

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

Rafaela Marega Oliveira

**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DO TRIGO ASSOCIADO À
ADUBAÇÃO COM ZINCO E APLICAÇÃO DE CaB FOLIAR**

Ilha Solteira
2024

Rafaela Marega Oliveira

**EFICIÊNCIA NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DO TRIGO ASSOCIADO À
ADUBAÇÃO COM ZINCO E APLICAÇÃO DE CaB FOLIAR**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada à Faculdade de Engenharia de
Ilha Solteira – UNESP como parte dos
requisitos para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Agrônômica.

Prof. Dr. Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira
Filho

Orientador

Guilherme Carlos Fernandes

Coorientador

FICHA CATALOGRÁFICA

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Oliveira, Rafaela Marega.
O48e Eficiência nutricional e produtividade do trigo associado à adubação com zinco e aplicação de CaB foliar / Rafaela Marega Oliveira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
31 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, 2024

Orientador: Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho
Coorientador: Guilherme Carlos Fernandes
Inclui bibliografia

1. Boro. 2. Cálcio. 3. Nutriente. 4. Triticum aestivum L.

Elaborado por Raiane da Silva Santos - CRB - 8/9999

Ilha Solteira, 26 de junho de 2024.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho ao meu companheiro de vida Ramon Augusto Salvador do Carmo que sempre esteve me incentivando e apoiando, quando até mesmo eu duvidei da minha capacidade, ele estava lá para lembrar do meu potencial e não me deixar desistir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço de coração a Deus por sua orientação e inspiração constante durante toda a jornada acadêmica. Sua sabedoria iluminou meus passos, guiando-me através dos desafios e fortalecendo nos momentos de dúvida. Aos meus amados pais, Lucinei Marega e Sergio Costa Oliveira expresso minha gratidão infinita. Seu apoio inabalável, amor incondicional e incentivo incansável foram a âncora que sustentou meu caminho rumo a esta conquista. Suas palavras de encorajamento e sacrifícios silenciosos nunca serão esquecidos. Este trabalho é fruto não apenas do meu esforço, mas também da dedicação e amor de vocês.

Ao meu companheiro de vida Ramon Augusto Salvador do Carmo onde foi minha rocha, sempre me incentivando, mostrando-me meu potencial e nunca permitindo que eu desistisse, mesmo nos momentos mais desafiadores. Sua fé em mim foi um farol de esperança, guiando-me através das incertezas e fortalecendo minha determinação. Obrigada por ser meu apoio incondicional e meu maior motivador. Aos meus colegas que durante essa jornada acadêmica deixaram momentos memoráveis e por toda ajuda durante esse período de graduação. Ao meu orientador expresso toda minha gratidão, por ter aceitado esse desafio mesmo que em meio a tantos orientados, ele disse sim, agradeço por toda dedicação, apoio e conhecimentos transmitidos durante essa jornada. Por fim, a Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira por conter excelentes profissionais, colaboradores e assim proporcionar um ensino digno e de qualidade mesmo diante das adversidades que a educação enfrenta.

“Valeu a pena? Tudo vale a pena
Se a alma não é pequena.
Quem quer passar além do Bojador
Tem que passar além da dor.
Deus ao mar o perigo e o abismo deu,
Mas nele é que espelhou o céu.”
(Fernando Pessoa)

RESUMO

Para atingir o máximo potencial da cultura do trigo, a nutrição de plantas tem sua importância na produtividade e qualidade dos grãos. Assim, torna-se imprescindível o manejo dos nutrientes, aplicando via solo e complementando de forma foliar em casos específicos. Assim, objetivou-se avaliar os teores foliares, acúmulos nos grãos e palhada de nutrientes e produtividade de grãos de trigo, em função da adubação foliar de boro (B), com ou sem adubação com zinco (Zn) em cobertura. O experimento foi desenvolvido em sistema plantio direto em Selvíria - MS, Brasil. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições e um esquema fatorial 2x4, sendo com ou sem adubação de cobertura de Zn (5 kg ha⁻¹ de Zn, na forma de Sulfato de Zinco (21% de Zn)) via solo e quatro doses de FH CaB, nas doses de 0; 13,16; 26,32 e 52,64 kg ha⁻¹ CaB, fornecendo respectivamente as doses de 0; 0,5; 1,0 e 2,0 kg ha⁻¹ de B, aplicado via foliar na emissão da panícula. A adubação com Zn e as doses de B aumentaram o acúmulo dos macronutrientes e Zn nos grãos de trigo e proporcionaram maior produtividade de grãos. A combinação das adubações proporcionou uma melhora nutricional que refletiu no aumento da produtividade da cultura do trigo irrigado região de Cerrado.

Palavras-chaves: Boro, Cálcio, Micronutriente, *Triticum aestivum* L.

ABSTRACT

To achieve the maximum potential of wheat crops, plant nutrition is important for grain productivity and quality. Therefore, nutrient management becomes essential, applying via soil and supplementing foliar in specific cases. Thus, the objective was to evaluate nutrient leaf content, nutrient accumulation in grains and straw, and wheat grain productivity, as a function of foliar fertilization of boron (B), with or without fertilization with zinc (Zn) in covering. The experiment was carried out in a no tillage system in Selvíria - MS, Brazil. The experimental design was in randomized blocks, with four replications and a 2x4 factorial scheme, with or without Zn covering (5 kg ha⁻¹ of Zn, in the form of Zinc Sulfate (21% Zn)) via soil, and four doses of FH CaB, at doses of 0; 13.16; 26.32 and 52.64 kg ha⁻¹ CaB, respectively providing doses of 0; 0.5; 1.0 and 2.0 kg ha⁻¹ of B, applied by leaf at panicle emission. Zn fertilization and B doses increased the accumulation of macronutrients and Zn in wheat grains and provided greater grain productivity. The combination of fertilizers provided a nutritional improvement that resulted in an increase in wheat crop productivity in the Cerrado region.

