricultura competitiva é importante planejar a adubação buscando-se a máxima eficiência econômica e não a máxima produtividade física.

6. RESPOSTA DO ALGODOEIRO À ADUBAÇÃO POTÁSSICA

De acordo com os resultados apresentados por Silva et al. (1984), não se espera resposta do algodoeiro à adubação potássica quando o solo tem acima de 0,25 cmol_c dm⁻³ (98 mg dm⁻³) ou quando a relação (Ca + Mg)/K for inferior a 20. Em um experimento com doses de K, conduzido em um Latossolo Vermelho argiloso de Santa Helena de Goiás-GO, na safra 2003/2004, foram obtidos resultados semelhantes (Figura 3), que vêm corroborar as pesquisas realizadas no Estado de São Paulo (SILVA, 1999), os quais indicam que mesmo quando os teores de K no solo estão adequados é possível que o algodoeiro responda à adubação potássica se a relação (Ca + Mg)/K for superior a 20.

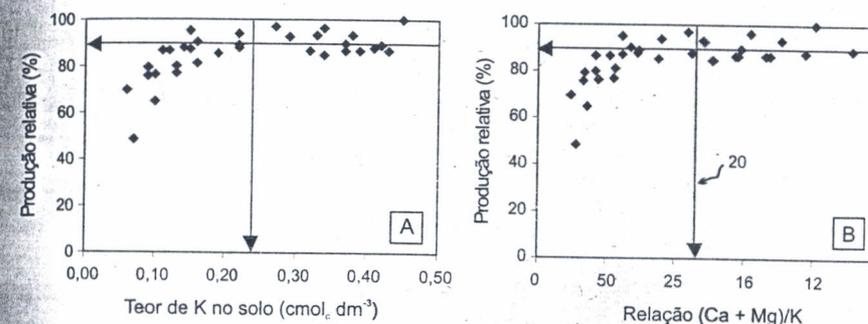


Figura 3. Relação entre teor de potássio trocável (A) ou relação (Ca + Mg)/K no solo (B) e produção relativa de algodão, na safra 2003/2004, em Santa Helena de Goiás-GO.

Em experimentos conduzidos com K em Mato Grosso, em solos com teores de 82 mg dm⁻³ a 96 mg dm⁻³ de K, não houve resposta à adubação potássica com doses superiores a 60 kg ha⁻¹ de K₂O (FUNDAÇÃO MT, 2001). Por outro lado, vários trabalhos têm demonstrado resposta positiva do algodoeiro à adubação potássica no Cerrado, em solos com teores de K abaixo do adequado (Tabela 7). Em experimentos conduzidos em Mato Grosso pela Fundação MT houve resposta em produtividade com a aplicação de até 180 kg ha⁻¹ de K₂O, em solo com 30 mg dm⁻³ de K (FUNDAÇÃO MT, 2004).

Tabela 7. Resumo de alguns experimentos com doses de potássio em algodoeiro em algumas regiões do Cerrado.

Local (Estado)	Varietade	K no solo a 0-20 cm (cmol _c dm ⁻³)	(Ca + Mg)/K (cmol _c dm ⁻³)	Dose de N (kg ha ⁻¹)	Produtividade máxima (@ha ⁻¹)	Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)
Chapadão do Sul (MS) ¹	Delta Opal	0,10	31,5	140	350	154
Chapadão do Sul (MS) ²	Fibermax 966	0,18	15,8	155	302	141
Ponta Porã (MS) ³	IAC 20	0,15	24,7	100	179	> 120
Santa Helena de Goiás ⁴	BRS Ipê	0,06	31,7	120	180	153
Santa Helena de Goiás ⁵	BRS Aroeira	0,16	24,2	120	212	115
Turvelândia (GO) ⁶	BRS Aroeira	0,23	22,0	120	274	146
Roda Velha (BA) ⁷	Fibermax 966	0,06	38,3	137	306	160
Roda Velha (BA) ⁷	Delta Opal	0,06	38,3	119	280	139
Roda Velha (BA) ⁷	BRS Camaçari	0,06	38,3	100	238	116
Roda Velha (BA) ⁷	BRS Aroeira	0,06	38,3	101	263	118
Roda Velha (BA) ⁷	Suregrow	0,06	38,3	102	262	118
Palma de Monte Alto ⁷	Delta Opal	0,62	33,6	50	297	97

¹ REIS JÚNIOR (2001), ² REIS JÚNIOR (dados não publicados), ³ STAUT e ATHAYDE (1999), ⁴ CARVALHO (dados não publicados), ⁵ BERNARDI et al. (2003a), ⁶ FERREIRA et al. (2004b) e ⁷ FERREIRA et al. (2004c).

Um dos fatores que influenciam a resposta das culturas à adubação potássica é o genótipo. Experimentos conduzidos pela Embrapa em Goiás, Bahia e Mato Grosso do Sul têm mostrado que as variedades respondem diferentemente a doses de fertilizantes (Figura 4, Figura 5 e Figura 6). As variedades Fibermax 966, Delta Opal e Suregrow são mais responsáveis do que as variedades nacionais da Embrapa (BRS Aroeira, BRS Sucupira e BRS Camaçari) e do Instituto Agronômico de Campinas (IAC). Porém, estas últimas são mais rústicas e se adaptam melhor às condições de baixa fertilidade do solo ou em condições mais secas, sob as quais é maior o risco da adubação (FERREIRA et al., 2004b).

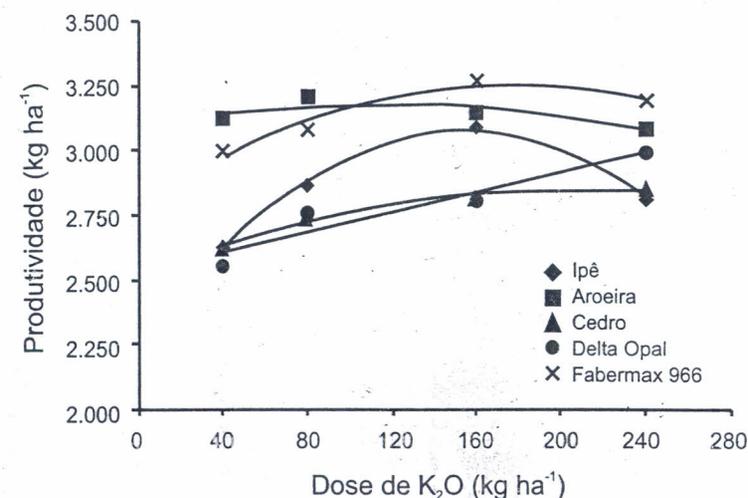


Figura 4. Resposta de cinco variedades de algodoeiro à adubação potássica, em solo com 30 mg dm⁻³ de K⁺ na camada de 0-20 cm, na safra 2003/2004, em Santa Helena de Goiás-GO.

Na região de Meridiano-SP, Ferreira et al. (2004a) verificaram que a produtividade da variedade Delta Opal aumentou linearmente com o aumento da dose de K até 200 kg ha⁻¹ de K₂O, enquanto a variedade IAC 24 respondeu apenas até a aplicação de 40 kg ha⁻¹ de K₂O.

