

RESPOSTA DE DOIS CULTIVARES DE ARROZ AO ZINCO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Eurípedes Malavolta¹

Reges Heinrichs²

Cleusa Pereira Cabral³

Simone Cristina de Oliveira²

Gabor Szakacs²

José Fernandes de Andrade Netto⁴

Raul Santin de Almeida⁴

Wilson J.O. Souza⁵

Marcelo Malavolta⁶

RESUMO

Foi conduzido um experimento de adubação de arroz, cultivares IAC 165 e IAC 202 em solução nutritiva, com quatro doses de zinco, a saber: 0,000; 0,065; 0,130 e 0,325 mg L⁻¹ de Zn. Foram usados cinco repetições em um delineamento inteiramente casualizado. No fim do ciclo as plantas foram colhidas, com separação das raízes, colmos com folhas, raquis e grãos. Determinou-se o peso de matéria seca de cada parte, o peso de cem sementes com casca e os teores de Zn e P no conjunto colmos mais folhas. As principais conclusões foram as seguintes: os cultivares diferiram na resposta média ao zinco medida pela produção de

1 Pesquisador permissionário, Bolsista do CNPq, Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, Piracicaba, SP. E-mail: mala@cena.usp.br Autor para correspondência.

2 Estudante de Pós-Graduação, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, Piracicaba, SP.

3 Técnica de laboratório, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, Piracicaba, SP.

4 Estudante de Pós-Graduação, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, SP.

5 Estudante de Pós-Graduação, Faculdade de Agronomia e Veterinária, UNESP, Jaboticabal, SP.

6 Engº. Agrº., Estagiário, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, Piracicaba, SP.

grãos; houve efeito do micronutriente na produção da matéria seca de todas as partes, exceto no caso das raquis; a produção máxima de grãos foi alcançada com a dose de 0,065 mg L⁻¹ na qual o cultivar IAC 202 foi significativamente superior; com as doses maiores houve diminuição na produção de matéria seca total e de grãos, o que esteve associado a teores excessivos de zinco nos colmos e folhas; foi encontrada significância na relação entre dose de Zn e quantidade de grãos; encontrou-se correlação positiva entre dose e teor de Zn na parte aérea vegetativa e nos grãos; a produção de grãos não se correlacionou com o teor de Zn na parte aérea, nem com o quociente P/Zn na parte aérea e produção de grãos; a eficiência de utilização do zinco para a formação da colheita foi maior no cultivar IAC 202.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L.; cultivares; IAC 165; IAC 202; zinco.

ABSTRACT

RESPONSE OF TWO RICE (*Oryza sativa* L.) VARIETIES TO ZINC IN NUTRIENT SOLUTION

Two rice varieties, IAC 165 and IAC 202, were grown in nutrient solution under four rates of zinc, namely: 0.000, 0.065, 0.130 and 0.325 mg L⁻¹. Five replicates in a fully randomized design were used. At harvest the plants were split into roots, culms with leaves, rachis and grains. Dry matter of the various parts, weight of 100 seeds, and P and Zn content of culms plus leaves were determined. Main conclusions were as follows: on the average of the rates of Zn applied, the varieties showed significant difference in yield; the micronutrient affected dry matter production of all plants parts, except of rachis; maximum grain yield was reached under the lower zinc rate (0.065 mg L⁻¹) in which IAC 202 showed higher production; at the two higher rates there was a decrease both in total dry matter and grain production which was associated to excess zinc in culms with leaves; significant correlation was found between doses of Zn and quantity of grain; there was, positive correlation between doses and zinc content of the aerial part and of the grains as well; grain production was not related to zinc level in culms plus leaves; the P/Zn ratio also was not

significantly correlated with grain production; the efficiency of Zn utilization for yield formation was higher in the case of variety IAC 202.

Key words: *Oryza sativa* L.; varieties; IAC 165; IAC 202; zinc.

