

**UniRV- UNIVERSIDADE DE RIO VERDE**  
**FACULDADE DE AGRONOMIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**USO DE SUSPENSÕES A BASE DE CÁLCIO, MAGNÉSIO, BORO E ZINCO**  
**PARA APLICAÇÃO FOLIAR NAS CULTURAS DE SOJA E MILHO**

**CLEYTON DA SILVA NASCIMENTO**

*Magister Scientiae*

**RIO VERDE**  
**GOIÁS – BRASIL**  
**2022**

**CLEYTON DA SILVA NASCIMENTO**

**USO DE SUSPENSÕES A BASE DE CÁLCIO, MAGNÉSIO, BORO E ZINCO  
PARA APLICAÇÃO FOLIAR NAS CULTURAS DE SOJA E MILHO**

**Dissertação apresentada à UniRV – Universidade de Rio Verde, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.**

**RIO VERDE  
GOIÁS - BRASIL**

**2022**

## **DEDICATÓRIA**

Dedico primeiramente Deus.

Dedico aos meus familiares que me deram todo apoio possível, a faculdade de agronomia da Universidade de Rio Verde (UniRV) e minha namorada.

Dedico esse trabalho meus amigos que conheci ao longo do curso de Agronomia e a todos meus amigos antes da faculdade, e todos que fizeram parte dessa caminhada.

Dedico ao meu orientador, que me deu todo preparo e me ajudou ao longo desse projeto de forma fundamental.

Dedico a todos os professores que contribuíram ao longo dos dois anos de curso.

Dedico a todas as pessoas que fizeram parte de alguma forma nesse trabalho.

## AGRADECIMENTO

Quero agradecer primeiramente Deus pela vida, por me proporcionar saúde, força de vontade, fé e por estar ao meu lado em todos os momentos, mostrando-me o melhor caminho a seguir, tornando todos os obstáculos difíceis mais fáceis, e por ter me ajudado a sentir amor pela profissão.

Aos meus pais, Lazaro Alves do Nascimento e Claudia Manoel da Silva, a quem sou eternamente lisonjeado. Sinto todo o amor, pela confiança, educação, carinho e preocupação de vocês. Obrigado por me ensinar em que respeito e atitude formam o caráter e com esses ensinamentos eu encerro mais uma etapa da minha vida. Aos meus avós maternos e paternos por todo o incentivo e total subsídio, e a quem sou grato.

A minha namorada Ketlyn Ferreira Moura, que me incentiva e me dá forças sempre.

Ao meu e meu irmão Matheus da Silva Nascimento.

Ao meu orientador Paulo Fernandes Boldrin pela excelente pessoa, paciente e por fornece todo o apoio necessário, transmitindo segurança e tranquilidade para o bom andamento do projeto.

A todos os meus familiares e amigos presentes na minha vida e no decorrer do curso, sendo colaboradores do meu sonho.

A todos os professores da Universidade de Rio Verde que me acompanharam durante o mestrado e me passaram os ensinamentos.

À Universidade de Rio Verde (UniRV) pela oportunidade de realização do curso de Pós-graduação em produção Vegetal.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
RESUMO GERAL.....	8
GENERAL ABSTRACT.....	9
1 INTRODUÇÃO GERAL .....	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1 Importância, origem e atribuições da Soja.....	12
2.2 Importância, origem e atribuições da cultura do Milho.....	13
2.3 Nutrição foliar.....	15
2.4 Função dos nutrientes B, Ca, Mg e Zn nas plantas.....	16
2.5 Fertilizantes em suspensões concentradas.....	17
CAPÍTULO 1	18
RESUMO	18
ABSTRACT	19
1 INTRODUÇÃO	20
2 MATERIAS E MÉTODOS	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
3.1 Experimento de milho	25
3.2 Experimento de soja	28
4 CONCLUSÕES	30
CAPÍTULO 2	31
RESUMO	31
ABSTRACT	32
1 INTRODUÇÃO	33
2 MATERIAS E MÉTODOS	34
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
3.1 Experimento de Milho	37
3.2 Experimento de soja	43
4 CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	50

## LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Produtos e seus respectivos ingredientes ativos.....	22
TABELA 02 - Análise de solo da área experimental antes da instalação do experimento, profundidade 0-20 cm, realizada em março de 2020.....	23
TABELA 03 - Resumo da análise de variância das avaliações realizadas na cultura do milho.....	25
TABELA 04 - Resumo da análise de variância das avaliações realizadas na cultura da soja .....	28
TABELA 05 - Resumo da análise de variância das avaliações realizadas na cultura do milho.....	29
TABELA 05 - Produtos e seus respectivos ingredientes ativos.....	34
TABELA 06 - Análise de solo da área experimental antes da instalação do experimento, profundidade 0-20 cm, realizada em março de 2020.....	35
TABELA 07 - Resumo da análise de variância das avaliações realizadas na cultura do milho.....	37
TABELA 08 - Resumo da análise de variância das avaliações realizadas na cultura do milho.....	39
TABELA 09 - Resumo da análise de variância das avaliações realizadas na cultura da soja.....	43
TABELA 10 - Resumo da análise de variância das avaliações realizadas na cultura da soja.....	46

