

CRITÉRIOS DE INTERPRETAÇÃO DE QUALIDADE DO SOLO PARA A CULTURA DO ALGODOEIRO NO CERRADO GOIANO

CRITERIA OF INTERPRETATION OF SOIL QUALITY OF THE COTTON PLANT IN CERRADO OF THE GOIÁS, BRAZIL

Nara Rúbia de MORAIS¹; Vladia CORRECHEL²; Wilson Mozena LEANDRO²; Eliana Paula FERNANDES²; Sinnara Gomes de GODOY³

1. Doutoranda em Agronomia, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, GO, Brasil. lasf.nara@gmail.com; 2. Professor, Doutor, Departamento de Agricultura, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos - UFG, Goiânia, GO, Brasil; 3. Mestranda em Agronomia -UFG, Goiânia, GO, Brasil.

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estabelecer critérios de interpretação de variáveis indicadoras de qualidade do solo na cultura do algodoeiro, para a região central de Goiás, por meio de níveis de suficiência. Em áreas comerciais de algodão foram selecionadas 203 parcelas de 60 m² cultivadas em diferentes sistemas de plantio. Em cada parcela foram coletadas amostras de folha e de solo, para a realização das análises químicas. Foram realizadas as análises univariadas dos dados e, usando somente os dados das parcelas de alta produtividade (valor médio = 3.114,00 kg ha⁻¹), foram feitas análises de regressão, gerando os níveis de suficiência para cada variável indicadora da qualidade do solo. Os resultados mostraram que os indicadores químicos, em especial os micronutrientes, Cu, Mn e Zn não foram sensíveis para formar faixas de suficiência adequadas. No entanto, os níveis de suficiência para as demais variáveis mostraram-se adequados, sendo possível uma aproximação de critérios de interpretação para a cultura do algodoeiro no Cerrado, constituindo-se valiosa ferramenta para o monitoramento e avaliação da qualidade do solo.

PALAVRAS-CHAVE: *Gossypium hirsutum* L. Indicadores de qualidade do solo. Estado nutricional de plantas.

INTRODUÇÃO

A cotonicultura brasileira apresentou, na última década, significativas alterações em seus índices de produtividade e distribuição geográfica com ganhos na ordem de 259 %. Espera-se, para a safra 2008-2009, uma produção de algodão em caroço de 4,1 milhões de toneladas, 4,8 % (188,1 mil toneladas) superior à safra anterior. Desse total, 61 % (2,5 milhões de toneladas) é de caroço e 39,0 % (1,6 milhão de toneladas) é de pluma (CONAB, 2008).

Profundas mudanças tecnológicas, constituídas principalmente pela adoção de cultivares exóticos, com características de maior potencial produtivo, melhor qualidade de fibra, maior exigência nutricional, menor porte e mais adequadas à mecanização da cultura, contribuem para o deslocamento da cotonicultura de áreas tradicionais, como São Paulo, Paraná e região Nordeste, para a região dos Cerrados, de topografia plana no Centro-Oeste brasileiro (FERREIRA FILHO; ALVES, 2007).

Distribuídos pela região Centro-Oeste e parte das regiões Norte, Nordeste e Sudeste, o Cerrado dispõe de cerca de 206 milhões de hectares, sendo dois terços destas áreas aptas à exploração agropecuária. Nem mesmo o alto grau de

intemperismo, associado à natureza do material de origem, que conferem aos solos de Cerrado uma baixa fertilidade, foram empecilhos à introdução da cultura do algodoeiro (GOEDERT et al., 1980).

Nas regiões Centro-Oeste e Nordeste concentram-se 96,3 % (3,9 milhões de toneladas) da produção nacional, com destaque para os Estados do Mato Grosso e Bahia, ambos com incremento de produção em relação ao ciclo anterior. No Estado de Goiás, a safra 2007/2008 ocupou 73,9 mil hectares, com uma produção estimada de 102 mil toneladas de algodão em pluma, o que coloca o Estado na condição de terceiro maior produtor de algodão do Brasil (CONAB, 2008).

Nesse contexto, a região dos Cerrados assume importância estratégica para o desenvolvimento da cultura do algodão no Brasil. Sua contribuição para a produção nacional é crescente e determinante para a posição alcançada no cenário nacional e internacional.

Entretanto, apesar do cenário otimista, o impacto ambiental causado pela intensificação da exploração agrícola nem sempre recebeu atenção necessária. Associada aos avanços tecnológicos, a cotonicultura é considerada uma atividade de alto impacto ambiental por tratar-se de uma monocultura conduzida em sistema de manejo convencional, sem preocupações conservacionistas que possam

minimizar a degradação do solo e, conseqüentemente, melhorar a qualidade do solo.

Uma das formas alternativas para diminuir a degradação acelerada do solo e, conseqüentemente, a capacidade produtiva, seria o uso do sistema plantio direto além de outras formas de manejo como cultivo mínimo, plantio semidireto, sobressemeadura, agricultura orgânica, agroecologia, agricultura biodinâmica que vêm fazendo parte dessa concepção.

A sociedade passou a exigir parâmetros capazes de mostrar e atestar a sustentabilidade dos sistemas de produção, ou seja, uma forma de avaliação da qualidade do solo. Entre os métodos de acompanhamento da produção, destaca-se o método de diagnose baseado no uso de indicadores, que consiste na aplicação de um ou vários indicadores, também denominados atributos, que estejam relacionados às características, propriedades ou processos do solo que melhor reflitam as suas condições (DORAN; PARKIN, 1996).

Apesar de não recente, a discussão sobre o uso de indicadores vem despertando a atenção de produtores e pesquisadores (ARAÚJO et al., 2007) e expõe a dificuldade de chegar a um consenso sobre quais os parâmetros são capazes de atestar o impacto do uso agrícola dos solos. Além disso, a

falta de critérios para a interpretação dos resultados mostra-se preocupante.

O desenvolvimento dos níveis de suficiência para os atributos químicos e foliares contribuirão para subsidiar o monitoramento da qualidade do solo, da produção e a tomada de decisão nas propriedades, visando a melhor produtividade da cultura dentro de uma condição sustentável de produção.