Keywords: Boron, Calcium, Micronutrient, *Triticum aestivum* L.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Precipitação pluvial e temperaturas máxima, média e mínima registradas durante os experimentos, no período de 01 de maio 2023 a 29 de agosto de 2023, sendo a semeadura no dia 11 de maio e colheita no dia 26 de agosto de 2023, em Selvíria – MS..... 16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Caracterização química inicial do solo na área experimental, antes do plantio do trigo, 0,00-0,20 m. Selvíria- MS, 2023.....	15
Tabela 2	- Concentrações de macronutrientes na folha diagnose do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-MS, 2023.....	18
Tabela 3	- Concentrações de micronutrientes na folha diagnose do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-MS, 2023.....	19
Tabela 4	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para concentração de B foliar do trigo. Selvíria-MS, 2023.	20
Tabela 5	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para concentração de Mn foliar do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	20
Tabela 6	- Acúmulo de macronutrientes nos grãos do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-M, 2023.....	21
Tabela 7	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de N nos grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	22
Tabela 8	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de P nos grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	22
Tabela 9	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Ca nos grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	22
Tabela 10	- Acúmulo de micronutrientes nos grãos do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-MS, 2023.....	23
Tabela 11	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Cu nos grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	23
Tabela 12	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Fe nos grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	24
Tabela 13	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Zn nos grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	24
Tabela 14	- Acúmulo de macronutrientes na palhada do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-M, 2023.....	25

Tabela 15	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de P na palhada do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	25
Tabela 16	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de K na palhada do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	26
Tabela 17	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Mg na palhada do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	26
Tabela 18	- Acúmulo de micronutrientes na palhada do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-M, 2023.....	27
Tabela 19	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Cu na palhada do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	27
Tabela 20	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Fe na palhada do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	28
Tabela 21	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Mn na palhada do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	28
Tabela 22	- Produtividade de grãos e massa seca da palhada do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-M, 2023.....	29
Tabela 23	- Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para a produtividade de grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.....	29

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 METODOLOGIA.....	15
2.1 Caracterização da área experimental.....	15
2.2 Delineamento experimental e tratamentos	16
2.3 Instalação e condução do experimento.....	16
2.4 Avaliações biométricas.....	17
2.5 Análises estatísticas	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1 Concentração foliar de macro e micronutrientes.....	18
3.2 Acúmulo de Macronutrientes e Micronutrientes nos grãos	21
3.3 Acúmulo de macronutriente e micronutriente na palhada do trigo	24
3.4 Produtividade de grãos e massa seca de palhada.....	28
4 CONCLUSÕES	31
5 REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

A produção da cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) tem grande importância no setor econômico de forma global, relacionado a alimentação humana e é uma das culturas mais antigas que foram domesticadas, está classificado entre os cereais mais produzidos no mundo, ocupa a terceira posição mundial, após o milho e o arroz (FINGER et al., 2017). A estimativa da safra de 2023 da produção mundial foi de 781 milhões de toneladas de trigo (FILIPENCO, 2023), sendo o Brasil responsável por 8,14 milhões de toneladas da produção, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2023). O cereal é uma cultura anual, comumente produzido no inverno, período de seca, na entressafra da soja, milho, além de ser uma forma de manejo da área, favorecendo a cobertura do solo e controle de plantas invasoras, também pode ser uma segunda fonte de renda para o produtor (LOTICI, 2023).

Para atingir o máximo potencial da cultura, a nutrição adequada na área de plantio tem sua importância na produtividade e qualidade dos grãos. Assim, segundo Lotici (2023), torna-se imprescindível o manejo dos nutrientes, aplicando via solo e complementando de forma foliar em casos específicos. As aplicações foliares tem como intuito aumentar a produtividade e qualidade dos grãos de trigo, suprimindo os déficits nutricionais de macros ou micronutrientes (VIEIRA et al., 2021). Por exemplo, nutrientes como o cálcio tem baixíssima mobilidade pelo floema e é pouco translocado dentro da planta, podendo ser a causa de deficiência nas partes mais novas da cultura (VIEIRA et al., 2021; LOTICI, 2023).

Sendo o cálcio (Ca) importante no enraizamento de plantas, além participar da parede celular e atuar como mensageiro secundário em condições de estresse, há um crescente nos estudos sobre as formas de sua aplicação (RIOS et al., 2022), juntamente com B, ainda segundos autores, é ligado a integridade da membrana plasmática, além de fazer parte de processos metabólicos, metabolismo de proteínas, ácidos nucleicos, carboidratos e de fenóis (BRUNES et al., 2015). O zinco, que tem por função ativar diversas enzimas na planta, fazendo parte da síntese de clorofila e produção de auxinas, além da importante participação no metabolismo da enzima NADPH oxidase, que em seguida influencia na produção de enzimas de defesa das plantas, em consequência favorece a cultura na resistência a estresses bióticos e abióticos (MOREIRA et al., 2020).

A hipótese desta pesquisa é que tanto a adubação com Zn via solo, como adubação foliar com CaB em dose adequada, possam aumentar a nutrição, desenvolvimento e componentes produtivos de trigo, culminado em aumento de produtividade deste cereal cultivado em região de Cerrado de baixa altitude.

Diante do exposto, o objetivo do estudo foi determinar a melhor dose de cálcio e boro aplicados via foliar, com ou sem aplicação de zinco para se obter a maior produtividade e aproveitamento nutricional pela cultura do trigo irrigado região de Cerrado.

2 METODOLOGIA

2.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental, localizada na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da UNESP, Campus de Ilha Solteira – SP, situada nas coordenadas 22° 25' 5" S e 51° 20' 30" O, no município de Selvíria, estado do Mato Grosso do Sul, com altitude de 335 m. O solo da área experimental foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, textura argilosa (SANTOS et al., 2018), cultivado nos últimos 17 anos em sistema plantio direto (S.P.D.), tendo soja e milho como cultivos antecessores.

Tabela 1 – Caracterização química inicial do solo na área experimental, antes da semeadura do trigo, 0,00-0,20 m. Selvíria- MS, 2023.

P-resina	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	S-SO ₄
mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	-----	mmol _c dm ⁻³ -----					mg dm ⁻³
52	22	5,6	3,5	32	18	22	0	53,5	8
CTC	V	Ca/CTC	Mg/CTC	m	B ^a	Cu ^b	Fe ^b	Mn ^b	Zn ^b
mmol _c dm ⁻³	-----	% -----			-----	mg dm ⁻³ -----			
75,5	71	42	24	0	0,12	5,1	21	24,7	1,4

^aDeterminado em água quente; ^b Determinado em DTPA (dietilenotriaminopentaacético). MO: matéria orgânica, CTC: capacidade de troca catiônica, SB: soma de bases, V: saturação por bases, m: saturação por Al.

