

# COMPOSIÇÃO MINERAL E EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES PELOS GRÃOS DO TRIGO IRRIGADO E SUBMETIDO A DOSES CRESCENTES E PARCELADAS DE ADUBO NITROGENADO<sup>1</sup>

Maurício Antônio de Oliveira Coelho<sup>2</sup>

Tocio Sedyama<sup>2</sup>

Moacil Alves de Souza<sup>2</sup>

Antônio Carlos Ribeiro<sup>3</sup>

Carlos Sigueyuki Sedyama<sup>3/</sup>

## RESUMO

Avaliaram-se os efeitos das doses e do parcelamento da adubação nitrogenada sobre a composição mineral e exportação de nutrientes de grãos de trigo irrigado, cultivar EMBRAPA-22. Dois experimentos foram conduzidos na Estação Experimental de Viçosa, em Coimbra, MG. Os tratamentos consistiram de quatro doses de nitrogênio (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), uma testemunha (sem nitrogênio em cobertura) e quatro formas de parcelamento (P1- dose total aos 20 dias após a emergência (DAE), P2- metade aos 20 + metade aos 40 DAE, P3- um terço aos 20 + dois terço aos 40 DAE e P4- dois terço aos 20 + um terço aos 40 DAE). As doses de N aumentaram significativamente, de forma linear e crescente, os teores de N-orgânico, proteína, S, Mg, e Zn e reduziram significativamente, de forma linear e decrescente, o teor de Mn nos grãos. As doses de nitrogênio tiveram efeitos quadráticos significativos sobre a produtividade e a exportação de P, K, N-orgânico, proteína, S, Ca, Mg, Cu e Zn e de forma linear decrescente sobre a exportação de Mn dos grãos. Em relação à testemunha, a aplicação de N aumentou a produtividade,

<sup>1</sup> Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como um dos requisitos para obtenção do título de *Magister Scientiae* em Fitotecnia. Aceito para publicação em 07.02.2001.

<sup>2</sup> Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG.

<sup>3</sup> Departamento de Solos. Universidade Federal de Viçosa. 36571-000 Viçosa, MG.

os teores de N-orgânico, proteína, S, Mg e Cu nos grãos, bem como a exportação de P, K, N-orgânico, proteína, S, Ca, Mg, Cu e Zn dos grãos.

Palavras-chaves: *Triticum aestivum*, rendimento, proteína.

## ABSTRACT

### MINERAL COMPOSITION AND NUTRIENT EXPORT IN WHEAT GRAINS IRRIGATED AND SUBMITTED TO INCREASING DOSES AND SPLITTING OF NITROGEN FERTILIZATION

This study aimed to evaluate the effects of the rates and splitting of nitrogen fertilization on the mineral composition and nutrient export in irrigated wheat grains cv. EMBRAPA-22. Two experiments were carried out at the Estação Experimental de Viçosa in Coimbra state of Minas Gerais. The treatments consisted of four nitrogen doses (30, 60, 90 and 120 kg ha<sup>-1</sup>), one control (without N application) and four splitting forms, that is, P1- total dose at 20 days after emergence (DAE); P2 - a half dose at 20d + half at 40 DAE; P3 - one third at 20d + two thirds at 40 DAE, and P4 - two thirds at 20d + a third at 40 DAE. The N doses significantly increased the contents of organic N, protein, S, Mg, Zn and significantly reduced the Mn contents in the grains. The N doses had significant quadratic effects on productivity, export of P, K, organic N, protein, S, Ca, Mg, Cu, Zn, and decreasing linear effects on Mn export in grains. As for the control, N application increased the productivity, organic N contents, protein, S, Mg and Cu in the grains, as well as the export of P, K, organic N, protein, S, Ca, Mg, Cu and Zn from grains.

Key words: *Triticum aestivum*, yield, protein.

## INTRODUÇÃO

A extração e a exportação de nutrientes pelos grãos são importantes para o estabelecimento dos níveis adequados de adubação de cada cultura e para a elevação do nível de fertilidade do solo (8).

Características genéticas, condições edafoclimáticas e técnicas de cultivo podem diferenciar o crescimento e desenvolvimento da planta, bem como a composição e a qualidade do grão (13).

Marschner (14) afirma que o nitrogênio (N) é o nutriente que têm maior interferência na composição da planta. Trabalhos têm demonstrado que tanto o rendimento (5) quanto o teor protéico (19) podem ser aumentados, até certo nível, pela adubação nitrogenada adequada e pelo controle da umidade do solo. O somatório desses fatores proporciona uma translocação eficiente de nutrientes para os grãos em desenvolvimento.

De acordo com Peltonen (16), a concentração de proteínas nos grãos do trigo é um dos principais fatores determinantes da qualidade deste cereal. O teor e a qualidade das proteínas são especialmente afetados pelas diferenças ambientais e climáticas, como, a irrigação, a temperatura, a

fertilidade, a mobilidade dos nutrientes e a disponibilidade de N no solo (15). Segundo Mandarino (13), o teor protéico do grão é extremamente influenciado pelo teor de N na planta no período compreendido entre a floração e a maturação dos grãos. Dessa forma, as doses e a época de aplicação da adubação nitrogenada podem influenciar o teor protéico dos grãos. Outros nutrientes também influenciam a qualidade dos grãos de trigo, embora com atuação pouco conhecida.

