

## NÍVEIS ADEQUADOS E TÓXICOS DE ZINCO NA PRODUÇÃO DE ARROZ, FEIJÃO, MILHO, SOJA E TRIGO EM SOLO DE CERRADO

Nand Kumar Fageria<sup>1</sup>

### RESUMO

Foram conduzidos cinco experimentos em casa de vegetação, para determinação das doses e dos teores adequados e tóxicos de Zn no solo e na planta para as culturas de arroz de terras altas, feijão, milho, soja e trigo. Os tratamentos com Zn foram de 0, 5, 10, 20, 40, 80 e 120 mg de Zn kg<sup>-1</sup> de solo. Considerando 90% da produção relativa de matéria seca como parâmetro de determinação das dosagens adequadas de Zn no solo e na planta, recomenda-se para arroz, feijão, milho, soja e trigo aplicação de 10, 1, 3, 2 e 1 mg de Zn kg<sup>-1</sup> de solo, respectivamente. Os níveis tóxicos de Zn no solo obtidos com base na redução de 10% na produção foram de 70, 57, 110, 59 e 40 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo, respectivamente para arroz, feijão, milho, soja e trigo e conforme a análise do solo pelo extrator Mehlich 1, os níveis adequados de Zn no solo para as citadas culturas foram de 5, 0,7, 2, 0,8 e 0,5 mg Zn kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Pelo extrator DTPA, os níveis adequados de Zn no solo foram de 4 mg kg<sup>-1</sup> para o arroz, 1 mg kg<sup>-1</sup> para o milho e de 0,3 mg kg<sup>-1</sup> para soja, feijão e trigo. A toxidez de zinco no solo com Extrator Mehlich 1 variou de 25 a 94 mg Zn kg<sup>-1</sup> e, com extrator DTPA, de 25 a 60 mg Zn kg<sup>-1</sup>, dependendo da cultura. Os níveis adequados na planta variaram de 18 a 67 mg Zn kg<sup>-1</sup> e os tóxicos variaram de 100 a 673 mg Zn kg<sup>-1</sup>, dependendo da cultura.

**Palavras-chave:** produção relativa de matéria seca, teor de Zn na planta, teor de Zn no solo

### ADEQUATE AND TOXIC LEVELS OF ZINC FOR RICE, COMMON BEAN, CORN, SOYBEAN AND WHEAT PRODUCTION IN CERRADO SOIL

### ABSTRACT

Five greenhouse experiments were conducted to determine adequate and toxic levels of zinc in upland rice, common bean, corn, soybean, and wheat. The Zn treatments were 0, 5, 10, 20, 40, 80, and 120 mg Zn kg<sup>-1</sup> of soil. Relative dry matter yield of 90% was used as a parameter to define the adequate level of Zn applied or the Zn content in the soil and Zn in the plant tissues. Similarly, a 10% reduction in relative dry matter yield was used as a criterion for defining toxic levels in the soil as well as in the plants. An adequate level of applied Zn was 10 mg kg<sup>-1</sup> for rice, 1 mg kg<sup>-1</sup> for common bean, 3 mg kg<sup>-1</sup> for corn, 2 mg kg<sup>-1</sup> for soybean and 1 mg kg<sup>-1</sup> for wheat. The toxic levels of soil applied Zn were 70, 57, 110, 59, and 40 mg kg<sup>-1</sup> for the same crops, respectively. An adequate content of Zn in soil analysis by Mehlich 1 extractant for the rice was 5 mg Zn kg<sup>-1</sup>, 0.7 mg Zn kg<sup>-1</sup> for the common bean, 2 mg Zn kg<sup>-1</sup> for corn, 0.8 mg Zn kg<sup>-1</sup> for soybean and 0.5 mg Zn kg<sup>-1</sup> for wheat, where as by extractant DTPA the contents were 4 mg kg<sup>-1</sup> for rice, 1 mg kg<sup>-1</sup> for corn and 0.3 mg kg<sup>-1</sup> for bean, soybean and wheat. The toxic levels of Zn in soil, depending on crop species varied from 25 to 94 mg kg<sup>-1</sup> by Mehlich 1 and 25 to 60 mg kg<sup>-1</sup> with DTPA extractant. Plant tissue analysis showed variation in adequate level from 18 to 67 mg Zn kg<sup>-1</sup> and toxic levels varied from 100 to 673 mg kg<sup>-1</sup> depending on crop species.

