

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

SHEURY CELANTE MARQUES

**APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO, COBRE, ZINCO E EXTRATO DE ALGAS
NOS COMPONENTES DE PRODUÇÃO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE TRIGO NA REGIÃO DE CERRADO**

Ilha Solteira
2019

SHEURY CELANTE MARQUES

**APLICAÇÃO FOLIAR DE BORO, COBRE, ZINCO E EXTRATO DE ALGAS NOS
COMPONENTES DE PRODUÇÃO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE TRIGO NA REGIÃO DE CERRADO**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Sistema de Produção.

Profº. Dr. Marco Eustáquio de Sá.
Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

Marques, Sheury Celante.

M357a Aplicação foliar de boro, cobre, zinco e extrato de algas nos componentes de produção e qualidade fisiológica de sementes de trigo na região de cerrado / Sheury Celante Marques. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2019
51 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia. Área de conhecimento: Sistemas de Produção, 2019

Orientador: Marco Eustáquio de Sá
Inclui bibliografia

1. Triticum aestivum. 2. Micronutrientes. 3. Bioestimulante.
4. Produtividade.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Doses de boro, cobre, zinco e extrato de algas nos componentes de produção e qualidade fisiológica de sementes de trigo na região de Cerrado

AUTORA: SHEURY CELANTE MARQUES

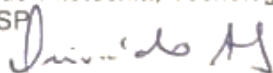
ORIENTADOR: MARCO EUSTAQUIO DE SA

COORDENADOR: EVANDRO PEREIRA PRADO

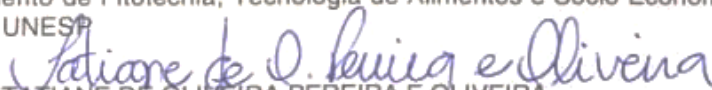
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA, área: Sistemas de Produção pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MARCO EUSTAQUIO DE SA
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Prof. Dr. ORIVALDO ARF
Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio Economia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP



Profa. Dra TATIANE DE OLIVEIRA PEREIRA E OLIVEIRA
Departamento de Agronomia / Faculdades Integradas de Três Lagoas - AEMS

Ilha Solteira, 19 de dezembro de 2019

Aos meus pais, Edson Marques da Silva e Hozana Celante Marques, e as minhas irmãs, Sheucy e Heloáh. Grata pelo amor e apoio, e por vocês compreenderem que os sonhos exigem sacrifícios.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, por todas as bênçãos e por ter me dado resiliência para concluir essa etapa.

A minha família, pelo apoio incondicional. Sei que a distância é árdua e que esse tempo não pode ser repostado, mas por mais que a distância existiu, o amor nunca nos deixou, espero que estejam orgulhosos. Eu amo vocês!

Ao meu orientador e professor Dr. Marco Eustáquio de Sá, pela oportunidade, orientação e ensinamento, mas principalmente por toda sua acessibilidade, paciência, compreensão e apoio. Grata por ter conhecido um profissional tão brilhante e um ser humano de luz. Minha eterna gratidão e meu mais sincero obrigada!

A Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, *Campus* de Ilha Solteira, agradeço a oportunidade da pós-graduação e aos seus professores pela contribuição a minha formação profissional e pessoal.

Aos técnicos de campo e laboratório, especialmente ao sr. Alvino e Fábio, pela contribuição na execução das coletas e análises do experimento.

As amigas que a Unesp me deu, obrigada pelos momentos de descontração, me permitiram saber que eu não estava sozinha e que não importe o lugar o universo nos junta com pessoas maravilhosas.

Aos meus irmãos de outra mãe, “Instituto Butantã”, que mesmo longe e com todas as suas cargas estiveram sempre presentes.

Aos meus amados ex-professores e orientadores Dalton Junior e Perla Gondim, que acreditaram em mim de uma forma que nem eu acreditava, cujos conselhos e apoio foram constantes durante essa fase. Vocês são referência profissional e pessoal, obrigada.

A banca examinadora pelas sugestões, atenção e auxílio prestado que foram importantes para a conclusão dessa dissertação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos meu muito obrigada!

“Todos aqui somos loucos. Eu sou louco, você é louca”.

“Como sabe que eu sou louca?” indagou Alice.

“Deve ser”, disse o gato.

“Ou não estaria aqui”.

(Alice no País das Maravilhas, Lewis Carroll).

RESUMO

O trigo é uma planta anual da família da Poaceae, sendo um dos mais importantes cereais utilizados como cultura de inverno. Os micronutrientes, vêm sendo estudados em função dos benefícios que promovem na produção e qualidade das sementes. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de cobre e boro, zinco e extrato de algas, na produção e qualidade fisiológica de sementes de trigo irrigado em condições de cerrado. O trabalho foi conduzido na Fazenda experimental da UNESP, localizada no município de Selvíria/MS. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizado, com quatro repetições, em arranjo fatorial 4x5, sendo o primeiro fator micronutrientes (B; Cu e extrato de algas, Zn e extrato de algas, Zn e extrato de algas e espalhante adesivo) e o segundo doses (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 L ha⁻¹). Nas condições ambientais estudadas, os tratamentos com zinco e extrato de algas, com presença ou ausência do espalhante adesivo, influenciaram positivamente as características produtivas da cultura do trigo. As sementes obtidas apresentaram alta qualidade fisiológica com elevada germinação e vigor quando submetidas a aplicação foliar com micronutrientes. As doses testadas requeridas para produção e qualidade das sementes, se situam ao redor de 1,0 L ha⁻¹ para boro, zinco e extrato de algas e zinco e extrato de algas + espalhante adesivo, e de 0,5 L ha⁻¹ cobre e extrato de algas.

Palavras Chaves: *Triticum aestivum*. Micronutrientes. Produtividade. Bioestimulante.

ABSTRACT

Wheat is an annual plant of the Poaceae family, being one of the most important cereals used as winter crops. Micronutrients have been studied due to the benefits they promote in seed production and quality. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of application of copper and boron, zinc and algae extract on the production and yield of wheat seeds. The work was conducted at UNESP experimental farm, located in Selvíria/MS. It was used a randomized block design with four replications in a 4x5 factorial arrangement, being the first factor the micronutrients (B; Cu and algae extract, Zn and algae extract in the presence or absence of adhesive) and the second the doses (0.0; 0.5; 1.0; 1.5 and 2.0 L ha⁻¹). Under the environmental conditions studied, treatments with zinc and algae extract, with or without adhesive spreader, positively influenced the yield characteristics of wheat crop. The seeds obtained showed high physiological quality with high germination and vigor when submitted to foliar application with micronutrients. The tested doses required for seed production and quality are around 1.0 L ha⁻¹ for boron, zinc and algae extract and zinc and algae extract + adhesive spreader, and 0.5 L ha⁻¹ copper and seaweed extract.

Keywords: *Triticum aestivum*. Micronutrients. Productivity. Biostimulant.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	CULTURA DO TRIGO	12
2.2	PRODUÇÃO DE SEMENTES.....	13
2.3	ADUBAÇÃO FOLIAR E MICRONUTRIENTES	14
2.3.1	Boro (B)	15
2.3.2	Cobre (Cu)	16
2.3.3	Zinco (Zn)	17
2.3.4	Extrato de algas (EA)	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	19
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS	20
3.3	INSTALAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO	20
3.4	PARÂMETROS AVALIADOS	22
3.4.1	Componentes de produção e produtividade de sementes	22
3.4.2	Qualidade fisiológica da semente	23
3.4.3	Qualidade nutricional	24
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1	COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE SEMENTES	25
4.2	QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES.....	30
4.3	QUALIDADE NUTRICIONAL.....	38
5	CONCLUSÕES	42
	REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma gramínea anual amplamente cultivada em todo mundo, com significativa importância na economia global. Encontra-se entre um seleto grupo de *commodities* agrícolas que domina tanto a produção quanto o comércio mundial de grãos. É a terceira cultura mais semeada no mundo, ocupando mais de 17% da terra cultivável e aproximadamente 30% da produção mundial de grãos, perdendo apenas para o milho e arroz (TAKEITI, 2015; BONA *et al.*, 2016).

Embora seja aclamado como potência global na produção agrícola, o Brasil participa com apenas 0,75% da produção mundial desse grão. A produção de trigo brasileiro concentra-se nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, destacando-se a Região Sul como responsável por 94% da produção nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2019). O país apresenta consumo *per capita* ao redor de 60 kg habitante ano⁻¹, o que evidencia a importância deste cereal não só para a economia, mas também como importante fonte de carboidrato para a população (BONA *et al.*, 2016).

Apesar de ser altamente dependente da importação desse cereal, o Brasil tem condições de ser autossuficiente na produção de trigo. As condições de solo, clima e topografia favoráveis ao cultivo de trigo, tanto de sequeiro quanto irrigado, em épocas e altitudes definidas pela pesquisa, fazem do Brasil Central região de grande potencial para a expansão dessa cultura, com a perspectiva de propiciar a médio prazo, a autossuficiência na produção nacional ((TEIXEIRA FILHO *et al.*, 2010). Além disso, a inserção do trigo no Cerrado contribui para diversificar os sistemas produtivos regionais (THEAGO *et al.*, 2014). Porém, para obtenção de altas produtividades é necessário a adoção de técnicas de manejo diferenciadas, como cultivares de alto potencial produtivo, aliado à adubação adequada, entre outras. Além disso, o suprimento de micronutrientes têm se apresentado como importante alternativa, principalmente, nos solos originalmente cobertos por vegetação de Cerrado, onde há escassez destes nutrientes.

O aporte de micronutrientes por meio da adubação foliar é de fácil aplicação e apresenta custos relativamente baixos, além de ser adaptável aos pulverizadores normalmente utilizados pelos produtores na aplicação de outros produtos, tais como inseticidas e fungicidas (SORATTO *et al.*, 2011). Na agricultura brasileira a produtividade, a eficiência, a lucratividade e a sustentabilidade dos processos

produtivos são extremamente relevantes, uma vez que os micronutrientes passam a ser utilizados de modo mais rotineiro nas adubações das culturas, em todas as regiões brasileiras e para as mais variadas condições de solo e clima (LOPES, 1999).

Os micronutrientes boro, cobre e zinco, vêm sendo estudados tanto em função da sua maior deficiência em solos brasileiros, principalmente para os solos do Cerrado, como pelos benefícios que promovem na produção e na qualidade das sementes, no entanto, os resultados nem sempre são consistentes, variando em função do tipo de nutriente aplicado, da fase de desenvolvimento da planta em que foi aplicado, da dose, entre outros (MALAVOLTA, 2006; SÁ, 1994).

Além disso, muitos estudos são encontrados na literatura relacionando a utilização desses micronutrientes em leguminosas, com destaque para as culturas da soja e do feijão, no entanto, há poucas informações referentes à aplicação desses micronutrientes, suas doses e seus possíveis benefícios em sementes de *Poaceas*, principalmente para a cultura do trigo. Diante disso, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de doses de micronutrientes via foliar sobre a produção e qualidade fisiológica de sementes de trigo irrigado em condições de cerrado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO TRIGO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma planta monocotiledônea, de ciclo anual, pertence à família das Poaceae, gênero *Triticum*, que compreende quinze espécies, reunidas em três grupos (SLEPER; POEHLMAN, 2006). Considerado um cereal básico para a civilização, teve sua origem do cruzamento de gramíneas silvestres que existiam próximas ao rio Tigre e Eufrates, na Ásia, foi uma das primeiras espécies a ser domesticada, desse modo, sua origem segue paralela à história da humanidade (BÖRNER *et al.*, 2005).

Este cereal é uma das principais culturas alimentares, cultivado em ampla gama de ambientes e regiões geográficas, possuindo uma grande relevância na dieta alimentar por sua quantidade e qualidade de proteínas e por sua variedade de produtos derivados (BONA *et al.*, 2016). Ocupa mais de 17% da área cultivável no mundo e representa cerca de 30% da produção mundial de grãos. Em termos de sistemas de produção agrícola é excelente opção de cultivo sustentáveis, como alternativa para sucessão e rotação em sistemas de produção, contribuindo para o manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas (BOREM; SCHEEREN, 2015; DE MORI, 2016).

