



Resposta de arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em solo de cerrado



Nand K. Fageria¹

¹ Embrapa Arroz e Feijão, CP 179, Sto. Antônio de Goiás, CEP 75375-000, Goiás, GO. Fone: (62) 533-2178, Fax: (62) 533-2100.
E-mail: fageria@cnpaf.embrapa.br

Protocolo 022 - 21/2/2001

Resumo: Foi conduzido um experimento de campo, quatro anos consecutivos (1995/96 a 1998/99) para avaliar a resposta das culturas de arroz de terras altas, feijão, milho e soja à saturação por base em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico (LEd) (Oxissolo) cultivados em sistema de sucessão. Os valores de saturação por base criados pela aplicação de calcário, foram: 40, 44, 51, 53, 56 e 66%. Ocorreu aumento significativo na produção de grãos de feijão, milho e soja com a saturação por base; entretanto, a produção de arroz não foi influenciada significativamente pelos tratamentos. Mas, com base de equação de regressão, as saturações por base adequadas para a produção dos três, foram estabelecidas em 53, 60 e 63% respectivamente, e, para a cultura de arroz, o nível adequado de saturação por base encontrado foi de 40%. A acumulação de nutrientes na parte aérea e nos grãos foi influenciada significativamente pelos tratamentos e pela idade da planta nas quatro culturas estudadas. Os níveis adequados das propriedades químicas do solo, como pH, teor de Ca, teor de Mg, relações Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, saturações por Ca, Mg e K, foram estabelecidos para as culturas de arroz, feijão, milho e soja, cultivados em solo de cerrado.

Palavras-chave: acidez do solo, acumulação de nutrientes, Latossolo Vermelho-Escuro, produção de grãos

Response of upland rice, dry bean, corn and soybean to base saturation in cerrado soil

Abstract: A field experiments was conducted during four consecutive years (1995/96 to 1998/99) to evaluate responses of upland rice, dry bean, corn, and soybean grown in sequence to base saturation on a Dark Red Latosol (Oxisol). Mean base saturation levels determined after harvest of each crop were: 40, 44, 51, 53, 56, and 66%. Grain yield of dry bean, corn, and soybean were significantly affected with base saturation. Upland rice yield, however, was not influenced with base saturation treatments. Based on the quadratic response, optimum base saturation for maximum grain yield of dry bean was 53%, for corn 60% and for soybean 63%. For upland rice the base saturation under no lime treatment was 40%, which is considered adequate. Nutrient accumulation was significantly influenced by different base saturation treatments as well as by the age of the four crops. Adequate levels of soil chemical properties, such as pH, contents of Ca and Mg, ratio of Ca/Mg, ratio of Ca/K, ratio of Mg/K, Ca saturation, Mg saturation and K saturation were established for upland rice, dry bean, corn and soybean grown in cerrado soil.

Key words: soil acidity, accumulation of nutrients, dark red latosol, grain yield

INTRODUÇÃO

A acidez do solo é um dos fatores mais importantes que limitam a produção das culturas em solos tropicais altamente intemperizados, como os de cerrado (Goedert 1983; Fageria et al., 1991). A maior área de solos ácidos está localizada na América do Sul, onde ocupam 85% da área total e segundo Cochrane (1989) aproximadamente 850 milhões de hectares são subutilizados para a produção agrícola. No cerrado brasileiro, que ocupa cerca de 200 milhões de hectares, o pH médio do solo está em torno de 5 (Fageria et al., 1999). A precipitação média anual na região é de uns 1.500 mm, e a lixiviação de bases

a longo prazo é uma das principais razões do desenvolvimento de acidez nos solos (Goedert, 1983). De acordo com Fageria et al. (1991), em condições de clima tropical em que a precipitação é maior que a evaporação, a acidificação do solo é um processo contínuo, que pode ser acelerado pela atividade das plantas, animais e seres humanos, ou diminuído pelo manejo adequado.

Teoricamente, a acidez do solo é medida como os teores de Al^{3+} e H^+ do solo mas, na prática, ela é um complexo de vários fatores, em especial da deficiência e da toxicidade dos nutrientes e/ou da baixa atividade dos microrganismos benéficos. A produção das culturas pode ser afetada negativamente por esses fatores e suas interações; além disso, os solos ácidos têm, em geral, baixa capacidade de troca de cátions, baixa saturação por

base e baixa capacidade de retenção de água, o que provoca a deficiência hídrica das plantas. (Fageria et al., 1995; Fageria & Stone, 1999).

A calagem é uma das práticas mais comuns e efetiva para aumentar a produção agrícola em solos ácidos. O uso adequado de calcário é fundamental para aumentar a produção e, ao mesmo tempo, reduzir o seu custo. Vários índices são usados para corrigir a acidez do solo. Esses índices são a saturação por base, o pH e a saturação por alumínio (Fageria & Stone, 1999). Kamprath (1971) sugeriu que a eliminação dos níveis tóxicos de Al e Mn e a adição de quantidade adequadas de Ca e Mg, são os principais objetivos da calagem, especialmente em solos lixiviados e intemperizados. Reeve & Sumner (1970) sugeriram que a necessidade de calagem para Oxisolos deve ser baseada somente no Al trocável. O conceito de saturação por base está relacionado ao fornecimento de bases (Ca, Mg, K) em níveis ótimos para o desenvolvimento das plantas (McLean, 1977). A filosofia da saturação por base é baseada no conceito de criar relações ideais de Ca, Mg e K no solo, para a produção máxima das culturas (Eckert, 1987).