No oeste da Bahia, em solos de Cerrado e condições de pluviosidade acima do normal, Ferreira et al. (2004c) mostraram que a variedade Fibermax 966 respondeu à aplicação de até 160 kg ha⁻¹ de K₂O, enquanto a

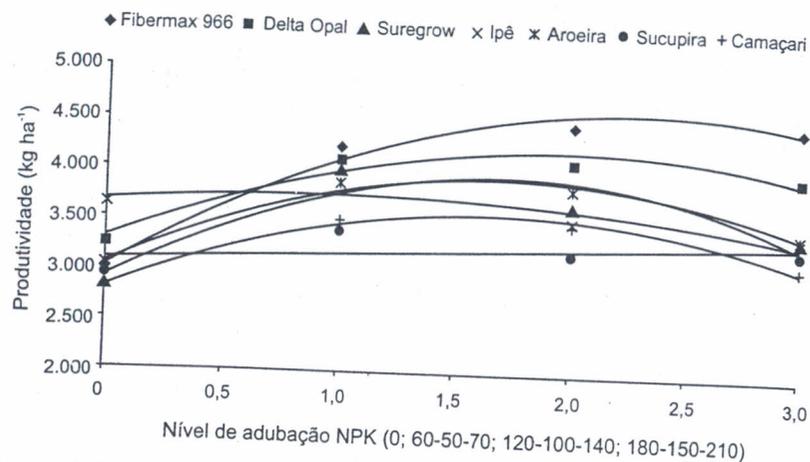


Figura 5. Resposta de variedades de algodoeiro (produtividade de algodão em caroço) a diferentes níveis de adubação NPK em solo de textura franco-arenosa, com 23 mg dm^{-3} de K^+ na camada de 0-20 cm, na safra 2003/2004, em São Desidério-BA.

Fonte: FERREIRA et al. (2004c).

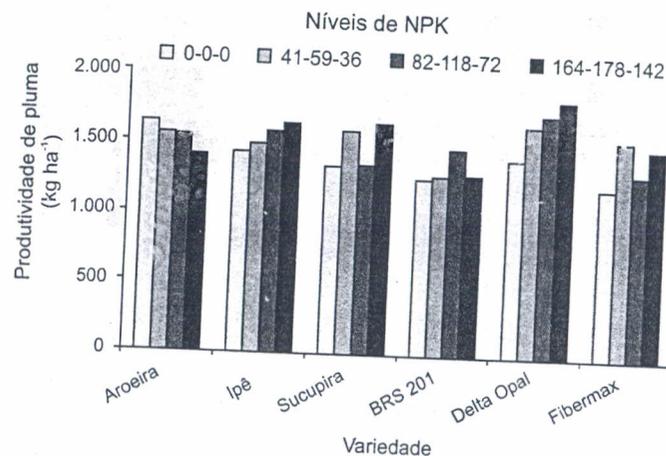


Figura 6. Resposta de variedades de algodoeiro (produtividade de pluma) a diferentes níveis de adubação NPK em Cambissolo argiloso, com 241 mg dm^{-3} de K^+ na camada de 0-20 cm, na safra 2003/2004, em Palma de Monte Alto-BA. As variedades Aroeira, Ipê, Sucupira, BRS 201; Delta Opal e Fibermax produziram 38,9%, 40,8%, 40,5%, 39,7%, 42,2% e 41,8% de fibra, respectivamente.

Delta Opal respondeu até a dose de 139 kg ha^{-1} de K_2O . As demais variedades testadas (BRS Aroeira, BRS Camaçari, BRS Ipê e Suregrow), só responderam até 118 kg ha^{-1} de K_2O , produzindo bem menos do que as duas anteriores, que alcançaram produtividades de 4.590 kg ha^{-1} e 4.200 kg ha^{-1} , respectivamente (Tabela 7 e Figura 5).

No sudoeste da Bahia, Ferreira et al. (2004b) mostraram que a variedade Delta Opal respondeu em produtividade até a dose de 97 kg ha^{-1} de K_2O , quando apenas este nutriente foi estudado. Em outro ensaio, no qual doses crescentes de NPK foram contrastadas com as respostas de diversas cultivares, apenas a Delta Opal respondeu positiva e linearmente ($P < 0,05$) com o aumento da dose de NPK até $164\text{-}178\text{-}142 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 6). Essas altas doses de nutrientes propiciaram aumento de produtividade de apenas 420 kg ha^{-1} , em um ano atípico com alta pluviosidade. Neste solo de alta fertilidade e alto risco climático, as variedades da Embrapa, assim como a Fibermax, não responderam significativamente à adubação. A variedade Aroeira, inclusive, mostrou tendência de decréscimo de produtividade quando recebeu doses crescentes de adubo; entretanto, teve produção média (4.005 kg ha^{-1}) semelhante à obtida pela variedade Delta Opal (3.930 kg ha^{-1}), mostrando ser mais interessante para uso em condições de baixo insumo e maior risco de falta de chuva, por necessitar menores investimentos em fertilizantes para obtenção de mesma produtividade. A Fibermax, por outro lado, apresentou fortes sintomas de deficiência de K no período do enchimento dos frutos. Essa variedade tem porte pequeno e alta carga de capulho, o que provoca maior demanda de K para enchimento dos frutos do que a capacidade das raízes de absorvê-lo, especialmente em condições de fertilidade nas quais prevaleçam relações $(\text{Ca} + \text{Mg})/\text{K}$ menores do que 20.

Uma desvantagem dos experimentos variando doses de um único nutriente para a obtenção de curva de resposta é que as doses fixas dos demais nutrientes podem não estar adequadas. A SLC Agrícola vem conduzindo um experimento fatorial NPK $3 \times 3 \times 3$ para estudar o efeito de aplicações anuais de três doses de N, P_2O_5 e K_2O ($80, 120$ e 180 kg ha^{-1}) na cultura do algodoeiro, em Costa Rica-MS (SLC Agrícola, dados não publicados). Na Figura 7 são apresentados os resultados de produtividade média de algodão em caroço em função das doses de K, nas três doses de N. Nota-se que praticamente não houve aumento significativo da produtivida-

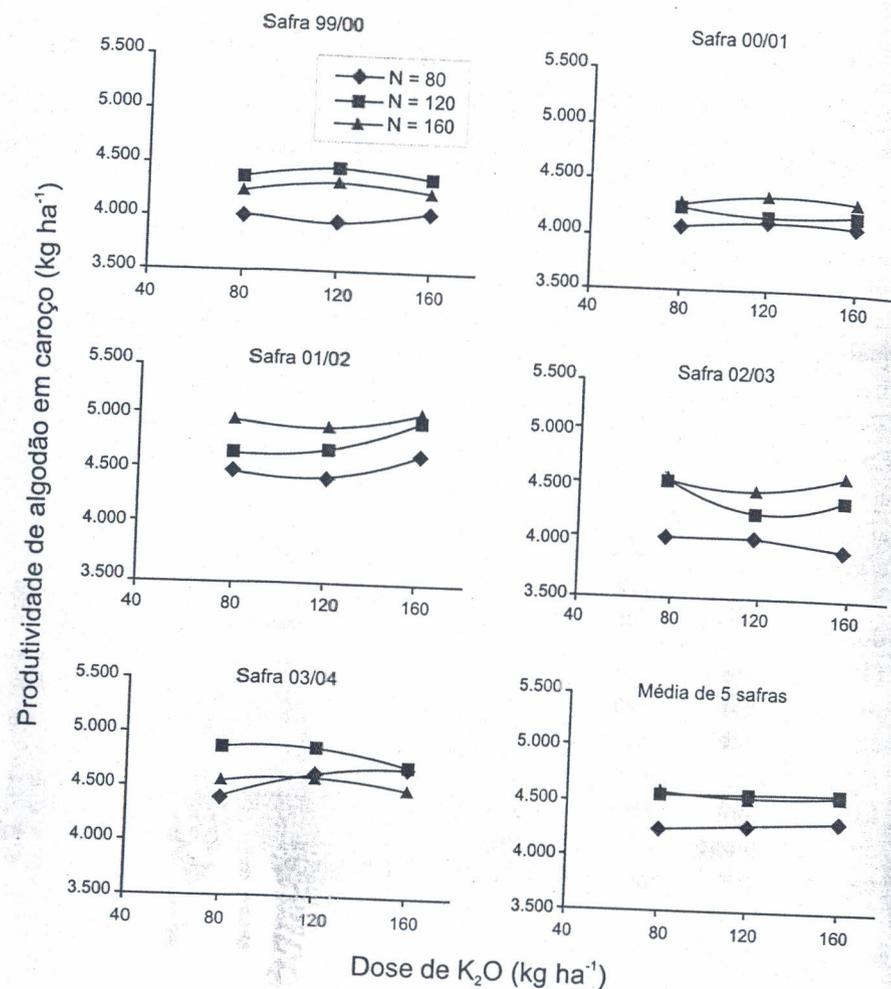


Figura 7. Resposta do algodoeiro, variedade Delta Opal, a doses de potássio com três níveis de nitrogênio, em cinco safras agrícolas, em Costa Rica-MS. Fonte: Adaptada de SLC Agrícola (dados não publicados).