A classificação climática da região, de acordo com Köppen, é Aw, apresenta precipitação média pluvial anual de 1370 mm, temperatura média anual 23,5° C

(HERNANDEZ, 2023). Os dados climáticos mensais durante a condução do experimento de trigo irrigado são apresentados na Figura 1.

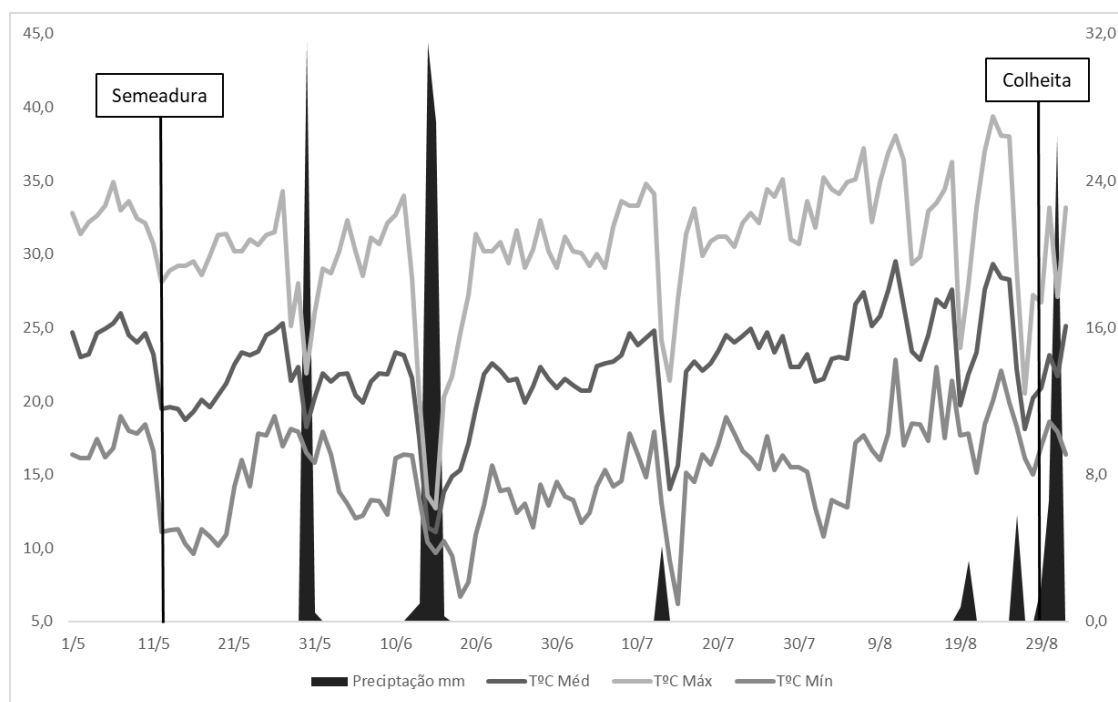


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e temperaturas (°C) máxima, média e mínima registradas durante os experimentos, no período de 01 de maio 2023 a 29 de agosto de 2023, sendo a semeadura no dia 11 de maio e colheita no dia 26 de agosto de 2023, em Selvíria - MS.

2.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 2x4, sendo: com e sem zinco via solo, na dose 5 kg ha⁻¹ de Zn, utilizando-se Sulfato de Zinco (21% Zn), aplicado antes do perfilhamento (35 dias após semeadura - DAS) e quatro doses de FH CaB, aplicados na ocasião da emissão da panícula (50 DAS) via foliar, referente a (0; 13,16; 26,32 e 52,64 kg ha⁻¹ CaB (3,8% de B, 19% de Ca e 1% de K₂O)), fornecendo (0; 0,5; 1,0 e 2,0 kg ha⁻¹ de B) correspondendo à 0, 50, 100 e 200% da dose de B recomendada segundo Cantarella et al. (2023). As parcelas foram constituídas com cinco metros de comprimento, 13 linhas com 0,17 metros entrelinhas.

2.3 Instalação e condução do experimento

A semeadura ocorreu no dia 11 de maio de 2023, utilizando-se o cultivar BRS 264, as sementes foram tratadas com o produto comercial StandakTop na dose de 2

mL kg⁻¹ de semente, semeando-se 70 a 80 sementes por metro. Foi aplicado em semeadura 250 kg do formulado 08-28-16, sendo fornecido 30 kg de N; 70 kg de P₂O₅ e 56 kg de K₂O, seguindo a recomendação de Cantarella et al. (2023), a partir da análise química de solo da área.

Aos 35 DAS foram realizadas às adubações de cobertura (sem incorporação ao solo) na cultura do trigo, antes do perfilhamento, utilizou-se a Ureia (46% de N), fornecendo 120 kg ha⁻¹ de N em todas as parcelas e Sulfato de Zinco (21% de Zn), fornecendo 5 kg ha⁻¹ de Zn nas parcelas com o tratamento.

Em ocasião da emissão das panículas (50 DAS), foram aplicados, via foliar os tratamentos com o FH CaB, na dose de 0; 13,16; 26,32 e 52,64 kg ha⁻¹ do produto comercial, correspondendo a (0; 50; 100 e 200% da dose de B), aplicando-se uma calda de 250 L ha⁻¹, com um pulverizador costal.

O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado de acordo com a necessidade da cultura ao longo do ciclo. Área experimental foi irrigada por aspersão, por meio de pivô central, com uma lâmina de água de aproximadamente 14 mm, com um turno de rega de 72 horas. A colheita do trigo foi realizada manualmente no dia 26 de agosto de 2023 (ciclo produtivo de 107 DAS do cereal).

2.4 Avaliações biométricas

No florescimento pleno da cultura (55 DAS), foram coletadas 20 folhas bandeiras (CANTARELLA et al., 2022), levadas ao laboratório, acondicionadas em estufa de ventilação forçada para secagem, à temperatura média de 60 °C até atingir a massa constante. Feito em seguida análises dos teores de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), utilizando-se a metodologia descrita em Malavolta et al. (1997).