Os solos de cerrado do Brasil que apresentam maior potencial para expansão da fronteira agrícola são ácidos, o que limita a produção agrícola. Para incorporação desses solos ao processo produtivo brasileiro, é indispensável o uso adequado de calagem. A saturação por base é um importante índice de acidez do solo para estabelecer dosagens adequadas de calcário para as principais culturas anuais e estratégias de manejo para a produção agrícola. O objetivo deste trabalho foi avaliar as respostas de arroz de terras altas, feijão, milho e soja cultivados em sistema de rotação, à saturação por base em solo de cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se experimentos de campo durante quatro anos consecutivos (1995/96 a 1998/1999) em um Latossolo Vermelho-Escuro (Oxisolo) na Fazenda Capivara, da Embrapa Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO. Os resultados da análise química das amostras do solo da área experimental coletadas antes da instalação do experimento, na profundidade de 0-20 cm, foram: pH 5,3; Ca 10 mmol_c dm⁻³; Mg 10 mmol_c dm⁻³; Al 1,0 mmol_c dm⁻³; P 2,6 mg dm⁻³; K 121 mg dm⁻³; Cu 4,4 mg dm⁻³; Zn 1,5 mg dm⁻³; Fe 53 mg dm⁻³; Mn 46 mg dm⁻³ e matéria orgânica 16 g dm⁻³. A saturação por base na área experimental antes de aplicação de tratamentos de calcário estava 31%. A análise granulométrica apresentou 330, 220 e 450 g kg⁻¹ de argila, silte e areia, respectivamente. As análises química e granulométrica do solo foram realizadas de acordo com metodologia recomendada por EMBRAPA (1997).

Os vários níveis de saturação por base foram estabelecidos com a incorporação de calcário em dosagens de 0, 4, 8, 12, 16 e 20 t ha⁻¹ com grade aos 30 dias antes do plantio de arroz de terras altas (*Oryza sativa L.*) (primeiro cultivo). Após a colheita da cada cultura retiraram-se amostras do solo para determinação das propriedades químicas. A média de oito cultivos (dois cultivos de cada cultura) apresentou valores de 40, 44, 51, 53, 56 e 66% de saturação por base. Houve uma variação na saturação por base, especialmente no tratamento sem calcário. Mas nos tratamentos com calcário, a variação não foi maior do que 10% e portanto não vai influenciar a interpretação dos resultados. O calcário utilizado possuía PRNT 69,2%; CaO 31,45 e MgO 11,6%.

A cultura de arroz recebeu 30, 100, 60 e 1,5 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O e Zn, respectivamente, no plantio e 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura na iniciação do primórdio floral. Na cultura de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*), a adubação básica foi de 30, 120 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O e também recebeu 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, uma semana antes do início da floração, enquanto o milho (*Zea mays L.*) recebeu 40, 120, e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O no plantio e 40 kg ha⁻¹ de N em cobertura, aos 33 e 60 dias após o plantio. Na cultura de soja (*Glycine max L. Merrill*) foram aplicados 10, 120 e 80 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O no plantio. No segundo cultivo, as quatro culturas receberam a mesma adubação. O N foi aplicado com sulfato de amônio, o P com do superfosfato triplo e o K na forma de cloreto de potássio e as sementes de soja foram inoculadas com rizóbio *Bradyrhizobium japonicum*.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com três repetições. O primeiro cultivo foi de arroz, na época das chuvas (1995/1996), o segundo de feijão (1996-inverno), o terceiro, de milho (*Zea mays L.*) (1996/1997) e o quarto de soja (1997-inverno). Quinto, sexto, sétimo e oitavo cultivos de arroz, feijão, milho e soja, foram repetidos na mesma ordem, para completar mais uma seqüência da rotação. As cultivares plantadas foram Caipó de arroz, Aporé de feijão, Cargil 435 de milho e EMBRAPA 20 (Doko-RC) de soja. O espaçamento para a cultura de arroz, de feijão e da soja, foi de 40 cm entre fileiras, e para a cultura do milho, de 80 cm. A densidade de sementes foi de 70 m⁻¹ linear para arroz, 18 m⁻¹ linear para o feijão, 25 m⁻¹ linear para a soja e 7 sementes por metro linear para o milho. O tamanho da parcela foi de 6 x 5 m, com espaçamento de 1 m entre cada parcela e 2 m entre cada bloco. Colheram-se seis fileiras centrais com 5 m cada uma para o arroz, 7 fileiras centrais com 4 m cada uma para o feijão, 3 fileiras centrais de 5 m cada uma para o milho e seis fileiras centrais de 5 m cada uma para a soja. A análise de solo (propriedades químicas) foi realizada após a colheita de cada safra, para determinar as conforme EMBRAPA (1997). A saturação por base foi calculada pela fórmula:

Saturação por base(%) = $(Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+) / (CTC_{potencial}) \times 100$
em que a CTC_{potencial} foi calculada pela soma de Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, H⁺ e Al³⁺.

Foram determinados a produção de matéria seca da parte aérea e dos grãos, o teor e a acumulação de nutrientes nos vários estádios de crescimento de cada cultura em estudo. Para determinação de matéria seca da parte aérea foi colhida 1 m linear de fileira em cada parcela e após separação de grãos o peso foi transformado em kg ha⁻¹. O peso seco da matéria seca foi determinado em diferentes estádios da cultura. A metodologia utilizada na análise da planta foi a descrita por Moraes & Rabelo (1986). Os dados foram submetidos à análise de variância e ajustada equação apropriada para determinar os efeitos dos tratamentos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre anos de cultivo e saturação por base, não foi significativa para a produção de matéria seca nem para produção de grãos; portanto, apenas os dados médios relativos aos dois cultivos de cada cultura, são apresentados nas Tabelas 1 e 2. A produção de matéria seca da parte aérea de arroz e

Tabela 1. Produção média de matéria seca (kg ha⁻¹) da parte aérea de arroz, feijão, milho e soja sob diferentes níveis de saturação por base e em diferentes estádios do crescimento