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito de doses e do parcelamento da adubação nitrogenada sobre a composição mineral e exportação de nutrientes pelos grãos do trigo irrigado.

### MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos foram conduzidos na Estação Experimental da Universidade Federal de Viçosa, em Coimbra, MG, em 1995 e 1996. A área está situada a 716 metros de altitude, 20°50'30"S e 42°48'30"W, em solo muito argiloso, classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo Câmbico, fase terraço (3). As análises física e química do solo são apresentadas no Quadro 1.

Os tratamentos foram constituídos pela combinação de quatro doses de nitrogênio (N) em cobertura (30, 60, 90 e 120 kg ha<sup>-1</sup>), quatro formas de parcelamento (P1 - dose total aos 20 dias após a emergência (DAE), P2 - 1/2 aos 20 + 1/2 aos 40 DAE, P3 - 1/3 aos 20 + 2/3 aos 40 DAE, e P4 - 2/3 aos 20 + 1/3 aos 40 DAE), e uma testemunha (sem N em cobertura). No cultivar EMBRAPA-22, 20 dias correspondem ao estágio 4 (início da alongação do pseudocolmo) e 40 dias ao estágio 8 (folha "bandeira" visível) de acordo com a escala de Feekes, modificada por Large (11). Segundo a Comissão Centro Brasileira de Pesquisa de Trigo (6), este cultivar é recomendado para altitudes superiores a 400 m, de solo fértil e irrigado; ele é pouco tolerante ao alumínio. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 4 x 4 + 1, no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições.

Cada parcela foi composta por seis linhas com cinco metros de comprimento e espaçamento entre linhas de 0,20 m. O preparo do solo constou de uma aração com arado de discos e três gradagens. Por ocasião da semeadura, 31.05.1995 e 10.05.1996, a adubação de manutenção foi aplicada no sulco de semeadura, utilizando-se 500 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 5-25-10, utilizando-se como fontes o sulfato de amônio, o superfosfato simples e o cloreto de potássio, respectivamente. O turno de rega foi estabelecido de acordo com a umidade do solo, por meio de observações diárias. Aplicou-se como fonte de N, nas adubações de cobertura, o nitrato de amônio. A adubação de cobertura foi realizada aos 20 e 40 dias após a emergência das plântulas. A dose correspondente a cada tratamento foi

dissolvida em seis litros de água (um litro por fileira) e aplicada em filete contínuo no solo, junto a cada linha de semeadura, para uniformizar a aplicação. A produtividade de grãos foi determinada de acordo com Sayre (17).

**QUADRO 1 - Características químicas e físicas de amostras do solo em que foram instalados os experimentos, na profundidade de 0 a 30cm**

Características	Ano	Valor	Interpretação <sup>4/</sup>
pH em água (1:2,5)	1995	5,4	Médio
	1996	5,5	Médio
Carbono orgânico (%)	1995	18,3	Alto
	1996	13,2	Médio
P (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1/</sup>	1995	5,9	Médio
	1996	7,3	Médio
K (mg dm <sup>-3</sup> ) <sup>1/</sup>	1995	28	Baixo
	1996	20	Baixo
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>2/</sup>	1995	20	Médio
	1996	17	Médio
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>2/</sup>	1995	8	Médio
	1996	15	Alto
Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>2/</sup>	1995	2	Baixo
	1996	0	Baixo
H + Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) <sup>3/</sup>	1995	48	Médio
	1996	18	Baixo
Areia Grossa (g kg <sup>-1</sup> )	1995	111	
	1996	100	
Areia Fina (g kg <sup>-1</sup> )	1995	60	
	1996	70	
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	1995	50	
	1996	80	
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	1995	780	
	1996	750	
Classificação textural	1995		Muito argiloso <sup>4/</sup>
	1996		Muito argiloso <sup>4/</sup>

1/ Extrator Mehlich 1.

2/ Extrator KCl (1 mol L<sup>-1</sup>).

3/ Extrator Ca(OAc)<sub>2</sub> 0,5 mol<sup>-1</sup> pH 7,0.

4/ Fonte: Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais (7).

Após a colheita, os grãos foram secados em estufa com ventilação forçada a 70 °C até atingirem peso constante, sendo depois moídos. O teor de N-orgânico no extrato foi dosado, utilizando-se o reagente de Nessler (10). Os teores de proteína foram obtidos pela multiplicação dos teores de N-orgânico pelo fator 5,7 (20).

Após a digestão nítrica perclórica, determinou-se o K por fotometria de chama, o Ca, Mg, Fe, Zn, Cu e Mn por espectrofotometria de absorção atômica, o P em espectrofotômetro pelo método da vitamina C modificado (2) e o S por turbidimetria de sulfato (1).

As quantidades exportadas de macronutrientes, de proteína e de micronutrientes foram obtidas pela seguinte expressão:

$$\text{Exp} = (\text{Produtividade} \times \text{Teor}) / 100$$

em que

*Exp* = quantidade de macronutrientes (kg ha<sup>-1</sup>), ou de proteína (kg ha<sup>-1</sup>), ou de micronutrientes (g ha<sup>-1</sup>);

*Produtividade* = produção de grãos obtida em cada tratamento (kg ha<sup>-1</sup>); e

*Teor* = proporção de macronutrientes, ou de proteína expressa em dag kg<sup>-1</sup>, ou de micronutrientes em mg ha<sup>-1</sup>, nos grãos.