Em ocasião de colheita, a produtividade de grãos foi determinada pela coleta das plantas contidas nas três linhas centrais em 5 m de comprimento da área útil cada parcela. Após a trilha mecânica, os grãos foram pesados e os dados foram transformados em kg ha⁻¹ a 13% (base úmida). Para a quantificação da palhada, foram coletas três linhas pesadas e extrapoladas para kg ha⁻¹. Com relação ao acúmulo de macro e micronutrientes na parte aérea foram coletadas dez plantas de cada parcela para avaliar a produtividade de matéria seca e os teores de nutrientes na palhada e

nos grãos. As espigas debulhadas e as amostras de grãos e de palha secas em estufa a 60 °C, então foram levadas ao laboratório para moagem e determinação dos teores de macro e micronutrientes, utilizando-se a metodologia descrita em Malavolta et al. (1997). A partir desses dados de concentração nutricional de cada parte da planta e, levando em consideração também os valores de massa seca, calculou-se o acúmulo de nutrientes na palhada e grãos de trigo.

2.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos aos testes preliminares de normalidade e homoscedasticidade, teste F. Após isto os resultados foram analisados pela análise de variância e teste de Tukey à 5% de probabilidade para comparação de médias de aplicação de Zn e ajustadas a equações de regressão para o efeito das doses de CaB, utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Concentração foliar de macro e micronutrientes

Para as concentrações de macronutrientes (Tabela 2), houve um ajuste quadrático para fósforo (P), com ponto de máxima 25 kg ha⁻¹ de CaB. Para a concentração foliar de enxofre (S), a ausência da adubação com sulfato de zinco proporcionou maior concentração foliar.

Tabela 2. Concentrações de macronutrientes na folha diagnose do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-MS, 2023.

	N	P	K	Ca (g kg ⁻¹)	Mg	S
Doses de CaB (kg ha)						
0	52,48	3,02	17,16	8,59	2,96	3,68
13,16	51,90	3,03	16,68	8,72	2,82	4,05
26,32	50,96	3,11	16,23	9,54	3,11	3,79
52,64	50,49	2,98	16,12	9,73	3,01	3,86
Adubação Zn						
Sem	51,99a	3,04 a	16,61 a	9,06 a	2,99 a	4,00a
Com	50,91a	3,04 a	16,49 a	9,24 a	2,96 a	3,69b
Teste F						
Adubação Zn (A)	ns	ns	ns	ns	ns	*
Doses CaB (D)	ns	*	ns	ns	ns	ns
DxA	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Média Geral	51,45	3,04	16,55	9,15	2,97	3,85
DMS	1,400	0,060	0,720	0,800	0,27	0,26
CV (%)	3,11	2,28	4,97	9,9	7,96	7,81

ns - Não significativo pelo teste F; *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey.

$$\text{Fósforo} = 3,015379 + 0,001530x - 0,000008x^2 \quad (R^2 = 0,74)$$

Para as concentrações de cobre (Cu) e ferro (Fe) foliar, houve significância para os tratamentos isoladamente, ambos os nutrientes foram beneficiados pela ausência da adubação com sulfato de zinco, obtendo maior concentração. Isso deve ao fato destes micronutrientes competirem por sítios de absorção, ou seja, antagonismo por competição. Houve um ajuste crescente para concentração de zinco (Zn), onde com o aumento de doses de CaB, aumentou a concentração de Zn na folha. Para as concentrações boro (B) e manganês (Mn) foliar houve interação entre os fatores (Tabela 4).

Tabela 3. Concentrações de micronutrientes na folha diagnose do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-MS, 2023.

	B	Cu	Fe	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)					
0	15,02	20,75	120,50	130,50	34,67
13,16	60,38	43,25	118,17	124,83	35,83
26,32	62,32	23,67	111,33	121,33	37,33
52,64	101,09	40,25	121,00	118,58	39,33
Adubação Zn					
Sem	64,86	39,95 a	119,75 a	125,04	37,08 a
Com	54,54	24,0 b	115,75 b	122,58	36,50 a
Teste F					
Adubação Zn (A)	**	**	*	ns	ns
Doses CaB (D)	**	**	**	ns	**
DxA	**	ns	ns	*	ns
Média Geral	59,70	31,97	117,75	123,81	36,79
DMS	5,81	6,65	3,84	6,70	1,60
CV (%)	11,12	23,74	3,73	6,18	4,98

^{ns} - Não significativo pelo teste F; *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey.

Cu = 31,98^{ns}

Fe = 117,75^{ns}

Zn = 34,733333 + 0,023524x ($R^2 = 0,99$)

Para a concentração de B foliar, o maior valor foi obtido na dose de 52,64 kg ha⁻¹ de CaB, associado à ausência da adubação com Zn. Houve um ajuste crescente para com e sem adubação com zinco em relação as doses de CaB (Tabela 4).

Tabela 4. Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para concentração de B foliar do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Concentração de B foliar (mg kg ⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	15,17 a	56,69 a	65,39 a	122,23 a
Com	14,88 a	64,08 a	59,26 a	79,96 b
DMS	11,62			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = $20,409333 + 0,508112x$ ($R^2 = 0,97$)

Com = $30,422667 + 0,275722x$ ($R^2 = 0,71$)

A concentração foliar de Mn foi maior na ausência da aplicação de CaB associado a adubação com Zn, ocorrendo um ajuste decrescente com a aplicação de Zn (Tabela 5).

Tabela 5. Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para concentração de Mn foliar do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Concentração de Mn foliar (mg kg ⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	124,33b	123,67a	125,67a	126,5a
Com	136,67a	126,00a	117,00a	110,67b
DMS	13,41			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = 125,04^{ns}

Com = $133,666667 - 0,12667x$ ($R^2 = 0,92$)

Segundo Canterella et al. (2022) a faixa adequada dos macronutrientes em folhas de trigo são: N 20-34; P 2,5-3,5; K 15-30; Ca 2,5-8,0; Mg 1,5-4,0 e S 1,5-3,0 em g kg⁻¹ de matéria seca, enquanto que para os micronutrientes são: B 5,0-15,0; Cu 5,0-20,0; Fe 10,0-250,0; Mn 25,0-150,0 Zn 25,0-70,0 em mg kg⁻¹ de matéria seca. Os resultados obtidos na concentração de macronutrientes, o N, Ca, S, B e Cu estão acima da faixa ideal proposta por Cantarella et al. (2022), os outros nutrientes se encontram dentro do intervalo ideal, comprovando que a aplicação dos tratamentos aumentaram as concentrações foliares dos nutrientes. Galindo et al. (2018), testando formas e doses de aplicações de B, constataram resultados que corroboram com a atual pesquisa, onde até a dose 2 kg ha⁻¹ de B aumentou a concentração do nutriente na folha, resultando em valores acima da recomendada por Cantarella et al. (2022).