Saturação por Base (%)	Dias Após o Plantio					
	19	43	68	90	102	130
A. Arroz						
40	101	1061	3327	6139	8365	5989
44	88	1075	3466	5987	7613	6343
51	100	962	3297	5863	6583	6189
53	97	1138	3263	5831	7452	6238
56	82	903	3202	5797	7379	5303
66	78	923	3238	6351	7439	6564
Média	91	1010	3299	5995	7472	6104
Teste F (T)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Teste F (Cult.)	*	**	**	**	**	**
Teste F (T x C)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	22	21	21	16	12	14
Regressão						
β_0	47,10	1089,190	4173,347	12559,52	19454,54	11721,80
β_1	2,4743	3,1430	- 26,9385	- 260,9897	- 429,7485	- 224,8158
β_2	- 0,0306	- 0,08806	0,18877	2,52574	3,7143	2,1893
R ²	0,1617 ^{ns}	0,1211 ^{ns}	0,0398 ^{ns}	0,1465 ^{ns}	0,2897 ^{ns}	0,0845 ^{ns}
B. Feijão						
40	98	273	611	1531	2700	1453
44	98	309	672	1545	2718	1409
51	106	333	756	2008	3420	1481
53	98	322	724	1947	3137	1684
56	102	361	706	1950	3257	1474
66	109	293	851	1968	3066	1477
Média	102	315	720	1825	3050	1496
Teste F (T)	ns	**	*	*	ns	ns
Teste F (Cult.)	ns	ns	ns	ns	ns	**
Teste F (T x C)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	19	23	21	18	21	25
Regressão						
β_0	112,72	- 627,88	- 305,22	- 2827,78	- 4335,49	1559,90
β_1	- 0,8342	35,6228	34,3862	161,1185	268,6644	- 1,74819
β_2	0,01174	- 0,3275	- 0,2803	- 0,13402	- 2,3710	0,00033
R ²	0,0678 ^{ns}	0,1907 ^{ns}	0,3539*	0,4058*	0,2299 ^{ns}	0,1669 ^{ns}
C. Milho						
40	42	503	4079	7814	13227	9778
44	41	536	4323	7402	12148	9120
51	47	682	5714	9242	16534	11873
53	43	624	6264	8712	15843	11612
56	43	696	6180	8843	16983	11020
66	46	725	6171	10027	15360	12631
Média	44	628	5355	8673	15016	11006
Teste F (T)	ns	ns	ns	ns	ns	**
Teste F (Cult.)	**	ns	**	**	**	**
Teste F (T x C)	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	15	31	12	11	42	21
Regressão						
β_0	29,01	- 665,27	- 14619,10	3571,92	-28150,41	- 853,32
β_1	0,4084	41,1209	688,4885	103,5543	1542,0080	335,5154
β_2	- 0,00233	- 0,3035	- 5,6191	- 0,0908	13,3242	- 1,9988
R ²	0,0708 ^{ns}	0,3041 ^{ns}	0,7637**	0,4534*	0,4167*	0,5227**

Continua

Continuação da Tabela 1

	Dias Após o Plantio					
	27	41	62	82	120	158
D. Soja						
40	152	394	819	2169	2617	1687
44	164	366	1080	2734	2705	1863
51	161	503	1354	3629	3759	2225
53	171	495	1516	3310	3941	2080
56	173	570	1431	3169	4505	2555
66	155	514	1582	3029	4282	2302
Média	163	474	1297	3007	3635	2119
Teste F (T)	ns	ns	ns	**	**	ns
Teste F (Cult.)	**	ns	ns	**	*	**
Teste F (T x C)	ns	**	*	ns	ns	ns
C.V.(%)	22	16	16	21	22	27
Regressão						
β_0	- 85,43	- 995,83	- 3936,51	- 11224,47	- 10285,79	- 3842,76
β_1	9,4782	50,4956	174,2371	522,0456	463,3852	204,3583
β_2	- 0,0881	- 0,4159	- 1,3756	- 4,6506	- 3,6576	- 1,6778
R ²	0,0627 ^{ns}	0,5367 ^{**}	0,7986 ^{**}	0,5043 ^{**}	0,6480 ^{**}	0,3414 [*]

**^{ns} Significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

milho não foi influenciada significativamente pela saturação por base, com exceção da última época (119 dias após plantio) de milho, mas durante o ciclo de arroz e milho, a produção de matéria seca foi influenciada significativamente ($p < 0,01$) pelo ano de cultivo, com exceção de milho, 35 dias após o plantio. A variação na produção de matéria seca de um ano para outro, está relacionada à variação nos fatores ambientais (Fageria & Gheyi, 1999). Ocorreu efeito significativo dos tratamentos de saturação por base na produção de matéria seca de feijão e soja, em algumas colheitas, durante o ciclo das duas culturas. A produção de matéria seca (Y) foi influenciada significativamente pela idade da planta (X) nas quatro culturas testadas. A relação foi quadrática e pode ser explicada pelas seguintes equações: Arroz $Y = -3078,73 + 138,3816X - 0,04759X^2$ ($R^2 = 0,8917^{**}$)
 Feijão $Y = -1204,43 + 71,5579x - 0,3824X^2$ ($R^2 = 0,7277^{**}$)
 Milho $Y = -8020,78 + 370,2660 - 1,6849X^2$ ($R^2 = 8405^{**}$)
 Soja $Y = -2782,49 + 104,9493X - 0,4592X^2$ ($R^2 = 0,8930^{**}$)

Constatou-se aumento na produção da matéria seca com o avançar da idade, mas diminuição na época da colheita, nas quatro culturas. Esta diminuição na matéria seca está relacionada com a translocação de produtos fotossintéticos para os grãos e também, com a queda de folhas nas culturas do feijoeiro e de soja (Fageria & Santos, 1998; Fageria et al., 1997).

A produção de grãos de arroz não foi influenciada pelos tratamentos de saturação por base (Tabela 2). A cultura de arroz é considerada bastante tolerante à acidez do solo entre as principais culturas anuais como feijão, milho, soja e trigo (Fageria et al., 1997). Nesta situação, a saturação por base adequada para esta cultura está em torno de 40%. Fageria (1989) relatou valor da saturação por base adequado para a cultura de arroz de terras altas, na faixa de 30 a 40%.