Os dados foram submetidos à análise de variância, usando-se o programa SAEG-5.0 (9). Ajustaram-se os modelos de regressão, relacionando as doses de N às respectivas variáveis. Os critérios para a escolha dos modelos foram: maior coeficiente de determinação, significância dos coeficientes de regressão até 10% de probabilidade pelo teste t e significado biológico do modelo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### *Teor de Nutrientes e de Proteína nos grãos*

Nos dois anos do experimento constatou-se efeito significativo das doses de N sobre os teores de N-orgânico, proteína, S, Mg, Mn e Cu. O Zn foi influenciado significativamente pelas doses de N somente em 1996. As formas de parcelamento afetaram significativamente somente o teor de Cu no experimento de 1995 (Quadro 2).

QUADRO 2 - Médias dos teores de P, K, N-orgânico, S, Ca, Mg, Mn, Cu, Zn e Fe, nos grãos de trigo do cultivar EMBRAPA-22, por influência das doses de N e das formas de parcelamento, em 1995 e 1996.

Caracteres	Ano	Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )					Média do fatorial	Formas de parcelamento				
		0	30	60	90	120		P1	P2	P3	P4	
P (dag kg <sup>-1</sup> )	1995	(-) 0,346	0,327	0,311	0,314	0,312	(<) 0,316	0,327a	0,310a	0,314a	0,314a	0,314a
	1996	(-) 0,348	0,340	0,345	0,346	0,354	0,346	0,350a	0,342a	0,343a	0,352a	0,352a
K (dag kg <sup>-1</sup> )	1995	(-) 0,369	0,340	0,304	0,309	0,293	(<) 0,312	0,325a	0,319a	0,288a	0,314a	0,314a
	1996	(-) 0,327	0,319	0,331	0,339	0,339	0,332	0,335a	0,331a	0,323a	0,339a	0,339a
N-orgânico (dag kg <sup>-1</sup> )	1995	(+) 1,766	1,842	2,038	2,096	2,310	(>) 1,072	2,011a	2,092a	2,109a	2,074a	2,074a
	1996	(+) 1,598	1,738	1,765	1,833	2,014	(>) 1,850	1,853a	1,850a	1,824a	1,873a	1,873a
Proteína (dag kg <sup>-1</sup> )	1995	(+) 10,07	10,50	11,62	11,95	13,17	(>) 11,81	11,47a	11,93a	12,02a	11,82a	11,82a
	1996	(+) 9,11	9,91	10,06	10,74	11,48	(>) 10,55	10,57a	10,54a	10,40a	10,67a	10,67a
S (dag kg <sup>-1</sup> )	1995	(+) 0,100	0,101	0,109	0,118	0,124	(>) 0,113	0,113a	0,114a	0,114a	0,110a	0,110a
	1996	(+) 0,101	0,101	0,106	0,118	0,116	(>) 0,110	0,109a	0,110a	0,114a	0,108a	0,108a
Ca (dag kg <sup>-1</sup> )	1995	(-) 0,054	0,054	0,054	0,057	0,060	0,056	0,056a	0,056a	0,055a	0,057a	0,057a
	1996	(-) 0,058	0,059	0,059	0,061	0,059	0,060	0,060a	0,059a	0,059a	0,059a	0,059a
Mg (dag kg <sup>-1</sup> )	1995	(+) 0,232	0,228	0,226	0,236	0,240	0,233	0,237a	0,231a	0,232a	0,230a	0,230a
	1996	(+) 0,229	0,232	0,245	0,254	0,262	(>) 0,248	0,249a	0,244a	0,248a	0,252a	0,252a
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	1995	(+) 63,53	56,55	46,88	44,03	41,17	(<) 47,16	46,88a	45,34a	47,04a	49,38a	49,38a
	1996	(+) 54,76	52,13	51,09	47,65	46,59	(<) 48,31	48,58a	43,83a	43,94a	43,59a	43,59a
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	1995	(+) 5,258	5,071	5,250	5,671	5,767	5,440	5,713a	5,267ab	5,504ab	5,375b	5,375b
	1996	(+) 4,744	4,863	5,375	6,019	6,012	(>) 5,567	5,606a	5,425a	5,653a	5,584a	5,584a
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	1995	(-) 43,88	41,04	40,20	41,97	43,40	41,65	41,46a	40,43a	43,50a	41,21a	41,21a
	1996	(+) 40,26	40,17	42,49	46,18	46,59	46,86	44,06a	43,83a	43,94a	43,59a	43,59a
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	1995	(-) 50,10	45,35	49,73	47,68	48,24	47,75	50,27a	49,72a	45,55a	45,47a	45,47a
	1996	(-) 52,20	44,43	43,77	52,39	49,72	47,58	48,03a	49,34a	46,60a	46,37a	46,37a

P1 - Dose total aos 20 dias após a emergência (DAE); P2- 1/2 aos 20 + 1/2 aos 40 DAE; P3- 1/3 aos 20 + 2/3 aos 40 DAE; e P4- 2/3 aos 20 + 1/3 aos 40 DAE. Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, "dentro" de cada característica, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