3.2 Acúmulo de Macronutrientes e Micronutrientes nos grãos

O acúmulo dos macronutrientes nos grãos de trigo (Tabela 6), o potássio (K) foi influenciado apenas pelo fator doses de CaB, com um ajuste crescente, aumentando o K acumulado com o acréscimo das doses de CaB. Os fatores isoladamente influenciaram o acúmulo de S nos grãos, onde foi obtido o maior valor com adubação de Zn e com um ajuste com mínima de 22,74 kg ha⁻¹ de CaB.

Para o nitrogênio (N), fósforo e cálcio houve interação entre os fatores estudados.

Tabela 6. Acúmulo de macronutrientes nos grãos do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-MS, 2023.

	N	P	K	Ca (kg ha ⁻¹)	Mg	S
Doses de CaB (kg ha)						
0	116,78	14,77	22,38	14,42	4,35	7,27
13,16	107,39	13,30	21,45	13,28	4,23	6,82
26,32	109,28	14,18	21,32	13,88	4,27	6,61
52,64	119,15	15,51	26,19	15,38	5,14	7,76
Adubação Zn						
Sem	108,35	13,86	21,84 a	13,55	4,26 a	6,65 b
Com	117,94	15,02	23,97 a	14,93	4,72 a	7,58 a
Teste F						
Adubação Zn (A)	**	*	ns	**	ns	**
Doses CaB (D)	**	*	*	**	ns	*
DxA	**	**	ns	**	ns	ns
Média Geral	113,15	14,44	22,90	14,24	4,49	7,11
DMS	2,83	0,93	2,41	0,79	0,54	0,52
CV (%)	2,86	7,39	12,04	6,4	13,93	8,43

ns - Não significativo pelo teste F; *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey.

$K = 21,151333 + 0,020085x$ ($R^2 = 0,60$)

$S = 7,299000 - 0,015060x + 0,000087x^2$ ($R^2 = 0,99$)

O desdobramento do acúmulo de N nos grãos, apresentou maiores resultados para as doses de CaB com à adubação com Zn, se destacando a maior dose associada à adubação, onde o ajuste crescente foi obtido. Enquanto para ausência da adubação de Zn, não houve ajuste (Tabela 7).

Tabela 7. Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de N nos grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Acúmulo de N grãos (kg ha ⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	124 a	92,68 b	103 b	113 b
Com	109 a	122 a	115 a	124 a
DMS	5,66			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sem = 108,17^{ns}

Com = 112,495333 + 0,062282x (R² = 0,57)

Para o acúmulo de P nos grãos, o desdobramento da maior dose de CaB associado à adubação com Zn propiciou o maior resultado, com um ajuste crescente (Tabela 8).

Tabela 8. Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de P nos grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Acúmulo de P grãos (kg ha ⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	16,32 a	12,01 b	12,79 b	14,31 b
Com	13,22 b	14,58 a	15,56 a	16,71 a
DMS				

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = 13,85^{ns}

Com = 13,537333 + 0,016964x (R² = 0,96)

Para o acúmulo de Ca nos grãos, o desdobramento da maior dose de CaB combinado da adubação com Zn proporcionou o maior resultado, com um ajuste crescente. Para o desdobramento sem adubação com zinco, houve um ajuste quadrático com mínimo de 29,03 kg ha⁻¹ de CaB (Tabela 9).

Tabela 9. Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Ca nos grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Acúmulo de Ca grãos (kg ha ⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	13,36 b	12,18 b	12,53 b	14,00 b
Com	15,48 a	14,39 a	15,23 a	16,76 a
DMS	1,59			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = 15,209303 – 0,059113x + 0,000268x² (R² = 0,86)

Com = 13,466000 + 0,016798x (R² = 0,99)

Com relação aos micronutrientes acumulados nos grãos (Tabela 10), para o B verificou-se efeito significativo para doses de CaB, com ajuste quadrático com ponto de mínimo 34,31 kg ha⁻¹ de CaB. O Mn foi influenciado apenas pela adubação de zinco, onde se obteve um maior acúmulo de Mn com à adubação. Houve efeito da interação dos fatores para os acúmulos de Cu, Fe e Zn nos grãos de trigo.

Tabela 10. Acúmulo de micronutrientes nos grãos do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-MS, 2023.

	B	Cu	Fe	Mn (g ha ⁻¹)	Zn
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)					
0	35,03	132,0	439,0	253,0	247
13,16	29,76	219,0	300,0	223,0	242
26,32	27,35	70,0	317,0	233,0	244
52,64	29,11	129,0	350,0	242,0	268
Adubação Zn					
Sem	28,78	160	334 b	225 b	227
Com	31,84	115	368 a	250 a	274
Teste F					
Adubação Zn (A)	ns	**	**	*	**
Doses CaB (D)	*	**	**	ns	*
DxA	ns	**	**	ns	**
Média Geral	30,31	138,01	351,84	238	250
DMS	3,23	14,08	18,96	20,44	13,38
CV (%)	12,19	11,65	6,16	9,80	6,10

^{ns} - Não significativo pelo teste F; *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey.

Boro = $34,978697 - 0,125407x + 0,000481x^2$ ($R^2 = 0,99$)

O menor acúmulo de Cu nos grãos foi obtido na menor dose de CaB e com adubação Zn, houve ajuste decrescente no desdobramento sem adubação de zinco em função das doses de CaB (Tabela 11).

Tabela 11. Desdobramento da Adubação com Zinco dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Cu nos grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Acúmulo de Cu grãos (g ha⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	205,31 a	183,79 b	72,44 a	109,72 b
Com	58,93 b	255,69 a	68,10 a	150,14 a
DMS	28,16			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = $218,01 - 0,653895x$ ($R^2 = 0,45$)

Com = 115^{ns}

O acúmulo do Fe foi maior na ausência da adubação com zinco. Em relação à adubação com zinco, notou-se ajuste a função quadrática com ponto de máximo de 12,67 kg ha⁻¹ de CaB (Tabela 12).