A produção de grãos de feijão aumentou, significativa e quadraticamente ($p < 0,05$) com o aumento da saturação por base, de 40 para 66% (Tabela 2). O nível adequado de saturação por base calculada com base na equação de regressão, foi de 53% e o aumento da produção estimado foi de 24% em comparação com o da testemunha, ou baixa saturação por base. Fageria et al. (1996) relataram que o nível adequado da saturação

Tabela 2. Produção média de grãos de arroz, feijão, milho e soja sob diferentes níveis de saturação por base

Saturação por Base (%)	Arroz	Feijão	Milho	Soja
	kg ha ⁻¹			
40	4559	1394	6490	1054
44	4568	1589	7659	1214
51	4434	1912	8501	1441
53	4590	1760	7862	1395
56	4659	1481	7653	1401
66	4413	1466	8221	1498
Teste F (T)	ns	**	**	*
Teste F (Cultivo)	**	**	ns	**
Teste F (T x Cult.)	ns	ns	ns	ns
C.V.(%)	8	13	7	16
Regressão				
β_0	3511,62	-3269,13	-5191,99	-1672,08
β_1	43,6717	189,0379	450,9327	100,4234
β_2	-0,4493	-1,7876	-3,7869	-0,7966
R ²	0,0549 ^{ns}	0,4468 [*]	0,4921 ^{**}	0,4716 ^{**}

*^{ns} Significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

por base para a cultura do feijoeiro está em torno de 67%, em solo de cerrado. Lopes et al. (1991) apresentaram o nível adequado da saturação por base para esta cultura de 70% em Oxissolo de cerrado. De acordo com Fageria (1989), o valor ideal da saturação da base para a cultura do feijoeiro, está na faixa de 60-70%, em solo de cerrado. A diferença na saturação por base pode ser relacionada com o uso de cultivares e prática de manejo das culturas diferentes.

A produção de grãos do milho foi influenciada significativamente ($p < 0,01$) com o aumento da saturação por base e a resposta foi quadrática. Com base na equação de regressão, a produção máxima de 8231 kg ha⁻¹ foi obtida com 60% da saturação por base, aumento de 27% em comparação com o valor mínimo de saturação por base (40%). Fageria (1989) relatou valor de 60 a 70% da saturação por base para a cultura de milho em solo de cerrado. van Raij ((1991) também relatou para o milho valor de 60-70% de saturação por base, significando que a calagem para o milho é recomendada quando a saturação por base é inferior a 60% e, neste caso, o cálculo é feito para elevá-la a 70%.

A produção da soja foi influenciada significativamente e também segue modelo quadrático com aumento da saturação por base, de 40 para 66%. Com base na equação da regressão, a produção máxima foi obtida com a saturação por base de 63%. Nesta saturação por base houve aumento na produção, da ordem de 42%, em comparação com o nível baixo de saturação por base. Sousa & Lobato (1996) relataram que, na região dos cerrados, a produção de grãos de soja aumentou com a saturação por base, até 40%, estabilizando-se entre os valores de 40 e 60% e apresentando decréscimo de produção de grãos, quando a saturação por base foi maior que 60%. De acordo com esses autores é importante, portanto, para a cultura da soja, que a saturação por base esteja em torno de 50%, pois nestas condições obtém-se as maiores produtividades. Entretanto, de acordo com EMBRAPA (1995) para os Estados do Paraná e de São Paulo, as recomendações da quantidade de calcário, em função da saturação por base, devem ser quantificadas para atingir 70%; para a região sul do Mato Grosso do Sul, elas devem ser feitas para a saturação por base atingir 60% e, nos demais estados da região central, formados basicamente por solos sob vegetação de cerrados, o valor adequado de saturação por base é de 50%. Oliveira & Pavan

(1996) citaram que saturação por base adequada para os Oxisolos do Paraná é 60%.

É evidente que os níveis adequados de saturação por base sugeridos por vários autores, são bastante variáveis para as culturas de arroz, feijão, milho e soja. Esta variação pode ser atribuída às diferentes cultivares usadas, à variação em fertilidade do solo e à variação também em outros fatores ambientais como temperatura, radiação solar, umidade do solo (Fageria et al., 1999). O efeito benéfico do aumento na saturação por base na produção de milho, feijão e soja, é devido ao suprimento adequado de Ca, Mg, melhor pH, e a um balanço apropriado entre os diferentes cátions básicos (Fageria et al., 1999).

Dados relacionados à acumulação dos nutrientes nas culturas de arroz, feijão, milho e soja, são apresentados nos Tabelas 3 (A, B, C e D). Houve interações significativas entre tratamentos e anos de cultivo para algumas nutrientes mas, pelo fato dessas interações não terem sido significativas na produção de grãos, os dados da média de dois anos, para cada cultura, são apresentados. No caso de tratamentos quantitativos, como níveis de saturação por base, o melhor método de análise estatística para avaliação dos efeitos dos tratamentos é a análise de regressão. A acumulação de todos

Tabela 3. Acumulação de nutrientes na parte aérea e grãos de arroz, feijão, milho e soja em diferentes estádios do crescimento