INTRODUÇÃO

O arroz, parte importante da dieta do povo brasileiro, ocupou, no ano agrícola de 1999/2000, área de 3.671.000 ha, com produção de 11.144.000 t, de acordo com dados da ANDA (2001). A produtividade média, que não diferencia entre arroz de sequeiro e irrigado, foi de 3.036 kg ha⁻¹. Segundo a mesma fonte, a cultura consumiu 537.000 t de fertilizante (produto) o que corresponde a 146 kg de formulação por hectare. Tais formulações devem conter os três macronutrientes primários, N, P₂O₅ e K₂O e, geralmente Ca e S. Muitas delas, talvez a maioria, particularmente as destinadas ao plantio de sequeiro contém também zinco. Há 30 anos se sabe que esse micronutriente pode ser limitante para o arroz. Em sua revisão Galvão (1988) lembra o trabalho de Souza & Hiroce (1970) conduzido em São Paulo no qual foi identificada pela primeira vez no Brasil a deficiência de Zn nesse cereal e indicada a maneira de preveni-la.

A carência pode ter várias causas, não mutuamente excludentes, das quais as principais são as seguintes: pobreza no solo como acontece, por exemplo, no cerrado (Malavolta & Kliemann, 1985); diminuição na disponibilidade pela calagem (Fageria & Zimmermann, 1985); indução pelo excesso de fósforo no meio (Malavolta & Gorostiaga, 1974); baixa eficiência de absorção ou de utilização do absorvido para a formação da colheita (Brown *et al.* 1972; Stefanutti, 1987).

Os teores de Zn no tecido associados com a deficiência e com a produção adequada são variáveis o que deve ser consequência da diversidade da parte analisada, do cultivar, da época de amostragem e das condições do meio (substrato e clima). De acordo com Barbosa Filho (1997) o teor de 10 mg kg⁻¹ de Zn na parte aérea (colmos mais folhas) indica deficiência quando a amostragem é feita no perfilhamento; o nível adequado está entre 20 e 150. Para Reuter *et al.* (1997), no mesmo estágio, os teores são, respectivamente, 13 e 23 a 36 mg kg⁻¹. Não foram

encontrados dados para o fim do ciclo, exceto os do trabalho de Malavolta *et al.* (1982). A presente contribuição, baseada na hipótese da resposta diferencial dos cultivares ao zinco, teve os seguintes objetivos: comparar o efeito do Zn em dois cultivares comerciais cultivados em solução nutritiva; avaliar o efeito de doses de zinco no seu teor na parte aérea; verificar a eficiência de utilização do micronutriente pelos cultivares no processo de formação da colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, SP, no período de dezembro de 2000 a junho de 2001.

Fôram utilizados os cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) IAC 165 e IAC 202 fornecidos pelo Prof. Dr. A. Ando, da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, ESALQ-USP, Piracicaba, e do CENA-USP.

As sementes, depois de desinfetadas com solução de hipoclorito de sódio a 10 %, foram postas a germinar em bandejas plásticas de 0,5 x 0,3 x 0,07 m, com camada de vermiculita de 2,5 cm de espessura umedecida com uma solução de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 10^{-4}M . Quando as plântulas estavam com cerca de 7 cm de altura, foram transferidas para bandejas plásticas com 40 L da solução de Johnson *et al.* (1957) diluída a 1/5 e da qual o zinco foi omitido. As plântulas, 80 por bandeja, foram fixadas nos furos da tampa da mesma por meio de espuma plástica colocada ao redor do colo. A solução foi continuamente arejada com auxílio de ar comprimido canalizado por tubo de plástico em cuja ponta era colocado um pedaço de tubo de vidro de 5 cm de comprimento e com furo de 0,5 mm. A água utilizada para o preparo dessa e das demais soluções foi desionizada.

Depois de duas semanas de adaptação as plantas com cerca de 15 cm de altura foram transferidas para vasos plásticos de 1,5 L de capacidade pintados externamente com Neutrol e sobre este com tinta branca. As plantas receberam a solução nutritiva de Johnson *et al.* (1957) modificada quando à dose de Zn: 0,000; 0,065; 0,130 e 0,325 mg L^{-1} . A concentração de zinco na solução original é 2 μM ou 0,131 mg L^{-1} . As soluções continuamente arejadas eram renovadas a cada 15 dias e seu pH foi

ajustado a 5,5 semanalmente. Sempre que necessário o volume da solução era completado. Cada vaso tinha uma planta que foi tutorada quando mais desenvolvida.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 5 repetições. Para determinação da composição mineral foram utilizadas duas repetições.

No fim do ciclo, as plantas foram colhidas, com separação de raízes, colmos junto com folhas, raquis e grãos, secando-se a 70°C e pesou-se a matéria seca. No conjunto dos colmos com folhas, considerado como parte aérea foram feitas as determinações de P e Zn de acordo com Malavolta *et al.* (1997). Foi determinado também o peso de 100 sementes.