No Brasil, a cultura do trigo vem alcançando, a cada dia, maior importância frente aos países produtores e exportadores, alicerçada nos ganhos de produtividade, na rentabilidade e no papel relevante do produto nas transações comerciais com outros países (MADEIRA, 2014). O país teve uma área semeada na safra 2018 de 1,9 milhões de hectares, com produção de 4,25 milhões de toneladas (USDA, 2018). Com o crescimento do consumo de trigo, houve aumento da produção em regiões agrícolas não tradicionais. Dessa forma, o trigo foi introduzido em áreas como o Cerrado, embora não seja uma região tradicionalmente utilizada para o cultivo desse cereal, essa região mostra potencial (FARIAS *et al.*, 2016).

Essa região apresenta grande potencial para a expansão da cultura, por oferecer ótimas condições de clima e solo, posição estratégica de mercado e capacidade de industrialização, além de poder ser colhido na entressafra da produção dos estados do Sul e da Argentina e com características superiores de qualidade industrial para panificação (ALBRECHT *et al.*, 2006). Todavia, desse modo, surge a necessidade de se obter informações quanto ao manejo adequado do solo, da água

e de manejo para estas regiões, que possibilitem o aumento da produtividade da cultura do trigo.

O interesse em aumentar o rendimento e qualidade do trigo tem estimulado o uso de novas técnicas de manejo. O estabelecimento de práticas que otimizem os insumos aplicados, especialmente de fertilizantes, pode contribuir para aumentar a produtividade nas lavouras tritícolas e reduzir o custo de produção (ZAGONEL *et al.*, 2002). Nesse contexto, salienta-se a importância de se buscar continuamente aumentos da eficiência de uso de nutrientes por meio do conhecimento detalhado das demandas nutricionais da planta de trigo e da melhoria das práticas de manejo adotadas na lavoura (BONA *et al.*, 2016), verificando se são responsivos à absorção e utilização dos nutrientes aplicados e o desempenho dos mesmos em diferentes ambientes.

2.2 PRODUÇÃO DE SEMENTES

A utilização de sementes de alta qualidade é um dos aspectos que merecem atenção especial para se obter o melhor aproveitamento do potencial produtivo do trigo, quanto aos componentes genético e fisiológico. Uma das etapas mais importantes na produção de trigo é a obtenção de sementes de alta qualidade, porém diversos fatores, tais como ano de cultivo, condições climáticas, variedade e local de cultivo (SHEWRY *et al.*, 2012) afetam a qualidade das sementes, destacando-se entre elas a adubação (SÁ, 1994).

Sementes de alta qualidade resultam em plântulas fortes, vigorosas, bem desenvolvidas e que se estabelecem nas diferentes condições edafoclimáticas, com maior velocidade de emergência e de desenvolvimento das plantas (FRANÇA-NETO, 2010). Essas sementes são responsáveis por possibilitar maior uniformidade de emergência, vigor das plântulas e maior produtividade final, constituindo, portanto, fator básico para o sucesso de uma lavoura (FREITAS *et al.*, 2008; TUNES, 2012).

De acordo com Carvalho e Nakagawa (2012), a boa formação do embrião e do órgão de reserva, assim como sua composição, é dependente da disponibilidade de nutrientes para a planta mãe que, conseqüentemente, irá influenciar no metabolismo e no vigor da semente. Em contrapartida, Carvalho e Nakagawa (2000), ressaltam que em campos para produção de sementes, experimentos relacionados à nutrição das plantas são escassos.

Deste modo, é importante a realização de trabalhos que relacionem adubação, nutrição de plantas produtoras de sementes e a qualidade fisiológica das mesmas. Dentre eles se destacam os de Leite *et al.*, (2011) em sementes de arroz; Zucareli *et al.*, (2011) em sementes feijão e Veiga *et. al.*, (2010) em sementes de soja.

2.3 ADUBAÇÃO FOLIAR E MICRONUTRIENTES

Para complementar a adubação via solo, a prática via foliar vem se desenvolvendo intensamente nos últimos anos em várias culturas de interesse econômico. As folhas das plantas possuem ampla capacidade de absorção de nutrientes aplicados na forma de soluções em sua superfície. Esse conhecimento motivou o desenvolvimento das tecnologias de aplicação foliar em forma de soluções contendo macronutrientes e micronutrientes, porém sem conhecimento aprofundado e embasamento científico sobre fontes e quantidades a serem utilizadas nesse processo (CANESIN; BUZETTI, 2007).

Existem diversos fatores que provocam a deficiência e a disponibilidade de micronutrientes como o material de origem, textura do solo, práticas corretivas (calagem, gessagem e fosfatagem), entre outros fatores (HEINRICHS; SOARES FILHO, 2014). A utilização de micronutrientes na adubação e resposta na produção é muito variável entre culturas, espécies, variedades, sistema de manejo, entre outros, por isso os resultados na literatura são conflitantes (PESSOA *et al.*, 2000). Cabe destacar que o limite estreito entre fitotoxicidade e deficiência, principalmente em micronutrientes, traz a necessidade de definir as taxas adequadas (BOROWSKI; MICHALEK, 2010).

Os solos da região tropical do Brasil, especialmente os do Cerrado, podem apresentar, com mais frequência, baixa disponibilidade de alguns micronutrientes para o crescimento e desenvolvimento normal da cultura de trigo. Dentre as limitações de micronutrientes mais comuns destaca-se a deficiência de boro, cobre e zinco, especialmente em áreas com excesso de adubação fosfatada (BONA *et al.*, 2016). Na literatura são encontrados poucos trabalhos com micronutrientes na cultura do trigo e não se tem clareza das condições de resposta a micronutrientes, sendo, portanto, se suma importância a realização de mais pesquisas sobre este assunto.

2.3.1 Boro (B)

A nutrição, torna-se ainda mais agravante no que tange à produção de sementes, pois as exigências nutricionais necessárias para obtenção de um produto de alta germinabilidade e vigor são maiores em relação à produção de grãos, especialmente em relação ao boro, que é um micronutriente essencial para a divisão celular e alongamento de tecidos meristemáticos e órgãos florais, fertilidade de flores masculinas, germinação e alongamento do tubo polínico e formação de semente e frutos (FURLANI *et al.*, 2003; BRUNES *et al.*, 2015). O B tem suas funções na planta associadas ao metabolismo dos ácidos nucléicos, biossíntese de carboidratos, fotossíntese, metabolismo de proteínas e estabilidade da membrana celular (BARKER; PILBEAM, 2015).

A adequada nutrição de B é preconizada para o trigo, pois esse nutriente afeta diretamente o rendimento da cultura ao favorecer a fertilização e germinação do grão de pólen e atuar diretamente no processo de enchimento dos grãos da espiga, o que aumenta o número e a massa dos grãos colhidos (BONA *et al.*, 2016). Ainda de acordo com a autora, no que diz respeito às estruturas reprodutivas, a planta de trigo deficiente em boro apresenta inflorescências pouco desenvolvidas ou deformadas com alta esterilidade e grande número de grãos com má formação ou chochos.

O manejo da adubação com boro deve ser cuidadoso, pois a faixa entre a deficiência e toxidez é estreita quando comparado aos demais nutrientes (MALAVOLTA, 2006), ressalta-se que a tolerância a baixos níveis deste elemento no solo pode ser dependente da variabilidade genotípica da cultura (TEIXEIRA *et al.*, 2005; BRUNES *et al.*, 2015). Por isso, se faz necessário realizar pesquisas com doses para elucidar as necessidades em nutrientes de cada espécie, para que se possa fazer recomendação de adubação para produção de sementes de trigo.

Entre os trabalhos que buscam sanar essas dúvidas estão as de Wruck *et al.* (2004), que ao relatarem que aplicações foliares de boro na pré-florada e no enchimento das sementes não teve efeito significativo no aumento da produtividade do feijoeiro; Já Kappes (2008), verificou que a qualidade fisiológica das sementes não apresentou efeito significativo com relação à adubação foliar com boro. Souza *et al.* (2011) obteve resultados semelhantes ao trabalhar com doses de boro na cultura do feijoeiro, com rendimento máximo de grãos na dose boro de 1,8 kg ha⁻¹. Ao pesquisarem a fertilização de borato em trigo Muhmood *et al.* (2014) obtiveram maior rendimento de grãos na dose de 2 kg ha⁻¹ e Galindo *et al.* (2018), com o aumentos

nas doses de boro até 2 kg ha⁻¹ obtiveram influência sobre as concentrações de boro no solo, folhas e palha, bem como o número de espiguetas por espiga e rendimento de grãos.

2.3.2 Cobre (Cu)

O cobre é um elemento fundamental para a formação do pólen e para a biossíntese da clorofila e da parede celular (lignificação) da planta. A deficiência desse micronutriente causa esterilidade do pólen da espiga do trigo, o que acarreta má formação dos grãos e perdas de produtividade (BARKER; PILBEAM, 2015). Por isso, a aplicação via foliar é ineficaz quando realizada após o florescimento da cultura, pois as mais altas demandas do nutriente coincidem com o período de pré-florescimento e visam o desenvolvimento do grão de pólen.

Após o espigamento, a lavoura de trigo com deficiência de Cu caracteriza-se pelas espigas com porções esbranquiçadas e por plantas com clorose e amadurecimento desuniforme (retardamento da maturação). Além do aspecto esbranquiçado, as espigas de trigo deficientes em Cu podem ficar retorcidas e/ou manchadas, sem grãos (chochamento) ou com grãos atrofiados, que se desprendem da ráquis com facilidade (BONA *et al.*, 2016).

O cobre é elemento exigido em baixas concentrações e tem mobilidade lenta nas plantas, embora possa ser translocado de órgãos vegetativos para sementes. É necessário para a formação da clorofila nas plantas, catalisa vários processos no metabolismo vegetal e é necessário à promoção de reações enzimáticas, apesar de não fazer parte dos produtos formados. À semelhança de outros micronutrientes, grandes quantidades de cobre podem ser tóxicas para as plantas (RIBEIRO; SANTOS, 1994).

Apesar da essencialidade desse micronutriente, principalmente para a cultura do trigo, os resultados de trabalhos com esse nutriente são escassos, entre eles estão o de Ribeiro e Santos (1994), que observaram incremento na germinação com a aplicação de Mn e Cu em sementes de soja e Galvão (1999) obteve, no segundo e terceiro ano de cultivo, rendimentos máximos de grão de soja, independente dos métodos usados na aplicação do cobre, ou seja, no solo (lanço ou sulco), na folha e na semente. Portanto, faz-se necessário a realização de pesquisas referentes a esse nutriente, principalmente no trigo, e as doses recomendadas.

2.3.3 Zinco (Zn)

A deficiência de Zn é reconhecida como problema nutricional mundial para a produção das culturas, especialmente aquelas que pertencem à família das *Poaceae*, altamente exigentes neste nutriente (FAGERIA, 2001). Isto ocorre porque o elemento desempenha funções importantes nas plantas, especialmente, como ativador enzimático, sendo requerido para a síntese do aminoácido triptofano, um precursor da biossíntese do ácido indol acético (AIA), em rotas bioquímicas que garantem a formação de lipídeos e proteínas e na estruturação das membranas celulares, desenvolvimento das partes florais, produção de sementes (MALAVOLTA, 2006; HAFEEZ *et al.*, 2013). O seu desequilíbrio nutricional, tem sido um dos fatores para perdas na produção e na qualidade de sementes.

A limitação de Zn nos solos com cultivo de trigo ocorre especialmente nas áreas de Cerrado e está relacionada com o baixo teor natural ou quando são utilizadas doses elevadas de calcário, pode estar associada ainda a solos com alto pH ou que receberam excesso de adubação fosfatada (FAGERIA, 2001; MOUSAVI *et al.*, 2012).

A habilidade do grão de trigo de acumular Zn fez com que esse cereal fosse incluído em diversos programas de biofortificação com o objetivo de enriquecer os alimentos derivados do trigo para a melhoria da qualidade nutricional da alimentação humana. Estudar a biodisponibilidade do Zn dos grãos derivado de aplicações foliares é uma estratégia útil para combater a deficiência de Zn de forma eficaz, relacionado com problemas de saúde a nível global (CAKMAK, 2008; BONA *et al.*, 2016).

Com isso, estudos sobre as fontes consideradas “modernas”, especialmente as de aplicação via foliar, são alvo principal de futuras pesquisas, pois além de conter zinco, esses produtos podem associar-se a outros nutrientes e/ou hormônios de crescimento, ao qual possibilitam melhor desenvolvimento das plantas. Como são produtos aplicados via foliar, a interação com colóides do solo é quase nula e com isso há melhor aproveitamento do micronutriente, uma vez que a quantidade aplicada é inferior a dose que seria recomendada para a aplicação via solo, além de evitar uma possível contaminação pelo excesso de zinco (COUTINHO *et al.*, 2007).