Idade em Dias	kg ha ⁻¹					g ha ⁻¹				
	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe	B
A. Arroz										
19	4,13	0,31	2,91	0,29	0,23	3,51	1,93	22,56	115,84	0,80
43	32,49	1,82	33,66	4,06	2,88	30,81	14,85	234,18	320,18	10,36
69	65,32	3,57	110,25	11,21	8,61	75,30	28,34	572,56	491,54	43,61
90	96,22	6,55	141,44	15,19	12,23	131,30	43,89	895,73	473,51	56,67
102	115,61	7,74	169,90	20,07	16,17	190,15	55,88	1542,40	533,39	72,28
130	56,00	2,90	150,37	23,45	14,47	160,55	34,78	1318,51	653,95	53,05
130(grãos)	69,69	9,45	55,55	4,33	5,38	138,28	56,64	284,03	116,94	29,52
Total (p.a. + grãos)	125,69	12,35	205,92	27,78	19,85	298,83	91,41	1602,55	770,89	82,57
Teste F (T)	ns	ns	ns	**	ns	**	**	**	**	ns
Teste F (Cult.)	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Teste F (T X C)	**	**	**	ns	*	ns	ns	ns	ns	*
C.V.(%)	20	15	24	31	24	26	30	41	32	24
Regressão										
β_0	- 31,24	- 0,19	- 49,73	- 3,06	- 3,55	1,91	0,52	-274,99	42,89	-22,43
β_1	1,7496	0,0166	2,4592	0,1512	0,1672	- 0,2441	0,0629	12,0551	5,6817	1,0258
β_2	- 0,0039	6,1279	- 0,0035	0,00067	0,00013	0,0195	0,0048	0,0249	- 0,0029	- 0,0015
R ²	0,9582**	0,9890**	0,9368**	0,9549**	0,9716**	0,9568**	0,9605**	0,8881**	0,7789**	0,9006**
B. Feijão										
15	5,68	0,31	3,73	1,43	0,45	4,46	1,26	8,42	78,66	2,04
29	16,04	0,71	11,72	6,82	1,46	9,04	2,63	37,53	307,64	6,40
43	25,05	1,58	20,21	16,71	3,67	26,32	7,35	55,30	520,17	14,64
62	57,14	2,82	51,65	34,47	9,32	69,69	16,74	112,95	962,41	31,35
84	60,26	6,18	134,63	50,00	14,85	94,85	25,61	171,35	901,46	47,58
96	19,05	0,92	24,86	15,80	7,15	29,20	8,01	73,19	267,81	19,74
96 (grãos)	67,81	6,05	35,54	5,65	4,39	73,98	22,41	26,60	143,97	13,94
Total (p.a. + grãos)	86,86	7,01	60,40	21,45	11,54	103,18	30,42	99,79	411,78	33,68
Teste F (T)	**	**	**	ns	ns	ns	**	**	**	**
Teste F (Cult.)	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Teste F (T X C)	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	24	21	30	27	18	19	20	39	50	25
Regressão										
β_0	- 7,61	0,02	- 19,94	- 25,71	- 4,3531	- 20,79	- 2,97	- 61,91	- 618,33	- 16,12
β_1	0,8010	0,0027	1,3314	1,5870	0,2548	1,2374	0,1873	4,2799	44,7421	1,0222
β_2	0,0014	0,00075	- 0,0044	- 0,0102	- 0,00071	0,00109	0,0017	- 0,0239	- 0,3398	- 0,0045
R ²	0,8822**	0,9684**	0,9194**	0,7204**	0,8932**	0,9527**	0,9688**	0,7341**	0,6821**	0,8489**

Continua

Continuação da Tabela 3

Idade em Dias	N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe	B
	kg ha ⁻¹			g ha ⁻¹						
C. Milho										
18	1,91	0,13	1,78	0,28	0,13	1,75	0,60	3,63	75,36	0,61
35	31,39	2,41	33,56	4,54	2,74	28,59	11,74	46,32	811,36	10,80
53	143,14	10,37	189,84	27,59	15,77	145,52	59,22	295,73	897,99	81,82
69	147,27	13,50	197,56	37,47	23,18	223,47	69,54	418,05	1513,46	90,22
84	186,40	20,75	237,08	51,78	34,42	319,81	79,32	700,27	1890,49	133,22
119	72,03	4,47	152,56	33,41	20,46	184,37	53,32	452,16	2048,24	103,12
119 (grãos)	127,42	16,71	34,33	8,22	8,64	192,00	13,75	82,21	205,88	42,62
Total (p.a. + grãos)	199,44	21,19	186,89	41,64	29,10	376,33	67,07	534,36	2254,12	145,75
Teste F (T)	**	**	ns	**	ns	**	**	**	ns	ns
Teste F (Cult.)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Teste F (T X C)	ns	ns	**	ns	**	ns	ns	ns	**	**
Regressão	19	17	18	18	17	28	31	26	40	21
β ₀	- 97,36	- 9,37	- 158,50	- 30,35	- 18,55	- 134,68	- 51,9333	- 371,80	- 513,98	- 63,47
β ₁	5,3241	0,4651	8,5163	1,5074	0,8962	6,3498	2,7687	17,7607	36,9096	3,1430
β ₂	- 0,0236	- 0,0016	- 0,0468	- 0,0074	- 0,0041	- 0,0163	- 0,0147	- 0,0818	- 0,1129	- 0,0113
R ²	0,9009**	0,9275**	0,8787**	0,8911**	0,8915**	0,8968**	0,8366**	0,8508**	0,9074**	0,9030**
D. Soja										
27	5,15	0,39	5,14	1,92	0,73	4,83	4,97	12,58	91,42	2,50
41	17,55	1,29	14,28	8,50	2,64	18,59	5,86	59,58	219,37	8,97
62	33,06	2,82	30,90	22,49	7,01	41,19	32,62	135,75	481,96	17,31
82	95,47	7,17	71,06	52,21	17,98	102,93	76,81	245,99	844,65	40,39
120	109,49	8,67	67,36	46,43	15,83	105,58	160,52	282,38	856,85	43,50
158	33,41	4,08	29,98	32,78	13,51	42,78	53,15	193,41	777,68	22,35
158 (grãos)	90,66	8,34	28,34	5,95	9,97	77,66	30,79	31,54	189,95	20,46
Total (p.a. + grãos)	124,07	12,42	58,32	38,73	23,48	120,44	83,94	224,95	967,63	42,80
Teste F (T)	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
Teste F (Cult.)	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
Teste F (T X C)	**	**	**	**	ns	**	**	*	**	**
C.V. (%)	28	27	27	30	26	31	26	38	25	29
Regressão										
β ₀	- 55,58	- 3,08	- 47,00	- 38,22	- 8,33	- 60,51	- 75,43	- 187,86	- 416,1097	- 25,45
β ₁	2,1355	0,1198	1,9397	1,5053	0,3335	2,3891	2,3924	7,6291	19,5411	1,0346
β ₂	- 0,0063	- 0,00014	- 0,0081	- 0,0064	- 0,00087	- 0,0079	- 0,0078	- 0,0315	- 0,0691	- 0,0037
R ²	0,9156**	0,9422**	0,8467**	0,8628**	0,8732**	0,8834**	0,5901*	0,8817**	0,9106**	0,8975**

*, **, ns Significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

A acumulação de nutrientes foi determinada a 51% de saturação por base e, na análise de variância e equações de regressão, foi levado em consideração o valor total da última colheita

os macro e micronutrientes, nas quatro culturas estudadas, foi significativamente ($p < 0,01$) influenciada pela idade das plantas. Nas quatro culturas, a acumulação de nutrientes seguiu o modelo quadrático, que está relacionado à produção de matéria seca da parte aérea e dos grãos. A acumulação de nutrientes é função do teor de nutrientes e da produção de matéria seca ou dos grãos.