Os dados de matéria seca e composição mineral (fósforo e zinco) foram submetidas à análise estatística, conforme descrito por Pimentel-Gomes (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 está apresentada a análise de variância das interações entre produção de massa de matéria seca de raízes, colmo e folhas, ráquis, grãos, total e eficiência de utilização de Zn do arroz submetido ao cultivo em solução nutritiva com doses variadas de zinco. A análise dos resultados evidencia que ocorreram interações significativas entre as doses e cultivares, exceto na produção de ráquis.

A Tabela 2 apresenta os dados de produção de matéria seca das diversas partes das plantas. Pode-se ver que: exceto a ráquis, os demais órgãos apresentam interação significativa com as doses de Zn. O cultivar IAC 165 não diferiu na produção de matéria seca dos órgãos nos tratamentos com Zn na solução. No IAC 202 observou-se que a dose 0,065 mg L⁻¹ proporcionou maior produção de colmo e folhas, grãos e matéria seca total. A resposta dos cultivares, avaliada pela produção de matéria seca dentro de uma determinada dose, foi diferente, dependendo do órgão e da dose de zinco fornecida. Considerando-se a produção média de grãos vê-se que o IAC 202 foi superior ao IAC 165. A produção obtida é comparável à registrada por Fageria (2001) que cultivou 10 genótipos em vaso com 5 kg de solo com as doses de 0 e 10 mg Zn kg⁻¹ fornecidos

Tabela 1. Análise da variância da produção de matéria seca e eficiência de utilização do Zn em dois cultivares de arroz (IAC 165 e IAC 202) submetidos a doses distintas de zinco.

Causa de variação	G.L.	Q.M.	F
Raízes			
Doses	3	1,6173	3,51*
Cultivares	1	0,576	1,25
Doses x cultivares	3	1,998667	4,34*
Resíduo	32	0,460625	
Total	39		
Colmos e folhas			
Doses	3	97,2407	23,97**
Cultivares	1	56,169	13,85**
Doses x cultivares	3	23187	5,72**
Resíduo	32	4,0565	
Total	39		
Ráquis			
Doses	3	0,2376	9,27**
Cultivares	1	0,6241	2,43
Doses x cultivares	3	0,0175	0,68
Resíduo	32	0,02563125	
Total	39		
Grãos			
Doses	3	49,0693	38,94**
Cultivares	1	23,409	18,58**
Doses x cultivares	3	15,2757	12,12**
Resíduo	32	1,26	
Total	39		
Total			
Doses	3	312,7777	51,33**
Cultivares	1	10,0200	1,64
Doses x cultivares	3	60,9778	10,01**
Resíduo	32	6,09179	
Total	39		
Eficiência de utilização do Zn pelo arroz			
Doses	3	98,1926	373,45**
Cultivares	1	8,6289	32,82**
Doses x cultivares	3	0,6852	2,61
Resíduo	8		
Total	15		

* e ** significativo ao nível de 1 % e 5 %, respectivamente.

Tabela 2. Produção de massa seca (g/vaso) do arroz cultivado em solução nutritiva⁽¹⁾.

Cultivares	Doses				Média
	0,000	0,065	0,130	0,325	
Raízes					
IAC 165	3,58B	4,35AB	3,64AB	5,00A	4,14
IAC 202	4,36A	4,32A	3,30A	3,62B	3,90
Média	3,97AB	4,33A	3,47B	4,31A	
	CV(%): 17	DMS dose: 0,82	DMS cultivar: 0,44		
Colmos e folhas					
IAC 165	11,32B	17,82bA	17,06aB	15,74aA	15,48a
IAC 202	10,10B	18,82aA	10,86bB	12,68bB	13,11b
Média	10,71C	18,32A	13,96	14,21B	
	CV(%): 14	DMS dose: 2,44	DMS cultivar: 1,30		
Raquis					
IAC 165	0,32	0,50	0,38	0,66	0,46
IAC 202	0,31	0,66	0,52	0,68	0,54
Média	0,32C	0,58AB	0,45BC	0,67A	
	CV(%): 32	DMS dose: 0,19	DMS cultivar: 0,10		
Grãos					
IAC 165	7,36B	9,80bA	9,20bA	8,26AB	8,56b
IAC 202	6,24C	14,60aA	9,96aB	9,94B	10,18a
Média	6,80C	12,20A	9,58B	9,10B	
	CV(%): 12	DMS dose: 1,36	DMS cultivar: 0,72		
Total					
IAC 165	22,58B	32,46bA	30,28aA	29,66A	28,74
IAC 202	21,01C	38,40aA	24,64bBC	26,92B	27,74
Média	21,80C	35,43A	27,46B	28,29B	
	CV(%): 9	DMS dose: 2,99	DMS cultivar: 1,59		