De acordo com Orioli Júnior *et al.* (2008), a aplicação foliar de zinco em plantas de trigo favoreceu o acúmulo do nutriente em relação a outros modos de aplicação. Em plantas de sorgo, a aplicação foliar de fontes inorgânicas como o $ZnSO_4$ e óxido de zinco, proporciona incrementos no acúmulo de zinco (CHOUDHARY *et al.*, 2017),

na massa seca da parte aérea e da raiz (KATKAR *et al.*, 2018), refletindo na maior produção (RANA *et al.*, 2013).

2.3.4 Extrato de algas (EA)

Com a finalidade de melhorar o desempenho dessa gramínea, faz-se necessário a busca de técnicas que promovam maior produtividade da cultura e a eficiência no uso dos recursos disponíveis. Nesse contexto, os bioestimulantes são tidos como alternativas interessantes, principalmente por ser alternativa ao uso eficiente de fertilizantes e por ser ecologicamente correta (KUMAR; SAHOO, 2011).

Produtos obtidos a partir do extrato da alga *Ascophyllum nodosum*, têm sido utilizados como bioestimulantes em diversas culturas. Na Comunidade Européia é freqüente o uso de produtos comerciais à base de extrato de alga via aplicação foliar ou no solo, inclusive na agricultura orgânica. Já no Brasil, o uso do extrato de alga na agricultura é regulamentado pelo Decreto no 4.954 e enquadrado como agente complexante em formulações de fertilizantes para aplicação foliar e fertirrigação (MÓGOR, 2008). Seu extrato possui a capacidade de estimular o crescimento vegetal devido à sua composição rica em nutrientes, carboidratos, aminoácidos e hormônios vegetais próprios da alga (ABREU *et al.*, 2008).

Resultados de pesquisa demonstram que algumas culturas têm obtido ganhos significativos na produtividade e incrementos no sistema radicular, como nos trabalhos de Vieira e Santos (2005) e Albrecht *et al.* (2009), em algodão, observaram que os bioestimulantes podem aumentar a porcentagem de emergência das plântulas e a velocidade de crescimento radicular, além de originar plântulas mais vigorosas. Estudos revelam que aplicação de extratos de algas em plantas favorece a precocidade germinativa das sementes e de seu estabelecimento, melhora o desempenho e a produtividade vegetal e eleva a resistência a estresses bióticos e abióticos (CRAIGIE, 2011; KUMAR; SAHOO; 2011).

Pode-se verificar, portanto, a necessidade da realização de mais estudos sobre a nutrição da planta progenitora e a qualidade fisiológica das sementes para melhor elucidar as necessidades em nutrientes de cada espécie, principalmente em trigo, para que se possa fazer recomendação de adubação para produção de sementes, visando também à sua qualidade fisiológica e maior produtividade.

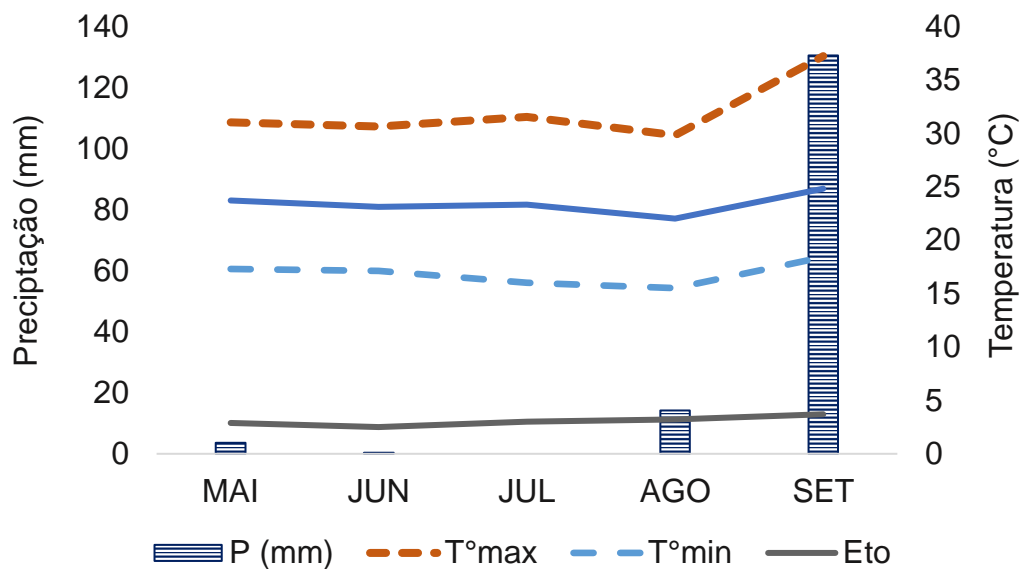
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido no ano de 2018, em área experimental pertencente à Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da Faculdade de Engenharia - UNESP, *Campus* de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria (MS), com coordenadas geográficas 20° 22' 02" S e 51° 25' 08" W e altitude de 335 m.

O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e seca no inverno, com temperatura média anual de aproximadamente 23° C, média anual de umidade relativa do ar de 66% e precipitação anual de 1.322 mm (Centurion, 1982). Os dados de precipitação pluvial, umidade relativa, temperaturas máximas, médias e mínimas do período de condução do experimento foram apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Dados de precipitação pluvial e temperaturas no período de maio a setembro de 2018. Onde, P: precipitação, T°med: Temperatura média, T°max: Temperatura máxima, T°min: Temperatura mínima e Eto: evapotranspiração.



Fonte: Elaboração do próprio autor.

O solo do local é do tipo LATOSSOLO VERMELHO distrófico, típico argiloso (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA, 2018), o qual foi ocupado inicialmente por vegetação de cerrado e cultivado posteriormente por culturas anuais, há mais de 30 anos. As características químicas do solo da área experimental na profundidade de 0,0 a 0,20 m, por ocasião da semeadura, podem ser observadas na Tabela 1.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, em arranjo fatorial 4x5, totalizando 80 parcelas. Sendo que os fatores foram compostos por:

Fator 1 (micronutriente): Boro (B); Cobre + extrato de algas (Cu + EA) Zinco + extrato de algas (Zn + EA), Zinco + extrato de algas + espalhante adesivo (Zn + adesivo) e Fator 2 (doses): Testemunha (0,0 L ha⁻¹), 0,5 L ha⁻¹; 1,0 L ha⁻¹; 1,5 L ha⁻¹ e 2,0 L ha⁻¹ do fertilizante foliar.

As parcelas experimentais foram constituídas por 10 linhas de plantas de trigo com 5 m de comprimento, espaçadas de 0,17 m entre linhas e 60 sementes por metro linear, sendo considerada como área útil apenas as seis linhas centrais, excluindo-se 0,5 m das extremidades.

3.3 INSTALAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO EXPERIMENTO

As sementes de trigo utilizadas foram do cultivar CD 150, com germinação mínima de 90%, proveniente da safra 2017. Como fonte de boro foliar utilizou-se o ácido bórico (H₃BO₃ – 17% de boro) e de cobre o fertilizante foliar a base de “cobre e extrato de algas” (CuSO₄ – 11% de cobre). Utilizou-se como fonte de zinco o fertilizante foliar a base de “zinco e extrato de algas” (ZnSO₄ – 21% de zinco) e o espalhante adesivo (2% N + 1% K₂O).

Os experimentos foram implantados em 22 de maio de 2018, em sistema de semeadura direta, realizada mecanicamente. A adubação de base foi realizada no sulco de semeadura com 300 kg ha⁻¹ da formulação N-P₂O₅- K₂O (4-20-20). Antes da semeadura as sementes foram tratadas com fungicida carboxin + thiram (60 + 60 g i.a. 100 kg de sementes). A cultura foi mantida por um sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central, com lâmina de água média de 14 mm e turno de rega de aproximadamente 72 horas.

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental I na camada de 0,0 – 0,20 m de profundidade, após a implantação do experimento. Selvíria – MS, 2018.

Macronutrientes e resultados complementares													
P	M.O.	pH	Ca	Mg	K	H+Al	Al	SB	CTC	V%	Ca/CTC	Mg/CTC	m
(mg dm ⁻³)	(g dm ⁻³)	(CaCl ₂)	(mmol _c dm ⁻³)									(%)	
28	21	4,8	23	10	0,8	42	1	33,8	75,8	45	30	13	3
Micronutrientes													
Zn	Cu		B			Fe		Mn					
----- (mg dm ⁻³) -----													
0,3	0,7		0,36			14		7,5					

Onde: P - fósforo disponível, M.O - teor de matéria orgânica, pH - potencial hidrogeniônico, Ca - cálcio trocável, Mg - magnésio trocável, K - potássio trocável, H+Al - acidez potencial, Al - alumínio trocável, SB - soma de bases, CTC - capacidade de troca catiônica a pH 7, V% - saturação por bases, m% - saturação por alumínio.

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo da UNESP – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (2018).

A aplicação do fertilizante foliar testado foi realizada de forma manual, com utilização de um pulverizador costal, equipado com ponta do tipo jato cone vazio, regulado para aplicação de 150 L ha^{-1} de calda, sendo as aplicações realizadas aos 25 dias após a emergência. Para regulagem do equipamento foi medida a velocidade de caminhamento (m s^{-1}) do aplicador, e a vazão de acordo com a pressão manual exercida pelo mesmo, estimada em 150 L ha^{-1} . As pulverizações foram realizadas pela manhã, pelas temperaturas mais amenas, em condições de pouco vento.

O manejo de plantas invasoras foi feito aos 33 DAS, com aplicação do herbicida Metsulfurom-metílico ($3,0 \text{ g ha}^{-1}$ do i.a.). Não houve necessidade de controle de pragas ou doenças, devido à ausência na área experimental. A adubação nitrogenada foi realizada de forma manual aos 35 DAS, utilizando como fonte a ureia (45% N), sendo espalhada na superfície do solo sem incorporação nas laterais das linhas de semeadura, evitando o contato das plantas com o fertilizante, em uma dose de 90 kg ha^{-1} de N (ureia). Após a adubação de cobertura, a área foi irrigada por aspersão, para minimizar perdas por volatilização, que é comum quando se aplica a ureia como fertilizante.

A colheita foi realizada manualmente e individualmente, por unidade experimental, aos 105 DAS do trigo, em 4 de setembro de 2018. O material colhido foi submetido à secagem a pleno sol e posteriormente trilhado, com abanação manual para a limpeza do material.

3.4 PARÂMETROS AVALIADOS

Por ocasião da colheita, foram avaliadas no laboratório de Tecnologia e Produção de Sementes da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, as seguintes variáveis:

3.4.1 Componentes de produção e produtividade de sementes

Número de sementes por espiga (NSE): realizado por contagem manual das sementes de 10 espigas, coletadas de forma aleatória de cada unidade experimental, realizando-se, posteriormente, cálculo de média.

Produtividade de sementes (PD): obtido por meio da colheita manual da unidade experimental, através de pesagem das sementes colhidas das seis linhas

centrais a 0,5 m da extremidade (5,0 m²), sendo a umidade corrigida para 13%, posteriormente extrapolada para kg ha⁻¹.

Peso hectolítrico (PH): realizada com quatro subamostras em balança hectolítrica, com capacidade de um quarto de litro de sementes, sendo o resultado expresso em kg hL⁻¹.

Massa de mil sementes (MS): foram empregadas oito subamostras de 100 sementes, conforme metodologia de Brasil (2009), com as sementes obtidas das plantas utilizadas para a contagem do número de sementes/espiga.

3.4.2 Qualidade fisiológica da semente

Condutividade elétrica (CE): cada tratamento utilizou quatro amostras de 25 sementes. As amostras foram pesadas em uma balança de precisão, colocadas para embeber em recipiente contendo 75 ml de água destilada e mantidas em câmara, à temperatura de 25° C, durante 24 horas. Após este período, foi feita a leitura da CE na solução de embebição, utilizando-se um condutivímetro digital, com resultados expressos em $\mu\text{s/cm/g}$. Realizou-se o cálculo dividindo-se o valor da leitura/água pelo peso das sementes.

Primeira contagem de germinação (PCG): avaliada a partir do número de plântulas normais, aos quatro DAS, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL, 2009).