de do algodão com doses acima de 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Com esta dose foi possível manter produtividade média de 4.431 kg ha⁻¹ de algodão em caroço nas cinco safras avaliadas, com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N. Esses resultados indicam que o aumento da produtividade do algodoeiro não depende do aumento da quantidade aplicada de todos os nutrientes, mas sim

do ajuste da quantidade de cada um deles, associado ao manejo correto da cultura e a condições ambientais favoráveis.

As melhores respostas são obtidas quando são satisfeitos os seguintes fatores: o solo está apropriadamente corrigido pela calagem; as doses dos demais nutrientes são atendidas; a variedade cultivada é responsiva e foi plantada no período apropriado à manifestação de seu máximo potencial, nas melhores condições de densidade e espaçamento demonstradas pela pesquisa; houve o devido controle de ervas daninhas; o K é aplicado na forma e na dose mais eficiente para todo o sistema de cultivo e não apenas para a cultura do período de safra (DARST e WALLINGFORD, 1985). Como regra geral, todos os fatores que aumentam a produtividade levam a maior demanda de K pela planta. Por outro lado, os fatores que dificultam a chegada deste nutriente até as raízes ou que causam restrição ao seu crescimento, tais como acidez, deficiência de P, baixa e alta umidade, compactação, localização inadequada do fertilizante, ataque de nematóides, *Fusarium* e *Verticillium*, reduzem a eficiência da adubação, o que leva o algodoeiro a responder a doses mais elevadas.

No Brasil, a adubação com K é, normalmente, recomendada para aplicação no sulco, porém também pode ser feita a lanço antes do plantio e em solos com baixa fertilidade, a aplicação no sulco pode ser economicamente mais viável. Contudo, a aplicação de altas doses de K no sulco de plantio deve ser evitada por causa do efeito salino ocasionado pelo aumento do potencial osmótico e, em alguns casos, para diminuir as perdas por lixiviação, principalmente em solos com baixa CTC. Por isso, as doses elevadas devem ser reduzidas no plantio e o restante da aplicação pode ser feito em cobertura e a lanço, no período de maior exigência da cultura. Outro aspecto que deve ser considerado é o de que a adubação tardia em cobertura a lanço em solos argilosos pode não ser eficiente.

Nos Estados Unidos é mais comum o uso de adubação em pré-plantio ou, para solos com CTC de 6,0 cmol_c kg⁻¹ a 8,0 cmol_c kg⁻¹, no outono, logo após a colheita, sobre o solo seco, com aração em seguida (THOMPSON, 1999). Quando o solo é arenoso e tem CTC menor do que 2,0 cmol_c kg⁻¹, é recomendado o parcelamento para evitar perdas por lixiviação. Poucas vezes a adubação em sulco ou em cobertura tem apresentado resultado superior, exceto em solos arenosos ou naqueles com argila 2:1 do tipo vermiculita, com alta fixação de K (KAMPRATH e WELCH, 1968; KERBY

e ADAMS, 1985). Nesse tipo de solo, Gormus (2002) conseguiu aumentar a produtividade de algodão em caroço em 650 kg ha⁻¹ a 800 kg ha⁻¹ em plantio irrigado, em dois anos consecutivos, quando aplicou 160 kg ha⁻¹ de K₂O em cobertura ao lado da linha de plantio, a 7 cm das plantas e a 7-8 cm de profundidade, no surgimento da primeira maçã; porém, aplicações parceladas no surgimento do primeiro botão e na primeira flor não mostraram resultados significativos. Esses resultados mostram a importância de se levar em conta o alto requerimento de K para o enchimento dos frutos e a alta capacidade de fixação deste nutriente por aquele solo na definição da dose e da época de aplicação do fertilizante.

Silva et al. (1984) observaram, em experimentos conduzidos no Estado de São Paulo, que quando não há deficiência de K, o modo de aplicação é indiferente. Porém, em solos deficientes, as melhores respostas foram obtidas com o parcelamento, aplicando-se um terço ou metade no plantio e o restante em cobertura junto com a adubação nitrogenada. De acordo com Silva et al. (1995b), quando a quantidade de K requerida for alta, a aplicação deste nutriente a lanço (potassagem), antes da semeadura, poderá elevar o seu teor no solo e aumentar a produtividade do algodoeiro já no primeiro ano de cultivo. Esses mesmos autores verificaram que em solo com 0,08 cmol_c dm⁻³ de K a maior produtividade foi obtida com a aplicação de 200 kg ha⁻¹ de K₂O; já no solo com 0,25 cmol_c dm⁻³ não houve resposta à aplicação de fertilizante potássico. Sousa e Lobato (2004) afirmaram que não há diferença entre aplicação de K a lanço ou parcelada e recomendam a aplicação a lanço, principalmente em solos arenosos com baixa CTC. As recomendações desses últimos autores são oriundas de trabalhos com soja, milho, trigo, feijão e outras culturas anuais usadas em experimentos extensivos desde a década de 60 no Cerrado, pois o algodão é de cultivo recente naquela região.

Segundo Brouder e Cassman (1990), a densidade de comprimento radicular do algodoeiro é baixa quando comparada à de outras espécies cultivadas, o que leva a baixa capacidade de exploração dos nutrientes no solo. Apesar da alta demanda por K, a taxa de depleção da concentração disponível e a distância de influência deste nutriente a partir da raiz, na rizosfera das plantas de algodão, é pequena (30% de depleção) quando comparada com a da cevada (80% de depleção) e a de outras plantas cultivadas (SHI et al., 2004). Isso levou Cassman et al. (1989) a concluir que o algo-

doeiro é mais sensível a baixos teores de K no solo do que a maioria das outras culturas e que, por isso, pode ocorrer deficiência em solos com teores disponíveis considerados adequados. Desse modo, mais pesquisas são necessárias com o algodoeiro no Cerrado, visando ampliar a base de informações necessárias para a confecção de tabelas de recomendação de adubação mais realistas para as diversas localidades com condições distintas de cultivo.

No SPD preconiza-se a rotação de culturas em que a cultura de cobertura antecede a cultura principal de verão. Tem-se, então, a possibilidade de adubar o sistema e não somente a cultura principal. Nesse caso, uma parte do fertilizante pode ser aplicada em pré-plantio, na cultura de cobertura, que será dessecada e, assim, os nutrientes liberados por sua decomposição poderão ser absorvidos pela cultura principal. As vantagens deste procedimento são: diminuição da quantidade de adubos no sulco, menores perdas por lixiviação e maior desenvolvimento vegetativo das plantas de cobertura.