(+) Houve diferença significativa entre doses, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

(-) Não houve diferença significativa entre doses, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

(<) Significativamente menor que a testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

(>) Significativamente maior que a testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

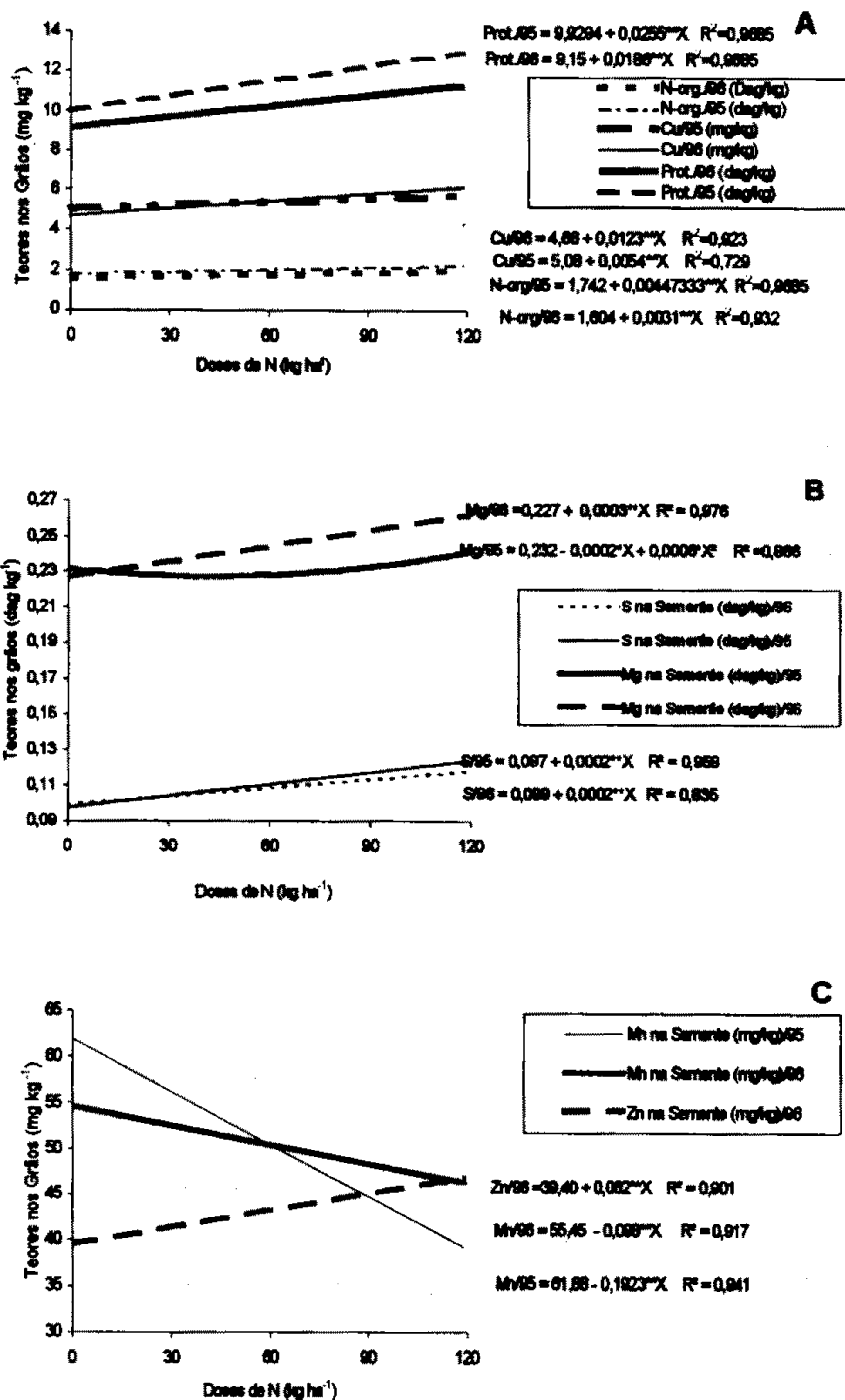
Observa-se que, com o incremento das doses de N, houve aumento linear e crescente nos teores de N-orgânico, proteína, Cu (Figura 1A), S, Mg (Figura 1B) e Zn em 1996 (Figura 1C). SOWERS et al. (19) e Schlthess et al. (18) detectaram acréscimo nos teores de N e de proteína dos grãos de trigo com o incremento das doses de N. Segundo esses autores, o teor de N e proteína nos grãos depende da disponibilidade de N para a planta nos estádios iniciais e na fase de enchimento dos grãos. Chandhry e Loneragan (4) observaram que a aplicação de N aumentou os teores de Cu e Zn na planta. Possivelmente esse aumento está relacionado com o acúmulo desses micronutrientes durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo posteriormente translocados por ocasião da fase de enchimento dos grãos. O aumento no teor de S na semente pode ser explicado pela sua presença nos aminoácidos cisteína e metionina, componente das proteínas. O aumento no teor de Mg na semente pode estar relacionado com sua presença na molécula de clorofila e sua mobilidade na planta. Segundo Marschner (14), doses maiores de N aumenta o crescimento vegetativo e o teor de clorofila e, conseqüentemente, a translocação de Mg da parte aérea para os grãos.