Teste de germinação (G): realizado com quatro subamostras de 50 sementes por tratamento em rolos de papel *Germitest*, na temperatura constante de 20° C, sendo que o substrato foi umedecido com quantidade de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel. As contagens foram realizadas oito DAS, de acordo com os critérios estabelecidos pelas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Índice de velocidade de germinação (IVG): realizado em conjunto com o teste de germinação, onde o índice de velocidade para cada tratamento foi calculado segundo a fórmula proposta por Maguire (1962).

Envelhecimento acelerado (EA): realizado com quatro subamostras de 50 sementes para cada tratamento, pelo método proposto por McDonald e Phaneendranath (1978) descrito por Marcos Filho (1999), colocando-se 200 sementes sobre uma tela de inox ajustada dentro de uma caixa plástica transparente, contendo

no fundo 40 mL de água destilada. Após a colocação da tampa, as caixas foram levadas para a estufa regulada à temperatura de 41° C, onde permaneceram por 72 h. Transcorrido esse período, as sementes foram semeadas conforme descrito para o teste de germinação e as plântulas normais foram avaliadas oito dias após a implantação do teste.

Comprimento de parte aérea (CPA) e raiz (CR): foram obtidos com quatro repetições de 20 sementes para cada unidade experimental (NAKAGAWA, 1999). No oitavo DAS, foram avaliados o comprimento da parte aérea e da raiz de dez plântulas normais, com auxílio de régua graduada em milímetros, os resultados sendo expresso em comprimento médio.

Massa seca da parte aérea (MAS) e raiz (MSR): realizou-se logo após a mensura do comprimento, quando estas foram seccionadas. Em seguida, o material foi adicionado em saco de papel e mantido em estufa de ventilação forçada sob temperatura de 65° por 48 horas. Posteriormente, foi avaliada a massa seca, utilizando-se balança de precisão 0,001 g e os resultados foram expressos em mg plântula⁻¹ (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

3.4.3 Qualidade nutricional

Medida pela composição química das sementes, avaliadas no Laboratório de Análises Químicas de Solo e Tecido Vegetal da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, as seguintes variáveis:

Teores de nutrientes nas sementes: os macronutrientes e micronutrientes foram determinados com uso das sementes correspondentes aos blocos do campo, submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 70° C, moídas e posteriormente analisadas, conforme descrito por Malavolta *et al.* (1997).

Teor de proteína: O teor de proteínas no grão foi estimado através da multiplicação do teor de N por 6,25 de acordo com Boen *et al.* (2007).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e as médias comparadas pelo teste de *Skott-Knott*, sendo empregada regressão polinomial para efeito das doses dos micronutrientes, todos à 5% de significância através do programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COMPONENTES DE PRODUÇÃO E PRODUTIVIDADE DE SEMENTES

Não observou-se interação significativa para as variáveis número de sementes por espiga (NSE) e produtividade (PR), ocorrendo uma significância isolada para tratamento com o fertilizante foliar. Já para as variáveis peso hectolitro (PH) e massa de mil sementes (MMS), observou-se a interação entre doses e os tratamentos (Tabela 2).

Efeitos positivos foram observados no NSE, quando submetidos a aplicação foliar de cobre e boro (45,3 e 44,9 sementes/espiga, respectivamente) (Tabela 2), uma vez que esses micronutrientes estão intimamente ligados ao processo de enchimento dos grãos da espiga, atuando, assim, diretamente no número de sementes por espiga. O boro, provavelmente, influenciou positivamente na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico, aumentando o pegamento de flores e a granação, reduzindo esterilidade masculina e o chochamento de grãos (MALAVOLTA, 2006). Já o Cu, provavelmente, atuou para a formação do pólen da espiga, sendo que, sua deficiência acarretaria má formação dos grãos (BARKER; PILBEAM, 2015).

Os tratamentos com zinco e extrato de algas (com e sem espalhante adesivo), apresentam os menores resultados para número de sementes/espiga (Tabela 2), diferindo de resultados encontrados por Tunes *et al.* (2012), ao estudarem a aplicação de zinco em semente de trigo.

A aplicação foliar com boro, foi a que apresentou valores mais baixos, em relação as demais, para produtividade de sementes de trigo (1.990 kg ha^{-1}), Tabela 2. Resultado que difere do encontrado por Almeida *et al.* (2015), em estudo com aplicação de doses de B em sementes de capim-mombaça, os autores verificaram que esse nutriente possibilitou o aumento na produção de sementes dessa forrageira.

Observa-se ainda que, mesmo os tratamentos que demonstraram maiores médias para rendimento de sementes, cobre e extrato de algas e zinco e extrato de algas e zinco e extrato de algas com adesivo, 2.327; 2.290 e 2.255 kg ha^{-1} , respectivamente, são valores inferiores a média nacional, que é de 2.649 kg ha^{-1} de trigo (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2019).

Tabela 2 - Análise de variância e regressão para número de sementes/espiga (NSE), produtividade (PR), peso hectolitro (PH) e massa de mil sementes (MMS), em função da aplicação de doses de boro, cobre e extrato de algas, zinco e extrato de algas e zinco e extrato de algas e adesivo. Selvíria - MS, 2018.

Fertilizante foliar (L ha⁻¹)	NSE (un⁻¹)	PR (kg ha⁻¹)	PH (kg hL⁻¹)	MMS (g⁻¹)
Boro	44,9a	1.989b	71,3a	32,0c
Cobre - EA	45,3a	2.327a	69,4b	34,9b
Zinco - EA	41,1b	2.255a	72,3a	36,9a
Zinco + Adesivo	42,4b	2.290a	73,7a	37,4a
Doses				
0	44,0	2.331	70,2	34,7
0,5	44,1	2.284	72,2	35,6
1,0	42,4	2.310	72,8	36,1
1,5	43,5	2.181	70,4	34,5
2,0	43,1	2.309	72,8	35,6
Teste F				
Tratamento (T)	4,90**	6,14**	7,80**	136,32**
Doses (D)	0,49 ^{ns}	0,35 ^{ns}	3,17**	7,61**
T x D	0,96 ^{ns}	1,18 ^{ns}	3,10**	2,63**
Média	43,4	2.283	71,7	35,3
CV (%)	9,3	17,5	4,0	2,7
Regressão linear	0,44 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,47 ^{ns}
Regressão quadrática	0,66 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,45*	0,69*

significativo a 1% probabilidade pelo teste F. *: significativo a 5% probabilidade pelo teste F. ns = não significativo. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Estes resultados podem ter sido influenciados pelas condições ambientais durante o cultivo, onde a temperatura máxima média na época de formação e enchimento das sementes, variou de 30° a 35° C (Figura 1). Preconiza-se, para a cultura do trigo que a temperatura máxima durante esse período seja de 25° C ou menos, além da ocorrência de temperatura mínima durante todo o ciclo, igual ou acima de 9° C (EMBRAPA, 2014). Ademais, trabalhos têm confirmado o efeito danoso de altas temperaturas sobre a produtividade. De acordo com Souza e Ramalho (2001), o estresse causado pelo calor pode afetar negativamente vários caracteres da planta e, conseqüentemente, diminuir a produtividade.

Os produtores necessitam além da produtividade, que garante a lucratividade da lavoura, atentar para a qualidade da semente, sendo que, esse pode ser observado em parte pelo peso hectolitrico (COMPONOGARA *et al.*, 2015). Embora, o presente trabalho apresente melhores valores de peso hectolitrico, para os tratamentos com zinco (ausência ou presença do adesivo), com valores de 73,7 e 72,3 kg hL⁻¹ de sementes, respectivamente, tais valores ainda estão abaixo dos índices ideais do mercado, cujo valor médio é de 78 kg hL⁻¹ de sementes de trigo (BRASIL, 2009).

Assim, como ocorreu para a variável produtividade, esse fato pode estar relacionado, possivelmente, com as condições de temperatura média mensal na presente pesquisa, sendo que, o impacto dessas condições ambientais tanto pode causar perda de rendimento físico, quanto afetar negativamente o padrão de qualidade tecnológica das sementes (OLIVEIRA-NETO; SANTOS, 2017).

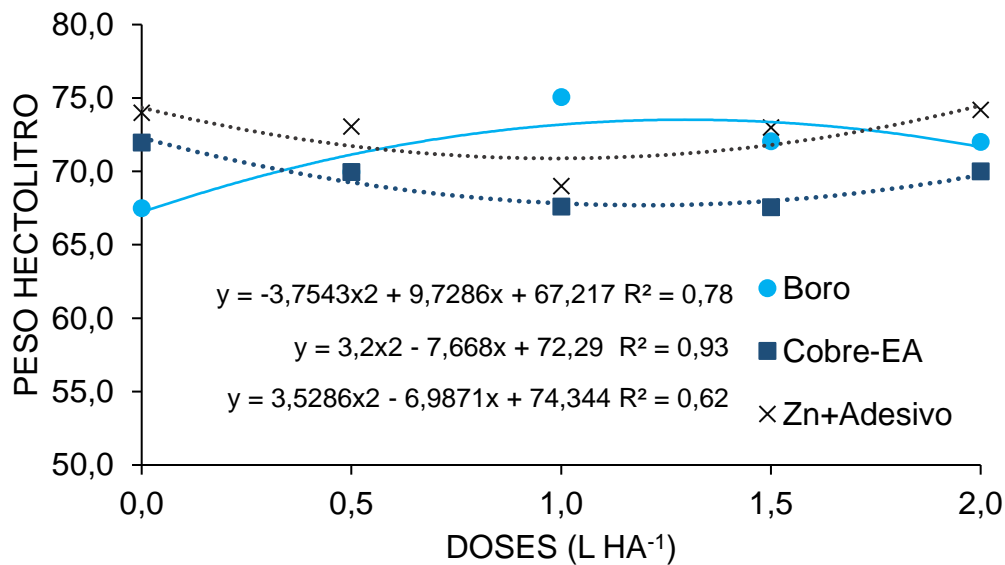
O PH é um indicador que reflete o rendimento do grão em farinha ou sêmola, o rendimento será mais elevado quanto maior for o peso do hectolitro. De acordo com Nunes *et al.* (2011), é uma propriedade que apresenta grande importância na comercialização do produto, uma vez que os preços praticados consideram este parâmetro como um indicativo de qualidade.

Na Figura 2, observa-se a interação do tratamento com micronutrientes e doses aplicadas sobre peso hectolitrico. Em todos os tratamentos foi observado um ajuste quadrático, exceto para zinco e extrato de algas que não apresentou ajuste para nenhuma função.

O tratamento com zinco e adesivo, apresentou maiores valores em comparação aos demais tratamentos. Pode-se observar ainda que para esse tratamento, não houve diferença entre a dose máxima e a testemunha, 74,2kg hL⁻¹ e 74,0 kg hL⁻¹,

respectivamente. Fato que pode ser justificado por esse nutriente ser requerido em pequenas quantidades, podendo, portanto, ter sido suprido na testemunha pela reserva na semente ou a quantidade adequada ter sido fornecida pelo solo e/ou o excesso ter atrapalhado no desenvolvimento das plantas de trigo (SANDRI; SIMONETTI, 2017).

Figura 2 - Doses de boro, cobre e extrato de algas, e zinco e extrato de algas + espalhante adesivo para peso hectolitrico em sementes de trigo. Selvíria – MS, 2018.



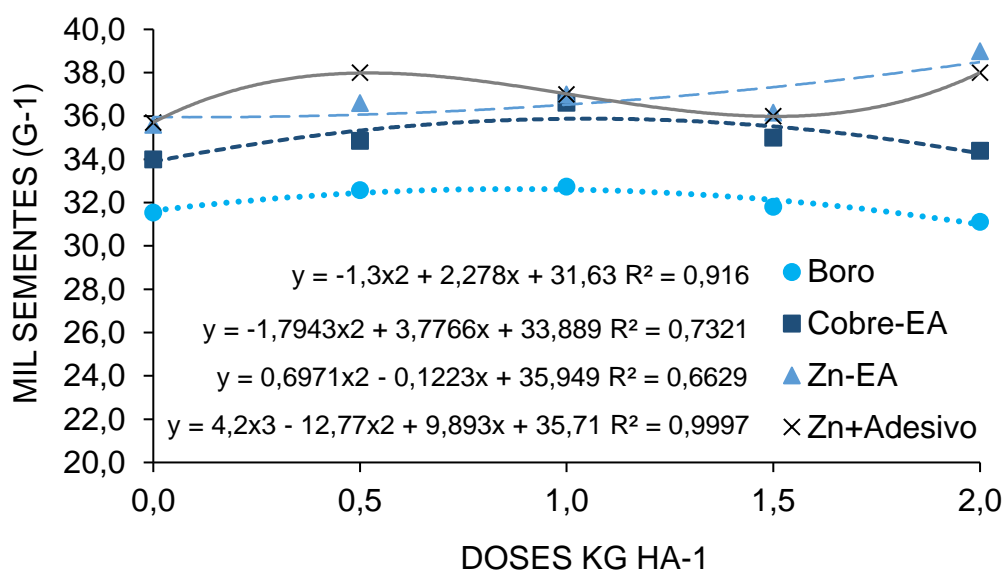
Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Observa-se ainda, maiores valores na dose de 1,0 L ha⁻¹ para boro e na testemunha para cobre e extrato de algas, com 75,0 e 72,0 kg hL⁻¹, respectivamente (Figura 2). O comportamento quadrático do B, pode ser explicado por esse micronutriente atuar na translocação de açúcares para os órgãos propagativos, no entanto, a sua faixa de toxidez é bastante próxima aos níveis de deficiência (MALAVOLTA *et al.*, 2006).