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 - Figura 1. Teores de K (A), Ca (B), Mg (C) e B (D) em função de produtos aplicados via foliar, com aplicação ou sem B no solo.....	25
FIGURA 02. Diâmetro do Colmo em função de produtos aplicados via foliar.....	28
FIGURA 3. Índice SPAD (A) em função de produtos aplicados via foliar, com aplicação ou sem B e Zn no solo. Número de Folhas (B) e teor foliar de Mg (C) em função de produtos aplicados via foliar.....	29
FIGURA 4. Altura de plantas (A), MSPA (C) e MSR (D), em função de aplicação de produtos foliares. Índice SPAD (b) em função da aplicação de B e Zn no solo.	37
FIGURA 5. Teor foliar de K (A) em função da aplicação de produtos foliares. Teor foliar de Ca (B), Mg (C) e B (D), em função da aplicação de B e Zn via solo .....	40
FIGURA 6. Teor foliar de Mn (A) em função da aplicação de produtos foliares. Médias seguidas de mesma letra comparam os produtos foliares para com ou sem B e Zn no solo. * indica diferença significativa entre com e sem B e Zn no solo para um mesmo produto aplicado (Tukey, $p < 0,05$ ). Teor foliar de Zn (B), em função da aplicação dos produtos, (Tukey, $p > 0,05$ ) .....	42
FIGURA 7. Índice SPAD (A), em função de aplicação de produtos foliares. Numero de folhas (A), MSPA (B), MSR (D), em função da aplicação dos produtos aplicados.....	44
FIGURA 8. Teor foliar de K (a), B (b) , Mn (c), Zn (d), em função de aplicação de produtos foliares. (Tukey, $p < 0,05$ ).....	46

## RESUMO GERAL

NASCIMENTO, C. S. **Uso de suspensões a base de cálcio, boro e zinco para aplicação foliar nas culturas de soja e milho.** 2022. 54 f. Dissertação (Mestrado em produção vegetal) Universidade de Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

O manejo da fertilidade do solo e nutrição das plantas, possibilitou grande parte do aumento da agricultura, principalmente em áreas com baixa fertilidade natural do solo, transformando terrenos pobres e sem reservas nutricionais, em áreas próprias ao cultivo para as culturas de soja e milho. O objetivo com o trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica da aplicação foliar utilizando fertilizantes a base de suspensão com nanopartículas contendo Ca, B, Mg e Zn nas culturas da soja e milho. Foram instalados quatro experimentos na casa de vegetação da Universidade de Rio Verde, utilizando vasos de 2 dm<sup>3</sup>. Os experimentos 1 e 2, com as culturas da soja e milho, respectivamente, foram dimensionados em fatoriais (4x2), sendo 4 produtos foliares (suspensão teste – Ca, B e Mg; P.A.; Comercial – em suspensão e controle) e 2 com e sem B no solo, com 4 repetições, totalizando 32 vasos para cada experimento. Os experimentos 3 (soja) e 4 (milho), em fatorial 4x2, sendo 4 produtos foliares (suspensão teste – Ca, B, Mg e Zn; P.A.; Comercial – em suspensão e controle) e 2 com e sem B e Zn no solo, com 4 repetições, totalizando 32 vasos para cada experimento. Os experimentos para a cultura da soja foram submetidos a avaliações de parâmetros fitotécnicos quantificando-se a altura de plantas, índice SPAD, número de folhas, massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e teores foliares de Ca, Mg, K, Fe, Mn e Zn. Para a cultura do milho os mesmos parâmetros avaliativos com adição do diâmetro de colmo. Para o experimento 2 para a cultura da soja, o índice de SPAD com a variável comercial sem boro no solo foi superior as demais. Para a cultura de experimento 1 milho, os produtos comercial e suspensão teste promoveram um maior diâmetro de colmo para as plantas. Sobre os nutrientes com a aplicação de B no solo, obtiveram melhor resultados no produto comercial e suspensão teste para o K, Ca, Mg e B no experimento 2. Já para os experimentos 3 de milho e 4 sojas, a suspensão contendo Ca, B, Mg e Zn apresentou eficiência agrônômica, mas não superior aos demais produtos em suspensão avaliados. A eficiência do uso da suspensão teste está relacionada ao fornecimento ou não de B e Zn no solo para ambas as culturas.