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi identificar os níveis de suficiência para os atributos químicos do solo e de nutrientes na folha da cultura do algodoeiro, como variáveis indicadoras da qualidade do solo agrícola, tomando como base parcelas de alta produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante as safras 2004/2005, 2005/2006 e 2006/2007. Foram selecionadas 203 parcelas de 60 m² distribuídas em áreas comerciais da cultura do algodoeiro, localizadas em Acreúna, Ipameri, Montividiu, Morrinhos, Santa Helena e Silvânia no Estado de Goiás. Nessas áreas, os algodoeiros eram cultivados em sistema de preparo convencional, semeadura direta e plantio direto (Tabela 1).

Tabela 1. Descrição das parcelas analisadas na região central de Goiás

Município	Sigla	Safra	N ¹	Sistema de Preparo
Acreúna	AC	2004/2005	20	Plantio convencional
Acreúna	FR	2004/2005	10	Semeadura direta
Acreúna	IZ	2004/2005	14	Plantio convencional
Ipameri	IPA	2004/2005	20	Plantio convencional
Montividiu	SCV	2004/2005	36	Semeadura direta
Morrinhos	MO	2004/2005	14	Semeadura direta
Santa Helena	SHC	2004/2005	16	Plantio convencional
Silvânia	SIL	2004/2005	10	Plantio direto
Silvânia	SIL	2005/2006	40	Plantio direto
Silvânia	SIL	2006/2007	23	Plantio direto

¹N= número de parcelas por área comercial da cultura do algodoeiro

As localizações de acordo com as coordenadas geográficas em cada município foram: Acreúna, 17°23' S e 50°22' W, com altitude de 542 m; Ipameri, 17°43' S e 48°09' W, com altitude de 764 m; Montividiu, 17°26' S e 51°10' W, com altitude de 821 m; Morrinhos, 17° 43' S e 49°06' W, com altitude de 771 m; Santa Helena, 14°16' S e 47°15' W, com altitude de 600 m e Silvânia, 16°28' S e 48° 22' W, com altitude de 926 m.

Na seleção dessas áreas procurou-se contemplar a maior amplitude de tipos de solo e sistemas de preparo possíveis, visando maior heterogeneidade das variáveis de solo, cobertura e

sistemas de preparo do solo associadas à cultura do algodoeiro em Goiás. Em cada parcela foram realizadas amostragens de solo e de parte da parte aérea das plantas. As amostras foram coletadas de modo aleatório nas áreas e o número de amostras variou entre as áreas (Tabela 1).

Nas áreas preparadas sob sistema convencional foram realizadas uma aração e duas gradagens pesadas ou somente duas gradagens pesadas. Nessas áreas, em geral, o algodoeiro é cultivado como uma monocultura, com o tempo de cultivo do algodão variando de quatro a 22 anos entre as propriedades.

Nas áreas cultivadas em sistema de plantio reduzido o solo foi preparado com o uso de implemento sobre os resíduos da cultura anterior e com o mínimo revolvimento necessário, sendo a área cultivada há oito anos. Nas áreas de plantio semidireto o solo vem sendo preparado com aração e gradagens, porém, no início da estação chuvosa foi semeado o milho como planta de cobertura do solo, permitindo a semeadura direta do algodoeiro na palha. Esse sistema vem sendo adotado há seis anos.

Para a avaliação dos teores foliares foram coletadas 30 amostras de folhas por parcela, durante pleno florescimento, da 5ª folhas a partir da ponta da haste principal, conforme recomendação de Malavolta et al. (1997). Os teores foliares totais de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn e Zn, foram determinados de acordo com os procedimentos descritos por Bataglia et al. (1978).

Em cada parcela foram coletadas amostras simples de solo tomadas nas linhas e entre-linhas da cultura usando um trado holandês, na profundidade de 0 a 20 cm. As coletas foram realizadas durante o período de máximo florescimento da cultura, que corresponde à 88 a 90 dias após a emergência das plantas das cultivares usadas nas áreas. As determinações das análises químicas de solo foram feitas seguindo as metodologias descritas em EMBRAPA (1997). As amostras de solo e folhas foram encaminhadas ao Laboratório de Solos da Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás (LASF-EA/UFG), onde se processaram as determinações.

O solo amostrado foi analisado segundo metodologia descrita por Embrapa (1997), para Capacidade de Troca de Cátions (CTC) potencial, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn) e boro (B). Para extração do P, K, Cu, Fe, Mn e Zn no solo foi empregado o extrator Mehlich I e para de B foi empregado água quente. A extração de Ca, Mg e Al foram feitas com KCl 1 mol L⁻¹.

Os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, B e Zn foram determinados segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1978).

Para se avaliar a produtividade da cultura do algodão, foram colhidos cinco metros de linha de plantio, em três pontos escolhidos aleatoriamente em cada 9 m² de área útil por parcela. A média dos três pontos representou o peso da parcela, o qual possibilitou calcular a produtividade por hectare.

Os dados foram submetidos às análises univariadas encontrando-se as médias, mínimos,

máximos, coeficientes de variação e desvio padrão para todas as 203 parcelas amostradas.

O cálculo dos níveis de suficiência foi feito a partir da divisão das 203 parcelas em grupos de alta e baixa produtividade (BEAUFILS, 1973; MALAVOLTA et al., 1989). Com o subgrupo de alta produtividade (acima de 3.114 kg ha⁻¹), foram estabelecidas as “normas”, ou seja, as relações binárias entre as variáveis de cada grupo indicador dentro da população de alta produtividade (BEAUFILS, 1973). Este valor foi tomado com base no valor médio da produtividade produzida no experimento.

O procedimento utilizado para o cálculo dos índices relativos de sustentabilidade foi o descrito em Alvarez e Leite (1992), sendo esses obtidos calculando-se a média das relações diretas e inversas entre as variáveis. As funções reduzidas foram calculadas pelo procedimento de Beaufils (1971, 1973).

Foram calculados os ajustes de equações polinomiais entre o teor da variável (variável independente) e os índices de sustentabilidade da variável (variável dependente), respectivamente, para todos os grupos de análises. Com essas equações de ajuste obteve-se o nível de suficiência (NS) para cada variável. As faixas consideradas adequadas ou suficientes foram calculadas com base nos NS + desvios padrão da população mais produtiva.

Para as análises estatísticas, utilizou-se o programa estatístico Stastical Analynsis System – SAS (FREUND; LITTLE, 1981).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 são apresentados os valores máximos, mínimos, médias, coeficiente de variação (CV) e desvio padrão (DV) para as variáveis foliares e produtividade da cultura do algodoeiro das 203 parcelas na região do Cerrado Goiano.