Tabela 12. Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Fe nos grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Acúmulo de Fe grãos (g ha ⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	472 a	231 b	217 b	416 a
Com	406 b	368 a	417 a	283 b
DMS	37,93			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Com = 334^{ns}

Sem = $392,711364 + 0,486520x - 0,005052x^2$ ($R^2 = 0,80$)

O acúmulo de zinco nos grãos foi superior com à adubação de sulfato de zinco em todas as doses de CaB, obteve-se maiores acúmulos deste importante micronutriente, quando comparados com os tratamentos sem adubação. Houve um ajuste crescente para adubação com sulfato de zinco associado a adubação de CaB (Tabela 13).

Tabela 13. Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Zn nos grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Acúmulo de Zn grãos (g ha ⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	244 a	221 b	223 b	219 b
Com	250 a	263 a	265 a	317 a
DMS	26,77			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = 226^{ns}

Com = $245,335333 + 0,329539x$ ($R^2 = 0,91$)

3.3 Acúmulo de macronutriente e micronutriente na palhada do trigo

No acúmulo dos macronutrientes na palhada de trigo (Tabela 14), o N foi influenciado apenas pelo fator dose de CaB, ocorrendo um ajuste crescente, aonde com o aumento das doses do fertilizante, ocorreu o aumento do acúmulo de N na palhada.

O acúmulo de Ca na palhada foi influenciado apenas pela adubação com sulfato de zinco, em que sem adubação se constatou maior acúmulo de Ca. Para o

enxofre houve efeito significativo para os dois fatores isoladamente, para o fator adubação com Zn, a ausência promoveu um maior acúmulo de S na palhada, enquanto que para doses de CaB ocorreu um ajuste crescente.

Houve interação entre os fatores adubação com Zn e doses de CaB para os acúmulos de P, K e Mg na palhada de trigo.

Tabela 14. Acúmulo de macronutrientes na palhada do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-MS, 2023.

	N	P	K	Ca (kg ha ⁻¹)	Mg	S
Doses de CaB (kg ha)						
0	44,18	1,92	107	35,20	5,26	9,23
13,16	44,30	2,18	81	32,28	3,16	8,25
26,32	42,56	2,56	105	33,28	3,68	7,65
52,64	54,30	3,39	123	37,65	4,84	12,54
Adubação Zn						
Sem	45,01a	2,77	93,99	36,69a	4,67a	10,87a
Com	47,67a	2,25	115	32,50b	3,80b	7,97b
Teste F						
Adubação Zn (A)	ns	**	**	*	**	*
Doses CaB (D)	**	**	**	ns	**	*
DxA	ns	**	**	ns	*	ns
Média Geral	46,34	2,51	104	34,60	4,24	9,97
DMS	2,87	0,26	5,21	3,16	0,44	2,55
CV (%)	7,08	11,87	5,69	10,44	11,97	30,0

ns - Não significativo pelo teste F; *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente. As médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey.

$N = 41,888333 + 0,050886x$ ($R^2 = 0,66$)

$S = 7,866 + 0,017812x$ ($R^2 = 0,49$)

Para o desdobramento do acúmulo de P na palhada, verificou-se um ajuste crescente tanto para ausência quando para adubação de sulfato de zinco. Apenas na dose 0 de CaB, houve diferença significativa, onde a ausência propiciou maior acúmulo de P na palhada (Tabela 15).

Tabela 15. Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de P na palhada do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Acúmulo de P palhada (kg ha⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	2,73a	2,16a	3,82a	3,37a
Com	1,1b	2,21a	2,30a	3,42a
DMS	0,52			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = $2,394667 + 0,004309x$ ($R^2 = 0,55$)

Com = $1,320667 + 0,010697x$ ($R^2 = 0,93$)

Para o acúmulo de K na palhada obteve-se um ajuste decrescente para ausência da adubação de Zn, enquanto que para adubação não houve ajuste. Apenas na dose 26,32 kg ha⁻¹ de CaB, o tratamento com Zn não foi superior com a ausência da adubação, em todas as outras doses, os maiores acúmulos de K foram observados na ausência (Tabela 16).

Tabela 16. Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de K na palhada do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Acúmulo de K palhada (kg ha ⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	115a	98a	104b	141a
Com	99b	64b	107a	104b
DMS	1,03			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = 101,651333 + 0,153956x (R² = 0,49)

Com = 93,5^{ns}

Em relação ao acúmulo de Mg na palhada, notou-se um comportamento muito parecido com o K, em que apenas na dose 26,32 kg ha⁻¹ CaB e adubação com Zn não houve um maior acúmulo de Mg, não diferindo significativamente. Para todas as outras doses de CaB, na ausência da adubação com Zn, o acúmulo de Mg foi maior. (Tabela 17).

Tabela 17. Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Mg na palhada do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Acúmulo de Mg palhada (kg ha ⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	6,16a	3,36a	3,56a	5,63a
Com	4,37b	2,97b	3,81a	4,04b
DMS	0,88			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = 4,67^{ns}

Com = 3,8^{ns}

Os acúmulos de B e Zn na palhada se ajustaram a função linear crescente para as doses de CaB. Para o zinco, o maior acúmulo na palhada foi obtido nos tratamentos sem adubação (Tabela 18). Quanto aos micronutrientes Cu, Fe e Mn, houve interação entre os fatores estudados.

Tabela 18. Acúmulo de micronutrientes na palhada do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-MS, 2023

	B	Cu	Fe	Mn (g ha ⁻¹)	Zn
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)					
0	91	229	1291	557	178
13,16	90	213	1249	496	174
26,32	100	317	990	474	175
52,64	136	375	1088	502	199
Adubação Zn					
Sem	107a	288	1225a	508a	196a
Com	101a	279	1084a	506a	168b
Teste F					
Adubação Zn (A)	ns	ns	ns	ns	**
Doses CaB (D)	**	**	*	ns	*
DxA	ns	**	**	**	ns
Média Geral	104	284	1154	507	182
DMS	14,25	42,65	152	53,30	13,39
CV (%)	15,54	17,14	15,07	11,99	8,4

ns - Não significativo pelo teste F; *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente.