Na safra 2002/2003 foi conduzido um experimento em Turvelândia-GO com o objetivo de avaliar a eficiência da adubação potássica em relação a doses, modos (sulco, lanço e parcelada) e épocas de aplicação (pré-plantio, plantio e cobertura) para a cultura do algodoeiro, cultivado em SPD em solo de Cerrado com 570 g kg⁻¹ de argila, 90 mg dm⁻³ de K e relação (Ca + Mg)/K igual a 22 (BERNARDI et al., 2003a; BERNARDI et al., 2004). Nesse experimento, a cultura do algodoeiro, da variedade BRS Aroeira, foi adubada com 0, 60, 120 e 240 kg ha⁻¹ de K₂O, aplicados em pré-plantio no sulco de plantio e 60 kg ha⁻¹ de K₂O no sulco ou em pré-plantio mais o restante a lanço em uma ou duas coberturas. A adubação de pré-plantio foi feita em outubro na cobertura de milheto. Os melhores resultados foram obtidos com a aplicação do total a lanço em pré-plantio ou com o parcelamento no sulco mais duas coberturas (Figura 8), obtendo-se respostas econômicas com a aplicação de até 140 kg ha⁻¹ de K₂O. Foi observado que a eficiência agrônômica da adubação ($[\text{produção}_{\text{dose K}_2\text{O}} - \text{produção}_{\text{testemunha}}] / \text{dose}_{\text{K}_2\text{O}}$) diminuiu com o aumento da dose aplicada, e que a aplicação da dose total em pré-plantio, na cultura de cobertura, foi mais eficiente (Figura 9).

Outro experimento foi conduzido em Santa Helena de Goiás-GO, em solo de baixa fertilidade, com 23 mg dm⁻³ de K e relação (Ca + Mg)/K

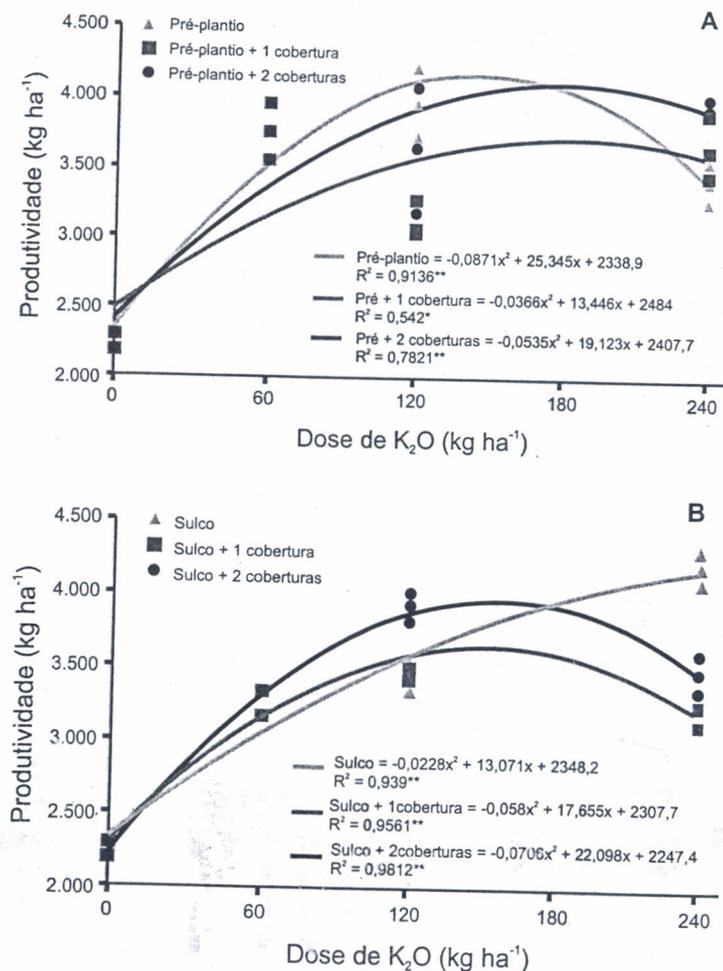


Figura 8. Produtividade do algodoeiro em função de doses de potássio aplicadas em pré-plantio (A) ou no sulco de plantio (B), de uma vez ou com uma ou duas coberturas, em Turvelândia-GO.

Fonte: BERNARDI et al. (2003a).

igual a 32 (CARVALHO e BARBOSA, 2003). Foram testadas quatro doses de K (80, 140, 200 e 260 kg ha⁻¹ de K₂O) combinadas com seis épocas de aplicação (100% em pré-plantio; 100% no sulco de semeadura; 60% em pré-plantio + 40% no sulco; 40% em pré-plantio + 60% em cobertura; 40%

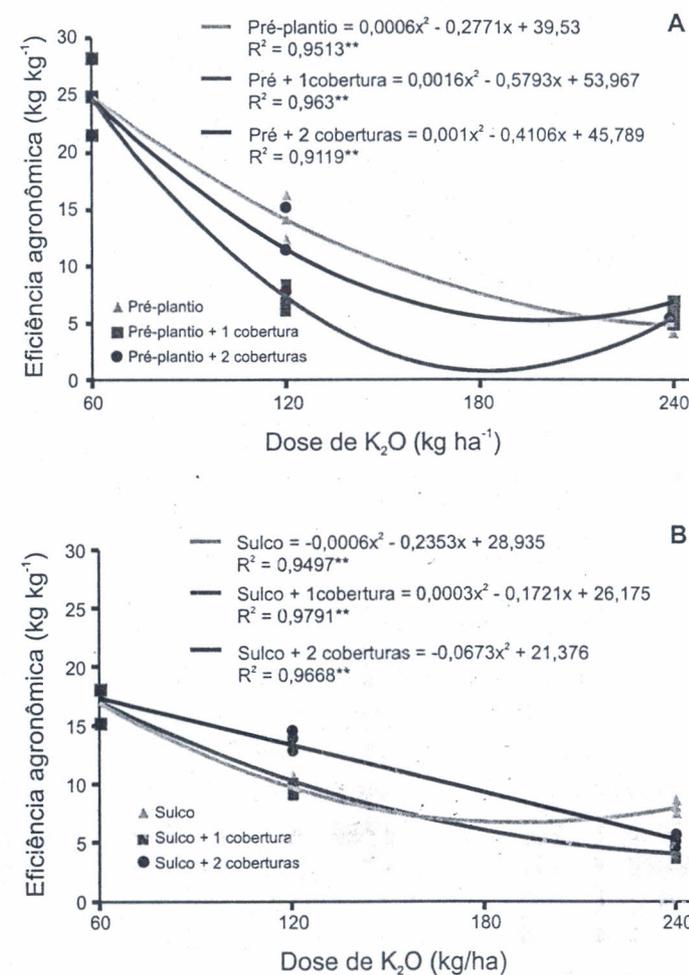


Figura 9. Eficiência agrônômica da aplicação de potássio na cultura do algodoeiro em pré-plantio (A) ou no sulco de plantio (B), em Turvelândia-GO.

Fonte: BERNARDI et al. (2003a).

no sulco + 60% em cobertura; e 35% em pré-plantio + 30% no sulco + 35% em cobertura). A adubação de pré-plantio foi efetuada no milho em novembro e o algodão foi plantado no final de dezembro. Os resultados de produtividade de algodão em caroço são apresentados na Figura 10. A ausência de adubação com K no solo em questão, com teor muito baixo de K,

Tabela 8. Rendimento e características de qualidade de fibra afetadas por doses de potássio em solo argiloso, com 23 mg dm^{-3} de K, na safra 2002/2003, em Santa Helena de Goiás-GO.

Dose de K_2O (kg ha^{-1})	Fibra (%)	Micronaire ($\mu\text{g/pol}$)	Maturidade (%)	Fiabilidade
0	38,3	4,0	88,0	2.159
80	39,3	4,7	89,6	2.120
140	39,2	4,8	89,7	2.108
200	38,9	4,8	89,7	2.078
260	38,7	4,8	89,8	2.052

Fonte: CARVALHO (dados não publicados).