A produtividade média obtida foi de 3.114 kg ha⁻¹ de algodão em caroço mostrando o poder produtivo da cultura no Cerrado. A produtividade máxima foi de 5.319 kg ha⁻¹ e a mínima 955 kg ha⁻¹ (Tabela 2). As baixas produtividades foram decorrentes dos ataques de pragas, doenças, infestações de plantas daninhas e manejo inadequado da cultura, em algumas propriedades. Em outras, o bom manejo da cultura pode ter colaborado para a obtenção de altas produtividades. Corrêa e Sharma (2004) encontraram valores de produtividade para a cultura do algodão nessa amplitude de variação em sistema de plantio direto. Segundo Ferreira e Carvalho (2005) produtividade

de 4.500 kg ha⁻¹ de algodão em caroço são comuns, porém, a média para o Estado de Goiás é de 3.285 kg ha⁻¹ corroborando os dados obtidos neste trabalho.

Na Tabela 2 observa-se que, segundo as classes de interpretação da variável foliar proposta por Malavolta (2006), os valores médios dos nutrientes N (47,34 g kg⁻¹), K (18,94 g kg⁻¹), Mg

(4,93 g kg⁻¹), enquadram-se na classe média; Ca (28,34 g kg⁻¹), S (3,95 g kg⁻¹), Zn (29,07 mg kg⁻¹), enquadram-se na classe baixa; os valores de P (4,13 g kg⁻¹), B (59,18 mg kg⁻¹), Cu (20,55 mg kg⁻¹), Fe (324,37 mg kg⁻¹), Mn (143,99 mg kg⁻¹) enquadram-se na classe alta.

Tabela 2. Valores máximos, mínimos, médias, coeficiente de variação e desvio padrão, das variáveis de folha (teores de macro e micronutrientes) e de produtividade, obtidos para a cultura do algodoeiro em 203 parcelas no Cerrado Goiano

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	DP ²	CV ¹
Produtividade (kg ha ⁻¹)	955,56	5319,0	3114,0	934,48	30,01
N (g kg ⁻¹)	32,09	61,32	47,34	5,93	12,53
P (g kg ⁻¹)	1,76	9,55	4,13	1,55	37,53
K (g kg ⁻¹)	10,00	37,50	18,94	5,22	27,56
Ca (g kg ⁻¹)	9,90	54,00	28,34	11,35	40,05
Mg (g kg ⁻¹)	2,00	11,10	4,93	1,74	35,29
S (g kg ⁻¹)	1,50	7,90	3,95	1,46	36,96
B (mg kg ⁻¹)	27,50	128,50	59,18	18,20	30,75
Cu (mg kg ⁻¹)	3,00	105,00	20,55	20,06	97,62
Fe (mg kg ⁻¹)	54,00	6850,00	324,37	536,42	165,37
Mn (mg kg ⁻¹)	24,00	423,00	143,99	75,72	52,59
Zn (mg kg ⁻¹)	9,30	63,00	29,07	9,40	32,34

¹CV = coeficiente de variação, %; ².DP = desvio padrão da média.

Na cultura do algodoeiro, os casos mais comuns de deficiência de macronutrientes são dos elementos de N, P, K, Mg e S e de excessos são N e K (MALAVOLTA, 2006). Assim, a interpretação dos nutrientes N e K nas folhas de algodão, considerando os valores médios destes nutrientes, não apresentaram deficiências e nem excessos, revelando que os valores de máximos e de mínimos não distorceram as informações dos valores médios, possivelmente devido às amostragens terem sido realizadas no período de máximo florescimento do algodoeiro (cerca de 90 dias da germinação). Segundo Ferreira e Carvalho (2005), a coleta de folhas no início do florescimento não reflete o estado nutricional do algodoeiro e não tem utilidade para fins de diagnósticos de deficiências e excessos, com base nas faixas de suficiência ou teor crítico na folha.

Os maiores coeficientes de variação dos nutrientes obtidos nas análises foliares foram para os teores de Mn (52,59 %), Cu (97,62 %) e Fe (165,37 %). Alguns micronutrientes apresentaram valores acima dos estabelecidos como adequados pela literatura. Malavolta (2006) recomenda valores de Mn nas folhas entre 60,0 e 70,0 mg kg⁻¹, enquanto o valor encontrado foi de 143,99 mg kg⁻¹.

O mesmo se observou para os teores de Fe, sendo que os teores recomendados para esse elemento são de 100 a 150 mg kg⁻¹. O valor médio de Fe encontrado foi de 324,37 mg kg⁻¹ variando de 54 mg kg⁻¹ a 6850 mg kg⁻¹. Para Neves et al. (2005), há carência de estudos envolvendo os elementos Fe e Mn na folha do algodão.

Na Tabela 3 são apresentados os níveis de suficiência, as equações de regressão; os valores de r² e do teste F para os teores foliares dos macro e micronutrientes avaliados. Através dos níveis de suficiência foram geradas as faixas adequadas de suficiência. N, K e Ca não foram significativos ao teste F. Contudo, ao estabelecer as faixas de suficiência para estes elementos, somando o nível de suficiência ao desvio padrão, estes se encontram condizentes com as concentrações adequadas indicadas por Malavolta (2006) e Oliveira (2004).

Vários autores relatam a importância do K na produção do algodoeiro (FREITAS et al., 2007; SABINO et al., 1994; SILVA, 1999). Estando o K dentro da classe considerada adequada na folha, ocorre um aumento do peso dos capulhos, um aumento de peso das sementes, um aumento na porcentagem de fibras, uma melhoria no índice de

micronaire (finura e maturidade), na maturidade da fibra e na resistência à tração.