**Key words:** dry matter yield, Zn concentration in plant, Zn concentration in soil

Recebido em 01/10/1999, Protocolo 115/99

<sup>1</sup> Pesquisador, Ph.D., Embrapa Arroz e Feijão, CP 179, CEP 75375 - 000, Santo Antônio de Goiás, GO. Fone: (0xx62) 833 2178, Fax: (0xx62) 833 2100. E-mail: fageria@cnpaf.embrapa.br

## INTRODUÇÃO

A deficiência de zinco é relatada em várias culturas anuais cultivadas em solo de cerrado (Barbosa Filho et al., 1994; Bataglia & Raij, 1994; Galvão, 1994); sua deficiência no solo de cerrado ocorre devido ao baixo teor natural do solo, o qual é insuficiente para suprir a necessidade da planta. De acordo com Graham & Welch (1996) aproximadamente 50% dos solos usados para a produção de cereais no mundo são deficientes em Zn sendo a aplicação de quantidades relativamente elevadas de calcário para a correção da acidez do solo uma das principais razões (Fageria & Zimmermann, 1979). A maioria dos solos brasileiros é deficiente em fósforo, inclusive os dos cerrados, e a aplicação de fertilizante fosfatado para corrigir sua deficiência pode contribuir para a escassez de Zn, devido ao antagonismo entre esses dois nutrientes (Fageria, 1984).

O uso adequado de calagem e adubação fosfatada é prática essencial para aumentar a produtividade das culturas anuais em solos de cerrado, situação em que a deficiência de Zn é esperada; portanto, é imprescindível conhecer os níveis adequados e tóxicos deste elemento no solo e na planta, para se fazer uma recomendação correta. O objetivo deste trabalho é determinar níveis adequados e tóxicos de Zn no solo e na planta, para as culturas de arroz, feijão, milho, soja e trigo, visando a um manejo apropriado da fertilidade dos solos de cerrado.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos cinco experimentos em casa de vegetação, na Embrapa Arroz e Feijão, em Santo Antônio de Goiás, GO, utilizando-se um Latossolo Vermelho-Escuro textura franco-argilosa no ano de 1999. Os resultados das análises química e granulométrica do solo utilizado nos ensaios, foram: pH 5,7 em água (1:2,5), P 0,6 mg kg<sup>-1</sup>, K 53 mg kg<sup>-1</sup>, Ca 2 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, Mg 0,4 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, Al 0,1 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, Cu 1,7 mg kg<sup>-1</sup>, Zn 0,9 mg kg<sup>-1</sup>, Fe 112 mg kg<sup>-1</sup>, Mn 10 mg kg<sup>-1</sup> e matéria orgânica 17 g kg<sup>-1</sup>. A análise textural mostrou 385 g kg<sup>-1</sup> de argila, 265 g kg<sup>-1</sup> de silte e 350 g kg<sup>-1</sup> de areia. O P e K foram extraídos pelo extrator Mehlich 1 e o Ca, o Mg e o Al, pelo KCl 1N. Na solução extraída, o P foi determinado por colorimetria e o K por fotometria de chama, enquanto o Ca e o Mg foram estimados pela titulação com EDTA e o Al com NaOH. Os micronutrientes Cu, Zn, Fe e Mn foram determinados na mesma solução do P, por absorção atômica, e a matéria orgânica foi determinada pelo método de Walkley & Black. A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta e a extração de Zn com DTPA-TEA, de acordo com a metodologia de Lindsay & Norvell (1978) e determinado por absorção atômica.

Os tratamentos consistiram de sete níveis de Zn, 0, 5, 10, 20, 40, 80 e 120 mg Zn kg<sup>-1</sup> do solo aplicado com sulfato de zinco (23% Zn); os experimentos foram conduzidos em vasos plásticos com 5 kg de solo, cada um com 1 g de calcário, para aumentar o pH e os teores de Ca e Mg. O calcário utilizado na incubação continha 31,4% de CaO, 11,6% de MgO e um PRNT igual a 69%, com incubação ocorrendo 49 dias antes do plantio, época em que cada vaso recebeu 400 mg de N, com sulfato de amônio, 983 mg de P, com superfosfato triplo, e 896 mg de K, com cloreto de potássio. O delineamento experimental foi o de blocos inteiramente casualizados, com três repetições e quatro

plantas por vaso. Arroz (*Oryza sativa* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), milho (*Zea mays* L.), soja (*Glycine max* L. Merr.) e trigo (*Triticum aestivum* L.), foram colhidos 42, 35, 29, 39 e 35 dias após o plantio, respectivamente. Após a colheita da parte aérea as raízes foram tiradas e lavadas com água destilada, várias vezes, o material foi secado e feita a determinação da produção de matéria seca. Após a secagem, a parte aérea foi moída e digerida com uma mistura de 2:1 de ácidos nítrico e perclórico e o Zn foi determinado por absorção atômica; em seguida à colheita das plantas, coletaram-se amostras de solo em cada vaso, separadamente, para a determinação do Zn e do pH.