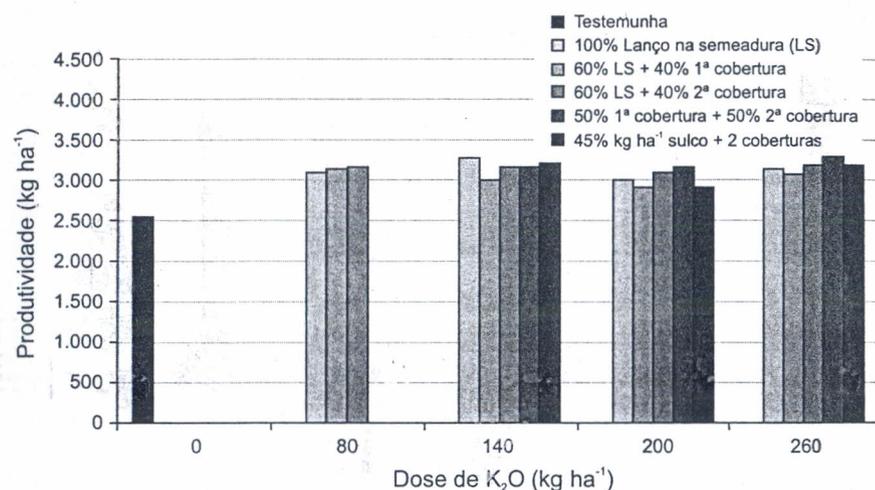


Figura 12. Produtividade de algodão em caroço, variedade BRS Aroeira, em função de doses e épocas de aplicação de potássio, em solo argiloso com 62 mg dm^{-3} de K^+ , na safra 2002/2003, em Santa Helena de Goiás-GO.

permite maior flexibilidade na escolha da formulação e aumenta o rendimento de plantio, que é particularmente importante para o Cerrado, onde ocorre o plantio de grandes áreas em um período relativamente curto.

Na Bahia, Ferreira et al. (2004c) encontraram respostas negativas em produtividade de pluma, índice de colheita, porcentagem de fibra e índice

de fibra Rd à aplicação de 60, 120, 180 e 240 kg ha^{-1} de K_2O em diferentes modos de distribuição no solo, porém obtiveram resposta significativa em crescimento vegetativo, produção de resteva e índice de fibra +b. Na Figura 13 e na Figura 14 são mostrados os resultados de produtividade de algodão em caroço e de altura de plantas. A adubação com K, independentemente do modo de aplicação, provocou forte crescimento vegetativo e redução da produtividade e da qualidade de pluma, tornando-a de coloração mais creme.

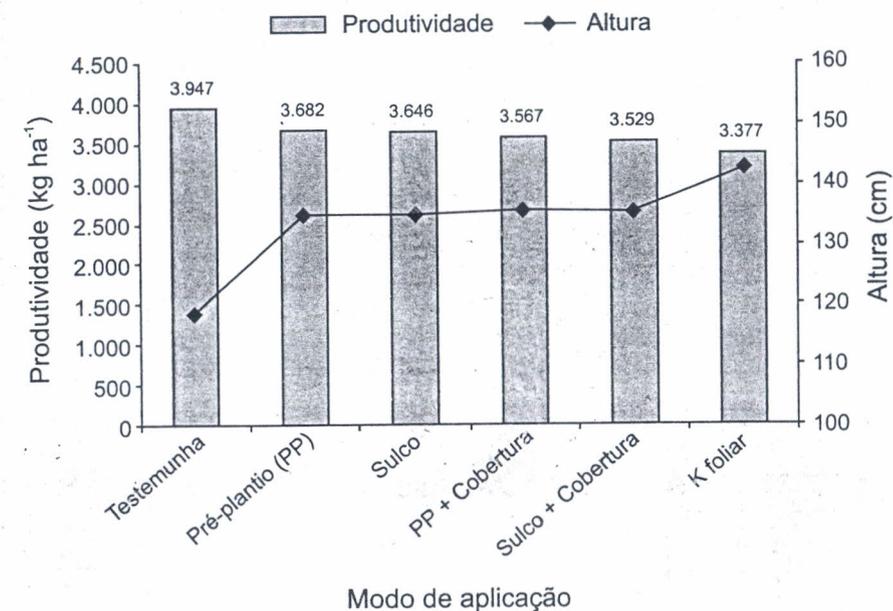


Figura 13. Produtividade de algodão em caroço e altura de plantas de algodoeiro submetidas a diferentes formas de aplicação de potássio em solo LVA, com 170 g kg^{-1} de argila e 23 mg dm^{-3} de K^+ , na safra 2003/2004, em São Desidério-BA. Testemunha = sem K_2O ; PP = todo o K_2O em pré-plantio a lanço; Sulco = todo o K_2O no sulco; PP + Cobertura = 50% do K_2O em pré-plantio e 50% em cobertura; Sulco + Cobertura = 40 kg ha^{-1} de K_2O no sulco e o restante em até três coberturas; Kfoliar = 54 kg ha^{-1} no sulco de plantio + 121 kg ha^{-1} de K_2O em cobertura + $8,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de K_2O em quatro pulverizações foliares semanais.

Fonte: FERREIRA et al. (2004c).

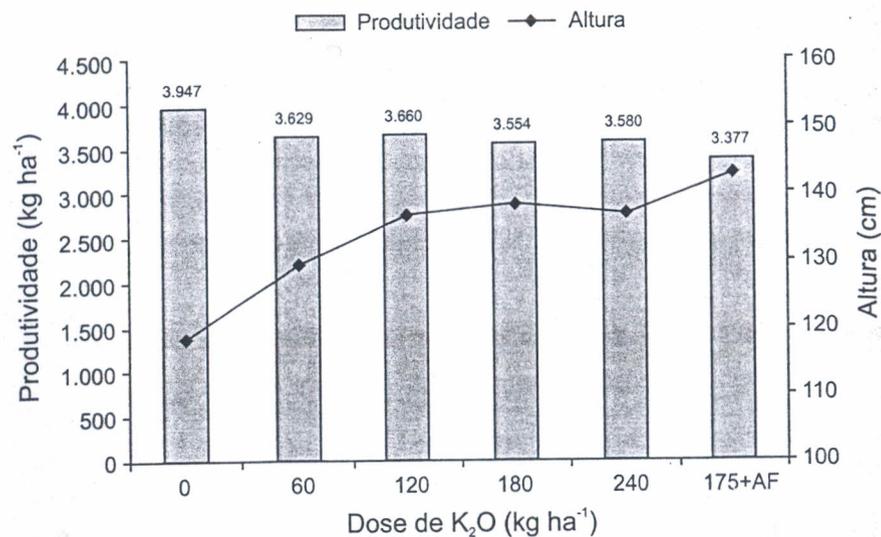


Figura 14. Produtividade de algodão em caroço e altura de plantas de algodoeiro submetidas a diferentes doses de potássio em solo LVA, com 170 g kg⁻¹ de argila e 23 mg dm⁻³ de K⁺, na safra 2003/2004, em São Desidério-BA. AF = adubação foliar adicional de 8,8 kg ha⁻¹ de K₂O.

Fonte: FERREIRA et al. (2004c).