Tabela 3. Equações de regressão entre a concentração da variável (Y) e o índice de sustentabilidade da variável (X) relativa à análise dos teores foliares de 203 parcelas da região do Cerrado do subgrupo mais produtivo de algodão. NS = nível de significância. DP = desvio padrão da média

Variável	Equação						NS	DP	r ² / teste F ¹		
N (g kg ⁻¹)	Y =	50,6705	+	0,2900	x	-	0,0026	x ²	50,67	4,81	0,306274ns
P (g kg ⁻¹)	Y =	4,1464	+	0,1120	x	+	0,0014	x ²	4,14	1,77	0,858396**
K (g kg ⁻¹)	Y =	17,1733	+	0,2742	x	+	0,0009	x ²	17,17	4,35	0,649232ns
Ca (g kg ⁻¹)	Y =	22,3474	+	0,7369	x	+	0,0160	x ²	22,39	10,95	0,878085ns
Mg (g kg ⁻¹)	Y =	4,6163	+	0,1137	x	+	0,0005	x ²	4,61	1,28	0,843693**
S (g kg ⁻¹)	Y =	3,8713	+	0,1187	x	+	0,0009	x ²	3,87	1,66	0,808580**
B (mg kg ⁻¹)	Y =	65,1782	+	1,3194	x	+	0,0149	x ²	65,17	16,03	0,740768**
Cu (mg kg ⁻¹)	Y =	14,5978	+	0,6650	x	+	0,0025	x ²	14,59	15,82	0,968586**
Fe (mg kg ⁻¹)	Y =	381,6816	+	13,3290	x	+	0,0516	x ²	381,68	682,21	0,948041**
Mn (mg kg ⁻¹)	Y =	117,7868	+	4,4441	x	+	0,0496	x ²	117,78	79,00	0,908033**
Zn (mg kg ⁻¹)	Y =	27,3768	+	0,7934	x	+	0,0089	x ²	27,37	10,32	0,837129**

¹Teste F. Nível de significância do teste F: * = significativo a 5%; *** = significativo a 1% e ns = não-significativo. Y = variável; X = índice de sustentabilidade.

Para o elemento S, os níveis adequados ficaram parcialmente menores, referendados por Silva et al. (1995), Malavolta (2006) e Oliveira (2004). Silva (1999), relata que o S é extraído em quantidades semelhantes ao P, e que na sua deficiência, as plantas do algodoeiro são pouco ramificadas e improdutivas.

Para os teores de N, P, Mg, Cu, Fe, Mn e B as faixas de suficiência ficaram maiores e ou parcialmente maiores, daquelas recomendadas por Silva et al. (1995), Malavolta (2006), Bataglia (1991) e Oliveira (2004).

Elementos como Cu, Mn e Fe são comumente problemáticos em função de contaminação externa, sendo que desses, o Cu e o Mn são geralmente empregados em defensivos agrícolas (BATAGLIA et al., 2004) e o Fe está relacionado aos tipos de solos ricos em óxidos de ferro (Latossolo vermelho, Latossolo vermelho amarelo), nos quais se cultiva o algodoeiro em Goiás,.

Distorções advindas de fatores não controlados como os das pulverizações, por exemplo, são comuns. Os efeitos da interdependência podem ser agravados quando ocorrem contaminações das amostras por resíduos de nutrientes aplicados via foliar (BATAGLIA et al., 2004). Além dessas contaminações, alguns nutrientes cuja ocorrência nas plantas é muito variável, acabam acarretando prejuízos para outros de composição mais estável.

Nutrientes como Fe e Mn mostram grande variabilidade de concentrações, principalmente

devido às condições edafoclimáticas, e são alguns exemplos preocupantes. Algumas estratégias de cálculos têm sido testadas para minimizar essa variabilidade, mas ainda não há um consenso sobre o assunto (BATAGLIA et al., 2004).

Na Tabela 4 são apresentados os critérios de interpretação para cada nutriente, classificados em baixo, adequado e alto, considerando as faixas de suficiências sugeridas por Morais (2008), Malavolta (2006), Silva et al. (1995), Bataglia (1991) e Oliveira (2004), tomando por base os valores médios das 203 parcelas, obtidas para a cultura do algodoeiro.

Dentre os macronutrientes, o N e S foram os que apresentaram valores abaixo do adequado, de acordo com alguns dos autores listados na tabela 4. Esses elementos têm relação direta com os teores de matéria orgânica (MO) presentes no solo, desta forma ao observar que a maioria das parcelas encontravam-se em sistema de plantio convencional, as quais geralmente apresentam menores teores de MO em relação às áreas sob plantio direto, pode-se explicar a baixa concentração desses elementos nas folhas do algodoeiro. Silva et al. (2004) relatam que a adubação orgânica incrementou o rendimento do algodão. Lacerda e Silva (2006), detectaram aumentos de nutrientes no solo ocasionados pelo acúmulo da matéria orgânica.

Com relação à interpretação, os principais nutrientes requeridos pela cultura do algodoeiro (P, K, Ca e B) encontram-se adequados de acordo com Morais (2008), discordando de Malavolta (2006) e Oliveira (2004) em relação ao teor de P, os quais

segundo estes autores apresentaram-se altos. Entretanto, corroboram os teores de K, Ca, Cu, Mn e Zn relatados por Oliveira (2004) e os teores de N

com os valores obtidos por todos os autores citados na Tabela 4.

Tabela 4. Critérios de interpretação conforme a faixa de suficiência sugerida para cada autor, tomando como base os valores médios de cada nutriente da população de 203 parcelas, obtidas para a cultura do algodoeiro

Autores	Critérios de interpretação		
	Baixo	Adequado	Alto
Morais (2008)	N, Mg, S, Fe	P, K, Ca, B, Cu, Mn, Zn	-
Malavolta (2006)	N, K, Ca, S,	Mg, Zn	P, B, Cu, Fe, Mn
Silva et al (1995)	S, Cu, Zn	Fe	B, Mn
Bataglia (1991)	-	B, Fe, Mn, Zn	Cu
Oliveira (2004)	N, S	K, Ca, Mg, Cu, Mn, Zn	P, B, Fe

A adubação nitrogenada para a cultura do algodoeiro, conforme a Comissão de Fertilidade do Solo para o Estado de Goiás (1988) é de 20 kg ha⁻¹ no plantio e 40 kg ha⁻¹ em cobertura por ano. Atualmente, a literatura recomenda doses anuais entre 120 kg ha⁻¹ e 175 kg ha⁻¹ parcelados no plantio e na cobertura, para sistema plantio direto, sendo que para o plantio convencional o recomendado no mínimo é de 80 kg ha⁻¹ a 100 kg ha⁻¹ (FERREIRA; CARVALHO, 2005). Observa-se que houve incremento nas doses recomendadas para fins de adubação de N e demais elementos como P, B e Fe com o passar dos anos, sendo esse aumento associado à melhoria das cultivares e suas exigências.