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey.

B = $83,646 + 0,241193x$ ($R^2 = 0,89$)

Zn = $172,298667 + 0,111649x$ ($R^2 = 0,66$)

No desdobramento da adubação com Zn dentro de doses de CaB para o Cu e Fe, apenas na dose de 26,32 kg ha⁻¹ de CaB e com adubação houve maior média, nas demais doses de CaB, os maiores acúmulos de Cu e Fe na palhada foram de modo geral encontrados na ausência da adubação com Zn (Tabelas 19 e 20). Para o Cu não houve ajuste, enquanto que para Fe, no tratamento com adubação de Zn verificou-se um ajuste linear decrescente (Tabela 20).

Tabela 19. Desdobramento da Adubação com Zn dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Cu na palhada do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Acúmulo de Cu palhada (g ha⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	297a	267a	222b	365a
Com	162b	158b	413a	386a
DMS	85,29			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = 287,75^{ns}

Com = 279,75^{ns}

Tabela 20. Desdobramento da Adubação com Zinco dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Fe na palhada do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Acúmulo de Fe palhada (g ha ⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	1367a	1362a	821b	1350a
Com	1215a	1135a	1159a	826b
DMS	304			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = 1225^{ns}

Com = 1250,294667 – 1,895510x (R² = 0,86)

Houve ajuste linear decrescente para os tratamentos com adubação com sulfato de zinco para acúmulo de Mn na palhada. Nas menores doses de CaB associados a adubação com Zn obtiveram-se os maiores acúmulos de Mn, enquanto que na dose 26,32 e 52,64 kg ha⁻¹ de CaB, a ausência da adubação com Zn proporcionou os maiores acúmulos de Mn na palhada (Tabela 21).

Tabela 21. Desdobramento da Adubação com Zinco dentro de Doses de CaB, para o acúmulo de Mn na palhada do trigo. Selvíria-MS, 2023.

Acúmulo de Mn palhada (g ha ⁻¹)				
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)				
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	520a	424b	508a	581a
Com	593a	568a	440a	422b
DMS	106			

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = 508^{ns}

Com = 587,113333 – 0,923048x (R² = 0,82)

3.4 Produtividade de grãos e massa seca de palhada

Com relação a produtividade de massa seca de palhada houve efeito significativo nos tratamentos isoladamente, em que a média obtida sem adubação com sulfato de zinco foi superior estatisticamente e constatou-se um ajuste linear crescente com o incremento das doses de CaB (Tabela 22).

Para a produtividade de grãos de trigo verificou-se interação entre os fatores adubação com zinco e doses de CaB (Tabela 23).

Tabela 22. Produtividade de grãos e massa seca da palhada do trigo, em função da adubação com Zn via solo e doses de CaB via foliar. Selvíria-M, 2023.

	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)	Massa seca de palhada
Doses de CaB (kg ha ⁻¹)		
0	4756	6567
13,16	4286	6778
26,32	4336	6670
52,64	4870	7818
Adubação Zn		
Sem	4377	7318 a
Com	4747	6598 b
Teste F		
Adubação Zn (A)	**	**
Doses CaB (D)	**	**
DxA	**	ns
Média Geral	4562	6958
DMS	217	497
CV (%)	6,48	8,17

^{ns} - Não significativo pelo teste F; *, ** - Significativo em $p \leq 0,05$ e $p \leq 0,01$ pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey. Palhada = $6422,020500 + 6,131078x$ ($R^2 = 0,82$)

Houve ajuste a função linear crescente para adubação com Zn. As maiores produtividades foram encontradas com a interação de doses de CaB e adubação com sulfato de zinco, onde o tratamento com adubação com Zn foi superior estatisticamente em todas as doses de CaB, sendo inferior apenas na ausência da aplicação de CaB (dose 0) (Tabela 23).

Tabela 23. Desdobramento da Adubação com Zinco dentro de Doses de CaB, para a produtividade de grãos do trigo. Selvíria-MS, 2023.

	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)			
	Doses de CaB (kg ha ⁻¹)			
Adubação Zn	0	13,16	26,32	52,64
Sem	5151 a	3954 b	3927 b	4477 b
Com	4362 b	4617 a	4745 a	5263 a
DMS				

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Sem = 4377ns

Com = $4360,6670 + 4,415570x$ ($R^2 = 0,99$)

A aplicação de Zn no solo é um dos mecanismos mais utilizados para aumentar a concentração de Zn nos grãos e a produtividade das culturas (YASEEN; HUSSAIN, 2020), visto que o nutriente tem um papel de destaque em diversos processos biológicos e essenciais para o crescimento e produção de plantas (REHMAN et al.,

2020). O zinco aplicado com NPK destacou a estabilidade foliar do Zn, aumento da produtividade de grãos e a qualidade nutricional do trigo (WANG et al., 2021). Além disso, o Zn está atuando como elemento constituinte na síntese de amido, fertilidade do pólen, alongamento celular e multiplicação (DAVARPANA et al., 2016; ULLAH et al., 2020) que poderia aumentar melhor o enchimento dos grãos e a concentração de Zn nos grãos (JALAL et al., 2020). Isso corrobora com os resultados encontrados no presente trabalho, onde os tratamentos com aplicação de Zn proporcionaram maiores acúmulos dos macronutrientes, B e Zn, e para os micronutrientes como Cu e Fe por serem antagonistas, acabam que tem a sua absorção prejudicada. Entretanto nenhum valor ficou abaixo do limite inferior proposto com Cantarella (2022), assim proporcionando um maior crescimento da cultura no campo. Jalal et al. (2020), aplicando zinco foliar, também comprovou que à adubação proporcionou maiores produtividades de grãos e palhada na cultura do trigo e com incrementos no acúmulo do nutriente nos grãos, enquanto que na palhada, o inverso ocorreu, um maior incremento foi obtido na menor dose de zinco aplicado.