No mesmo experimento, Ferreira et al. (2004c) observaram que a eficiência da extração de K pelo algodoeiro diminuiu com o aumento da dose aplicada (Figura 15), em conformidade com o esperado, descrito em Possamai (2003). A forma de aplicação também afetou a eficiência de extração, nesse solo com apenas 170 g kg⁻¹ de argila. Quando o K foi aplicado em pré-plantio, a lanço, a eficiência foi de 48%, aumentando para 51% quando aplicado totalmente no sulco de plantio, e alcançando 56% quando metade foi aplicado em pré-plantio e o restante parcelado em três coberturas aos 20, 40 e 55 dias após a emergência. A maior eficiência (75%) foi alcançada quando a dose foi aplicada 50% em pré-plantio a lanço e o restante parcelado em cobertura (Figura 15). Em média, a eficiência alcançou 52% e a maior parte do K absorvido (58%), aos 130 dias após a emergência, foi acumulada nos frutos. Os tratamentos em que houve parcelamento da adubação potássica provocaram maior absorção, maior crescimento vegetativo e menor produção de pluma, pois as condições eram favoráveis ao acúmulo preferencial de C na parte vegetativa.

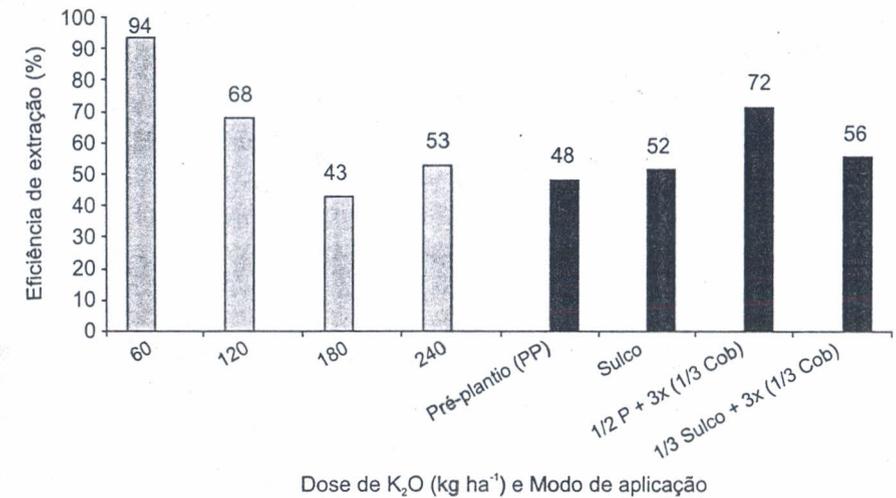


Figura 15. Eficiência de extração de K₂O ($[\text{Extração K}_2\text{O}_{\text{dose X}} - \text{Extração K}_2\text{O}_{\text{testemunha}}] / \text{Dose X}$) por algodoeiro, aos 130 dias após a emergência, em função de doses e modos de aplicação de potássio via solo, na safra 2003/2004, em São Desidério-BA.

Fonte: FERREIRA et al. (2004c).

A variação da eficiência da adubação dentro dos modos de aplicação é muito importante, pois pode implicar necessidade de doses mais elevadas à medida que a sua distribuição no campo diminua a efetividade de absorção pela planta. Nesse aspecto, a aplicação da dose total de K antecipada ou concentrada no início do desenvolvimento da cultura é inadequada em regiões com solos arenosos, como no Cerrado da Bahia, pois a ação da chuva durante todo o ciclo da cultura pode lixiviar o K para longe do sistema radicular. A aplicação parcelada no plantio e durante o ciclo parece ser mais apropriada (THOMPSON, 1999; SOUSA e LOBATO, 2004). No Cerrado da Bahia é comum a aplicação de uma dose inicial de 54 kg ha⁻¹ de K₂O no sulco de plantio, além de 300 kg ha⁻¹ de KCl (180 kg ha⁻¹ de K₂O) a lanço aos 10-20 dias após a emergência. Essa grande quantidade de K aplicada a lanço, em um período de baixa absorção pelas plantas, pode estar sendo usada com baixa eficiência pela cultura, aumentando desnecessariamente o custo de produção, que já se aproxima de US\$1.500 por hectare, sendo os adubos e os corretivos responsáveis por cerca de 22%-28% do custo total.

Em outro ensaio, conduzido em um Latossolo Vermelho Amarelo arenoso de Roda Velha, distrito de São Desidério-BA, Ferreira et al. (2004c) tentaram calibrar doses de P e de K e avaliar a possibilidade de resposta a Mg. O solo continha, na camada de 0-20 cm de profundidade: 23 mg dm⁻³ de K⁺; 10 mg dm⁻³ de P; 0,6 cmol_c dm⁻³ de Mg; relação (Ca+Mg)/K igual a 38; e CTC igual a 3,4 cmol_c dm⁻³. Não houve resposta na média conjunta das doses de PKMg para a produtividade de pluma, mas houve aumento significativo do crescimento vegetativo (Figura 16). Quando desdobrados os efeitos individuais, observou-se que a produtividade foi negativamente influenciada pela adição de doses de P (dados não mostrados) e de K superiores a 40 kg ha⁻¹ (Figura 17). As doses de K não influenciaram as características intrínsecas das fibras, porém aumentaram significativamente o crescimento vegetativo (altura e resteva) e os teores de K na folha, no pecíolo e no solo (Figura 17). A alta pluviosidade que ocorreu na região durante a safra 2003/2004, associada a alta nebulosidade, baixa luminosidade e baixo efeito do regulador de crescimento usado, levaram a planta a investir a maior parte de seu vigor produtivo em crescimento vegetativo, em especial devido à forte ocorrência de podridão de capulho observada. O aumento linear da concentração de K no pecíolo, medido por dosador portátil (Figura 17) é animador, pois deve possibilitar futura calibração desse instrumento para o monitoramento dos teores de K na planta. Kerby e Adams (1985) mostraram que essa medida é a mais sensível à variação dos teores de K disponível no solo e também foi usada por Howard et al. (2001) como critério seguro para diagnosticar solos e seus níveis de K adequados para a boa nutrição do algodoeiro.

No experimento de Ferreira et al. (2004c), os teores de K no solo tiveram elevação muito pequena (acréscimo de 33,5 mg dm⁻³) para a magnitude das doses empregadas (até 320 kg ha⁻¹ de K₂O ou equivalente a 133,3 mg dm⁻³). Isso indica que neste solo é muito difícil ultrapassar o limite de 40 mg dm⁻³ de K ou cerca de 3% da CTC, pois o excedente é facilmente lixiviado do solo. Nessas condições, a correção do solo até esse nível de fertilidade (40-50 mg dm⁻³ de K), juntamente com a aplicação de doses de K com base nas necessidades da cultura para extração e exportação, parece ser o método mais adequado de fornecimento de nutrientes.

Ainda com relação ao ensaio com doses de PKMg, em São Desidério-BA, na Tabela 9 encontram-se as quantidades de K acumuladas nos órgãos da parte aérea e a eficiência de recuperação nas doses utilizadas.

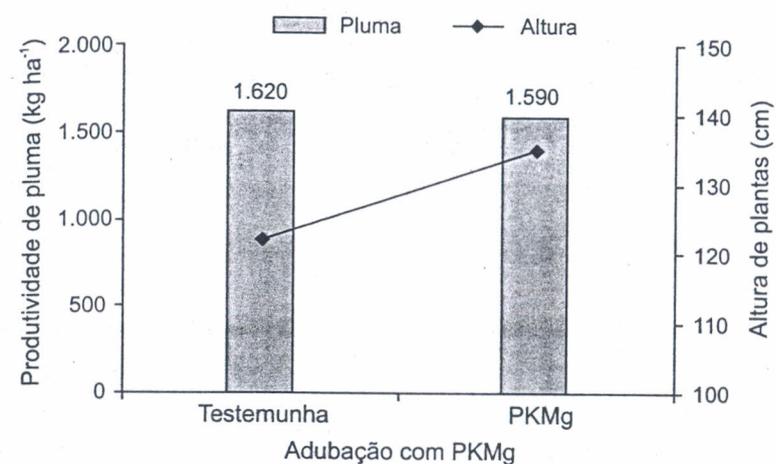


Figura 16. Médias de produtividade de pluma e altura de plantas de algodoeiro em função da adubação com fósforo, potássio e magnésio, na safra 2003/2004, em São Desidério-BA.