A exceção foi para o elemento S, em que a faixa de interpretação ficou abaixo das recomendadas pelos autores, corroborando apenas os resultados de Oliveira (2004). Este fato pode ser decorrente do baixo teor deste macronutriente nos solos do cerrado e também pelo uso de adubações que não contêm este nutriente. Para os demais elementos, as faixas dos teores foliares são consistentes com as informações da literatura.

Na Tabela 5 são apresentados os valores máximos, mínimos, médias, coeficiente de variação (CV) e desvio padrão (DV) para as variáveis químicas do solo, para a cultura do algodoeiro, nas 203 parcelas no Cerrado Goiano.

Tabela 5. Valores máximos, mínimos, médias, coeficiente de variação e desvio padrão das variáveis de solo, obtidos para a cultura do algodoeiro em 203 parcelas no Cerrado Goiano

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	DP ²	CV ¹
pH (CaCl ₂)	4,20	7,10	5,30	0,50	8,50
Al (cmol _c dm ⁻³)	0,00	3,50	1,50	0,50	32,40
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	1,00	9,40	3,90	1,30	32,60
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,80	7,10	3,60	1,65	45,83
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,10	1,90	0,88	0,38	43,18
CTC (cmol _c dm ⁻³)	3,40	13,10	8,64	2,44	28,24
K (mg kg ⁻¹)	27,00	310,00	104,49	42,63	40,80
P (mg kg ⁻¹)	0,50	63,50	8,07	8,61	106,69
MO (mg kg ⁻¹)	11,00	64,00	34,16	12,93	37,85
S (mg kg ⁻¹)	16,25	75,00	24,05	12,91	53,68
B (mg kg ⁻¹)	0,36	0,88	0,52	0,18	34,62
Cu (mg kg ⁻¹)	0,10	9,80	2,04	1,83	89,71
Fe (mg kg ⁻¹)	0,30	40,20	16,24	7,98	49,14
Mn (mg kg ⁻¹)	4,50	80,60	28,82	15,00	52,05
Zn (mg kg ⁻¹)	0,20	10,90	2,03	1,44	70,94

¹CV = coeficiente de variação, %; ²DP = desvio padrão da média.

Segundo as classes de interpretação das variáveis químicas dos solos para culturas anuais proposta por Souza e Lobato (2004), os valores

médios de MO (34,16 g kg⁻¹), CTC (8,64 cmol_c dm⁻³) e P (8,07 mg kg⁻¹), enquadram-se na classe adequada, média e adequada, respectivamente, de

acordo com a classe textural classificada como argilosa (360 g kg^{-1} a 600 g kg^{-1} de argila). Os valores mínimos de MO e da CTC presentes nos solos são característicos de solos do Cerrado (SCOPEL et al., 2005).

Verifica-se na Tabela 5 que o valor médio da variável pH CaCl_2 (5,3) apresenta-se conforme Souza e Lobato (2004), como suficiente para os solos de Cerrado à profundidade de 0 a 20 cm, com variação de 4,9 a 5,5. Contudo, Embrapa (2001) relata que em solos com pH inferior a 5,5, o algodoeiro sofre uma série de problemas nutricionais que limitam sua produtividade. Abaixo de pH 5,2 aparecem deficiências de P, N, S, Ca, Mg e K e diminui a disponibilidade de micronutrientes como o Cu, o Zn e o B, além de toxidez por Al, Mn e Fe. As plantas vão apresentar desenvolvimento reduzido tanto das raízes quanto da parte aérea.

Silva (1999) e Ferreira et al. (2005) relatam que as maiores produtividades da cultura do algodoeiro foram obtidas quando os teores de K do solo situaram-se entre 78 mg dm^{-3} a 117 mg dm^{-3} e a relação $(\text{Ca}+\text{Mg})/\text{K}$, entre 20 e 25. Para Vilela et al. (2004) as faixas adequadas para o K aumentaram para os solos do cerrado, considerando teores de 51 mg dm^{-3} a 80 mg dm^{-3} , quando a CTC a pH 7,0 for superior a $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Os solos das áreas em estudos apresentaram teores médios de $104,49 \text{ mg kg}^{-1}$ de K, considerados altos, o que reduziu o teores de Ca e Mg nas folhas.

Segundo Ferreira e Carvalho (2005), altos teores de K no solo reduzem os teores de Ca e Mg na folhas, sendo que para valores acima de 137 mg kg^{-1} deste elemento no solo ocorre queda na produtividade do algodoeiro. Segundo os autores, a produção tende a cair quando a relação $(\text{Ca} + \text{Mg})/\text{K}$ for superior a 33, indicando que mesmo em solos com teores absolutos de K considerados adequados, pode haver resposta do algodoeiro à adubação potássica, se acontecer um desbalanço em relação ao Ca e Mg.

Comparando os valores médios de Ca ($3,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), Mg ($0,88 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e S ($24,05 \text{ mg kg}^{-1}$), os nutrientes Ca e Mg estão na classe adequada (ou de suficiência) e o S está acima dessa faixa, considerada alta. Entretanto, analisando-se os valores máximos e mínimos de Ca e Mg, verifica-se uma grande amplitude, o que, na prática, significa que embora na média tenham sido classificados como “adequados”, existem solos de parcelas (áreas) que estão com valores muito abaixo destes elementos e que necessitam de uma correção adequada e outros solos que apresentam valores bastante acima da média. Segundo Ferreira e Carvalho (2005), a cultura do algodoeiro é muito

sensível à acidez e à presença de alumínio trocável, além de exigente em Ca, elemento essencial para o desenvolvimento das raízes.

Os teores médios de Zn ($2,03 \text{ mg dm}^{-3}$), Mn ($28,82 \text{ mg dm}^{-3}$), Cu ($2,04 \text{ mg dm}^{-3}$) e B ($0,52 \text{ mg dm}^{-3}$) enquadram-se na classe alta segundo a classificação de Souza e Lobato (2004), considerando pH em água de 6,0. Segundo Lucas e Knezek (1972) a cultura do algodoeiro responde a elevados teores de Zn e B, médios de Mn e Cu.

O teor médio de Fe ($16,24 \text{ mg dm}^{-3}$) foi classificado, conforme Leandro (1998), como baixo. O referido autor, estudando os sistemas integrados de diagnose e recomendação (DRIS) para a cultura da soja no cerrado, encontrou uma faixa adequada para Fe no solo variando de 40 mg dm^{-3} a 60 mg dm^{-3} .