Os dados foram submetidos à análise de variância e utilizadas equações de regressão apropriadas para avaliar os efeitos dos tratamentos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados relacionados à produção de matéria seca da parte aérea e das raízes, e o comprimento das raízes de arroz, feijão, milho, soja e trigo sob diferentes doses de Zn, estão apresentados na Tabela 1. A produção de matéria seca da parte aérea foi significativamente afetada pelos tratamentos de Zn, com exceção do feijão. Verificou-se que a produção de matéria seca da parte aérea de arroz aumentou 36% em comparação com a testemunha, com a aplicação de 10 kg Zn kg<sup>-1</sup>. No caso do milho, a produção máxima de matéria seca foi obtida com a aplicação de 20 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo e o aumento foi de 14% em comparação com a testemunha; já a produção máxima de matéria seca da parte aérea de soja e trigo foi obtida com a aplicação de 10 e 5 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo, respectivamente. A resposta da aplicação de Zn para a cultura de arroz é relatada por Barbosa Filho et al. (1990); para o milho por Barbosa Filho et al. (1990) e Galvão (1996) e, para a cultura da soja, por Galvão (1989). Galvão et al. (1978) mencionaram que a produção máxima em solo de cerrado foi obtida com a aplicação de 6 kg Zn ha<sup>-1</sup>; entretanto, Barbosa Filho et al. (1990) constataram que o rendimento máximo de arroz foi obtido com a aplicação de 6 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo e não houve diminuição de rendimento, mesmo na dosagem de 18 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo. Fageria & Baligar (1997) encontraram resposta à aplicação de 5 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo para as culturas de arroz, feijão, milho, soja e trigo, em solo de cerrado.

Para se determinar as doses adequadas e tóxicas de aplicação de zinco no solo, e os teores adequados e tóxicos, baseados na análise de solo e planta, os dados de produção de matéria seca da parte aérea foram apresentados como produção relativa, em função das dosagens de zinco aplicadas no solo ou do seu teor no solo ou na planta, utilizando-se equações de regressão apropriadas (Figuras 1, 2, 3 e 4). O nível adequado de Zn, tanto no solo como na planta, foi determinado com base em 90% de produção relativa e os níveis tóxicos baseados em 10% de redução da produção relativa, após atingir o nível máximo. Esta metodologia é considerada apropriada na determinação de níveis adequados e tóxicos, porque o lucro da adubação geralmente atinge o máximo na faixa de 90% a 95% de produtividade relativa (Fageria et al., 1997). No caso do arroz, a dosagem adequada de zinco foi de 10 mg kg<sup>-1</sup> e a tóxica de 70 mg kg<sup>-1</sup> de solo (Figura 1); na cultura do feijoeiro, esta dose foi de 1 mg Zn kg<sup>-1</sup> e a tóxica de 57 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo; já no

Tabela 1. Produção de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e das raízes (PMSR) e comprimento das raízes (CR) de cinco culturas, sob diferentes tratamentos de zinco

Zinco Aplicado (mg kg <sup>-1</sup> )	PMSPA (g vaso <sup>-1</sup> )	PMSR (g vaso <sup>-1</sup> )	CR (cm)
<b>Arroz</b>			
0	1,73	1,08	36
5	2,05	1,33	34
10	2,35	1,48	36
20	2,15	1,55	35
40	2,13	1,73	34
80	1,98	1,45	38
120	1,40	1,18	39
Teste F	**	**	n.s.
C.V.%	11	14	12
<b>Feijão</b>			
0	5,38	2,33	35
5	5,33	2,13	41
10	4,70	2,23	40
20	5,03	2,33	38
40	4,68	1,78	40
80	4,68	1,18	39
120	3,98	0,78	37
Teste F	n.s.	n.s.	n.s.
C.V.%	16	23	21
<b>Milho</b>			
0	9,05	9,50	55
5	9,55	8,33	54
10	10,05	8,43	52
20	10,53	10,53	55
40	10,48	7,85	57
80	10,08	9,40	58
120	8,90	8,45	52
Teste F	*	n.s.	n.s.
C.V.%	7	21	5
<b>Soja</b>			
0	3,65	1,65	44
5	3,35	1,63	44
10	3,83	1,90	43
20	3,63	1,70	48
40	3,50	1,68	49
80	3,40	1,55	47
120	2,65	1,38	48
Teste F	*	n.s.	n.s.
C.V.%	12	17	11
<b>Trigo</b>			
0	1,90	1,23	36
5	2,05	1,25	36
10	1,93	1,05	30
20	1,85	1,13	32
40	1,73	1,03	29
80	1,80	1,24	34
120	1,15	0,60	33
Teste F	**	**	n.s.
C.V.%	10	21	14