**PALAVRAS CHAVES:** Nutrição foliar, adubação foliar, fertilizantes micronizados

## GENERAL ABSTRACT

NASCIMENTO, C. S. **Use of suspensions based on calcium, boron, and zinc for leaf application in soybean and corn crops.** 2022. 54 f. Dissertation (Master in plant production) University of Rio Verde, Rio Verde, GO, 2022.

The management of soil fertility and plant nutrition has enabled much of the increase in agriculture, especially in areas with low natural soil fertility, transforming poor land without nutritional reserves into areas suitable for cultivation of soy and corn. The aim of this work was to evaluate the agronomic efficiency of foliar application using suspension-based fertilizers with nanoparticles containing Ca, B, Mg and Zn in soybean and corn crops. Four experiments were installed in the greenhouse at the University of Rio Verde, using 2 dm<sup>-3</sup> pots. Experiments 1 and 2, with soybean and corn crops, respectively, were dimensioned in factorials (4x2), with 4 foliar products (test suspension – Ca, B and Mg; P.A.; Commercial – in suspension and control) and 2 with and without B in the soil, with 4 replications, totaling 32 pots for each experiment. Experiments 3 (soybean) and 4 (corn), in a 4x2 factorial, with 4 foliar products (test suspension – Ca, B, Mg and Zn; P.A.; Commercial – in suspension and control) and 2 with and without B and Zn in the soil, with 4 replications, totaling 32 pots for each experiment. The experiments for the soybean crop were submitted to evaluations of phytotechnical parameters, quantifying plant height, SPAD index, number of leaves, shoot dry mass (MSPA), root dry mass (MSR) and Ca foliar contents. , Mg, K, Fe, Mn and Zn. For the corn crop, the same evaluative parameters with the addition of stem diameter were used. For experiment 2 for the soybean crop, the SPAD index with the commercial variable without boron in the soil was higher than the others. For the experiment 1 corn, the commercial and test suspension products promoted a larger stem diameter for the plants. Regarding the nutrients with the application of B in the soil, better results were obtained in the commercial product and test suspension for K, Ca, Mg and B in experiment 2. As for experiments 3 of corn and 4 soybeans, the suspension containing Ca, B , Mg and Zn showed agronomic efficiency, but not superior to the other evaluated suspension products. The efficiency of using the test suspension is related to the supply or not of B and Zn in the soil for both crops.

**KEY WORDS:** Foliar nutrition, foliar fertilization, micronized fertilizers

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O grande aumento populacional do mundo aos longos dos últimos anos, vem sendo discutido de várias formas, e no âmbito de alimentação mundial o produtor rural está sendo um dos principais pilares para a produção de alimentos à medida que a escala populacional cresce, sendo assim, conseguir suprir a demanda de alimentos no mundo com mais de 7 bilhões de pessoas, sendo que a projeção até o ano de 2050 é uma estimativa populacional de 9 bilhões de pessoas (FAO,2023 ).

Grandes desafios estão sendo lançados na agricultura, a busca para se produzir em maiores escalas numéricas e com maior rentabilidade por área tem se tido correlação direta com fatores de adoção de ferramentas tecnológicas, sendo elas qualitativas e quantitativas, alinhando diversas ferramentas como (plantas de cobertura, fertilizantes, defensivos sendo ele químico ou biológico etc.).

Culturas como a soja (*Glycine max*) e o milho (*Zea mays*), são de extrema importância para a demanda da população global, essas são produzidas de forma expressiva por proporcionarem grandes valores nutricionais e econômicos, tornando-se umas das principais culturas longo do mundo nos últimos anos.

O manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas possibilitou grandes ganhos na produtividade nas culturas de soja e milho, transformando áreas onde o cultivo era limitado passando a serem produtivas. A busca pelo equilíbrio dos fatores produtivos influencia diretamente no ganho da relação mútua entre solo planta.

Para a boa produção e qualidade dos grãos, inúmeras tecnologias são embarcadas, e uma dessas ferramentas que vem crescendo é a adubação foliar. São encontrados numerosos fertilizantes foliares comercializados contendo um ou mais nutrientes, formulações com macro ou micronutrientes e a associação desses.

É notório que o uso de fertilizantes foliares a base de suspensões contendo nutrientes como fonte de fertilizantes foliares vem aumentando. Grande parte desses produtos, utilizam como matéria prima base, calcário, mais especificamente os óxidos. No entanto, é necessário que essa matéria prima esteja na forma micronizada, o que assegura o tamanho de nano partículas a estas suspensões. Uma vez que esta base esteja formada, é possível adicionar nutrientes que juntamente com outros aditivos, como os dispersantes, asseguram que os constituintes dos produtos permaneçam em suspensão.