Na cultura de arroz, a acumulação (total) máxima foi de K, seguido pelo N, Ca, Mg e P entre os macronutrientes. Entre os micronutrientes, a ordem de acumulação foi de Mn > Fe > Zn > Cu > B (Tabela 3A). Entre os macronutrientes, 55% de N, 77% de P, 27% de K, 16% de Ca e 27% de Mg foram translocados para os grãos e os restantes ficaram na parte aérea. Entre os micronutrientes, para os grãos a translocação foi 46% de Zn, 62% de Cu, 18% de Mn, 15% de Fe e 36% de B. Para produzir uma tonelada de grãos de arroz, são necessários extração de 28 kg de N, 3 kg de P, 45 kg de K, 6 kg de Ca, 4 kg de Mg, 65 g de Zn, 20 g de Cu, 351 g de Mn, 169 g de Fe e 18 g de B, significando que, entre os macronutrientes, o P foi mais exigido na produção de grãos e o K foi menos eficiente. Entre os micronutrientes, o B foi mais exigido e o Mn foi menos eficiente na produção de grãos. Fageria & Souza (1995) relataram extração de mais ou

menos a mesma quantidade de nutrientes para produzir uma tonelada de grãos de arroz de terras altas, em solo de cerrado. Relataram, também, a mesma eficiência de utilização de nutrientes na produção de grãos.

A acumulação total de nutrientes na cultura de feijão foi na seguinte ordem: N > K > Ca > Mg > Fe > Zn > Mn > B > Cu (Tabela 3B). Em relação à distribuição de nutrientes na parte aérea e nos grãos de feijão, 78% de N, 86% de P, 56% de K, 26% de Ca 38% de Mg, 72% de Zn, 74% de Cu, 27% de Mn, 35% de Fe e 41% de B, absorvidos foram translocados para os grãos e o restante ficou na parte aérea. Para produzir uma tonelada de grãos de feijão são necessários acumulação de 45 kg de N, 4 kg de P, 32 kg de K, 11 kg de Ca, 6 kg de Mg, 54 g de Zn, 16 g de Cu, 52g de Mn, 215g de Fe e 18g de B, ou seja, na utilização de nutrientes na produção de grãos, P foi mais exigido e o N foi menos entre os macronutrientes e entre os micronutrientes a eficiência de Cu foi maior, enquanto a de Fe foi menor. Fageria & Souza (1995) relataram mais ou menos a mesma eficiência na produção de nutrientes na cultura de feijoeiro em solo de cerrado.

Na cultura de milho, a acumulação total de nutrientes foi da ordem de N > K > Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn > B > Cu (Tabela 3C). Em relação à distribuição de nutrientes na parte aérea e

nos grãos do milho, 64% de N, 79% de P, 18% de K, 20% de Ca, 30% de Mg, 51% de Zn, 21% de Cu, 15% de Mn, 39% de Fe e 29% de B absorvidos foram translocados para os grãos e o restante ficou na parte aérea. Para produzir uma tonelada de grãos de milho são necessários acumulação de 24 kg de N, 3 kg de P, 23 kg de K, 5 kg de Ca, 4 kg de Mg, 46 g de Zn, 8 g de Cu, 65g de Mn, 274g de Fe e 18g de B, isto é, na utilização de nutrientes na produção de grãos, o P foi mais eficiente e o N foi menos eficiente entre os macronutrientes, enquanto a eficiência de Cu foi maior e a de Fe foi menor, entre os micronutrientes. Fageria et al. (1997) relataram a acumulação, distribuição e utilização de nutrientes mais ou menos na mesma ordem, na cultura de milho.

Na cultura da soja, a acumulação total de nutrientes foi da ordem de $N > K > Ca > Mg > P > Fe > Mn > Zn > Cu > B$ (Tabela 3D). Em relação à distribuição de nutrientes na parte aérea e nos grãos da soja, 73% de N, 67% de P, 49% de K, 15% de Ca, 24% de Mg, 64% de Zn, 37% de Cu, 14% de Mn, 20% de Fe e 48% de B absorvidos foram translocados para os grãos e o restante ficou

na parte aérea. Para produzir uma tonelada de grãos do soja são necessários acumulação de 86 kg de N, 9 kg de P, 40kg de K, 27 kg de Ca, 16 kg de Mg, 84 g de Zn, 58 g de Cu, 156 g de Mn, 671 g de Fe e 30 g de B; isto significa que na utilização de nutrientes na produção de grãos, o P foi mais eficiente e N foi menos eficiente entre os macronutrientes, mas a eficiência de B foi maior e a de Fe foi menor, entre os micronutrientes. Fageria et al. (1997) relataram, ainda, a acumulação, distribuição e utilização de nutrientes mais ou menos na mesma ordem, na cultura de soja.

Determinaram-se níveis adequados de algumas propriedades químicas do solo para cada cultura cultivada em sucessão (Tabela 4). O nível adequado de pH para a cultura de arroz foi de 5,6, para a cultura de feijão foi de 6,2, para a de milho foi de 6,4 e, para a cultura de soja, foi de 6,8, significando que a tolerância da cultura à acidez do solo foi da ordem de arroz > feijão > milho > soja. Fageria & Zimmermann (1998) relataram também que a cultura de arroz é mais tolerante à acidez do solo entre as cultura anuais como feijão, milho, caupi e trigo, em solo de cerrado. O nível adequado de Ca para a cultura de arroz

Tabela 4. Relação entre algumas propriedades químicas do solo (X) e produção de grãos (Y) de arroz, feijão, milho e soja