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

caso do milho, a dosagem adequada foi 3 mg Zn kg<sup>-1</sup> e a tóxica 110 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo. A aplicação de 2 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo propiciou 90% de produção máxima de soja e 59 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo foi tóxico para esta cultura, enquanto para o trigo os valores foram de 1 e 40 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo. Esses resultados mostraram que o arroz e o milho são mais sensíveis à deficiência de zinco que o feijão, a soja e o trigo. Da mesma maneira, essas duas

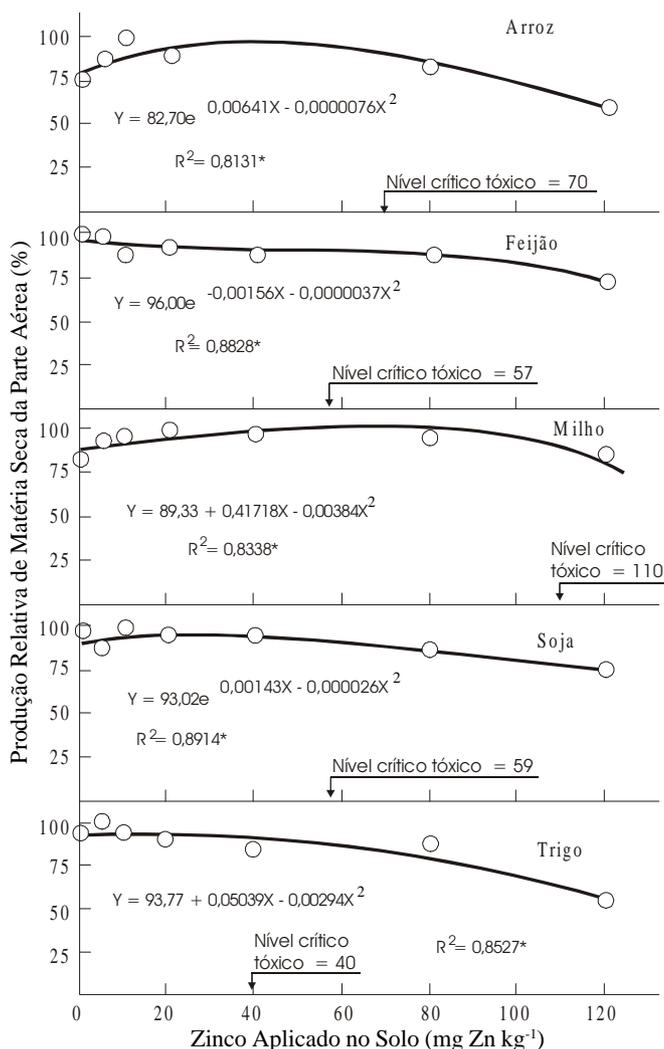


Figura 1. Relação entre zinco aplicado no solo e produção relativa de matéria seca da parte aérea das culturas de arroz, feijão, milho, soja e trigo, em solo de cerrado

culturas são mais tolerantes à toxidez de zinco, em comparação com as demais culturas testadas. Clark (1990) relatou que o arroz e o milho são mais sensíveis à deficiência de zinco e o trigo é mais eficiente no uso deste nutriente.

A análise de solo é um dos principais parâmetros de avaliação de fertilidade do solo; portanto, foram calculados os teores de Zn adequados e tóxicos no solo em relação à produção relativa da parte aérea, utilizando-se o extrator Mehlich 1 e DTPA (Figuras 2 e 3). As culturas de arroz, milho, soja e trigo mostraram resposta significativa e quadrática com o aumento do teor de Zn no solo, mas a produção relativa do feijoeiro diminuiu com o aumento do teor do Zn no solo.