Fonte: Adaptada de FERREIRA et al. (2004c).

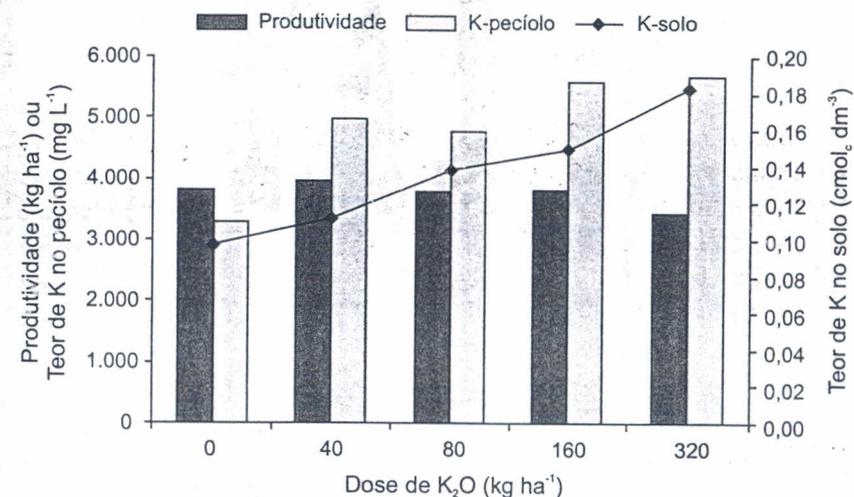


Figura 17. Produtividade de algodão em caroço, teor de potássio no pecíolo e no solo em função de doses de K₂O. K-pecíolo = teor de K no pecíolo, aos 60 dias da emergência, medido com medidor portátil; K-solo = K-trocável no solo, extraído por Mehlich 1, na safra 2003/2004, em São Desidério-BA.

Fonte: Adaptada de FERREIRA et al. (2004c).

Bahia, Ferreira et al. (2004c) estudaram a possibilidade de resposta do algodoeiro, variedade Delta Opal, à adubação com K devido à alta relação $(Ca+Mg)/K$ existente, de 33,4 (Figura 18). Houve resposta significativa de produtividade e crescimento vegetativo em função das doses de K aplicadas (Figura 18), tendo sido obtida a máxima produtividade de pluma (1.836 kg ha^{-1}) na dose de 90 kg ha^{-1} de K_2O . Contudo, a magnitude desta resposta no sudoeste da Bahia, região de clima semi-árido, é de difícil repetibilidade, pois foi obtida em um ano favorável, no qual choveu muito além da média histórica durante o ciclo da cultura. Para essa região, o uso de variedades mais rústicas e menos exigentes em adubação, como a Aroeira, é mais recomendável do que o uso de altas doses de fertilizantes. O incremento obtido, de 108 kg ha^{-1} de pluma, sobre a testemunha sem adubação potássica (6,2%), é muito pequeno para justificar o investimento em fertilizante potássico nesse solo com elevado teor de K. Assim, a incerteza climática provoca alterações mais expressivas de produtividade, devendo-se dar prioridade aos nutrientes mais deficientes, como N e P. Porém, como a testemunha absoluta, sem NPK, produziu apenas 1.434 kg ha^{-1} de pluma (402 kg ha^{-1} a menos do que na dose ótima de K), o uso de dose mínima de segurança de NPK poderá garantir o aproveitamento do potencial da cultura nos anos chuvosos, com o mínimo de riscos nos anos mais secos, para o cultivo mais tecnificado da variedade Delta Opal naquela região.

A deficiência de K no algodoeiro tem sido relatada mesmo com a aplicação de altas doses deste nutriente via solo, o que tem sido atribuído a diversos fatores: variedades altamente produtivas e de ciclo mais curto, com menor capacidade de armazenar K antes do florescimento; decréscimo da atividade radicular durante a frutificação; aumento do uso de N e de reguladores de crescimento; estresse hídrico, entre outros (CHANG e OSTERHUIS, 1995). Em função disso, o K tem sido aplicado via pulverização foliar com a finalidade de prevenir deficiências, mesmo com a aplicação de doses elevadas deste nutriente via solo (140 kg ha^{-1} a 180 kg ha^{-1}). Os resultados encontrados na literatura sobre adubação foliar com K indicam que nem sempre ocorre efeito positivo (HOWARD et al., 1997; CARVALHO et al., 2001; WHITAKER e ROSOLEM, 2003; FUNDAÇÃO MT, 2004) ou, em alguns casos, o acréscimo de produtividade não é suficiente para compensar os custos (KNOWLES et al., 1995; ROBERTS et al., 1999).

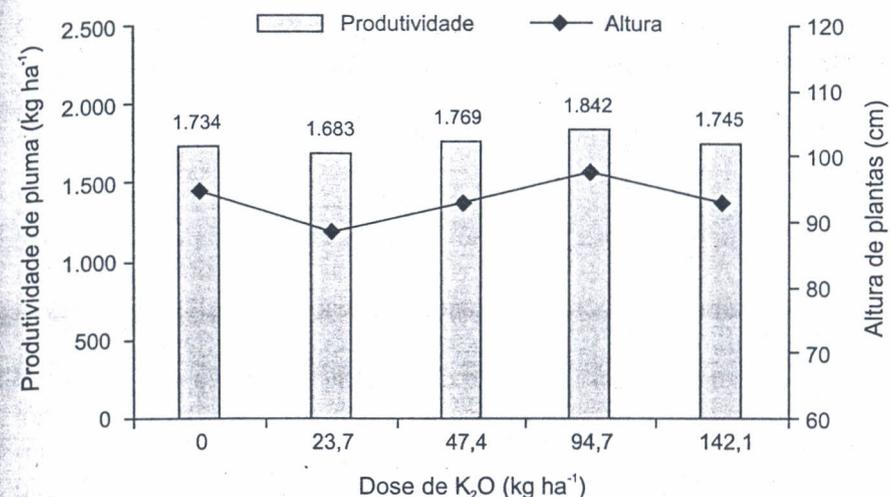


Figura 18. Resposta do algodoeiro em produção de pluma e altura de plantas à aplicação de doses crescentes de K_2O em um Cambissolo carbonático com $0,62 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K e $20,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de $Ca+Mg$, na safra 2003/2004, Centrevale, em Palma de Monte Alto-BA.

Fonte: FERREIRA et al. (2004c).

Whitaker e Rosolem (2003) conduziram dois experimentos de campo em Pederneiras-SP, na safra 1999/2000, e outro em Boracéia-SP, na safra 2000/2001, para avaliar a resposta do algodoeiro à adubação foliar com nitrato de potássio (KNO_3). Os autores concluíram que a aplicação de até 32 kg ha^{-1} de KNO_3 durante o florescimento não causou efeito significativo sobre a produtividade, o peso de capulhos, o número de capulhos e nem sobre as principais características de qualidade de fibra (finura, resistência, maturidade, comprimento, micronaire).

Os resultados de experimentos conduzidos em Mato Grosso (FUNDAÇÃO MT, 2004), em solos contendo 27 mg dm^{-3} , 59 mg dm^{-3} e 90 mg dm^{-3} de K-trocável, mostraram que a pulverização foliar com KNO_3 , como complemento à adubação via solo, não resultou em aumento de produtividade ou melhoria da qualidade da fibra produzida. Contudo, Rosolem (2001) mostrou dados em que a produtividade de algodão aumentou em 8% com três aplicações de $4,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de K, seis, sete e oito semanas após o início do florescimento, usando KNO_3 .