O boro é um elemento essencial para o crescimento das plantas e participa de diversos processos, como transporte de açúcar, lignificação, estrutura da parede celular, metabolismo de carboidratos, metabolismo de RNA, respiração, metabolismo do ácido indol acético (IAA), metabolismo fenólico e metabolismo do ascorbato. Também possui funções na síntese da parede celular e na integridade da membrana plasmática (CALONEGO et al., 2010). Além disso, influencia a germinação dos grãos de pólen e o crescimento do tubo polínico, aumenta a colagem e a granulação das flores e causa menos esterilidade masculina e menos inchaço dos grãos (METWALLY et al., 2017). Além da melhor fertilização das flores e formação dos grãos, o B interfere na retenção das espigas, além de atuar no crescimento do meristema, na diferenciação celular, na maturação, na divisão celular e no crescimento das plantas (TAHIR et al., 2009; MUHMOOD et al., 2014), a maior absorção deste nutriente também aumentou acúmulo de B na cultura, o que remete a uma maior produtividade de grãos. Muhmood et al. (2014), pesquisando a adubação boratada no trigo, obtiveram maiores produtividades na dose de 2 kg ha⁻¹ e Debnath et al. (2011) constataram maior produtividade de grãos de trigo na dose de B de 1,9 kg ha⁻¹, resultados que corroboram com a nossa pesquisa, em que as maiores produtividades de grãos de trigo foi obtida na dose de 2 kg ha⁻¹.

A adubação de cobertura com zinco associada à aplicação foliar de CaB se mostra uma boa alternativa para suprir as deficiências e fome oculta da cultura do trigo, permitindo assim uma melhor nutrição de plantas e maior produtividade da cultura.

4 CONCLUSÕES

A interação das adubações de zinco via solo e as maiores doses de CaB via foliar, resultaram em aumento da produtividade de grãos e maiores acúmulos dos macronutrientes, B e Zn na cultura, demonstrando ser viável e interessante essa suplementação com Zn e B visando elevadas produtividades e uma melhor qualidade nutricional nos grãos.

5 REFERÊNCIAS

- Brunes, A. P. et al. Adubação boratada e produção de sementes de trigo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 9, p. 1572–1578, 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782015000901572&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 16 dez. 2023.
- Cantarella, H. **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas, SP: Iac, 2022. E-book. Disponível em: Acesso em: 11 dez. 2023.
- Conab - Companhia Nacional De Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, 2023. Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 3, terceiro levantamento.
- Debnath, MR; Jahiruddin, M.; Rahman, M.M.; Haque, MA Determinação da taxa ótima de aplicação de B para maior produtividade de trigo em solo de várzea antiga de Brahmaputra. **Jornal da Universidade Agrícola de Bangladesh**, v.9, p.205-210, 2011.
- Ferreira, D. F. Sisvar: Um programa para análises e ensino de estatística. Lavras, 2008. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41.
- Filipenco, D. **Top 10 wheat-producing countries in the world today**. [S. l.], 2023. Disponível em: <https://www.developmentaid.org/news-stream/post/164663/wheat-producing-countries>. Acesso em: 13 dez. 2023.

Finger, G. et al. Mecanismos de defesa do trigo contra a ferrugem da folha por genes e proteínas. **Summa Phytopathologica**, [s. l.], v. 43, n. 4, p. 354–358, 2017.

Galindo, F. S; Teixeira filho, M. C. M; Buzettii, S; Boleta, E. H. M.; Rodrigues, W L; Rosa, A. R. M. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.22, n.9, p. 597-603, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n9p597-603>

Hernandez, F. B. T. **Sistema de Monitoramento Climático - UNESP Ilha Solteira**. [S. l.], 2023. Blog. Disponível em: https://clima.feis.unesp.br/recebe_formulario.php. Acesso em: 11 dez. 2023.

JALAL, Arshad et al. Agro-biofortification of zinc and iron in wheat grains. **Gesunde Pflanzen**, v. 72, n. 3, p. 227-236, 2020.

Lotici, J. M. C. **Concentração de cálcio e potássio nas folhas de trigo quando aplicados via foliar**. Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Bacharel em Agronomia, Laranjeiras do Sul, 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: Acesso em: 16 dez. 2023.

Malavolta, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

Minolta, C. C. **Manual for chlorophyll meter SPAD-502**. Osaka: Minolta Radiometric Instruments Divisions, 1989. 22p.

Muhmood, A.; Javid, S.; Niaz, A.; Majeed, A.; Majeed, T.; Anwar, M Efeito do boro na germinação de sementes, vigor de plântulas e produtividade de trigo. **Solo e Meio Ambiente**, v.33, p.17-22, 2014.

Moreira, C.; Camacho, M. A.; Graichen, F. A. S. Redução da severidade do brusone do trigo com aplicação foliar de sulfato de zinco. **Summa Phytopathologica**, [s. l.], v. 46, n. 3, p. 255–259, 2020.

Rehman, A. et al. Agronomic biofortification of zinc in Pakistan: status, benefits, and constraints. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, Lausanne, v. 4, p. 591722, 2020.

Rios, C. V. et. al. Vista do Efeito do cálcio, boro e potássio no crescimento inicial de hortelã-verde (*Mentha spicata* L.) em solução nutritiva. **Revista Científica**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 11, 2022. Disponível em: <http://revistas.unievangelica.com.br/index.php/cientifica/article/view/5945/4533>. Acesso em: 15 dez. 2023.

Santos, H. G. dos S. et. al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018. E-book. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de>

publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos.
Acesso em: 28 nov. 2023.

Ullah, A. et al. Zinc nutrition in chickpea (*Cicer arietinum*): a review. **Crop and Pasture Science**, Clayton, v. 71, n. 3, p. 199-218, 2020.

Vieira, N. B. et al. Uso de 2,4-D como regulador de crescimento e de fertilizante foliar com aminoácido na cultura do feijão. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 4, p. e49110414262, 2021.

Wang, Fang-Chao et al. Effects of understory plant root growth into the litter layer on the leaf litter decomposition of two woody species in a subtropical forest. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 364, p. 39-45, 2016.

YASEEN, Muhammad Khalid; HUSSAIN, Shahid. Zinc-biofortified wheat required only a medium rate of soil zinc application to attain the targets of zinc biofortification. **Archives of Agronomy and Soil Science**, Abingdon, v. 67, n. 4, p. 551-562, 2021.

Disponível em: <<https://nova-acropole.org.br/blog/mar-portugues-fernando-pessoa/>>.
Acesso em: 17 maio. 2024.