De acordo com a Tabela 5, o maior coeficiente de variação obtido foi para o P (106,69%). Esse efeito se deve à grande variação dos teores de nutrientes na área amostrada. Machado et al. (2007) atribui esse fato ao modo de aplicação e à baixa mobilidade de P no solo. Contudo, seus valores médios estão no nível adequado, segundo Souza e Lobato (2004). Para Ferreira e Carvalho (2005), o nutriente P deve ser manejado no solo, considerando o nível adequado, para possíveis adubações e aproveitamento do efeito residual das adubações anteriores.

Na Tabela 6 são apresentados os níveis de suficiência, a equação de regressão; os valores de r^2 e do teste F para os resultados analíticos dos atributos químicos do solo. Por intermédio dos níveis de suficiência foram geradas as faixas adequadas de suficiência (Tabela 7) e comparados ao nível de suficiência recomendados por Vilela et al. (2002), Souza e Lobato (2004), Galvão (2002), Goedert et al (1980) e Leandro (1998).

Observa-se que a faixa de suficiência proposta por Moraes (2008) para Ca, Mg, P, CTC, K, MO, B, Cu, Mn e Zn são maiores que as recomendadas por Vilela et al. (2002), Galvão (2002), Souza e Lobato (2004), Goedert et al. (1980) e Leandro (1998). A exceção foi com relação aos teores de Fe no solo que se encontram em uma faixa abaixo do intervalo recomendado por Leandro (1998). Contudo, a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999) apresenta valores críticos de Fe disponível no solo entre 19 e 30 mg dm^{-3} , extraído pelo método Mehlich I. Portanto, considerando-se esta faixa (19 a 30 mg dm^{-3} de Fe), os valores encontrados para o elemento Fe de 15 a 24 mg m^{-3} , esta parcialmente dentro do intervalo recomendado.

Tabela 6. Equações de regressão entre a concentração da variável (Y) e o índice de sustentabilidade da variável (X) relativa à análise química de solos de 203 parcelas da região do Cerrado do subgrupo mais produtivo de algodão. NS = nível de significância. DP = desvio padrão da média.

Variável	Equação						NS	DP	r ² / teste F ¹
Ca (cmol _c dm ⁻³)	Y = 3,916539	+	0,092262	X	+	0,000217	x ² 3,91	1,69	0,523952ns
Mg (cmol _c dm ⁻³)	Y = 0,898039	+	0,007633	X	+	0,000013	x ² 0,89	0,36	0,337788**
CTC (cmol _c dm ⁻³)	Y = 8,846038	+	0,092820	X	-	0,001267	x ² 8,84	2,65	0,067103**
K (mg kg ⁻¹)	Y = 114,673470	+	1,704400	X	-	0,009479	x ² 114,67	32,78	0,334500ns
P (mg kg ⁻¹)	Y = 7,815110	+	0,102160	X	+	0,000600	x ² 7,81	8,27	0,521005 *
MO (mg kg ⁻¹)	Y = 37,517930	+	0,486280	X	+	0,002110	x ² 37,51	14,34	0,333767**
S (mg kg ⁻¹)	Y = 24,445113	+	0,558413	X	-	0,003003	x ² 24,44	14,59	0,524880**
B (mg kg ⁻¹)	Y = 0,471200	+	0,004909	X	-	0,000002	x ² 0,47	0,16	0,352794**
Cu (mg kg ⁻¹)	Y = 1,613730	+	0,031768	X	+	0,000137	x ² 1,61	1,50	0,712249**
Fe (mg kg ⁻¹)	Y = 15,333540	+	0,339002	X	+	0,000591	x ² 15,33	8,63	0,753807**
Mn (mg kg ⁻¹)	Y = 29,421790	+	0,835813	X	+	0,002107	x ² 29,42	16,78	0,657536ns
Zn (mg kg ⁻¹)	Y = 1,700837	+	0,056571	X	+	0,000062	x ² 1,70	1,47	0,685888ns

¹Teste F. Nível de significância do teste F: * = significativo a 5 %; *** = significativo a 1 % e ns = não-significativo. Y = variável; X = índice de sustentabilidade.

Para o elemento Mn, a faixa de suficiência obtida para este elemento (30 a 45 mg dm⁻³) encontra-se acima das propostas pelos demais autores (Tabela 7). São restritos os trabalhos de calibrações com o Mn extraído pelo Mehlich I. Cox e Kramprath (1973) sugerem o nível crítico de 5 mg dm⁻³ para pH igual a 6,0. Como a maioria dos solos

de cerrado tem valores de pH menores que 6,0, os níveis críticos devem ser menores que 5 mg dm⁻³ (GALRÃO, 1985). Souza e Lobato (2004) citam valores entre 2 mg dm⁻³ e 5 mg dm⁻³, como nível crítico deste elemento.

Tabela 7. Faixas de suficiência para os atributos químicos do solo para a cultura do algodoeiro propostas por diferentes autores

Variável	Faixa de suficiência de acordo com diferentes autores ¹						
	A ⁵	B ^{4,6}	C	D	E	F ^{2,3}	G
Ca (cmol _c dm ⁻³)	4 - 6	-	1,5 - 7	-	-	2 - 5	-
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,9 - 1,6	-	0,5 - 2	-	-	0,4 - 1,2	-
CTC (cmol _c dm ⁻³)	9 - 12	-	6,1 - 9	-	-	-	-
K (mg dm ⁻³)	115 - 145	51 - 80	-	-	-	25 - 50	-
P (mg dm ⁻³)	8 - 16	8,1 - 12	8,1 - 12	-	5 - 10	6,1 - 8	-
MO (g kg ⁻¹)	38 - 51	-	21,0 - 30	-	-	-	40 - 60
S (mg dm ⁻³)	25 - 40	-	-	-	-	-	-
B (mg dm ⁻³)	0,5 - 0,7	-	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	-	0,5 - 1	-
Cu (mg dm ⁻³)	1,6 - 3,1	-	0,5 - 0,8	0,5 - 0,8	-	0,7	-
Fe (mg dm ⁻³)	15 - 24	-	-	-	-	-	40 - 80
Mn (mg dm ⁻³)	30 - 45	-	2 - 5	2 - 5	-	5	-
Zn (mg dm ⁻³)	1,7 - 3,1	-	1,1 - 1,6	1,1 - 1,6	-	1	-

¹A =Morais (2008) B = Vilela et al. (2002), C = Souza e Lobato (2004); D = Galvão (2002); E = Goedert et al (1980); F = CFSG (1988) e G = Leandro (1998); ²K, P, Cu, Fe, Mn e Zn extrator Mehlich-I; B extrator - água quente; ³Fonte: Comissão de Fertilidade do Solo de Goiás; ⁴Teores de argila maiores de 40 dag kg⁻¹; ⁵Teor de MO, P e K, estão de acordo com a textura, teores de argila médios na faixa de 351 a 600 g kg⁻¹; ⁶Teor de K de acordo com a CTC a pH 7,0 > 4 cmol_c dm⁻³.