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula, na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

para 4 plantas. A Figura 1 mostra a relação entre dose de zinco e produção. A dose de produção máxima nos cultivares IAC 165 e IAC 202 foram, respectivamente, 0,17 e 0,18 mg L⁻¹, correspondendo, aproximadamente, a fornecida pela solução usual de Johnson et al. (1957). Através da produção máxima estimada, IAC 165=9,76 g/vaso e IAC 202=12,83 g/vaso, pode-se observar que com dose semelhante de Zn, o cultivar IAC 202 apresenta maior rendimento de grãos.

A diminuição na produção e grãos com as doses mais altas de zinco está associada com teores do elemento na parte aérea acima de 30 mg kg^{-1} , os quais chegaram a 60 mg e quase 90 mg , respectivamente no IAC 165 e 202 (Figura 2). Embora elevados, entretanto, esses níveis estão abaixo dos considerados tóxicos por Fageria & Baligar (2000) ou seja, 673 mg kg^{-1} .

Como se observa na Figura 3 há estreita correlação entre dose de Zn e seu teor nos grãos, embora não o faça entre teor na parte aérea e produção de grãos (Tabela 3), um aparente afastamento de uma das premissas da diagnose foliar. Somente a regressão cúbica foi significativa, como se sabe, não é recomendado o uso de equação maior que quadrática em experimentos com adubação, motivo pelo qual não foi apresentada. O grão de arroz se apresenta assim como um órgão dreno para zinco e possível indicador do estado nutricional.

O emprego de relações, preferivelmente com significado fisiológico conhecido é, às vezes, preferido ao dos teores isolados de elementos (Beaufils, 1957; Prevot & Ollagnier, 1957). A Tabela 4 apresenta a análise da variância entre as relação P/Zn, que pode ser realizada pois os denominadores são positivos e não se aproximam de zero, embora o número de repetições seja pequeno (apenas duas), admitindo-se que a distribuição seja razoavelmente normal. No entanto, não foi verificada significância.

A eficiência de utilização de nutrientes, EUN, de um genótipo de qualquer cultura, foi definida por Malavolta & Amaral (1978) como o quociente do produto agrícola pela quantidade total de elemento absorvido multiplicado pelo número de dias do ciclo. Trabalhando com 104 cultivares de feijão demonstraram existir correlação positiva entre EUN para N, P e K e produtividade daquelas. Somando-se o conteúdo de Zn em todas as partes das plantas (raízes, colmos mais folhas, grãos com casca) foi obtida a quantidade total absorvida. Dividiu-se em seguida a matéria dos grãos, em gramas, pelo conteúdo total de Zn em mg/planta (Tabela 4).

Como se pode observar, o IAC 202 se mostra mais eficiente no processo de conversão do Zn absorvido em grãos. O que é confirmado pela regressão entre dose de Zn aplicada e EUZn: IAC 165: $y = 15,57 - 76,81x + 134,58x^2$ ($R^2 = 0,99^{**}$); IAC 202: $y = 18,10 - 96,14x + 180,22x^2$ ($R^2 = 0,99^{**}$).