Propriedade	Equação de Regressão	R ²	Valor Adequado ¹
A. Arroz de Terras Altas			
pH em água	$Y = -1690,26 + 2075,7650X - 172,0459X^2$	0,1437 ^{ns}	5,6
Ca (mmol _c dm ⁻³)	$Y = 4029,37 + 43,0766X - 0,8437X^2$	0,2071 ^{ns}	19
Mg (mmol _c dm ⁻³)	$Y = 2800,39 + 12,4791X - 0,5253X^2$	0,8153 ^{**}	12
Relação Ca/Mg	$Y = 4119,30 + 398,3357X - 92,3319X^2$	0,7663 ^{**}	1,8
Relação Ca/K	$Y = 3903,28 + 109,0977X - 4,3001X^2$	0,2303 ^{ns}	9,0
Relação Mg/K	$Y = -1860,20 + 2209,5780X - 188,1881X^2$	0,7425 ^{**}	5,9
Saturação Ca (%)	$Y = 4071,01 + 31,4333X - 0,4842X^2$	0,2235 ^{ns}	24
Saturação Mg (%)	$Y = -595,03 + 696,3357X - 23,2991X^2$	0,7054 ^{**}	15
Saturação K (%)	$Y = -73725,40 + 61291,4400X - 11987,4200X^2$	0,3442 [*]	2,6
B. Feijão			
pH em água	$Y = -35830,82 + 12102,2400X - 974,2663X^2$	0,6355 ^{**}	6,2
Ca (mmol _c dm ⁻³)	$Y = -1648,45 + 237,4306X - 4,13953X^2$	0,8003 ^{**}	29
Mg (mmol _c dm ⁻³)	$Y = -16209,33 + 2844,5050X + 112,8286X^2$	0,4357 [*]	14
Relação Ca/Mg	$Y = -8727,69 + 9254,2930X - 2031,4170X^2$	0,7663 ^{**}	2,3
Relação Ca/K	$Y = -1459,5490 + 451,7136X - 15,8668X^2$	0,5291 ^{**}	14,2
Relação Mg/K	$Y = 2574,75 - 538,1150X + 60,7622X^2$	0,4385 ^{**}	5,2
Saturação Ca (%)	$Y = -1266,18 + 164,7730X - 2,2458X^2$	0,6288 ^{**}	37
Saturação Mg (%)	$Y = -978,32 + 1429,2170X - 44,4237X^2$	0,4042 [*]	16
Saturação K (%)	$Y = 142879,30 - 108815,6000X + 20922,8100X^2$	0,8669 ^{**}	2,6
C. Milho			
pH em água	$Y = -72985,20 + 25033,4500X - 1930,9280X^2$	0,7064 ^{**}	6,4
Ca (mmol _c dm ⁻³)	$Y = -138,87 + 497,3315X - 7,4610X^2$	0,7344 ^{**}	33
Mg (mmol _c dm ⁻³)	$Y = -30640,46 + 5708,7650X - 209,4095X^2$	0,8102 ^{**}	14
Relação Ca/Mg	$Y = -20094,90 + 23720,4800X - 4960,6610X^2$	0,7315 ^{**}	2,4
Relação Ca/K	$Y = 325,49 + 935,8972X + 28,1276X^2$	0,7837 ^{**}	16,
Relação Mg/K	$Y = -9475,07 + 4610,2710X - 293,9192X^2$	0,9339 ^{**}	7,8
Saturação Ca (%)	$Y = 760,8652 + 342,9892X - 3,9808X^2$	0,7260 ^{**}	43
Saturação Mg (%)	$Y = -17743,14 + 2929,8570X - 82,4823X^2$	0,8192 ^{**}	18
Saturação K (%)	$Y = 870108,60 - 673635,8000X + 131408,6000X^2$	0,7841 ^{**}	2,6
D. Soja			
pH em água	$Y = -11262,64 + 3721,4030X - 271,7283X^2$	0,9310 ^{**}	6,8
Ca (mmol _c dm ⁻³)	$Y = -130,95 + 81,7172X - 1,0308X^2$	0,9672 ^{**}	40
Mg (mmol _c dm ⁻³)	$Y = -7735,49 + 1297,3060X - 46,6185X^2$	0,9940 ^{**}	14
Relação Ca/Mg	$Y = 2683,92 + 3158,8700X - 603,1005X^2$	0,8675 ^{**}	2,6
Relação Ca/K	$Y = 257,09 + 105,4293X - 2,0883X^2$	0,9771 ^{**}	25
Relação Mg/K	$Y = -4492,64 + 1672,0930X - 117,1923X^2$	0,9395 ^{**}	7,1
Saturação Ca (%)	$Y = -1,20 + 57,9415x - 0,5634X^2$	0,9688 ^{**}	51
Saturação Mg (%)	$Y = -4781,56 + 693,0971X - 19,1545X^2$	0,9926 ^{**}	18
Saturação K (%)	$Y = 211611,00 - 164826,2000X + 32265,8000X^2$	0,8139 ^{**}	2,6

^{*}, ^{**}: Significativo a 5 e 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente

¹Valores adequados foram calculados com base em equações de regressão, em que R² foi significativo e nos casos em que R² não foi significativo, o valor do tratamento 40% de saturação por base (sem a aplicação de calcário), foi considerado adequado

foi de 19 mmol_c dm⁻³, para a feijão 29 mmol_c dm⁻³, para o milho 33 mmol_c dm⁻³, e para a soja 40 mmol_c dm⁻³. O nível adequado de Mg para a cultura de arroz foi de 12 mmol_c dm⁻³ e para a cultura de feijão, milho e soja, de 14 mmol_c dm⁻³. Os valores adequados da relação Ca/Mg, Ca/K, e Mg/K foram de 1,8, 9,0, e 5,9, respectivamente, para a cultura de arroz, enquanto para a cultura de feijão os valores adequados de Ca/Mg, Ca/K e Mg/K foram de 2,3, 14,2 e 5,2 respectivamente e, para o milho, o valor adequado de Ca/Mg foi de 2,4, o valor de Ca/K foi de 16 e o de Mg/K foi de 7,8. Para a cultura da soja os valores adequados da relação Ca/Mg foram de 2,6, o de Ca/K foi de 25 e o de Mg/K foi de 7,1. Não existem muitos dados de pesquisa em relação aos valores adequados dessas relações, porém Cochrane (1989) fez levantamento de alguns solos de cerrado em torno de Brasília e relatou valores médios da relação Ca/Mg 0,9, Ca/K 1,9 e Mg/K 2,3; ele considerou que esses valores são muito baixos para as culturas anuais, para se obter a produção ótima nesses solos.