Com base em 90% de produção relativa, os teores adequados de Zn no solo pelo extrator Mehlich 1 para a cultura de arroz, feijão, milho, soja e trigo foram, respectivamente, de 5, 0,7, 2, 0,8 e 0,5 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo. Quando o teor de Zn no solo foi extraído pelo extrator DTPA, os níveis adequados de Zn foram de 4 mg kg<sup>-1</sup> para o arroz, de 1 mg kg<sup>-1</sup> para o milho e de 0,3 mg kg<sup>-1</sup> de solo para o feijão, a soja e o trigo. Cox (1987) e Martens & Lindsay (1990) fizeram um revisão de literatura sobre o nível crítico de Zn em vários tipos de solo e culturas e relataram que os níveis críticos de Zn variam de extrator para extrator e de

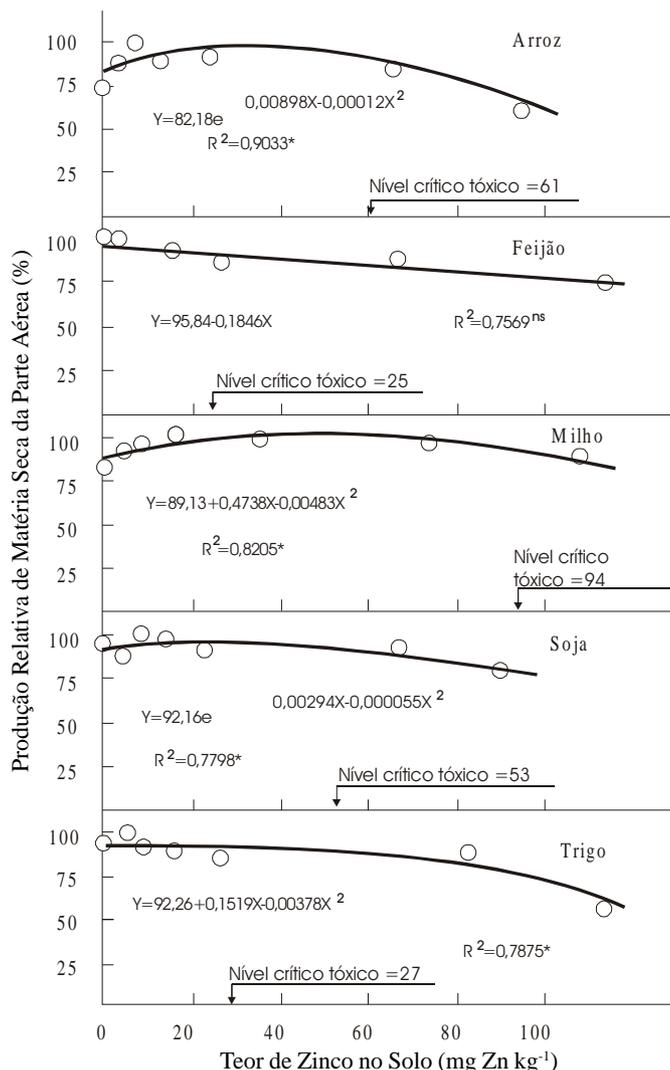


Figura 2. Relação entre teor de zinco no solo extraído pelo extrator Mehlich 1 e produção relativa de matéria seca da parte aérea das culturas de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de cerrado

cultura para cultura; atestam, ainda, os níveis críticos de Zn na faixa de 0,5 a 3 mg kg<sup>-1</sup> de solo para as culturas de arroz, feijão, milho e soja pelo extrator Mehlich 1 e DTPA. Buzetti et al. (1991) encontraram os níveis críticos de Zn para a cultura de soja em solo de cerrado entre 0,27 a 0,37 mg kg<sup>-1</sup> de solo, pelo extrator DTPA. Lindsay & Norvell (1978) encontraram 0,8 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo como nível crítico para a cultura de milho com o extrator DTPA. Os resultados obtidos neste trabalho estão na mesma faixa e o valor do nível crítico de arroz é um pouco mais alto; esta diferença pode estar relacionada ao pH do solo e à idade da planta. O teor tóxico de Zn no solo, pelo extrator Mehlich 1, baseado em 10% de redução da produção relativa após atingir o nível máximo, foi de 61 mg Zn kg<sup>-1</sup> para a cultura de arroz, de 25 mg Zn kg<sup>-1</sup> para a cultura de feijão, 94 mg Zn kg<sup>-1</sup> para a cultura de milho, de 53 mg Zn kg<sup>-1</sup> para a cultura de soja e de 27 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo para a cultura de trigo. Os mesmos valores com o extrator DTPA foram de 35 mg kg<sup>-1</sup> para o arroz, de 25 mg kg<sup>-1</sup> para o feijão, de 60 mg kg<sup>-1</sup> para o milho, de 33 mg kg<sup>-1</sup> para a soja e de 34 mg kg<sup>-1</sup> de solo para a cultura do trigo, significando que a tolerância das culturas à toxidez de Zn no