Sendo assim o uso de fertilizantes nanopartículas pode ser uma das alternativas eficientes no aumento de teor nutricional, sendo que seu menor tamanho de partícula

expõe uma área de contato superficial muito maior, aumentando o poder de absorção plena pela planta.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência agronômica da aplicação foliar utilizando fertilizantes a base de suspensão com nanopartículas contendo Ca, B, Mg e Zn nas culturas da soja e milho.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Importância, origem e atribuições da Soja**

O Brasil é um dos principais produtores mundiais de soja, onde atinge diretamente ou indiretamente cerca de 22% da população (CONAB, 2021). A produção mundial de soja na projeção para safra 22/23 é de 154.810,7 milhões de toneladas produzidas, entretanto a partir do ano de 2020 o Brasil lidera o ranking de maior produtor de soja do mundo sendo responsável por cerca 37% da produção mundial dessa oleaginosa, contra cerca de 31 % dos Estados Unidos que aparece sem segundo lugar (CONAB, 2021).

A cultura da soja alavancou significativos incrementos em termos de produção ao longo dos últimos anos e vem se tornando uma das culturas mais plantadas ao redor do mundo, sendo que entre algumas características do grão, se destacam o teor de proteína entorno de 40 % e de 20 % de óleo (LAZZAROTTO e HIRAKURI, 2010). Outras características são de que os lipídios (colesterol) contidos nos grãos de soja não são maléficis à saúde humana (CARRÃO-PANIZZI, 1988).

A soja é usada como fonte de proteína para animais em rações para bovinos, frangos e porcos. Além disso, é utilizada como composto de múltiplos produtos alimentícios industrializados com benefícios a saúde humana, como por exemplo leite de soja, óleo de soja, lectina de soja, e farinha de soja (LAZZAROTTO e HIRAKURI, 2010)

A crescente nos estudos que relacionam planta de soja e condições edafoclimáticas de cada região proporcionou inserir tecnologias embarcadas nos novos materiais de cultivares que se desdobra em produzir em uma menor área e conseqüentemente uma maior produção em escala. A cultura da soja ajustou uma grande expansão de fronteira agrícola no Brasil e assim movimentou vários setores das economias locais, que viabilizaram um aumento no número de comércios, agroindústrias e assim oferecendo empregos a regiões de baixo desenvolvimento (EMBRAPA, 2009; ROESSING e GUEDES, 1993).

A busca por agregar tecnologia no cultivo da soja é crescente, associado ao aumento da demanda alimentícia diante ao fator populacional global que vem aumentando ano após ano, tornando com primordial a busca por produzir mais, porém com qualidade e visando a demanda socioeconômica ambiental que implica diretamente desde a saída do produto via campo até ao que chega de forma derivada originado da matéria prima (CONAB, 2019).

A soja (*Glycine max*) é originária do oriente médio oriunda do país da china, foi aclimatado a solos brasileiro em meados do século XX, que a partir dos anos 70 se tornou uma das principais cultura do país, que se destacou devido a sua plasticidade de alocação em diferentes regiões, sendo implantadas em diversas regiões, respondendo ao incremento de inovações tecnológicas que propuseram essa diversificação de regiões produtoras em diferentes condições edafoclimáticas (MISSAO, 2006)

A soja principal dicotiledônea do mundo pertence família das Fabaceas, onde a cultura possui uma grande diversidade plástica de materiais comercializados nos tempos atuais, sendo capaz de produzir cerca de 3532 kg há<sup>-1</sup> média nacional na safra 22/23 segundo dados da CONAB, 2023. Um dos pontos principais está na capacidade dessa cultura utilizar apenas o N<sub>2</sub> atmosférico através do uso bactérias fixadoras de N do gênero *Bradyrhizobium* para atender toda a necessidade do nutriente pela cultura, dessa forma, a adubação nitrogenada via fontes minerais é dispensada (CONAB, 2016; MISSÃO, 2006).

A principal atribuição da utilização da soja na indústria está amplamente correlacionada a produtos com teores proteico, já que o grão de soja possui em sua composição cerca de 36 a 40%, tal fato destaca a grande utilização da cultura como matéria prima na produção de produtos alimentícios de aves, suínos e ruminantes que utilizam a ração feita de soja para uma melhor suplementação. Já na alimentação humana a soja apresenta grandes propriedades que são benefícios para saúde, onde o grão possui além de proteínas é rica em nutrientes, que ajudam na redução dos índices de colesterol LDL e aumenta o colesterol bom HDL, graças ao ômega 6 presente no grão e vários outros benefícios que os derivados de soja promovem à saúde (EMBRAPA, 2009).