O teor de Mn teve redução linear com o incremento das doses de N (Figura 1C). Segundo Wilson et al. (21), o conteúdo de proteína na semente correlaciona-se negativamente com o teor de Mn na planta. Dessa forma, o teor de Mn na semente deve também correlacionar-se negativamente com o teor de proteína.

A aplicação de N aumentou os teores de N-orgânico, proteína, S, Mg e Cu; entretanto, reduziu o teor de P, K e Mn quando se comparou, em cada elemento, a média do fatorial em relação à testemunha (Quadro 2).

### *Exportação de Nutrientes e Proteína*

Nos dois anos do experimento, constatou-se efeito significativo de doses de N sobre a produtividade e sobre os teores de P, K, N-orgânico, proteína, S, Mn e Cu. O Ca, Mg e o Zn foram influenciados significativamente pelas doses de N no experimento de 1996. Não houve efeito significativo das formas de parcelamento sobre a produtividade e a proteína, bem como sobre nenhum dos nutrientes estudados (Quadro 3).



\* e \*\*: Significativos a 5 e 1% de probabilidade pelo teste t.

FIGURA 1 - Efeito das doses de nitrogênio sobre os teores de nitrogênio orgânico, proteína e cobre (A), enxofre e magnésio (B) e manganês e zinco (C) nos grãos do cultivar de trigo EMBRAPA-22, em 1995 e 1996.



QUADRO 3 - Médias da produtividade de grãos (prod.) e exportação de P, K, N-orgânico, S, Ca, Mg, Mn, Cu, Zn e Fe, pelos grãos de trigo do cultivar EMBRAPA-22, por influência das doses de N e das formas de parcelamento, em 1995 e 1996.

Caracteres	Ano	Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )					Formas de parcelamento				
		0	30	60	90	120	Média do fatorial	P1	P2	P3	P4
Prod (kg ha <sup>-1</sup> )		(+) 3978	4530	4900	4489	4239	(>) 4539	4497a	4557a	4528a	4576a
		(+) 3929	5287	6014	5353	4919	(>) 5393	5349a	5425a	5379a	5419a
P (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	(+) 13,78	14,81	15,24	14,06	13,22	14,33	14,68a	14,10a	14,21a	14,35a
	1996	(+) 13,64	18,01	20,74	18,50	17,37	(>) 18,7	18,67a	18,52a	18,41a	19,01a
K (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	(+) 14,72	15,44	14,89	13,87	12,47	14,17	14,69a	14,56a	13,08a	14,34a
	1996	(+) 12,94	16,64	19,69	17,96	16,48	(>) 17,69	17,74a	17,74a	17,14a	18,15a
N-orgânico (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	(+) 70,3	83,4	99,8	94,2	97,9	(>) 93,8	90,1a	95,1a	95,2a	94,8a
	1996	(+) 62,8	92,0	106,1	100,2	98,7	(>) 99,3	98,7a	99,3a	97,7a	101,4a
Proteína (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	(+) 400,1	475,6	568,6	536,9	557,9	(>) 534,7	513,5a	542,0a	542,9a	540,6a
	1996	(+) 357,4	524,3	604,8	571,2	562,6	(>) 565,7	562,7a	566,6a	556,6a	577,1a
S (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	(+) 3,98	4,56	5,32	5,31	5,26	(>) 5,11	5,05a	5,20a	5,16a	5,04a
	1996	(+) 3,93	5,41	6,41	6,32	5,69	(>) 5,96	5,88a	6,00a	6,11a	5,84a
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	(-) 2,15	2,47	2,64	2,55	2,53	(>) 2,55	2,53a	2,57a	2,50a	2,60a
	1996	(+) 2,36	3,13	3,58	3,28	2,87	(>) 3,21	3,25a	3,21a	3,17a	3,22a
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	(-) 9,22	10,31	11,10	10,57	10,16	(>) 10,37	10,66a	10,50a	10,50a	10,49a
	1996	(+) 9,03	12,29	14,78	13,58	12,86	(>) 13,38	13,34a	13,15a	13,35a	13,66a
Mn (g ha <sup>-1</sup> )	1995	(+) 252,1	255,9	230,3	197,9	175,0	(<) 214,8	212,5a	207,1a	213,4a	226,1a
	1996	(+) 215,1	275,1	307,0	256,5	208,7	(>) 261,9	262,4a	251,6a	268,9a	264,5a
Cu (g ha <sup>-1</sup> )	1995	(+) 20,90	22,97	25,75	25,41	24,37	(>) 24,63	25,52a	24,01a	24,46a	24,51a
	1996	(+) 18,64	25,72	32,30	32,15	29,62	(>) 29,95	29,91a	29,05a	30,51a	30,31a
Zn (g ha <sup>-1</sup> )	1995	(-) 174,5	185,7	197,1	188,3	183,8	188,7	185,8a	183,8a	197,0a	188,2a
	1996	(+) 158,1	212,1	255,5	246,0	228,1	(>) 235,4	234,9a	235,0a	235,6a	236,1a
Fe (g ha <sup>-1</sup> )	1995	(-) 198,3	205,9	242,8	212,7	204,6	216,5	224,7a	227,6a	207,0a	206,7a
	1996	(-) 203,0	238,0	260,0	281,0	246,8	256,4	254,6a	267,5a	251,6a	252,0a

P1 - Dose total aos 20 dias após a emergência (DAE); P2- 1/3 aos 20 + 1/2 aos 40 DAE; P3- 1/3 aos 20 + 2/3 aos 40 DAE; e P4- 2/3 aos 20 + 1/3 aos 40 DAE. Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, dentro de cada característica, não diferem entre si, a de 5% de probabilidade pelo teste Tukey.