Na (Figura 3), observou-se que os tratamentos com zinco permitiram um aumento significativo para massa de mil sementes, apresentaram maiores valores em todas as doses, em comparação aos demais tratamentos. Resultado similar ao apresentado por Tunes *et al.* (2012), em pesquisa com trigo, onde observaram que esse micronutriente permitiu o aumento da massa de grãos. Pode-se observar ainda que o aumento na massa de sementes foi maior nas doses de zinco e extrato de algas,

onde a dose máxima de 2,0 L ha⁻¹ proporcionou o maior valor (39,0 g⁻¹) para massa de mil sementes.

Figura 3 - Doses de boro, cobre e extrato de algas, zinco e extrato de algas e zinco e extrato de algas + espalhante adesivo para peso massa de mil sementes em trigo. Selvíria – MS.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

O tratamento com boro, apresentou os menores resultados nessa variável em todas as doses (Figura 3), sendo discordante dos resultados apresentados por Almeida *et al.* (2015), em aplicação foliar de boro em capim-mombaça, que possibilitou um aumento na massa de mil sementes. No entanto, tem que se considerar que as sementes dessa forrageira podem apresentar exigências nutricionais diferentes das do trigo e, também, diferentes respostas a esse nutriente. As doses para esse micronutriente apresentaram um comportamento quadrático na regressão, os valores decrescem a partir da dose de 1,0 L ha⁻¹. De acordo com Brunet *et al.* (2016), a tolerância deste elemento pode ser dependente da variabilidade genotípica da cultura.

Observou-se uma correlação negativa entre número de sementes por espiga e massa de mil sementes, onde, porventura, essa redução pode estar relacionada com a necessidade de uma compensação na distribuição das reservas para produzir um maior número de sementes produzidas por espiga. A mesma correlação foi observada por Brunet *et al.*, (2015), em pesquisa com diferentes épocas e dose de boro em trigo.

4.2 QUALIDADE FISIOLÓGICA DAS SEMENTES

Observou-se interação significativa, tratamentos com micronutrientes e doses aplicadas, entre todas as variáveis analisadas, exceto condutividade elétrica (CE), onde a significância foi isolada para o tratamento com o fertilizante foliar, não havendo diferença entre doses (Tabela 3).

Tabela 3 - Análise de variância e regressão para primeira contagem de germinação (PCG), germinação (GERM), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE), em função da aplicação de doses de boro, cobre e extrato de algas, zinco e extrato de algas e zinco e extrato de algas e adesivo em trigo. Selviria -MS, 2018.

Fertilizante foliar (L ha ⁻¹)	CE ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$)	PCG (%)	GERM (%)	IVG	EA (%)
Boro	28,3a	70,4b	90,8b	10,2b	81,0a
Cobre - EA	28,3a	63,0c	87,7c	10,1b	79,1a
Zinco - EA	23,7b	76,8a	95,5a	11,3a	76,6b
Zinco + Adesivo	25,1b	75,1a	96,6a	11,2a	73,9b
Doses					
0	26,8	74,1	93,9	10,6	76,1
0,5	26,2	71,0	92,4	10,7	80,4
1,0	26,7	67,9	92,7	10,7	75,1
1,5	25,2	69,7	92,1	11,7	77,8
2,0	26,9	73,9	92,1	10,7	78,9
Teste F					
Tratamento (T)	10,81**	18,84**	16,98**	48,58**	10,23**
Doses (D)	0,54 ^{ns}	2,85*	0,42 ^{ns}	7,01**	3,78**
T x D	0,96 ^{ns}	2,49**	2,41**	14,14**	3,67**
Média	26,36	71,32	92,65	10,68	77,66
CV (%)	12,02	8,92	4,86	3,71	5,56

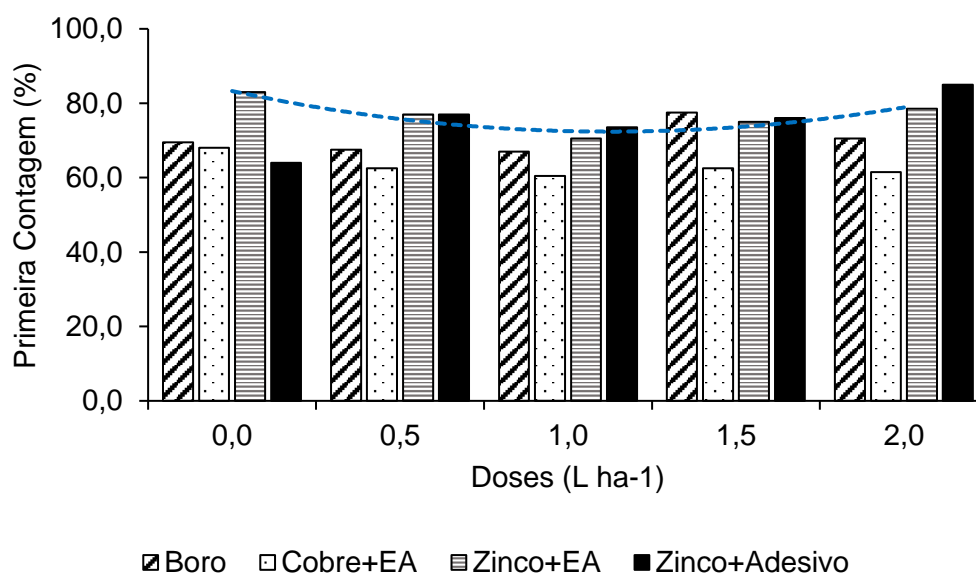
** significativo a 1% probabilidade pelo teste F. *: significativo a 5% probabilidade pelo teste F. ns = não significativo. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Para condutividade elétrica, observou-se que os maiores valores para os tratamentos com B e Cu e extrato de algas (28,3 $\mu\text{m/cm/g}$), correspondem aos menores valores de porcentagem de germinação e vigor das sementes (Tabela 3). Santos (2015) referiu-se à existência de uma correlação negativa entre condutividade elétrica e germinação. De acordo com Sá (1994), o aumento nos valores de condutividade elétrica corresponde à maior lixiviação de solutos e, portanto, à diminuição na qualidade fisiológica das sementes.

Os dados de teste de primeira contagem de germinação (Figura 4) e germinação (Figura 5), apresentaram função quadrática, com valores percentuais máximos 78,5% (zinco e extrato de algas) e 85,0% (zinco + adesivo) na dose de 2,0 L ha⁻¹ na primeira contagem de germinação, e 99,0% (Zn e EA) e 98,5% (Zn + Adesivo) na germinação, na dose de 1,5 L ha⁻¹ e 2,0 L ha⁻¹, respectivamente. Esses resultados diferem dos encontrados por Teixeira *et al.* (2005), onde os autores relatam não encontraram efeitos da aplicação foliar de manganês e zinco em feijão.

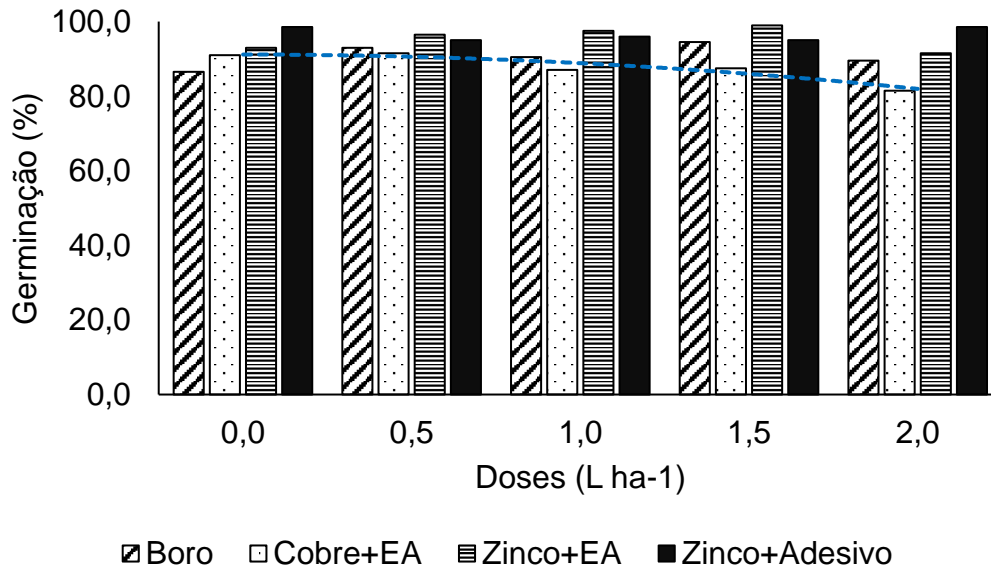
Figura 4 - Doses de boro, cobre e extrato de algas, zinco e extrato de algas e zinco e extrato de algas + espalhante adesivo na primeira contagem de germinação em trigo. Selvíria – MS, 2018.



$$**Y = 2,149x^2 - 13,957x + 95,1 \quad R^2 = 0,91$$

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 5 - Doses de boro, cobre e extrato de algas, zinco e extrato de algas e zinco e extrato de algas + espalhante adesivo no teste de germinação em trigo. Selvíria – MS, 2018.



$$**Y = -0,571x^2 + 1,1286x + 90,6 \quad R^2 = 0,90$$

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Os tratamentos correspondentes às aplicações de boro e de cobre e extrato de algas proporcionaram menores valores para primeira contagem de germinação (Figura 4) e de germinação (Figura 5). Possivelmente, o efeito negativo verificado do boro pode ser atribuído à toxidez, ou/e o boro ser um elemento imóvel no floema e não se redistribui na planta (YAMADA, 2000).

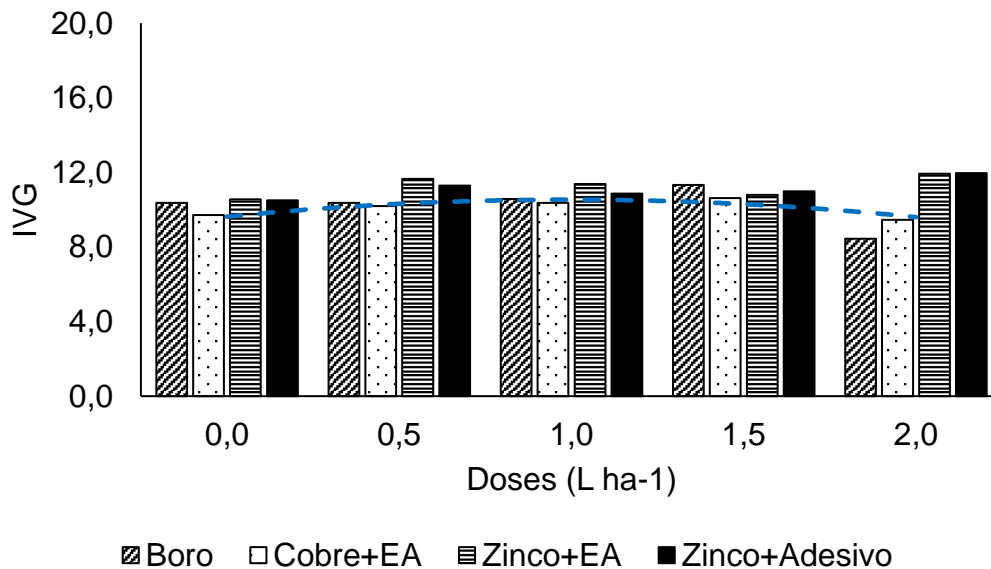
Autores como Kappes *et al.* (2008) verificaram que a germinação e a primeira contagem não apresentaram efeito significativo com relação a adubação foliar com boro e Tavares *et al.* (2018), constataram que a suplementação de boro de até 5 kg ha⁻¹, prejudicaram a qualidade fisiológica das sementes.