## **2.2 Importância, origem e atribuições da cultura do Milho**

A cultura do milho de ciclo C4 possui características que fazem de si um vegetal de fácil adaptabilidade quando comparado a algumas culturas de alta produção. Diante disso a sua eficiência na conversão do carbono atmosférico, responde de forma positiva nas suas taxas de fotossíntese líquida quando sem compara ao saldo final da taxa fotossintética da soja, sendo assim proporcionado uma melhor manutenção metabólica em diferentes condições de solo, temperatura, altitude, e disponibilidade hídrica, de diversas regiões. Suas características endógenas que se destacam, são seu alto teor de amido que giram em torno de 70% e com teor de proteínas de 10% em seus grãos (ALVES, 2007; CARVALHO; NAKAGAWA, 2010).

O milho destaca-se no segmento de produtos alimentícios para o consumo humano que é bastante agregador de produtos para o consumo “in natura” como milho verde, e sendo matéria prima para a produção de produtos como farinha, massas, pão, dentre outros (CANTARELLA, 1993)

Juntamente com a soja, o milho domina o mercado brasileiro, sendo o cereal que se apresenta em maior quantidade de produção e que tem maiores desenvolvimentos de em sacas por hectare ao longo dos últimos anos (GARCIA et al., 2006). Segundo a CONAB (2020), avaliação de produção nacional de milho, considerando as três safras na temporada 21/22 alcançou se 125.535,9 milhões de toneladas produzidas, representando um aumento de 0,9% em relação ao ano anterior.

Alguns pilares para se obter um bom rendimento da cultura do milho são essenciais, e está conectado na junção de potencial genético do material de milho, das condições edafoclimáticas da região, e acoplado a isso um adequado manejo da lavoura.

O milho (*Zea mays L.*) é uma das culturas mais antigas do mundo, sendo originária dos litorais mexicanos, que se difundiu ao longo da América central e sudeste dos Estados Unidos, que foi um dos pioneiros na disseminação do milho já visto a valor de agregação nutricional do grão para derivados dele, assim se difundindo para outras regiões e países, planta que pertence à família Gramineae/Poaceae. Possui na sua biologia forma de reprodução monoica, que ao passar dos anos foi domesticada e selecionada para ser uma planta robusta e com que fosse produtividade em produção de grãos. A eficiência de uma planta de milho é muito em conseguir absorver energia e armazenar. A pesquisa conseguiu desenvolver tipos diferenciados de milho possibilitando a disseminação da cultura em diferentes regiões com diferentes condições edafoclimáticas (EMBRAPA, 2009).

A cultura do milho precisa de cerca de 600 mm de precipitação durante seu ciclo, mas a cultura está amplamente distribuída com no Brasil com uma das principais culturas e sua variabilidade de regiões lhe permite uma amplitude bastante favorável para o desenvolvimento diante da quantidade de chuva de várias regiões que varia de 300 a 5000 mm anuais. Os principais momentos de necessidade hídrica da planta são: iniciação floral, florescimento e enchimento dos grãos (ALDRICH et al., 1982; EMBRAPA, 2009).

Destacando os principais mecanismos fisiológicos da planta de milho, a enzima responsável pela assimilação de carbono PEP-case no milho é cerca de 100 vezes mais eficiente que na planta de soja que possui a enzima Rubisco responsável pela assimilação de carbono. A taxa de desenvolvimento de cada híbrido está amplamente relacionada com

a temperatura, denominada de GDU (Unidade de graus de crescimento) assim ocorrendo a diferenciação dos estádios de desenvolvimento proveniente das condições, tanto dentro de uma safra como em safras subsequentes (RITCHIE et al., 2003).

A rápida adoção da cultura pelos produtores se destacou a partir da utilização de plantas geneticamente modificadas, que proporcionou uma maior flexibilidade e alternativas de manejo para a cultura que afetou diretamente em uma menor quantidade de utilização de defensivos agrícolas, e com isso seleção genética ao longo dos anos propiciou maiores produtividades. Mas além disso a modificação genética impulsionou a qualidade dos grãos, principalmente nutricional tanto para uso de animais e para alimentação humana (EMBRAPA, 2009).

### **2.3 Nutrição foliar**

A via de absorção preferencial de nutrientes pelas plantas é o sistema radicular. Entretanto, as folhas, além de realizarem fotossíntese, são também capazes de absorver pequenas quantidades de nutrientes (FERREIRA; CARVALHO, 1988).

A aplicação de fertilizantes foliares tem se desenvolvido nos últimos anos, em virtude, dentre outros fatores, da necessidade de se buscar altas produtividades das culturas e com isso vem aumentando desenvolvimento voltado ao mercado desses produtos, sendo assim, a crescente demanda faz com que surjam novas técnicas e produtos para se manejar as culturas (SOUZA et al., 2008). Nesse contexto, novos produtos estão sendo inseridos nos portfólios das empresas, o que resulta em aumento da eficiência e economicidade ao produtor (SOUZA et al., 2008).