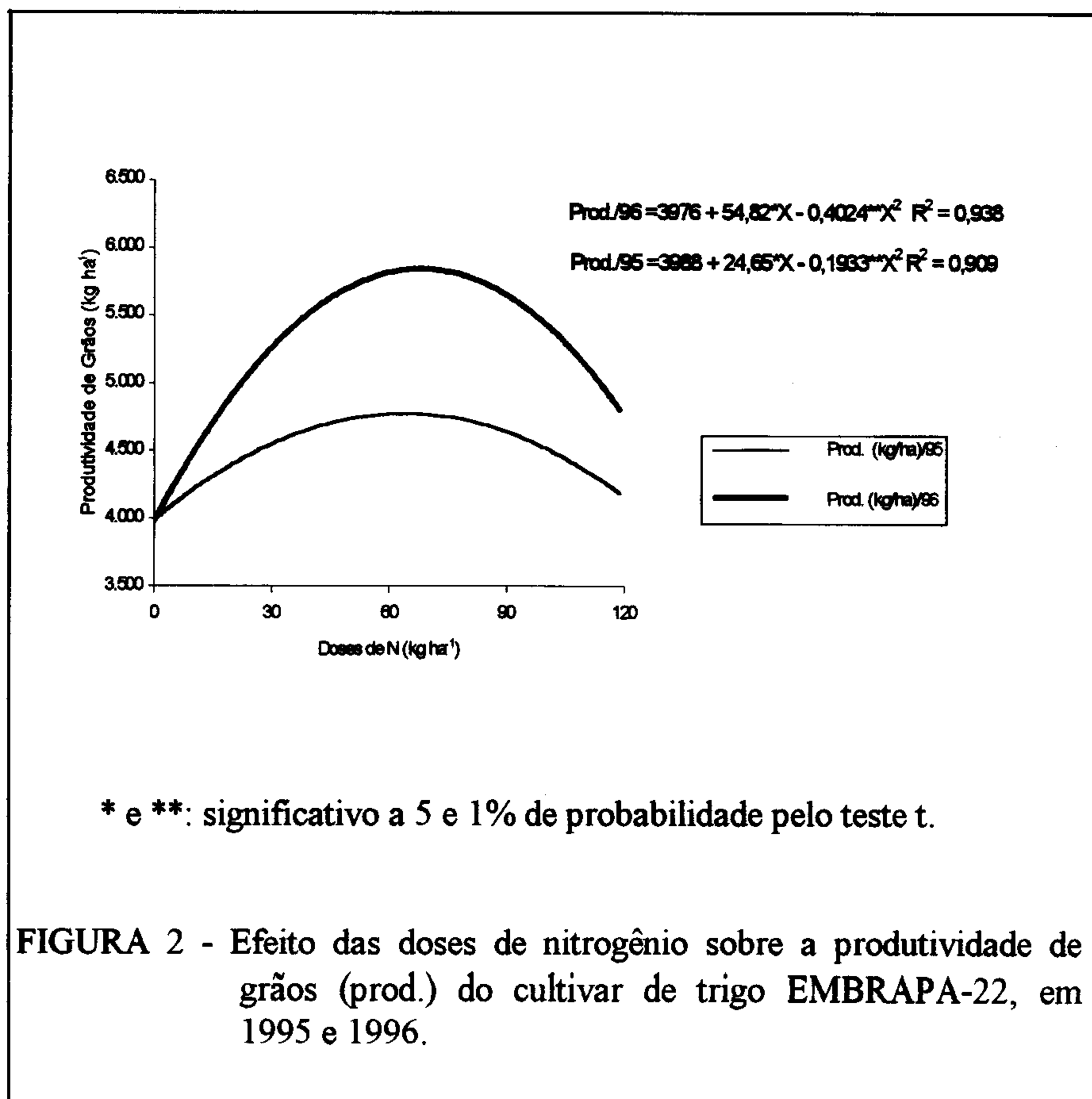
(+) Houve diferença significativa entre doses, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