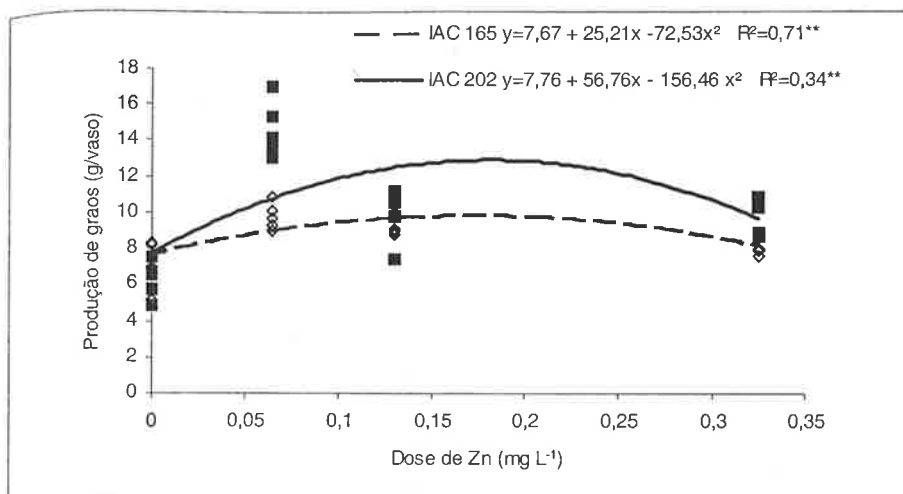


Figura 1. Relação entre dose de Zn em solução nutritiva e produção de grãos de arroz (cultivares IAC 165 e 202).

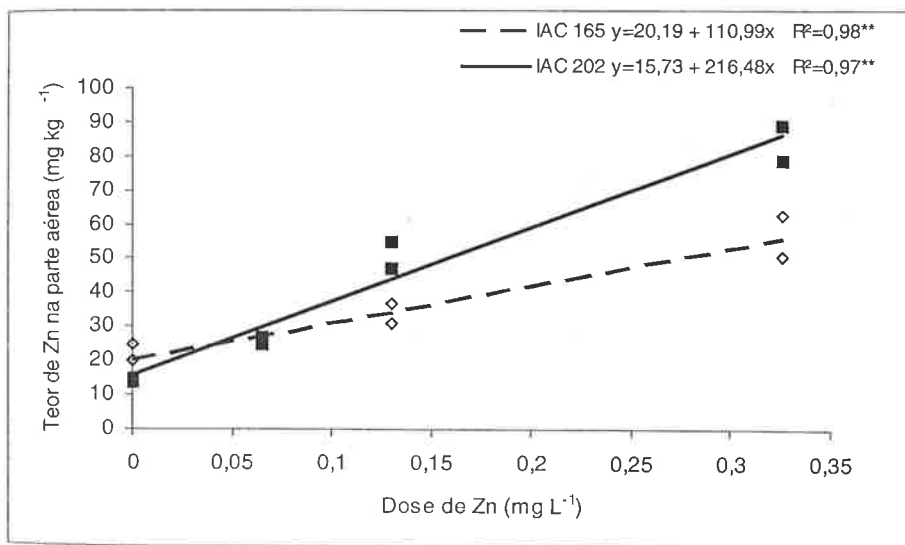


Figura 2. Relação entre dose de zinco e teor nos colmos mais folhas.

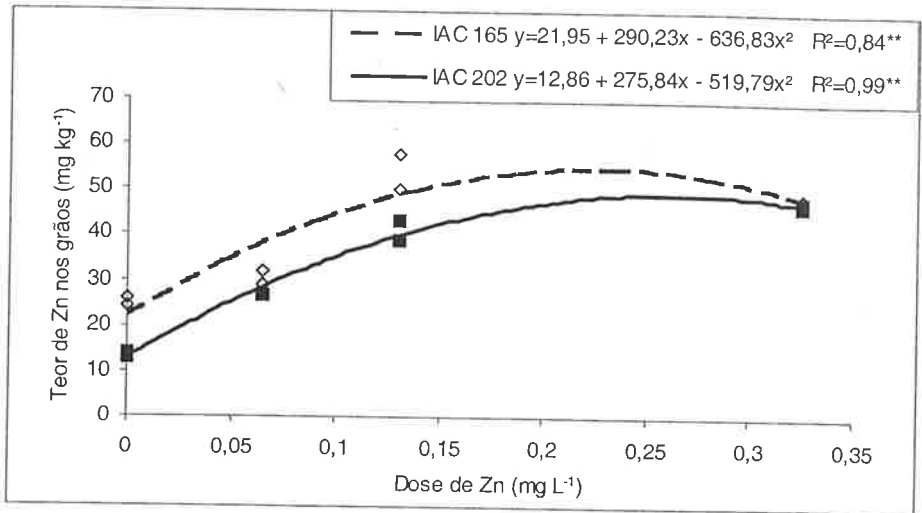


Figura 3. Efeito da dose de zinco no seu teor nos grãos.