Segundo Lopes (2000), em circunstâncias em que as condições de deficiências nutricionais são diagnosticadas de forma rápida, quando a planta apresenta o período da “fome oculta”, ou seja, ocasião em que as plantas ainda não manifestaram sintomas visuais, a resposta ao nutriente aplicado via foliar é quase imediata e, conseqüente, as carências podem ser corrigidas durante o ciclo de desenvolvimento, maximizando expressivamente o potencial da cultura.

Os fertilizantes foliares atuam na reposição nutricional ou suplementação de nutrientes às plantas. Nos estágios vegetativo e reprodutivo da planta onde ocorrem os picos de demanda nutricional, a suplementação foliar com nutrientes vem mostrando resultados satisfatórios, a exemplo do Ca e B aplicados na floração da soja. (FERREIRA; CARVALHO, 1988, MALAVOLTA 2006).

Segundo Malavolta (1987) quando se comparado a velocidade de absorção de nutrientes pelas plantas é mais rápida quando se aplicado via foliar quando comparada à absorção radicular sendo de 1,5 a 2,0 vezes maior para o N, de 3 vezes maior para o K, de 3 a 20 vezes maior para o Zn, de 4 a 30 vezes maior para o P, e de 50 a 100 vezes maior para o Magnésio Mg e Fe, mas a principal forma de nutrição das plantas e pelas raízes e em maiores quantidade.

#### **2.4 Função dos nutrientes B, Ca, Mg e Zn nas plantas.**

Os nutrientes desempenham papeis vitais na vida de todas as plantas superiores sendo em maior quantidade os macronutrientes e em menor quantidade os micronutrientes, a falta de algum desses elementos essenciais poderá provocar alterações visíveis na planta, devido algumas alterações nos ciclos fisiológicos do vegetal ocasionada pela escassez do nutriente (MALAVOLTA, 2008).

O B é um micronutriente que atua na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico (LIMA et al., 2003). Além disso, o nutriente desempenha função no transporte de foto assimilados, crescimento do meristema, diferenciação celular, maturação, divisão e crescimento – necessário para a síntese de uracila, parte do DNA, proteção do ácido indolilacético oxidase, bloqueio da via da pentose fosfato, o que impede a formação de fenóis, biossíntese de lignina (MALAVOLTA, 2008). A mobilidade do B no floema das plantas é extremamente baixa e assim não tendo sua redistribuição apresentando sintomas de deficiência em tecidos novos (MALAVOLTA, 1985; DEVLIN, 1975).

O Ca é um macronutriente que atua como agente cimentante na estrutura das plantas, integra a parede celular atua na formação do pectato de Ca, presente na lamela média da parede celular, possui função de equilibrar o pH na seiva das plantas, participa do crescimento de parte aérea e de raiz, mensageiro secundário em condições de estresse abióticos e não possui mobilidade no floema das plantas (MALAVOLTA, 2008; TAIZ et al., 2004).

O Mg desempenha papel essencial no sistema da clorofila, cofator das enzimas que transferem P entre ATP e ADP Fixação do CO<sub>2</sub>: ativação da carboxilase da ribulose fosfato e da carboxilase do fosfoenolpiruvato, estabilização dos ribossomas para a síntese de proteínas. O nutriente apresenta mobilidade no floema, ocorrendo sintomas de deficiência em órgãos velhos (MALAVOLTA, 2008).

O Zn, apresenta funções como sendo ativador enzimático de várias enzimas como a desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfohidrogenase, e participa da síntese de hormônios como ácido indol acético (AIA), e sua mobilidade no floema é baixa (FAQUIN, 2005; MALAVOLTA, 2008).

## **2.5. Fertilizantes em suspensões concentradas**

As suspensões concentradas se enquadram como uma nanotecnologia sendo uma tecnologia crescente, que pode interagir a um novo ciclo em todos os campos da ciência, sendo caracterizado por agregados atômicos ou moleculares com tamanho inferior a 100 nm (RICO et al., 2011; SABIR et al., 2014).

O uso de suspensões concentradas para aplicação foliar de nutrientes nas culturas agrícolas vem crescendo nos últimos anos. As suspensões apresentam partículas que se dispersam no meio líquido em escalas de micrometros e nanômetros segundo Hippler (2021). A forma de adição desses nutrientes em tais fertilizante é por meio de fontes inorgânicas como óxidos, hidróxidos e carbonatos, que em junção com formulação equilibrada de matéria prima e aditivos que consigam dar estabilidade a suspensão, são peças-chaves para proporcionar uma maior qualidade de aplicação oriundo de uma melhor resposta da planta ao fertilizante (HIPPLER, 2021).