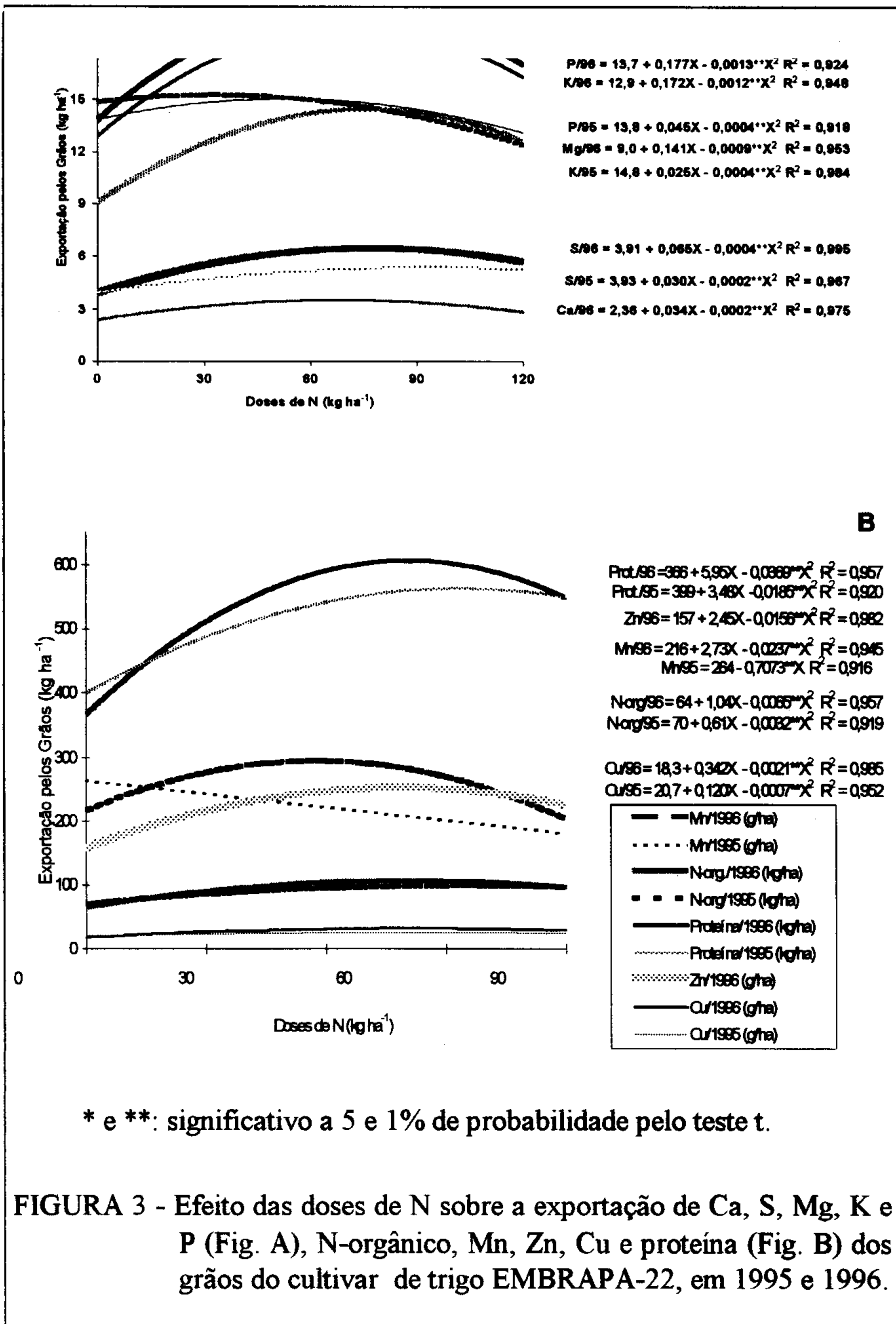
(-) Não houve diferença significativa entre doses, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

(<) Significativamente menor que a testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

(>) Significativamente maior que a testemunha, a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Observa-se que com o incremento das doses de N houve efeito quadrático sobre a produtividade (Figura 2), e sobre a exportação de P, K, Mg, S, Ca (Figura 3A), N-orgânico, proteína, Cu, Mn e Zn (Figura 3B). Segundo Marschner (14), plantas deficientes em N têm baixa capacidade e eficiência fotossintética. Doses elevadas prolongam a fase vegetativa e aumentam o período de fotossíntese. Entretanto, em cereais normalmente as doses elevadas de N provocam acamamento precoce das plantas, reduzindo a produtividade. Na aplicação do N, devem-se evitar as doses dos extremos, possibilitando crescimento e desenvolvimento equilibrados das plantas e obtenção de maiores produtividades.





O ponto de máximo obtido para produtividade e exportação pelos grãos de proteína, N-orgânico, S, Ca, Mg, Mn, Cu e Zn é apresentado no Quadro 4. De maneira geral, produtividade máxima e quantidade máxima de nutrientes exportada foram obtidas com as doses intermediárias de N. Isso parece indicar que a influência das doses de N na exportação de nutrientes e proteínas pelos grãos de trigo segue o mesmo comportamento quadrático obtido pela produtividade sob influência da adubação nitrogenada, na qual os pontos de máximo foram obtidos com as doses intermediárias (30, 60 e 90 kg ha<sup>-1</sup> de N). No caso dos nutrientes analisados, os resultados encontrados estão próximos daqueles citados por Malavolta (12) e Fontoura (8).