Pela observação dos valores de velocidade de germinação (Figura 6), constatou-se que os tratamentos com zinco e extrato de algas, tanto na ausência como na presença do adesivo espalhante, apresentaram melhores resultados, com valores máximos 12,0 na dose de 2,0 L ha⁻¹.

A maior velocidade de germinação, permite que o processo fotossintético inicie mais cedo, favorecendo o crescimento da parte aérea e do sistema radicular,

originando plântulas com maior tamanho e uniformes entre si assim formar plantas mais produtivas (SCHUCH *et al.*, 2000).

Figura 6 - Doses de boro, cobre e extrato de algas, zinco e extrato de algas e zinco + espalhante adesivo no índice de velocidade de germinação em trigo. Selvíria – MS.



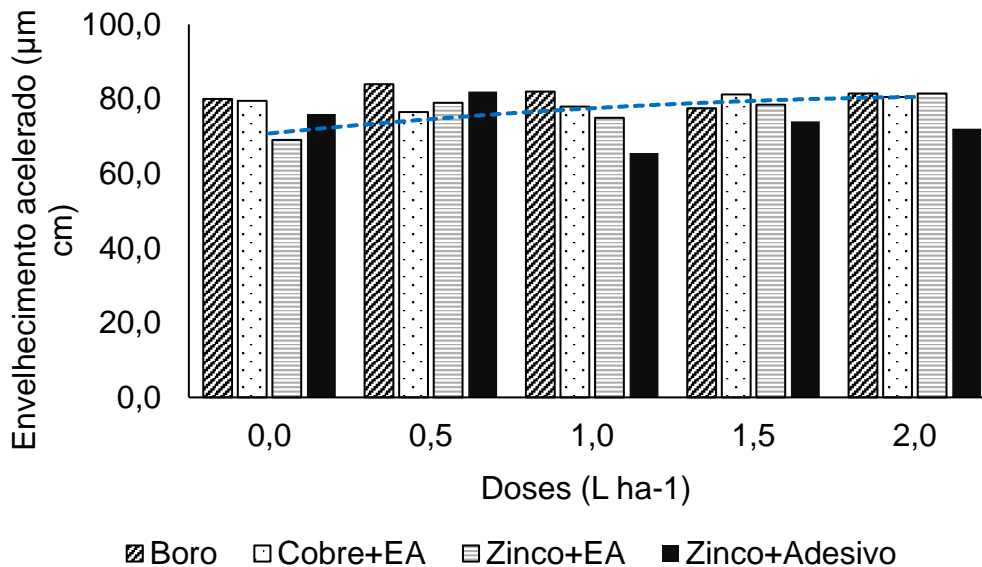
$$**Y = -0,2307x^2 + 1,3773x + 8,48 \quad R^2 = 0,81$$

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Observou-se ainda que o número médio de plântulas germinadas por dia teve redução progressiva com o avanço na deterioração das sementes, demonstrada pelo teste de condutividade elétrica (Tabela 3). Todavia, e conforme Silva *et al.* (2007), os resultados do teste de condutividade elétrica são influenciados por vários fatores, como presença de sementes danificadas, tamanho da semente, genótipo, teor de água inicial das sementes, período de embebição e/ou temperatura de embebição.

De acordo com os dados do percentual de plântulas normais do envelhecimento acelerado, apresentado na Figura 7, os tratamentos com boro (84,0%) e cobre e extrato de algas (81,0%) apresentem resultados superiores aos demais, nas doses de 0,5 L ha⁻¹ e 1,5 L ha⁻¹.

Figura 7 - Doses de boro, cobre e extrato de algas, zinco e extrato de algas e zinco + espalhante adesivo no envelhecimento acelerado em trigo, Selvíria – MS, 2018.



$$**Y = -0,4643x^2 + 5,2357x + 66 \quad R^2 = 0,67$$

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Vieira *et al.* (2001) verificaram que a baixa qualidade das sementes, obtidas no teste de envelhecimento acelerado, correlacionou-se com mudança na integridade das membranas medida por meio de teste de condutividade elétrica. No entanto, no presente trabalho observa-se que a queda na qualidade de sementes, obtidas no teste de envelhecimento acelerado, apresenta-se inversamente correlacionado ao aumento da condutividade elétrica (Tabela 3). O que não se justifica, assim é possível que as sementes apresentassem lentidão no processo de germinação e que a alta temperatura imposta pelo envelhecimento acelerado tenha alterado os processos fisiológicos e permitido que as sementes germinassem mais rapidamente, contrariando os efeitos da deterioração, apresentados através da condutividade elétrica, primeira contagem e velocidade de germinação.

Com relação ao potencial fisiológico das sementes, avaliados pelos testes de germinação e de vigor (condutividade elétrica, primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e envelhecimento acelerado), verificou-se que as sementes apresentaram alta germinação, todos os tratamentos acima de 80% como preconizado por Brasil (2005), e um bom nível de vigor independente do tratamento. Sementes de alto vigor propiciam a germinação e a emergência de plântulas em

campo de maneira rápida e uniforme, resultando na produção de plantas de alto desempenho, que têm potencial produtivo mais elevado. Plantas vigorosas apresentam taxa de crescimento maior, têm melhor estrutura de produção, com sistema radicular mais profundo, e produzem maior número de espigas e de sementes, o que resulta em maiores produtividades (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2017).

Para o comprimento e massa seca da parte aérea, observou-se na Tabela 4 que não houve diferença estatística para tratamento ou dose. O que difere de resultados encontrados por Correia *et al.* (2008), onde a aplicação de zinco via foliar promoveu maior absorção do nutriente pelas plantas de arroz. Além disso, os maiores acúmulos de zinco na parte aérea das plantas foram obtidos no tratamento em que houve adubação foliar, refletindo em maior produção de massa seca.

Com relação ao comprimento da raiz e matéria seca da raiz, observa-se interação entre os tratamentos com aplicação foliar dos micronutrientes e doses (Tabela 4). Essas variáveis apresentaram comportamento quadrático para todos os tratamentos.

Ao observar os resultados do comprimento de raiz (Figura 8) e massa seca da raiz (Figura 9), podemos observar que o tratamento com boro se sobressai positivamente em relação aos demais, sendo que o maior valor de comprimento de raiz foi obtido na dose de $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ com $16,0 \text{ cm}^{-1}$ de raiz da plântula e a para a variável massa seca da raiz, a dose de $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ apresentou resultados mais expressivos para essa variável.

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com o trabalho de Fageria (2000), no qual o boro influenciou na produção de matéria seca da raiz e no comprimento das raízes de arroz, feijão, milho, soja e trigo, porém os parâmetros avaliados variam conforme a cultura.

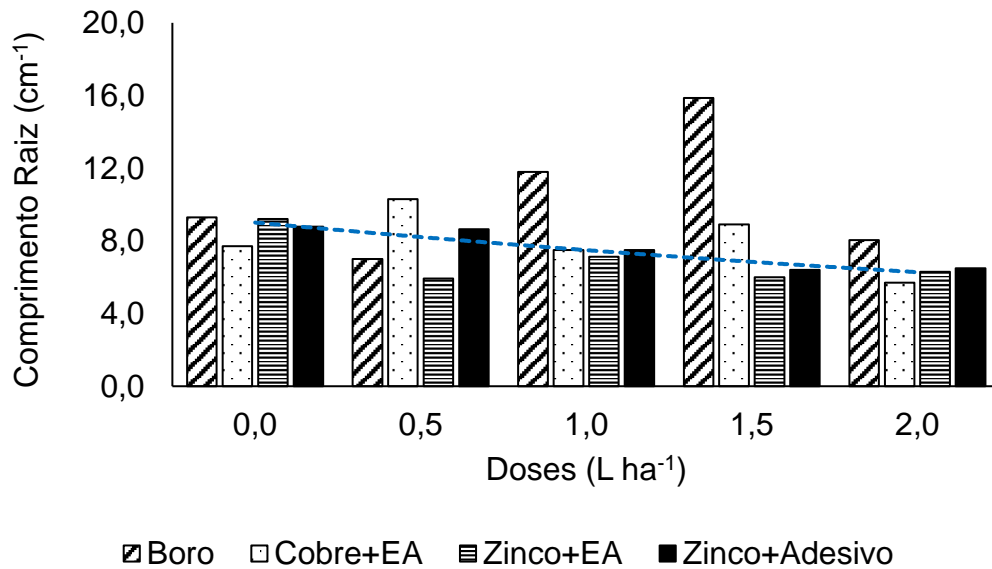
Tabela 4 - Análise de variância e regressão para comprimento radicular (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA) em função da aplicação de doses de boro, cobre e extrato de algas, zinco e extrato de algas e zinco e extrato de algas + adesivo. Selvíria - MS, 2018.

Tratamento (L ha ⁻¹)	CR (cm ⁻¹)	CPA (cm ⁻¹)	MSR (g ⁻¹)	MSPA (g ⁻¹)
Boro	10,8a	11,4a	0,40a	0,50a
Cobre - EA	7,5b	12,4a	0,32b	0,31a
Zinco - EA	6,9b	12,8a	0,28b	0,28a
Zinco + Adesivo	7,6b	13,3a	0,30b	0,30a
Doses				
0	8,6	12,3	0,30	0,32
0,5	8,0	13,1	0,32	0,34
1,0	8,5	12,9	0,34	0,34
1,5	9,3	12,7	0,31	0,63
2,0	6,7	12,6	0,34	0,29
Teste F				
Tratamento (T)	33,12**	9,29 ^{ns}	15,2**	1,9 ^{ns}
Doses (D)	8,18**	9,1 ^{ns}	2,9*	0,7 ^{ns}
T x D	11,62**	6,1 ^{ns}	2,6**	0,7 ^{ns}
Média	8,20	15,52	0,32	0,39
CV (%)	16,6	7,86	14,36	19,82

** significativo a 1% probabilidade pelo teste F. *: significativo a 5% probabilidade pelo teste F. ns = não significativo. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste F.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

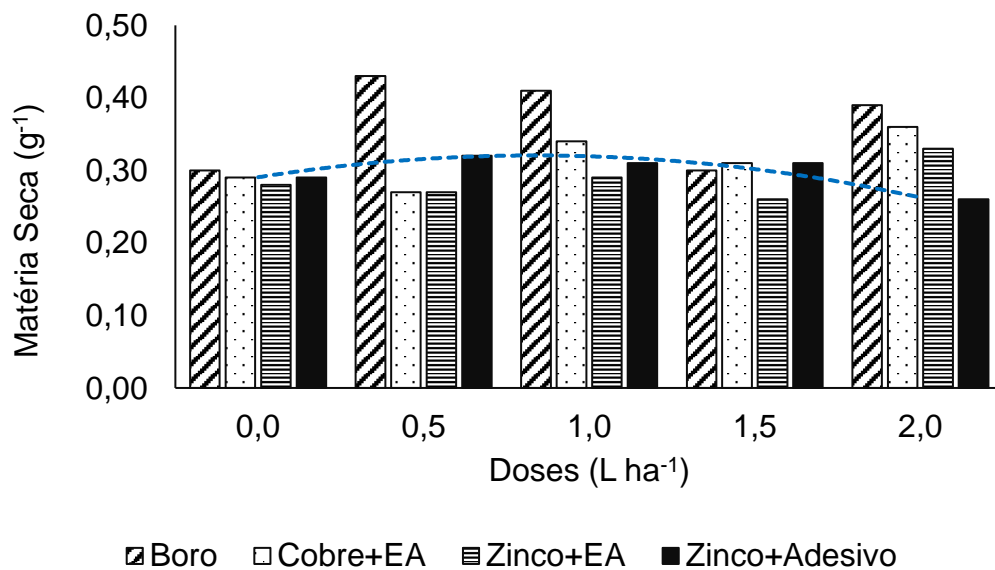
Figura 8 - Doses de boro, cobre e extrato de algas, zinco e extrato de algas e zinco e extrato de algas + espalhante adesivo no comprimento da raiz de plântulas de trigo. Selvíria – MS, 2018.



$$**Y = 0,0379x^2 - 0,9101x + 0,9056 \quad R^2 = 0,91$$

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Figura 9 - Doses de boro, cobre e extrato de algas, zinco e extrato de algas e zinco e extrato de algas + espalhante adesivo na matéria seca da raiz de plântulas de trigo. Selvíria – MS, 2018.



$$**Y = 0,0379x^2 - 0,9101x + 0,9056 \quad R^2 = 0,91$$

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

De acordo Yamada (2000), o boro é considerado elemento fundamental para o desenvolvimento radicular das plantas, sendo necessária à sua presença, em teores adequados, para que o sistema radicular se desenvolva plenamente. Ademais, a exigência nutricional de trigo e a sensibilidade da raiz do sistema são maiores do que os do feijão comum, soja, arroz e milho por ordem decrescente. Isso significa que o trigo requer mais boro para o desenvolvimento da raiz do sistema (FAGERIA, 2000).