A saturação de Ca adequado para a cultura de arroz encontrada foi de 21%, para a do feijoeiro de 37%, para a cultura de milho 43% e, para a cultura de soja, de 51%. A saturação de Mg adequada para a cultura de arroz, de feijão, de milho e de soja foi, de 15, 16, 18 e 18%, respectivamente. Para essas culturas, a saturação de K adequada foi de 2,6%. Não existem dados de pesquisa no solo de cerrado; entretanto, Fageria et al. (1999) relataram que o crescimento da cultura e a produtividade seriam pouco afetados pela saturação por base dentro das faixas de 65% a 85% de Ca, 6 a 12% de magnésio e 2 a 5% de K. Adams & Henderson (1962) consideraram o solo deficiente em magnésio se menos de 4% dos sítios trocáveis estivessem ocupados por este elemento.

CONCLUSÕES

1. A resposta à saturação por base variou de cultura para cultura e a tolerância a acidez foi na ordem de arroz > feijão > milho > soja.
2. O pH adequado para a arroz foi de 5,6, para o feijão de 6,2, para o milho de 6,4 e, para a soja, foi de 6,8.
3. A eficiência de utilização de nutrientes na produção dos grãos foi maior para P nas quatro culturas estudadas, entre os macronutrientes.
4. Entre os macronutrientes, a translocação de N e P para os grãos foi maior em comparação aos outros macronutrientes.
5. O nível adequado de saturação por Ca foi de 24% para o arroz, de 37% para o feijão, de 43% para o milho e de 51% para a soja.

LITERATURA CITADA

- Adams, F.; Henderson, J.B. Magnesium availability as affected by deficient and adequate levels of potassium and lime. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, v.26, p.65-68, 1962.
- Cochrane, T.T. Chemical properties of native savanna and forest soils in central Brazil. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.53, p.139-141, 1989.

- Eckert, D.J. Soil test interpretations: Basic cation saturation ratios and sufficiency levels. In: Brown, J.R. (ed.) *Soil testing: Sampling, correlation, calibration, and interpretation*. Soil Science Society of America, Madison. 1987. p.53-64.
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Recomendações técnicas para a cultura da soja na região central do Brasil*. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1995. 149p. Documentos, 88
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- Fageria, N.K. *Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas*. Brasília: EMBRAPA-CNPAP, 1989. 425p, Documentos, 18.
- Fageria, N.K.; Baligar, V.C.; Jones, C.A. *Growth and mineral nutrition of field crops*. 2.ed., New York: Marcel Dekker, 1997. 624p.
- Fageria, N.K.; Gheyi, H.R. *Efficient crop production*. Campina Grande: UFPB, 1999. 547p.
- Fageria, N.K.; Oliveira, I.P.; Dutra, L.G. *Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções*. Goiania: EMBRAPA-CNPAP-APA., 1996. 40p, Documentos, 65
- Fageria, N.K.; Santos, A.B. dos. *Adução fosfatada para o feijoeiro em solo de várzea*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.2, p.124-127, 1998.
- Fageria, N.K.; Souza, N.P. *Resposta das culturas de arroz e feijão em sucessão a adubação em solo de cerrado*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, p.359-368, 1995.
- Fageria, N.K.; Stone, L.F. *Manejo da acidez dos solos de cerrado e várzea do Brasil*. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 42p. Documentos 92
- Fageria, N.K.; Stone, L.F.; Santos, AB. dos. *Maximização da eficiência de produção das culturas*. Brasília : EMBRAPA, 1999. 294p.
- Fageria, N.K.; Wright, R.J.; Baligar, V.C.; Carvalho, J.R.P. *Response of upland rice and common bean to liming on an Oxisol*. In: Wright, R.J.; Baligar, V.C.; Murrman, R.P. (eds.) *Plant-soil interactions at low pH*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, The Netherlands. 1991. p.519-525.
- Fageria, N.K.; Zimmermann, F.J.P. *Influence of pH on growth and nutrient uptake by crop species in an Oxisol*. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.29, p.2675-2682, 1998.
- Fageria, N.K.; Zimmermann, F.J.P.; Baligar, V.C. *Lime and phosphorus interactions on growth and nutrient uptake by upland rice, wheat, common bean, and corn in an Oxisol*. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.18, p.2519-2532, 1995.
- Goedert, W. J. *Management of the cerrado soils of Brazil: A review*. *Journal of Soil Science*, Oxford, v.34, p.405-428, 1983.
- Kamprath, E.J. *Potential detrimental effects from liming highly weathered soils to neutrality*. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, Boca Raton, v.31, p.200-203, 1971.

- Lopes, A.S.; Silva, M.C.; Guilherme, L.R.G. Acidez do solo e calagem. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. 1991. 15p. Boletim Técnico No.1
- Mclean, E. O. Contrasting concepts in soil test interpretation: Sufficiency levels of available nutrients versus basic cation saturation ratios.. In: Stelly, M. (ed.) Soil testing: Correlating and interpreting the analytical results. Madison: American Society of Agronomy, 1977. p.39-54.
- Moraes, J.F.V.; Rabelo, N.A. Um método simples para a digestão de amostras de plantas. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1986. 10p. Documentos No. 12
- Oliveira, E.L.; Pavan, M.A Control of soil acidity in non-tillage system for soybean production. Soil Tillage Research, Amsterdam, v.38, p.47-57, 1996.
- Reeve, N.G.; Sumner, M.E. Lime requirements of Natal Oxisols based on exchangeable aluminum. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, v. 34, p.595-598, 1970.
- Sousa, D. M. G.; Lobato, E. Correção do solo e adubação da cultura da soja. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. 30p. Circular Técnica 33
- van Raij, B. Fertilidade do solo e adubação. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1991. 343p.