QUADRO 4 – Doses de N para máxima produtividade de grãos e exportação de P, K, N-orgânico, proteína, S, Ca, Mg, Mn, Cu e Zn dos grãos de trigo do cultivar EMBRAPA-22, em 1995 e 1996			
Características	Ano	Ponto de Máximo	
		Valor da característica	Doses de N (kg ha <sup>-1</sup> )
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	4771	64,2
	1996	5840	68,6
P (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	15,06	56,3
	1996	19,72	68,1
K (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	15,19	31,3
	1996	18,59	66,2
N-orgânico (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	98,98	95,2
	1996	105,60	80,0
Proteína (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	562,6	94,1
	1996	605,8	80,6
S (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	6,17	75,0
	1996	6,55	81,3
Ca (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	-	-
	1996	3,81	85,0
Mg (kg ha <sup>-1</sup> )	1995	-	-
	1996	14,52	78,3
Mn (g ha <sup>-1</sup> )	1995	264,7	0
	1996	294,6	57,59
Cu (g ha <sup>-1</sup> )	1995	25,84	85,7
	1996	32,22	81,4
Zn (g ha <sup>-1</sup> )	1995	-	-
	1996	253,19	78,5

Segundo Schultness e Jutzi (18), enquanto cultivares de trigo com altos teores de proteínas nos grãos melhoram a qualidade do produto, aqueles com altos teores de P causam efeitos adversos à saúde humana. Constituído de 49 a 80% do P-total dos grãos de trigo, o ácido fítico reduz a disponibilidade de Mg, Ca, Zn e Fe na dieta baseada neste cereal, provocando deficiência desses minerais. Além disso, esses cultivares extraem quantidades desnecessárias de P dos solos. Assim, um cultivar ideal de trigo deve ter alto teor de N e baixo teor de P nos grãos.

## REFERÊNCIAS

1. BLANCHAR, R. W.; REHM, G. & CALDWELL, A. C. Sulfur in plant material by digestion with nitric and perchloric acid. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 29:71-2, 1965.
2. BRAGA, J. M. & DEFFELIPO, B. V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. *Rev. Ceres*, 21:73-85, 1974.
3. CANDAL NETO, J. F. Cultivo consorciado de milho e feijão: efeitos da altura de plantas de milho e de sua densidade populacional. Viçosa, MG, UFV, 1985. 68p. (Tese de M. S.).
4. CHAUDHRY, F. M. & LONERAGAN, J. F. Effects of nitrogen, copper, and zinc fertilizers on the copper and zinc nutrition of wheat plants. *Aust. J. Agric. Res.*, 21:865-79, 1970.
5. COELHO, M. A. O. Resposta do trigo irrigado à adubação nitrogenada em cobertura. Viçosa, MG, UFV, 1997. 80p. (Tese de M. S.).
6. Comissão Centro-Brasileira de Pesquisa de Trigo. Recomendações da Comissão Centro-Brasileira de Pesquisa de Trigo para o ano de 1989. Goiânia, EMGOPA, 1989. 60p. (Documentos, 05).
7. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 4ª aproximação. Lavras, Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, 1989. 159p.
8. FONTOURA, J. U. G. Matéria seca, absorção e exportação pelos grãos, de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo trigo, sob regime de sequeiro e irrigado em latossolo roxo. Piracicaba: SP, ESALQ, 1986. 125p. (Tese de M. S.).
9. GOMES, J. M. SAEG. Viçosa, CPD/UFV, Divisão de Informática. Viçosa, 1992. 100p.
10. JACKSON, M. L. Nitrogen determination for soil and plant tissue. In: JACKSON, M. L. (ed.). *Soil chemical analysis*. New Jersey, Prentice-Hall, 1958. p.183-204.
11. LARGE, E. C. Growth stages in cereals: Illustrations of the Freeks' scale. *Plant Pathol.* 3:128-9. 1954.
12. MALAVOLTA, E. ABC da adubação. São Paulo, Agronômica Ceres, 1989. 292p.
13. MANDARINO, J. M. G. Aspectos importantes para a qualidade do trigo. Londrina, EMBRAPA/CNPSo, 1993. 32p. (Documentos, 60).
14. MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plant. New York, Academic Press, 1995. 889p.
15. OLSON, R. V.; MURPHY, L. S. & MOSER, H. C. Fate to tagged fertilizer nitrogen applied to winter wheat. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43:973-5, 1979.
16. PELTONEN, J. Ear developmental stage used for timing supplemental nitrogen application to spring wheat. *Crop Sci.*, 32:1029-33, 1992.

17. SAYRE, K. D. Fórmulas usadas para los componentes del rendimiento. Análisis del programa de producción de CIMMYT. México, CIMMYT, 1993. (Não paginado).
18. SCHULTHESS, U. & JUTZI, S. C. Yield-independent variation in grain nitrogen and phosphorus concentration among Ethiopian wheats. *Agron. J.*, 89:497-506, 1997.
19. SOWERS, K. E.; PAN, W. L. & MILLER, B. C. Nitrogen use efficiency of split nitrogen applications in soft white winter wheat. *Agron. J.*, 86:942-8, 1994.
20. WATT, B. K. & MERRIL, A. L. Handbook of the nutrition contents of foods. New York, United States Department of Agriculture, 1975. 190p.
21. WILSON, D. O.; BOSWELL, F. C.; OHKI, K.; PARKER, M. B.; SHUMAN, L. M. & JELLUM, M. D. Changes in soybean seed oil and protein as influenced by manganese nutrition. *Crop Sci.*, 22:948-52, 1982.