4.3 QUALIDADE NUTRICIONAL

Ao observar a quantidade de macronutrientes acumulados na semente de todos os tratamentos durante o ciclo da cultura (Tabela 5), pode-se notar que o potássio e o fosforo não apresentaram significância para nenhuma das variáveis. Observa-se ainda que os demais macronutrientes (N, Ca, Mg e S), apresentaram significância apenas para o fertilizante foliar, sendo que a aplicação foliar com boro foi o único estatisticamente significativo. Esse resultado é similar ao encontrado por Teixeira *et al.* (2005), onde os autores relatam que a aplicação de doses de micronutrientes como não promotores de efeito significativo sobre os teores de P, K, Ca, Mg e S encontrados em feijão.

Para a concentração de proteína bruta nas sementes de trigo, observa-se na Tabela 5 que esse foi significativo apenas para tratamento, não apresentando diferença para dose. O tratamento com boro proporcionou um maior acúmulo de proteína na semente de trigo (17,0%), sendo esse o único que apresentou diferença estatística em relação aos demais. De acordo com Peltonen (1992), a concentração de proteínas nos grãos do trigo é um dos principais fatores determinantes da qualidade.

As indústrias oferecem prêmios acima do preço quando o trigo proporciona algumas exigências de qualidade, como por uma alta porcentagem de proteína, acima de 13,0% (YARA, 2019). Observa-se ainda que, todos os tratamentos possuem uma elevada porcentagem de proteína, variando de 13,9% para zinco e extrato de algas à 17,0% para o tratamento com boro.

Tabela 5 - Teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e proteína bruta (PB) da semente de trigo em função de doses de boro, cobre e extrato de algas, zinco e extrato de algas em trigo e zinco e adesivo. Selvíria - MS, 2018.

Fertilizante foliar	N	P	K	Ca	Mg	S	PB
(L ha ⁻¹)	----- g kg ⁻¹ de MS -----						(%)
Boro	27,1a	4,3a	6,7a	3,1a	1,9a	3,4a	17,0a
Cobre - EA	26,1b	4,4a	6,5a	3,2a	1,6b	2,8b	16,3b
Zinco - EA	22,2c	4,5a	6,7a	2,7b	1,5b	2,6c	13,9c
Zn - Adesivo	23,0c	4,2a	6,5a	2,6b	1,6b	2,2c	14,4c
Doses							
0	25,4	4,3	6,4	2,9	1,7	2,6	15,9
0,5	24,8	4,4	6,6	3,0	1,8	2,9	15,5
1,0	24,2	4,3	6,8	2,8	1,6	2,8	15,1
1,5	24,5	4,2	6,5	2,8	1,7	2,7	15,3
2,0	24,3	4,5	6,7	3,0	1,6	2,6	15,2
Teste F							
Trat. (T)	57,6**	2,6 ^{ns}	0,39 ^{ns}	3,65*	7,32**	10,8**	57,48**
Doses (D)	1,89 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,46 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,66 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,86 ^{ns}
T x D	1,01 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,97 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,38 ^{ns}	1,05 ^{ns}
Média	24,63	4,34	6,62	2,91	1,69	2,74	15,40
CV (%)	5,61	8,27	11,25	21,55	16,34	24,8	5,61

Trat.: tratamento. ** significativo a 1% probabilidade pelo teste F. *: significativo a 5% probabilidade pelo teste F. ns = não significativo. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor

Em relação ao acúmulo de micronutrientes nas sementes, observa-se que o único que apresentou significância para tratamento foi o zinco (Tabela 6). Sendo que, o tratamento com boro apresentou maiores valores, sendo o único estatisticamente diferente.

Tabela 6 - Teores de ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) em semente de trigo em função de doses de boro cobre e extrato de algas, zinco e extrato de algas e zinco e extrato de algas e adesivo nas sementes de trigo. Selvíria - MS, 2018.

Fertilizante foliar	Fe	Cu	Mn	Zn
(L ha ⁻¹)	----- mg g ⁻¹ de MS -----			
Boro	145,7a	20,5a	96,4a	85,2a
Cobre - EA	127,1a	30,3a	90,1a	73,4b
Zinco - EA	181,3a	28,9a	98,0a	72,6b
Zinco - Adesivo	172,7a	24,2a	94,1a	65,9b
Doses				
0	184,6	27,6	90,1	68,8
0,5	203,1	39,8	96,0	83,4
1,0	120,1	18,7	97,7	74,4
1,5	147,4	28,7	93,7	68,0
2,0	184,2	27,5	96,5	76,7
Teste F				
Tratamento (T)	0,77 ^{ns}	2,55 ^{ns}	0,40 ^{ns}	6,54 ^{**}
Doses (D)	0,66 ^{ns}	1,56 ^{ns}	0,28 ^{ns}	3,21 ^{ns}
T x D	1,21 ^{ns}	2,05 ^{ns}	0,62 ^{ns}	1,27 ^{ns}
Média	167,96	28,47	94,81	74,27
CV (%)	18,82	24,59	23,94	18,8

** significativo a 1% probabilidade pelo teste F. *: significativo a 5% probabilidade pelo teste F. ns = não significativo. CV = coeficiente de variação. Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si a 5%.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Esse resultado é corroborado por Araújo e Silva (2012), que avaliando a resposta do algodão em solução nutritiva a aplicação de concentrações de boro e de zinco, verificaram que a interação B e Zn afetou positivamente o teor e o conteúdo de Zn no fruto do algodoeiro e a eficiência de transporte de Zn são influenciados pelo suprimento de B demonstrando uma relação sinérgica entre os nutrientes.

A concentração de nutrientes minerais nas sementes pode afetar o seu potencial de armazenamento, bem como o desenvolvimento inicial e a produção de grãos das plantas por ela geradas (JACOB-NETO; ROSSETO, 1998), além disso o potencial de armazenamento sofre influência pela composição das sementes.

5 CONCLUSÕES

Nas condições edafoclimáticas no qual foi realizado a pesquisa, os tratamentos com zinco e extrato de algas, com presença ou ausência do espalhante adesivo, influenciaram positivamente nas características produtivas da cultura do trigo.

As sementes obtidas apresentaram alta qualidade fisiológica com elevada germinação e vigor quando submetidas a aplicação foliar com micronutrientes.

O uso de aplicação foliar de boro favoreceu a absorção dos nutrientes.

As doses testadas requeridas para produção e qualidade das sementes, se situam ao redor de 2,0 L ha⁻¹ para boro, zinco e extrato de algas e zinco e extrato de algas + espalhante adesivo e 0,5 L ha⁻¹ para cobre e extrato de algas.

REFERÊNCIAS

- ABREU, G.F.; TALAMINI, V.; STADNIK, M.J. Bioprospecção de macroalgas marinhas e plantas aquáticas para o controle da antracnose do feijoeiro. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 34, n. 1, p. 78-82, 2008.
- ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; ÁVILA, M. R.; BARBOSA, M. C.; RICCI, T. T.; ALBRECHT, A. J. P. Aplicação de biorregulador na produtividade do algodoeiro e qualidade de fibra. **Scientia Agraria**, Paraná, v.10, n.3, p.191-198, 2009.
- ALMEIDA, G.M.; CANTO, M.W.; NETO, A.B.; COSTA, A.C.S. Resposta da cultura de sementes de capim-mombaça a épocas e doses de adubação de boro. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 3, p. 1545-1558, 2015.
- ARAÚJO, E. O.; SILVA, M. A. C. Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 7, n. 1, p. 720-727, 2012.
- BARKER, A. V.; PILBEAM, D. J. **Manual de nutrição de plantas**. 2nd ed. Boca Raton: CRC, 2015. 774 p.
- BEVILAQUA, G. A. P.; SILVA FILHO, P. M.; POSSENTI, J. C. Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 32-34, 2002.
- BONA, F. D.; DE MORI, C.; WIETHÖLTER, S. Manejo nutricional da cultura do trigo. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba, v.1, n. 154, p. 1-16, 2016.
- BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. 250 p.
- BÖRNER, A.; SCHÄFER, M.; SCHMIDT, A.; GRAU, M.; VORWALD, J. Associations between geographical origin and morphological characters in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant Genetic Resources**, Cambridge, v. 3, n. 3, p. 360-372, 2005.
- BOROWSKI, E.; MICHALEK, S. The effect of foliar nutrition of spinach (*Spinacia oleracea* L.) with magnesium salts and urea on gas exchange, leaf yield and quality. **Acta Agrobotânica**, Lublin, v. 63, n. 1, p. 77-85, 2010.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Padrões para produção e comercialização de sementes de trigo e de trigo duro**. Brasília: Mapa/ Instrução Normativa, Anexo XII (Instrução Normativa MAPA, nº 25 de 16/12/2005), 2005.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ ACS, 2009. 399 p.
- BRUNES, A. P.; DE OLIVEIRA, S.; LEMES, E. S.; TAVARES, L. C.; GEHLING, V. M.; DIAS, L. W.; VILLELA, F. A. Adubação boratada e produção de sementes de trigo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 9, p. 1572-1578, 2015.

BRUNES, A.P.; LEMES, E.S.; MENDONÇA, A.O.; OLIVEIRA, S. VILLELA, F.A. Suplementação de boro em diferentes épocas: Efeito no rendimento e na qualidade de sementes de trigo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 2, p. 5-10, 2016.

CAKMAK, I. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification? **Plant Soil**, v. 308, n. 1, p.1-17, 2008.

CAMPONOGARA, A.; GALLIO, E.; BORBA, W. F.; GEORGIN, J. O atual contexto da produção de trigo no Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas**, Santa Maria, v.19, n. 2, p. 246-257, 2015.

CANESIN R.C.F.S, BUZETTI S. Efeito da aplicação foliar de boro e zinco sobre a produção e os teores de SST e ATT dos frutos da pereira-japonesa e da pinheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 377-381, 2007.

CARVALHO, M. A. C.; PAULINO, H. B.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S.; SÁ, M. E.; ATHAYDE, M.L. F. Uso da adubação foliar nitrogenada e potássica no algodoeiro. **Bragantina**, Campinas, v.3, n. 60, p. 239-244, 2001.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590 p.

CENTURION, J. F. Balanço hídrico na região de Ilha Solteira. **Científica**, Botucatu, v. 10, n.1, p. 57-61, 1982.

CHOUDHARY SK, JAT MK, MATHUR AK. Effect of micronutrient on yield and nutrient uptake in sorghum. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, New Delhi, v. 6, n. 2, p. 105-108, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento de safra brasileira de grãos: 10º levantamento – Safra 2018/19. **Boletim safra de grãos**, Brasília, v.6, n.10, 240 p., 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Trigo Brasil**. Brasília: Boletim informativo, 2017. (Série histórica de área plantada, produtividade e produção). Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/trigoseriehist.xls>>. Acesso em 20 jul. de 2019.

CORREIA, M. A. R; PRADO, R. M.; COLLIER, L. S.; ROSANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. Modos de aplicação de zinco na nutrição e no crescimento inicial da cultura do arroz. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 1-7, 2008.

COUTINHO, E. L. M.; SILVA, E.J.; SILVA, A. R. Crescimento diferencial e eficiência de uso em zinco de cultivares de milho submetidos a doses de zinco em um Latossolo Vermelho. **Acta Scientiarum Agronomy**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 227-234, 2007.

CRAIGIE, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. **Journal of Applied Phycology**, Dordrecht, v.23, n. 3, p.371-393, 2011.