13,8% e 10,3%, respectivamente pulverizada. Pela magnitude dos resultados, Howard et al. (2000) concluíram que o retorno de oito a dez vezes

Coker et al. (2000) estudaram a presença ou não de estresse hídrico no Estado de Arkansas (Estados Unidos). Os autores concluíram que a resposta não foi corrigido com K em pré-condições, quatro aplicações de 5 kg ha⁻¹ na primeira flor permitiram aumento médio de capulhos por m². A resposta nos diferentes órgãos foi determinada pelo solo, tendo seus teores aumentado, enquanto que os teores no solo estavam abaixo de umidade adequada.

Thompson (1999) reconhecemos que reconhecidamente a presença de K. No Cerrado do Brasil, as produtividades superiores a 3.800 kg ha⁻¹ em variedades de porte baixo e ciclo curto precisa ser melhor estudada, pois a resposta. Em regiões com potencial para as variedades tradicionais de algodão, a obtenção de respostas positivas à aplicação de K como complemento à adubação via

O estado nutricional do algodão e o grau de severidade de doenças e pragas, neste nutriente, as plantas apresentaram redução da severidade de mancha de algodão (Figura 20). Esta redução foi correlacionada com a redução na folha (Figura 21A) e positivamente com a produtividade (Figura 21B), concordando com Huber e Azeiteiro (2000). A severidade do ataque de fungos no algodão foi reduzida em N acumulados por causa da presença de *Cercospora*, *Alternaria*, *Stemphylium*

Ferreira et al. (2004c) testaram a aplicação de 8,8 kg ha⁻¹ de K₂O em quatro pulverizações semanais de 2,2 kg ha⁻¹ a partir dos 70 dias da emergência ou 14-20 dias após o florescimento, usando a variedade Delta Opal. Os pesquisadores observaram que as plantas cresceram em excesso com a aplicação de K, reduzindo a produtividade de algodão em caroço, a porcentagem de fibra e o rendimento de pluma. A aplicação de K foliar aumentou adicionalmente o crescimento vegetativo e reduziu ainda mais a produtividade (Figura 19). As condições de chuvas excessivas e de luminosidade foram atípicas na safra 2003/2004, dificultando a aplicação do regulador de crescimento e/ou diminuindo sua eficiência pela ocorrência de lavagem das folhas. Essas condições resultaram no crescimento excessivo das plantas, as quais perderam grande parte das maçãs do "baixeiro" por apodrecimento. Por isso, embora tenham surgido sintomas de deficiência de K na testemunha (sem aplicação de K) no período de enchimento das maçãs, a adubação não permitiu a expressão do potencial da planta em produtos colhidos.

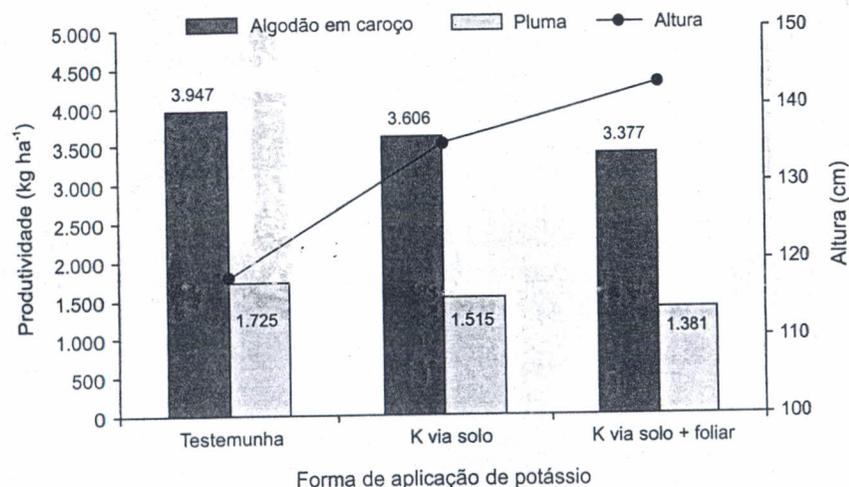


Figura 19. Produtividade de algodão em caroço, algodão em pluma e altura de plantas de algodoeiro submetidas a aplicação de potássio apenas no solo ou com complementação por via foliar. Solo LVA com 170 g kg⁻¹ de argila, 23 mg dm⁻³ de K⁺. K via solo: adubação média 170-120-130 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O no solo; K via foliar: 4 pulverizações semanais com 2,2 kg ha⁻¹ de K₂O em cada aplicação, na safra 2003/2004, em São Desidério-BA.

Fonte: FERREIRA et al. (2004c).

Segundo Howard et al. (1998), vários fatores ligados ao algodão, à fonte utilizada e às condições de pH da solução aplicada ajudam a explicar boa parte dos resultados negativos encontrados com a adubação foliar do algodoeiro com K. De acordo com esses pesquisadores, as respostas mais frequentes são obtidas quando: são cultivados solos com teor de K baixo ou insuficiente (< 118 mg dm⁻³ de K⁺) ou com forte perda de K por fixação e aplicação de pequenas doses anuais; são utilizadas variedades altamente produtivas, com curto período para enchimento das maçãs; condições edafoclimáticas e de manejo para a obtenção de altas produtividades; é usado principalmente KNO₃ associado ou não com boro (B) na presença de soluções-tampão para manter o pH entre 4,0 e 5,5.

As soluções não tamponadas de KNO₃ podem alcançar pH alto e, nessas condições, nos Estados Unidos, Howard et al. (1998) mostrou que quatro aplicações de 5 kg ha⁻¹ de K₂O, espaçadas de 7 a 14 dias, com vazão de 93,5 L ha⁻¹, a partir da primeira semana do florescimento, usando diversas fontes, aumentou a produção de algodão em 10% sobre a testemunha. Nesse mesmo experimento, a produtividade de algodão com uso de KNO₃ foi, em média, 4% maior do que a produtividade obtida com as outras fontes de K utilizadas (K₂SO₄, K₂S₂O₃ e KCl). O tamponamento da solução com K₂SO₄ e KNO₃ superou as soluções não tamponadas em 10%. A adição de um surfactante éster de fosfato alquil aril etoxilado à solução de KNO₃ aumentou a produtividade em 5% sobre a testemunha. A aplicação foliar de 5 kg de K₂O juntamente com 0,11 kg ha⁻¹ de B resultou em incremento de produtividade de 13%, enquanto o mesmo tratamento usando B no sulco de plantio (0,56 kg ha⁻¹) e apenas 0,11 kg ha⁻¹ de B por pulverização via foliar utilizadas em quatro pulverizações permitiram incrementos de 6% e 8%, respectivamente.

Posteriormente, Howard et al. (2000) aplicaram quatro pulverizações de 5 kg ha⁻¹ de K₂O + 0,11 kg ha⁻¹ de B em conjunto ou isoladamente em presença ou não do tamponante *Buffer Xtra Strength* (etanol fosforado, alquil aril polietoxilado e ácido fosfórico orgânico), para obter pH 4,0 e 5,5 sobre um solo com 127 mg dm⁻³ de K (nível alto), com fertilização em plantio de 90-35-34 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O. Aqueles pesquisadores mostraram que as soluções tamponadas de K e/ou de B a pH 4,0 foram superiores e aumentaram a produtividade; com as soluções tamponadas a pH 5,5, a aplicação foliar de K mais B aumentou a produtividade de pluma em 15,9%, enquanto as aplicações isoladas de K e de B a aumentaram em ape