As fontes insolúveis em água para que possam ser utilizadas na adubação foliar é necessário que o tamanho das partículas seja menor que o tamanho do estômato da cultura alvo da aplicação, onde os estômatos em alguns estudos segam uma preferência de tamanho na casa dos 43 nm (nanômetros) para uma maior absorção via folha (FERREIRA, 2009; EICHERT; GOLDBACH, 2008).

O uso de nanofertilizantes, utiliza mecanismo eficiente no aumento de rendimentos, devido a um sistema de liberação gradual dos nutrientes paralelamente a isso a uma maior área específica da sua superfície, capacidade de adesão e cinética de liberação de forma inteligente, retardando a perda desses nutrientes e consequentemente maior uso desses fertilizantes pela planta (DEY et al, 2018; SEVERIN et al 2015; ALEBRANT, 2018).

## CAPÍTULO 1

### RESUMO

#### **USO DE SUSPENSÕES FOLIARES COM CÁLCIO, MAGNÉSIO E BORO APLICADAS NA SOJA E NO MILHO CULTIVADOS EM SOLOS COM E SEM BORO**

A soja e o milho são culturas de grande importância para o Cerrado brasileiro. A utilização de fertilizantes foliares tem crescido gradualmente nos últimos anos, principalmente com a finalidade de complementar eventuais deficiências de nutrientes do solo. O objetivo do projeto foi avaliar se a adubação foliar contendo Ca, Mg e B em uma suspensão, possui a mesma eficiência agrônômica que as soluções e as fontes comerciais. Foram instalados dois experimentos em casa de vegetação na Universidade de Rio Verde (UniRV) com as culturas da soja e do milho, respectivamente. Foram avaliados uma suspensão teste contendo Ca, Mg e B, uma solução contendo fontes p.a., um produto comercial (todos contendo as mesmas concentrações de Ca, Mg e B) e um controle sem a aplicação dos nutrientes. Esses produtos foram avaliados em solo corrigido para B e solo sem correção. Ao final do experimento foram avaliados para a cultura da soja a altura de planta, número de folhas índice SPAD e matéria seca da parte aérea (MSPA) e raiz (MSR). Já para a cultura do milho foram avaliados a altura das plantas, diâmetro do colmo e número de folhas, Em seguida foi determinado os teores de K, Ca, Mg, B, Mn e Zn na parte aérea das plantas. Para a cultura do milho o uso da suspensão teste foi superior quando não se teve a aplicação de B via solo comparado aos outros produtos aplicados. Para a cultura da soja a variável número de folhas, não se observou interação entre os produtos via foliar e com ou sem a aplicação de B via solo.

**Palavras-chave:** Adubação foliar. Complementação nutricional. Eficiência da adubação.

## CHAPTER 1

### ABSTRACT

#### USE OF FOLIAR SUSPENSIONS WITH CALCIUM, MAGNESIUM AND BORON APPLIED TO SOYBEAN AND CORN GROWN IN SOILS WITH AND WITHOUT BORON

Soybean and corn are crops of great importance for the Brazilian Cerrado. The use of foliar fertilizers has gradually grown in recent years, mainly in order to complement any deficiencies of soil nutrients. The objective of the project was to evaluate whether foliar fertilization containing Ca, Mg and B in a suspension has the same agronomic efficiency as solutions and commercial sources. An experiment was installed in a greenhouse at the University of Rio Verde (UniRV) with soybean and corn crops. A suspension, a solution containing p.a. sources, a commercial product (all containing the same concentrations of Ca, Mg and B) and a control without nutrient application were evaluated. These products were evaluated in soil corrected for B and soil without correction. At the end of the experiment, plant height, number of leaves, SPAD index were evaluated for soybean crop. For corn crop, plant height, stem diameter and number of leaves were evaluated. For both crops, after being harvested, the aerial part of the root was separated and placed to dry to be determined the dry mass of shoots and the root dry mass. The contents of K, Ca, Mg, B, Mn and Zn were then determined in the aerial part of the plants. For corn crop, the use of the test suspension was higher when b was not applied via soil compared to other products applied. For soybean crop, the variable number of leaves, there was no interaction between leaf products and with or without the application of B via soil.

**Keywords:** Foliar fertilization. Complementary. efficiency.

## 1 INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva da soja, tanto no mundo quanto no Brasil, apresenta um crescimento contínuo e diferenciado, que pode ser atribuído a fatores que afetam diversos aspectos, sobretudo aqueles de natureza tecnológica e mercadológica (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014). Os grãos de milho são ricos em amido (em torno de 70%), já a soja apresenta aproximadamente um teor de proteína mais elevado. As plantas de milho apresentam ampla adaptação a diferentes condições de ambientes, e da mesma forma a soja, sendo essas culturas disseminadas no território mundial e alinhado a um aumento expressivo da oferta de tecnologias, aumentando conseqüentemente a quantidade de produto produzido (CARVALHO; NAKAGAWA, 2010).