Segundo Souza e Lobato (2004), a relação entre a interpretação da análise de solo para o P extraível com a produtividade de algumas culturas anuais (soja, milho, feijão e algodão) podem ser utilizadas para auxiliar a avaliação dos resultados de análises de solo. Para a cultura do algodão, quando o P extraível encontra-se em níveis adequados, a produtividade correspondente é de 3 t ha⁻¹ a 5 t ha⁻¹.

Para os elementos Cu, Mn, Zn e B, os valores obtidos para estes micronutrientes estão acima dos recomendados por Souza e Lobato (2004), Galvão (1985) e CFSG (1988). A faixa de suficiência proposta por Morais (2008) para K é de 115 a 145 mg dm⁻³ no solo, considerado superior ao recomendado por Vilela et al. (2002) e CFSG (1988), sendo superior ao nível crítico de 98 mg dm⁻³ recomendado por Ferreira e Carvalho (2005). Esse fato pode estar relacionado com os incrementos nas adubações potássicas presentes nas atuais lavouras de algodão. Carvalho et al. (2005) observaram que as doses de adubações potássicas aplicadas nas lavouras de algodão no Cerrado Goiano estão acima

daquelas recomendadas por órgãos oficiais, ocasionando um consumo de “luxo” de potássio e, até mesmo, perdas por lixiviação.

A MO e CTC são classificadas como baixa utilizando os critérios propostos por Morais (2008). Frazão et al. (2008), apresentam coeficientes de correlação entre o carbono e a CTC altamente significativos mostrando a importância da matéria orgânica nas cargas variáveis do solo. Com o aumento da CTC do solo, a cultura é beneficiada pelo aporte de nutrientes catiônicos, pela redução da lixiviação do potássio e melhoria da disponibilidade de nutrientes, especialmente N, S, P e Mo (FERREIRA; CARVALHO, 2005).

Observa-se na Tabela 8 que o critério de interpretação para o P está acima do adequado de acordo com a CFSG (1988) e abaixo do adequado, conforme Vilela et al. (2002) e Souza e Lobato (2004), estando adequado segundo o critério de interpretação proposto por Morais (2008) e Goedert et al (1980).

Tabela 8. Critérios de interpretação conforme a faixa de suficiência sugerida por diferentes autores tomando como base os valores médios de cada atributo químico do solo de 203 parcelas de algodão

Autores	Critérios de interpretação		
	Baixo	Adequado	Alto
Morais (2008)	Ca, Mg, CTC, K, MO, S, Mn	P, B, Cu, Fe, Zn	-
Souza e Lobato (2004)	P	Ca, Mg, CTC	MO, B, Cu, Mn, Zn
Galvão (2002)	-	-	B, Cu, Mn, Zn
Vilela et al. (2002)	P	-	K
Leandro (1998)	MO, Fe	-	-
Goedert et al (1980)	-	P	-
CFSG (1988)	-	Ca, Mg, B	P, K, Cu, Mn, Zn

Esse fato permite concluir que para o P também houve um incremento deste elemento, dada à adubação fosfatada nas áreas de Cerrado ao longo dos anos, porém não foi muito expressivo, pois as faixas de suficiência para este nutriente ficaram muito próximas para todos os autores.

CONCLUSÕES

O critério de interpretação obtido através das faixas de suficiência para as variáveis foliares indicadoras da qualidade do solo, mostrou similaridade ao recomendado para a cultura do algodoeiro;

A variabilidade dos atributos químicos do solo foi superior aos obtidos na análise de nutrientes nas folhas da cultura do algodoeiro;

Os indicadores químicos do solo, em especial os micronutrientes Cu, Mn e Zn, não foram sensíveis para formar as faixas de suficiência adequadas; para os nutrientes N, P, K, Ca, Mg, S, B e Fe, as faixas de suficiência mostraram-se ligeiramente superiores às recomendadas para a cultura do algodoeiro;

Os critérios de interpretação constituem um instrumento para o monitoramento e avaliação da qualidade do solo do Cerrado goiano.

ABSTRACT: The objective of this paper was to establish criteria of interpretation of indicating variable of quality of the soil in the culture of the cotton plant, for the central region of Goiás, by means of levels of sufficiency. In commercial areas of cotton 203 cultivated had been selected parcels of 60 m² in different systems of tillage. In each plot soil and leaf samples had been collected, for the accomplishment of the chemical analyses. The univariate analyses of the

data had been carried through and, only using the data of the plots of high productivity (average value = 3,114, 00 kg ha⁻¹), had been made regression analyses, generating the levels of sufficiency for each indicating variable of the quality of the soil. The results had shown that the chemical indicator, in special the micronutrients, Cu, Mn and Zn had not been sensible to form adequate bands of sufficiency. However, the levels of sufficiency for the excessively changeable ones had revealed adequate, being possible an approach of criteria of interpretation for the culture of the cotton plant in the Cerrado, consisting valuable tool for the monitoring and evaluation of the soil quality.