Em seu estudo sobre a eficiência de absorção de Zn por genótipos de arroz, Fageria (2001) não encontrou diferença significativa no efeito do elemento sobre a produção de grãos. Entretanto, calculou o chamado “índice de eficiência de colheita de grão” usando a fórmula: (colheita no nível baixo de Zn/média experimental de colheita no nível baixo de Zn)/(colheita no nível alto de Zn/média experimental no nível alto de Zn). Como no presente ensaio houve resposta ao Zn, torna-se atraente usar um processo semelhante para calcular a eficiência de utilização do zinco no processo de formação de colheita. Para cada um dos dois cultivares fez-se a diferença entre a produção máxima, obtida na dose de 0,065 mg L⁻¹ de Zn e a dada pela dose 0,000 e em seguida dividiu-se o resultado pela diferença entre a produção máxima, média dos dois cultivares, pela mínima dos dois. Tem-se assim, EUZn do IAC165 = 0,46 e EuZn do IAC202 = 1,55. Também desse modo o cultivar IAC 202 se apresenta como o mais eficiente.

Tabela 3. Análise da variância das regressões dos parâmetros avaliados em cultivares de arroz (IAC 165 e IAC 202) submetidos a doses de Zn.

Causa de variação	G.L.	Q.M.		F	Q.M.	
		IAC 165			IAC 202	
Dose de Zn e produção de grãos						
Regressão Linear	1	0,0241	0,03	1	2,6812	1,53
Regressão Quadrática	1	12,1425	15,79**	1	56,4961	32,27**
Regressão Cúbica	1	5,0388	6,55*	1	116,65	66,62**
Resíduo	16	0,7690		16	1,7510	
Total	19			19		
Dose de Zn e teor de Zn no colmo e folhas						
Regressão Linear	1	1457,2857	56,87**	1	5544,1428	262,44**
Regressão Quadrática	1	13,8738	0,54	1	58,6465	2,78
Regressão Cúbica	1	10,2154	0,40	1	83,5856	3,96
Resíduo	4	25,6250		4	21,1250	
Total	7			7		
Dose de Zn e teor de Zn nos grãos						
Regressão Linear	1	603,5714	61,90**	1	1118,8928	497,29**
Regressão Quadrática	1	374,3788	38,40**	1	249,4179	110,85**
Regressão Cúbica	1	187,0497	19,18**	1	8,1892	3,64
Resíduo	4	9,7500		4	2,2500	
Total	7			7		
Teor de Zn na Parte aérea e produção de grãos						
Regressão Linear	1	0,0119	0,02	1	1,9608	0,53
Regressão Quadrática	1	0,0401	0,06	1	2,8437	0,77
Regressão Cúbica	1	0,2727	0,43	1	33,3812	9,08*
Resíduo	4	0,6410		4	3,6773	
Total	7			7		
Relação P/Zn na parte aérea e produção de grãos						
Regressão Linear	1	0,2632	0,53	1	13,7314	2,43
Regressão Quadrática	1	0,4880	0,98	1	16,5957	2,94
Regressão Cúbica	1	0,1461	0,29	1	0,0006	1,72
Resíduo	4	0,4978		4	5,6417	
Total	7			7		

* e ** significativo ao nível de 1 % e 5 %, respectivamente.

CONCLUSÕES

- 1) A produção de grãos, nos dois cultivares, foi afetada pela presença de Zn, obtendo-se a produção máxima na dose de 0,17 e 0,18 mg Zn L⁻¹

Tabela 4. Eficiência de utilização de zinco pelo arroz⁽¹⁾.

Cultivares	Dose mg Zn L ⁻¹				Média
	0,000	0,065	0,130	0,325	
	----- g grãos/mg Zn -----				
IAC 165	15,37	11,62	7,53	4,85	9,85 b
IAC 202	18,08	12,66	8,62	5,89	11,31 a
Média	16,73 A	12,14 B	8,08 C	5,37 D	
CV 5%	DMS para dose 1,16; para cultivar 0,59				

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

respectivamente para os cultivares IAC 165 e IAC 202;

2) O IAC 202 foi mais eficiente que o IAC 165 no processo de conversão do Zn absorvido em grãos.