DE MORI, C.; HARGER, N.; PRANDO, A. M.; SILVA, S. R.; TAVARES, L. C. V.; BASSOI, C. M.; FOLONI, J. S. S.; OLIVEIRA, A. B.; LIMA, D.; SILVA FILHO, P. M. da. **Uso de tecnologias em lavouras de trigo tecnicamente assistidas no Paraná: safra 2014**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2016. 42 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Cultivo de Trigo: zoneamento agrícola**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2014. (Sistemas de Produção, 4).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2018. p. 353.

FAGERIA, N. K. Adequate and toxic levels of copper and manganese in upland rice, common bean, corn, soybean, and wheat grown on an oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 32, n. 9-10, p.1659-1676, 2001.

FAGERIA, N., K. Níveis adequados e tóxicos de boro na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n.1, p. 57-62, 2000.

FARIAS, A.R.; MINGOTI, R.; HOLLER, W.A.; SPADOTTO, C.A.; LOVISI FILHO, E.; DE MORI, C.; CUNHA, G.R. da; DOSSA, A.A.; FERNANDES, J.M.C.; SILVA, M.S. **Potencial de produção de trigo no Brasil a partir de diferentes cenários de expansão da área de cultivo**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2016. 40 p.

FERREIRA, D.F. **Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR)**. Lavras: UFLA, 2011.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A. A importância do uso de sementes de soja de alta qualidade. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 20, n. 1-2, p. 37-38, 2010.

FREITAS, R. A.; NASCIMENTO, W. M.; CARVALHO, S. I. Produção de sementes. In: RIBEIRO, C. S.; LOPES, A. C.; CARVALHO, S. I.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Eds.). **Pimentas Capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. p. 173-187.

FURLANI, MC, CARVALHO, CP, FREITAS, JGD, VERDIAL, MF. Tolerância de cultivares de trigo à deficiência e toxicidade de boro em solução nutritiva. **Scientia Agrícola**. Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 359-370, 2003.

GALINDO, F.S.; TEIXEIRA FILHO, M.; BUZETTI, S.; BOLETA, E.H.; RODRIGUES, W.L.; ROSA, A.R.M. As formas de aplicação e doses de boro afetam as culturas de trigo? **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 9, p. 597-603, 2018.

GALRÃO, E.Z. Métodos de aplicação de Cu e avaliação da disponibilidade para soja num Latossolo Vermelho-Amarelo Franco-argiloso-arenoso fase Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 265-272, 1999.

HAFEEZ, B.; KHANIF, Y.M.; SALEEM, M. Role of zinc in plant nutrition-a review. **American Journal of Experimental Agriculture**, v. 3, n. 2, p. 374-391, 2013.

HEINRICHES, R.; SOARES FILHO, C. V. **Adubação e manejo de pastagens**. Birigui: **Boreal**, 2014. p. 180.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Levantamento sistemático da produção agrícola**: área plantada, área colida e produção, por ano da safra e produto das lavouras. Brasília: Informação técnica, 2019. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>. Acessado em: jul. 2019.

KAPPES, C.; GOLO, A.L.; CARVALHO, M.A.C. Doses e épocas de aplicação foliar de boro nas características agronômicas e na qualidade de sementes de soja. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.3, p.291-297, 2008.

KATKAR, R.N.; DAMBIWAL, D.; LAKHE, S.R.; KHARCHE, V.K.; AGE, A.B.; GHORADE, R.B. Agronomic bio-fortification of zinc in Sorghum (*Sorghum bicolor L.*) Genotypes. **Journal of The Indian Society of Soil Science**, Maharashtra, v. 66, n.1, p.103-110, 2018.

KUMAR, G; SAHOO, D. Effect of seaweed liquid extract on growth and yield of *Triticum aestivum* var. **Journal of Applied Phycology**, Pusa Gold, v. 23, n. 2, p 251-255, 2011.

LEITE, R.F.C.; SCHUCH, L.O.B.; AMARAL, A.S.; TAVARES, L.C. Rendimento e qualidade de sementes de arroz irrigado em função da adubação com boro. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 785 -791, 2011.

LOPES, A. S. **Micronutrientes**: filosofias de aplicação e eficiência agronômica. São Paulo: ANDA, 1999. 58 p. (Boletim técnico, 8).

MADEIRA, R. A. V. **Caracterização tecnológica de linhagens de trigo desenvolvidas para o cerrado mineiro**. 2014. 111 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica. Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, A.S. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e o Fosfato, 1997. 319 p.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J.B. (ed). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. cap. 3, p. 131-144.

MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. (ed.). **Teste de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.133-149.

MÓGOR, Á.F.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D.; MÓGOR, G. Aplicação foliar de extrato de alga, ácido l-glutâmico e cálcio em feijoeiro. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 4, p. 431-437, 2008.

MOUSAVI, S. R.; GALAVI, M.; REZAEI, M. A interação do zinco com outros elementos nas plantas: uma revisão. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 4, n. 24, p. 1881-1884, 2012.

MUHMOOD, A.; JAVID, S.; NIAZ, A.; MAJEED, A.; MAJEED, T.; ANWAR, M. Effect of boron on seed germination, seedling vigor and wheat yield. **Soil & Environment**, Faisalabab, v. 33, n. 1, p.17-22, 2014.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: Abrates, 1999. cap. 2, p. 2.1-2.24.

NUNES, A. S.; SOUZA, L. C. F.; VITORINO, A. C. T.; MOTA, L. H. S. Adubos verdes e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do trigo sob plantio direto. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1375-1384, 2011.

OLIVEIRA NETO, A.A.; SANTOS, C.M.R. **A cultura do trigo**. Brasília: Conab, 2017. 218 p.

ORIOLI JÚNIOR, V.; PRADO, R.M.; LEONEL, C.L.; CAZETTA, D.A.; SILVEIRA, C.M.; QUEIROZ, R.B.J.; BASTO, H.A.G.C.J. Methods of zinc application in the nutrition, production of wheat plant dry matter. **Revista de La Ciencia Del Suelo y Nutrición Vegetal**, Temuco, v. 8, n. 1, p.28-36, 2008.

OWSKI, E.; MICHALEK, S. O efeito da nutrição foliar de espinafre (*Spinacia oleracea* L.) com sais de magnésio e uréia nas trocas gasosas, produtividade e qualidade das folhas. **Acta Agrobotânica**, Viçosa, v. 63, n. 1, p. 77-85, 2010.

PESSOA, A. C. S.; LUCHESE, E. B.; LUCHESE, A. V. Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de milho, em resposta ao tratamento de sementes com boro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 939-946, 2000.

PIANA, C. F. B; CARVALHO, F. I. F. de. Trigo: a cultura que deu suporte à civilização. In: BARBIERI, R. L; STUMPF, E. R. T. **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa Clima Temperado, 909 p., 2008.

RANA, D.S.; SINGH BHAGAT, G.K.; DHAKA, A.K.; ARYA, S. Response of fodder sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) to zinc and iron. **Forage Research**, Haryana, v. 39, n.1, p. 45-47, 2013.

RIBEIRO, N. D.; SANTOS, O. S. Aplicação de manganês e cobre em sementes de soja. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 47, n. 417, p. 8-9, 1994.

SÁ, M. E. Importância da adubação na qualidade de semente. In: SÁ, M. E.; BUZZETTI, S. (ed.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, p. 65-98. 1997.

SANTOS, L. P.; SANTOS, L. P.; VIEIRA, C., SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C. S. Adubação nitrogenada e molíbdica na cultura da soja: influência sobre a maturação, índice de colheita e peso médio das sementes. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 296, p. 429-444, 2015.

SANDRI, A.M.; SIMONETTI, A.P.M.M. Uso de fertilizantes na semente do trigo. **Revista Técnico-Científica**, Paraná, v. 1, n. 2, p. 9-17, 2017.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M. S. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. **Scientia Agricola**, Pelotas, v. 57, n. 2, p. 305-312, 2000.

SHEWRY, P. R.; CHARMET, G.; BRANLARD, G.; LAFIANDRA, D.; GERGELY, S.; SALGÓ, A.; WARD, J.L. Developing new types of wheat with enhanced health benefits. **Trends in Food Science & Technology**, v. 25, n. 2, p. 70-77, 2012.

SILVA, R.G. Adubação com micronutrientes na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão comum. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v.1, n. 1, p. 41, 2007.

SLEPER, D.A.; POEHLMAN, J.M. **Breeding field crops**. Ames: Blackwell Publishing, 2006. 424 p.

SORATTO, R.P.; FERNANDES, A.M.; SOUZA, E.F.C.; SOUSA-SCHLICK, G.D. Produtividade e qualidade dos grãos de feijão em função da aplicação de nitrogênio em cobertura e via foliar. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 2019-2028, 2011.

SOUZA, H. A. DE; NATALE, W.; ROZANE, D. E.; HERNANDES, A.; ROMUALDO, L. M. Calagem e adubação boratada na produção de feijoeiro. **Revista Ciência Agronômica**, Ceará, v.42, n. 2, p. 249-257, 2011.

SOUZA, L., DE SÁ, M., MARTINS, H., ABRANTES, F., SILVA, M., ARRUDA, N. Produtividade e qualidade de sementes de arroz em resposta a doses de calcário e nitrogênio. **Revista Trópica**, Chapadinha, v. 4, n. 2, p. 27-35, 2010.

SOUZA, M.A.; RAMALHO, M.A.P. Controle genético e tolerância ao estresse de calor em populações híbridas e em cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n. 10, p. 1245-1253, 2001.

- TAKEITI, C. Y. **Trigo**. Brasília: Agência Embrapa de Informação Tecnológica, 2015.
- TAVARES, L. C.; LEMES, E. S.; BRUNES, A. P.; DE OLIVEIRA, S.; MENDONÇA, A. O.; VILLELA, F. A. Suplementação de boro na semeadura e no perfilhamento em cevada: rendimento e qualidade de sementes. **Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, n. 1, p. 7, 2018.
- TEIXEIRA, I. R., BORÉM, A., DE ANDRADE ARAÚJO, G. A., DE ANDRADE, M. J. B. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 83-88, 2005.
- TEXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 797-804, 2010.
- THEAGO, E. Q.; BUZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; ANDREOTTI, M.; MEGDA, M. M.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1826-1835, 2014.
- TUNES, L. M.; PEDROSO, D. C.; TAVARES, L. C.; BARBIERI, A. P. P.; ALBUQUERQUE, A. C. S.; MUNIZ, M. F. B. Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento e teor do elemento nas sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 1141-1146, 2012.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **Wheat**: world market and trade. Ithaca: Information system, 2018. Disponível em: <http://www.usda.gov/psdonline/psdQuery.aspx>. Acessado: 25 ag. 2019.
- VEIGA, A. D.; PINHO, É. V. D. R. V.; VEIGA, A. D.; PEREIRA, P. H. D. A. R.; OLIVEIRA, K. C. D.; PINHO, R. G. V. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 953-960, 2010.
- VIEIRA, R. D.; CARVALHO, N. M. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.
- VIEIRA, R. D.; TEKRONY, D. M.; EGLI, D. B.; RUCKER, M. Condutividade elétrica de sementes de soja após armazenamento em diversos ambientes. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 29, n.3, p. 599-608, 2001.
- VIEIRA, E. L.; SANTOS, C. M. G. Efeito de bioestimulante no crescimento e desenvolvimento inicial de plantas de algodoeiro. **Magistra**, Cruz das almas, v. 17, n. 3, p. 1-8, 2005.
- WRUCK, F. J.; COBUCCI, T.; STONE, L. F. **Efeito do tratamento de sementes e da adubação foliar com micronutrientes na produtividade do feijoeiro**. Santo Antônio de Góias: Embrapa Arroz e Feijão, 2004.

YAMADA, T. Será que estamos aplicando a dose suficiente para o adequado desenvolvimento das plantas? **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v.1, n. 90, p. 1-5, 2000.

YARA BRASIL S.A. **Classificações do trigo**. Porto Alegre: Boletim informativo, 2019. Disponível em: <https://www.yarabrasil.com.br/nutricao-de-plantas/trigo/manutencao-da-produtividade-do-trigo/classificacoes-do-trigo/>. Acessado: 10 dez 2019.

ZAGONEL, J.; VENÂNCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. Doses de nitrogênio e densidade de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n.2, p. 25-29, 2002.

ZUCARELI, C.; PRANDO, A. M.; JUNIOR, E. U. R.; NAKAGAWA, J. Fósforo na produtividade e qualidade de sementes de feijão Carioca Precoce cultivado no período das águas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 1, p. 32-38, 2011.