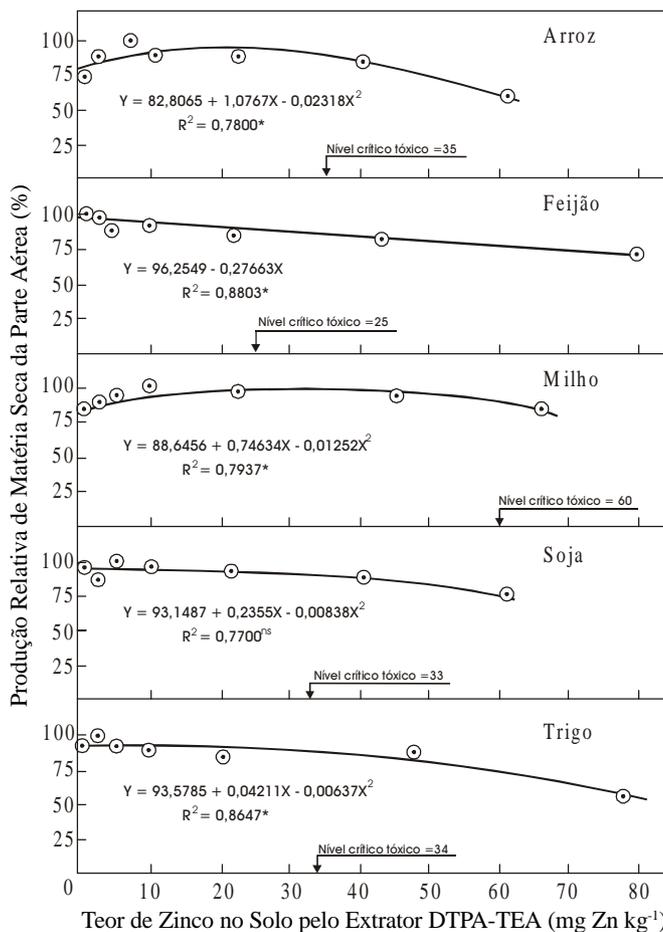


Figura 3. Relação entre teor de zinco no solo extraído pelo extrator DTPA e produção relativa de matéria seca da parte aérea das culturas de arroz, feijão, milho, soja e trigo, em solo de cerrado

solo está na ordem de milho > arroz > soja > trigo > feijão. Na literatura não existe esse tipo de dado para as culturas anuais em solo de cerrado, para fazer a comparação; portanto, tais dados serão muito úteis na interpretação de dados de análise de solo na produção das principais culturas anuais.

Teores adequados de Zn na planta foram determinados com base em 90% da produção máxima para cada cultura (Figura 4). Esses valores foram de 67 mg kg<sup>-1</sup> para a cultura de arroz, de 18 mg kg<sup>-1</sup> para a cultura de feijão, de 27 mg kg<sup>-1</sup> para a cultura de milho, de 20 mg kg<sup>-1</sup> para a cultura de soja e de 19 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca para a cultura de trigo. O nível adequado de Zn na parte aérea de arroz é relatado como de 47 mg kg<sup>-1</sup>, feijão de 35 mg kg<sup>-1</sup>, milho de 20 mg kg<sup>-1</sup>, soja 21 mg kg<sup>-1</sup> e trigo de 15 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca na fase inicial de crescimento das culturas (Fageria et al., 1997). Os resultados obtidos estão mais ou menos nas mesmas faixas de concentração e os teores tóxicos de Zn na planta foram de 673 mg kg<sup>-1</sup> para a cultura de arroz, de 133 mg kg<sup>-1</sup> para a cultura de feijão, de 427 mg kg<sup>-1</sup> para a cultura de milho, de 187 mg kg<sup>-1</sup> para a cultura de soja e de 100 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca para a cultura de trigo, significando que o arroz é mais tolerante à toxidez de zinco e o feijão mais sensível. Não existem muitos dados na literatura neste sentido, mas Fageria (1992) relatou excesso tóxico de zinco na parte aérea das culturas anuais, com teores maiores que 400 mg kg<sup>-1</sup> de matéria seca.