AGRADECIMENTOS

São devidos ao Prof. Dr. Frederico Pimentel-Gomes, Professor Catedrático (aposentado) da ESALQ-USP pela orientação na análise estatística dos dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDA, 2001. Anuário Estatístico Setor de Fertilizantes. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos. 152p.
- BARBOSA FILHO, M., 1987. Nutrição e Adubação de Arroz (Sequeiro e Irrigado). Piracicaba: Potafós Bol. Tec. 9, 120p.
- BEAUFILS, E.R., 1957. Recherche d'une Exploitation Rationnelle de l'Hevea d'Aprés un Diagnostic Physiologique Reposant sur l'Analyse Minerale de Diverses Parties de la Plante. In: WALLACE, T. (Ed.) **Analyse des Plantes et Problemes des Fumures Minerales**: I.R.-H.O., p.360-376.
- BROWN, J.C.; AMBLER, J.E.; CHANEY, R.-L.; FOY, C.D., 1972.

- Differential Responses of Plant Genotypes to Micronutrients. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Ed.) **Micronutrientes in Agriculture**. Madison. Soil Science Society of America, p.389-419.
- FAGERIA, N.K, & BALIGAR, V.C., 2001. Improving Nutrient Use Efficiency in Annual Crops in Brazilian Soils for Sustainable Crop Production. **Commun. Soil Sci. Plant Analysis**, **32**(7&8):1303-1319.
- FAGERIA, N.K & ZMYERMANN, UF.J.P., 1979. Interação entre Fósforo, Zinco e Calcário em Arroz de Sequeiro. **Rev. Bras. Ci. Solo**, **3**:88-92.
- FAGERIA, N.K., 2001. Screening Method of Lowland Rice Genotypes for Zinc Uptake Efficiency. **Sci. Agr.**, **58**:623-626.
- GALRÃO, E.Z., 1988. Respostas das Culturas aos Micronutrientes Boro e Zinco. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, XVII, Londrina, 1988. Anais do Simpósio "Enxofre e Micronutrientes na Agricultura Brasileira". Londrina: EMBRAPA/IAPAR/SBCS, 1998. p.205-238.
- JOHNSON, C.M.; STOUT, P.R.; BROYER, T.C.; CARLTON, A.B., 1957. Comparative Chlorine Requirements of Different Plant Species. **Plant and Soil**, **8**:337-353.
- MALAVOLTA, E & GOROSTIAGA, O.L., 1974. Studies on the Zinc Phosphate Relationships in Plants. In: Plant Analysis and Fertilizer Problems. **Proceedings**, **2**:261-272.
- MALAVOLTA, E. & AMARAL, F.A.L., 1978. Nutritional Efficiency of 104 Bean Varieties (*Phaseolus vulgaris* L.). In: **Plant Nutrition**, Proceedings. **2**:313-317.
- MALAVOLTA, E. & KLIEMANN, H.J., 1985. Desordens Nutricionais no Cerrado. Piracicaba: Potafos, 136p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A., 1997. Avaliação do Estado Nutricional das Plantas - Princípios e Aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafós. 319p.
- MALAVOLTA, E.; PAULETO, E.A.; CAMPELLO, J.H.; FREITAS, J.R.; CAVALCANTI, L.F.; LIVA, M.L.; FIORE, M.F.; PRIMAVESI, O.; FONSECA, S.M.; CABRAL, C.P., 1992. Estudos sobre a Nutri-

- ção Mineral do Arroz. XVIIU - Efeito das Deficiências de Macro e Micronutrientes e da Toxidez de Alumínio, Cloro e Manganês na Morfologia, Crescimento, Produção e Composição Mineral dos Cultivares IAC-164 e IAC-165 Cultivadas em Solução Nutritiva. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, **39(2):815-850.**
- PIMENTEL-GOMES, F., 2000. Curso de Estatística Experimental. 14.ed. Piracicaba: Ed. do Autor. 2000. 477p.
- PREVOT, P. & OLLAGNIER, M., 1957. Method d'Utilisation du Diagnostic Foliaire. In: WALLACE, T. (Ed.) Analyse des Plantes et Problems des Fumures Minerales: I.R.H.O., p.177-192.
- REUTER, D.J.; EDWARDS, D.G.; WILUERM, N.S., 1997. Temperate and Tropical Crops. In: REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. (Ed.) Plant Analysis an Interpretation Manual. Collingwood: CSIRO, p.184-192.
- SOUZA, D.M. & ENROCE, R., 1970. Diagnose e Tratamento Preventivo, no Solo, da Deficiência de Zinco em Cultura de Arroz de Sequeiro em Solo com pH abaixo de 7. **Bragantia**, **29:91-103.**
- STEFANUTTI, R., 1997. Eficiência de Absorção e Utilização de Fósforo e Zinco por Cultivares de Arroz. Piracicaba, 93p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.