KEYWORDS: *Gossypium hirsutum* L. Mineral nutrition of plants. Soil properties.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, V. H.; LEITE, R. A. Fundamentos estatísticos das formulas usadas para cálculos dos índices dos nutrientes no Sistema Integrado de diagnose e recomendação – DRIS. In: **REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS**, 20., 1992, Piracicaba, Anais... Piracicaba: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 1992.
- ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob Cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1099-1108, 2007.
- BATAGLIA, O. C. Análise química de plantas. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.) Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p. 289-308.
- BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; SANTOS, W. R. dos.; ABREU, M. F. de. Diagnose nutricional do cafeeiro pelo DRIS variando-se a constante de sensibilidade dos nutrientes de acordo com a intensidade e frequência de resposta na produção. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 253-263, 2004.
- BATAGLIA, O. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C.; GALLO, J. R. **Análise química de plantas**. Campinas. Instituto Agrônomo, 1978. 31 p. (Boletim Técnico, 87)
- BEAUFILS, E. R. Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS). Pietermaritzburg: University of Natal, 1973. 132 p. **Soil Science** (Bulletin, 1)
- BEAUFILS, E. R. Physiological diagnosis: a guide for improving maize production based on principles developed for rubber trees. **Fertilizer Society of South African Journal**, Pietermaritzburg, v. 1, n.1, p. 1-30, 1971.
- CARVALHO, M. C. S.; BARBOSA, K. A. B.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P. **Resposta de cultivares de algodoeiro à adubação potássica no cerrado de Goiás**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2001. Campina Grande. Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 1 CD-ROM.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DE GOIÁS (CFSG). **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás**. Goiânia: Universidade federal de Goiás – EMGOPA, 1988. 101 p. (Informativo Técnico, 1).
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p. (5ª aproximação).
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Avaliação da Safra Agrícola 2007/2008**. Brasília (DF). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 08 jan. 2008.
- CORRÊA, J. C.; SHARMA, R. D. Produtividade do Algodoeiro herbáceo em plantio direto no cerrado com rotação de cultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p. 41-46,

- COX, F. R.; KAMPRATH, E. J. Micronutrient soils test. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Ed.). **Micronutrients in Agriculture**. Madison: Soil Science Society American, 1973. p. 289-317.
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Quantitative indications of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: SSSA, 1996. p. 25-37. (Special Publication, 49)
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Algodão: Tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Algodão, 2001. 296 p.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual e métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro (RJ): Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. 212 p.
- FERREIRA FILHO, J. B. S.; ALVES, L. R. A. **Aspectos Econômicos do algodão no cerrado**. In: FREIRE, E. C. (Ed.). **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão (ABRAPA), 2007. v. 1, cap. 2, p. 53-90.
- FERREIRA, A. C. B.; CARVALHO, M. C. S.; BARBOSA, K. A.; LEANDRO, W. M. **Calibração dos teores de potássio no solo e na folha do algodoeiro no cerrado de Goiás**. In CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 5., 2005. Embrapa Algodão. Anais... Campina Grande (PB), 2005. 1. CD-ROM.
- FERREIRA, G. B.; CARVALHO, M. C. S. **Adubação do algodoeiro no Cerrado: com resultados de pesquisa em Goiás e Bahia**. Campina Grande (PB): Embrapa Algodão, 2005. 67 p. (Documentos, 138).
- FRAZÃO, L. A.; PÍCCOLO, M. C.; FEIG, B. J.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P. Propriedades químicas de um Neossolo Quartzarênico sob diferentes sistemas de manejo no Cerrado mato-grossense. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 43, n. 5, May, 2008.
- FREUND, R. J.; LITTELL, R. C. **SAS for linear models: a guide to the ANOVA and GLM procedures**. Cary: SAS Institute, 1981. 231 p.
- GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p. 185-226.
- GALRÃO, E. Z. Micronutrientes. In: GOEDERT, W. J. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. Planaltina: EMBRAPA – CNPAF, 1985. p. 237-259.
- GOEDERT, W. J.; LOBATO, E.; WAGNER, E. Potencial agrícola da região dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 15, n. 1, p. 1-17, jan. 1980.
- LACERDA, N. B.; SILVA, J. R. Efeitos da erosão e de técnicas de manejo sobre a produção do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 820-827, dez. 2006.
- LEANDRO, W. M. **Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS) para a cultura da soja (Glycine max L. Merrill) na região de Rio Verde-GO**. 1998. 157 f. Tese (Doutorado em Agronomia, Produção Vegetal)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 1998.
- LUCAS, R. E.; KNEZEK, B. D. Climatic and soil conditions promoting micronutrient deficiencies in plants. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P. M.; LINDSAY, W. L. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. cap. 12, p. 265-288.

- MACHADO, L. O.; LANA, A. M. Q.; LANA, R. M. Q.; FERREIRA, C. V.; Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio Convencional. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, n. 3, p. 591-599, mai/jun, 2007.
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: ed. **Agronômica Ceres**, 2006. 638 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1989. 201 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. de ; MARTINS, F. A. D.; PÁDUA, T. R. P. de ; PINHO, P. J. de. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília**, v. 40, n. 5, p. 517-521, 2005.
- MORAIS, N. R. Critério de interpretação da qualidade do solo para a cotonicultura no cerrado goiano. 2008. 82f. Dissertação (Mestrado em agronomia: Solo e Água)-Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2008.
- OLIVEIRA, S. A. Análise Foliar. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília, DF: **Embrapa Informações Tecnológicas**, 2004. cap. 10, p. 245-256.
- SABINO, J. C.; SILVA, N. M.; CARVALHO, L. H.; PETTINELLI-JÚNIOR, A.; SABINO, N. P.; KONDO, J. I. Aplicação de uréia em cobertura e via foliar na cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 447-482, 1994.
- SCOPEL, E.; FINDELING, A.; CHAVEZ, G. Impact of direct sowing mulch-based cropping systems on soil carbon, soil erosion and maize yield in western Mexico. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 25, p. 425-432, 2005.
- SILVA, N. M. da. **Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil**. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. dos. (Eds.). Cultura do algodoeiro. Piracicaba: Potafos, 1999. p. 57-92.
- SILVA, M. N. B da.; Beltrão, N. E. M.; Cardoso, G. D. Adubação do algodão colorido BRS 200 em sistema orgânico no Seridó Paraibano - **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 222-228, 2005.
- SILVA, A. V.; CHIAVEGATO, E. J.; CARVALHO, J. H.; KUBIAK, D. M. Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro em diferentes configurações de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 407-411, 2006.
- SILVA, D. N.; MEURER, E.; KAMPF, N.; BORKET, C. M. Mineralogia e formas de potássio em dois latossolos do Estado do Paraná e suas relações com a disponibilidade para as plantas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 433-439, 1995.
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.) **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.
- VILELA, L.; SOARES, W. V.; SOUSA, D. M. G. de; MACEDO, M. C. M. **Calagem e adubação para pastagens**. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados. 2002. p. 367-382.
- VILELA, L.; SOUZA, D. M. G.; SILVA, J. E. **Adubação potássica**. In: SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: Correção do solo e adubação. 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 169-183