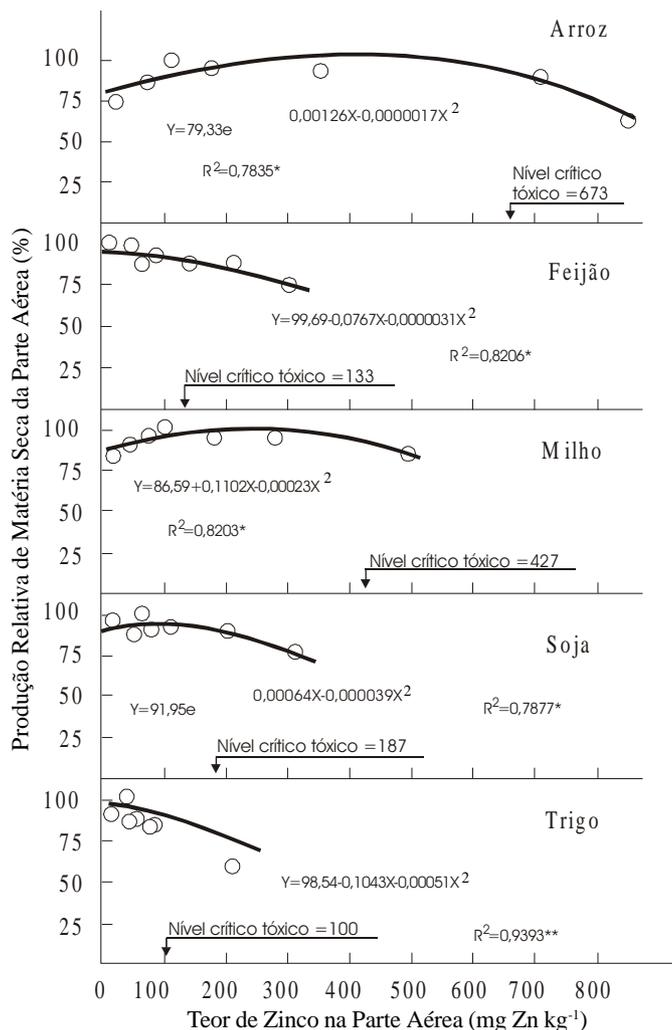


Figura 4. Relação entre teor de zinco na parte aérea e produção relativa de matéria seca da parte aérea das culturas de arroz, feijão, milho, soja e trigo, em solo de cerrado

A quantidade de zinco acumulada na parte aérea das várias culturas está relacionada aos níveis de zinco aplicado no solo (Figura 5). A acumulação foi significativa e quadrática para todas as culturas e variou na ordem de milho > arroz > feijão > soja > trigo. Esta diferença na acumulação está relacionada à produção de matéria seca da parte aérea e, também, a diferentes capacidades de cada espécie na absorção e acumulação.

## CONCLUSÕES

1. O zinco influenciou a produção de matéria seca da parte aérea de arroz, feijão, milho, soja e trigo, mas a resposta variou conforme a cultura.
2. As doses de zinco que propiciaram 90% da produção máxima de matéria seca da parte aérea variaram entre 1 a 10 mg kg<sup>-1</sup> de solo para a cultura de arroz, feijão, milho, soja e trigo.
3. Os níveis críticos tóxicos de zinco aplicados no solo estiveram entre 40 a 110 mg Zn kg<sup>-1</sup> de solo.
4. Os teores adequados de zinco no solo variaram de 0,5 a 5 mg kg<sup>-1</sup> de solo, pelo extrator Mehlich 1, e de 0,3 a 4 mg kg<sup>-1</sup> pelo extrator DTPA. Os teores tóxicos variaram de 25 a 94 mg kg<sup>-1</sup> de solo, pelo extrator Mehlich 1, e de 33 a 60 mg kg<sup>-1</sup>, pelo extrator DTPA.

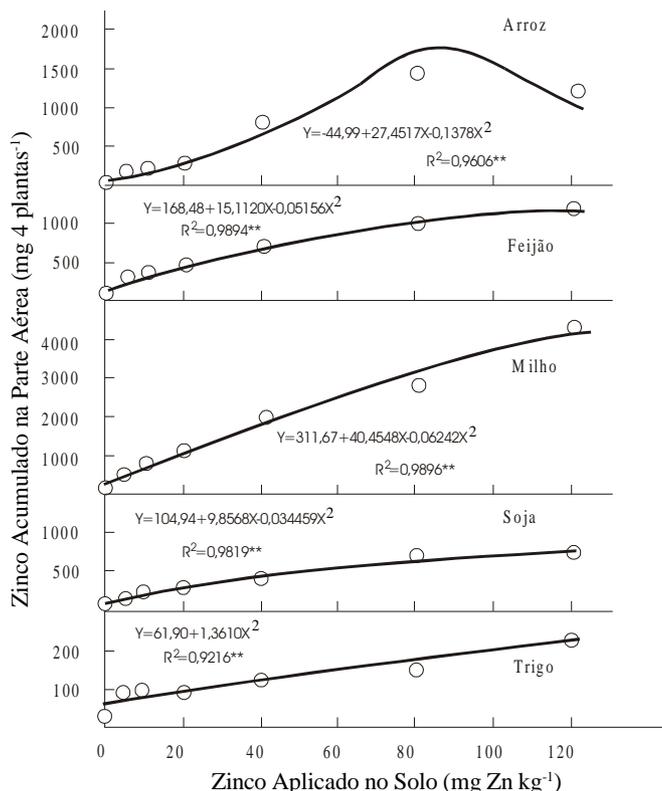


Figura 5. Relação entre zinco aplicado no solo e zinco acumulado na parte aérea das culturas de arroz, feijão, milho, soja e trigo, em solo de cerrado

5. Os teores adequados de zinco na planta variaram de 18 a 67 mg kg<sup>-1</sup> da matéria seca da parte aérea e os tóxicos de 100 a 673 mg kg<sup>-1</sup>, dependendo da cultura.

6. A cultura de arroz é mais sensível à deficiência de Zn e as de trigo e feijão são mais tolerantes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARBOSA FILHO, M.P.; DYNIA, J.F.; FAGERIA, N.K. Zinco e ferro na cultura do arroz. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 71p. EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 49
- BARBOSA FILHO, M.P.; DYNIA, J.F.; ZIMMERMANN, F.J.P. Resposta do arroz de sequeiro ao zinco e ao cobre, com efeito residual para o milho. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.14, n.3, p.333-338, 1990.
- BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van. Soluções extratoras na avaliação da fitodisponibilidade do zinco em solos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.18, n.3, p.457-461, 1994.
- BUZETTI, S.; MURAOKA, T.; MAURO, A.O. Doses de zinco em diferentes condições de acidez de um solo de cerrado. I. Produção de matéria seca e grãos e nível crítico no solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.26, n.6, p.913-918, 1991.
- CLARK, R.B. Physiology of cereals for mineral nutrient uptake, use and efficiency. In: BALIGAR, V.C.; DUNCAN, R.R. (ed.). Crops as enhancers of nutrient use. San Diego: Academic Press, 1990. p.131-209.
- COX, F.R. Micronutrient soil tests: Correlation and calibration. In: BROWN, J.R. (ed.). Soil testing: Sampling, correlation, and calibration and interpretation. Madison: Soil Science Society of America, 1987. p.97-117.

- FAGERIA, N.K. Adubação e nutrição mineral da cultura de arroz. Rio de Janeiro: Campus - Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1984. 341p.
- FAGERIA, N.K. Maximizing crop yields. New York: Marcel Dekker, 1992. 274p.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Response of common bean, upland rice, corn, wheat, and soybean to soil fertility of an Oxisol. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v.20, n.10, p.1279-1289, 1997.
- FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. Growth and mineral nutrition of field crops. 2.ed.rev.aum. New York: Marcel Dekker, 1997. 656p.
- FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Interação entre fósforo, zinco e calcário em arroz de sequeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.3, n.2, p.88-92, 1979.
- GALRÃO, E.Z. Efeito de micronutrientes e do cobalto na produção da soja em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.13, n.1, p.41-44, 1989.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de correção da deficiência de zinco para o cultivo do milho num Latossolo Vermelho-Escuro argiloso sob cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.18, n.2, p.229-233, 1994.
- GALRÃO, E.Z. Métodos de aplicação de zinco e avaliação de sua disponibilidade para o milho num Latossolo Vermelho-Escuro, argiloso, fase cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.20, n.2, p.283-289, 1996.
- GALRÃO, E.Z.; SUHET, A.R.; SOUSA, D.M.G. de. Efeito de micronutrientes no rendimento e composição química do arroz (*Oryza sativa* L.) em solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.2, n.2, p.129-132, 1978.
- GRAHAM, R.D.; WELCH, R.M. Breeding for staple food crops with high micronutrient density. Washington: International Food Policy Research Institute, 1996. IFPRI. Working Papers on Agricultural Strategies for Micronutrients, 3.
- LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.42, n.3, p.421-428, 1978.
- MARTENS, D.C.; LINDSAY, W.L. Testing soils for copper, iron, manganese, and zinc. In: WESTERMAN, R.L. (ed.). *Soil testing and plant analysis*. 3.ed. Madison: Soil Science Society of America, 1990. p.229-264.