O mercado de fertilizantes foliares vem crescendo de forma expressiva no Brasil na última década. Esses produtos fornecem nutrientes de absorção rápida às plantas, servindo de complemento da adubação via solo, fornecendo os nutrientes quando a planta realmente necessita, evitando e corrigindo deficiências (CAMARGO, 1970).

O boro (B) um dos nutrientes mais limitantes dos solos brasileiros, a escassez do nutriente nos solos juntamente com a acidez dos solos, ocasionaram a carência de B sendo muito comum no País em áreas mais novas, particularmente em solos arenosos e pobres em matéria orgânica (Oliveira et al., 1996), o que tem provocado grandes perdas de produtividade em algumas culturas (Mariano et al., 2000).

São encontradas inúmeras formulações no mercado contendo um ou mais nutrientes de plantas, sejam macro ou micronutrientes e a associação desses. Importante destaque a este mercado em ascensão é o uso de suspensões contendo nutrientes. Grande parte desses produtos utilizam como matéria prima base, especificamente os óxidos. No entanto, é necessário que essa matéria prima esteja na forma micronizada, o que assegura o tamanho de nano partículas a estas suspensões. Uma vez que esta base esteja formada, é possível adicionar nutrientes que juntamente com outros aditivos, como os dispersantes, asseguram que os constituintes dos produtos permaneçam em suspensão ((RICO et al., 2011; SABIR et al., 2014).

Sendo assim o uso de fertilizantes nanopartículas pode ser uma das alternativas eficientes no aumento de teor nutricional, sendo que seu menor tamanho de partícula expõe uma área de contato superficial muito maior, aumentando o poder de absorção plena pela planta

O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência agrônômica da aplicação foliar de suspensão contendo Ca, Mg e B nas culturas da soja e do milho.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos com soja (BRASMAX FOCO INTACTA) e milho (P3707 da PIONNER) foram conduzidos em casa de vegetação da Universidade de Rio Verde, em Rio Verde – GO, onde foram utilizados vasos contendo 2 dm<sup>3</sup> de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (REFERENCIAR O SIBCS, 2018), de área nativa, coletado da camada 0-20 cm.

Os experimentos foram realizados em delineamentos inteiramente casualizados-DIC em esquema fatorial (4x2), com quatro repetições. As unidades experimentais do primeiro fator referem-se à aplicação de produtos via foliar sendo, um produto teste contendo Ca, Mg e B, todos em suspensão, um produto comercial também em suspensão de similar composição química (QUIMIFOL Ca + B FLORADA), um produto de mesma composição química, porém em solução usando fontes P.A (para análise) e um controle. O segundo fator refere-se à correção com B via solo ou não.

Tabela 1 – Tratamentos e seus respectivos ingredientes ativos

<b>Tratamentos</b>	<b>Produtos</b>	<b>Ingrediente ativo</b>
1 Controle	Água	Água
2 Teste	Monti CaB	Calcário MICRONIZADO + Ulexita
3 Comercial	Quimifol Florada	CaCl <sub>2</sub> + H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> **
4 Fonte P..A	P.A	CaSO <sub>4</sub> +H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ***

\*Composição: Produto Teste (B 0,6%, Ca 8%, N 1%)

\*\* Composição: Produto Comercial (Ca 9% e B 1% + N 1%).

\*\*\* Composição: Fonte P.A (B 17%, Ca 38%, S 30%).

Nos vasos que receberam B no solo foram aplicados 0,5 mg dm<sup>-3</sup> de B usando ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) transformado na dose de 1 kg ha<sup>-1</sup>.

Para condução dos experimentos foi coletado solo de uma área de vegetação nativa de Cerrado na profundidade de 0-20 cm e em seguida foi realizada a análise de fertilidade e textura do solo (Tabela 2). Os resultados foram utilizados para cálculo da necessidade de calagem pelo método da saturação por bases. Os vasos foram preparados, receberam 3 t ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico PRNT 78%, para elevar a saturação de bases para 70% e foram mantidos por 30 dias na capacidade de campo para assegurar o tempo de reação do calcário.

Tabela 2 – Análise do LATOSSOLO VERMELHO Distrófico na profundidade 0-20 cm, realizada em março de 2020, antes da instalação do experimento.

pH	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O	Areia	Silte	Argila
(CaCl <sub>2</sub> )	...mg dm <sup>-3</sup> ....	.....cmolc dm <sup>-3</sup> .....					g dm <sup>-3</sup>	.....%.....			
4,5	1,1	4,5	0,12	0,24	0,23	0,34	5,4	22,3	33,5	10,0	56,5
..... mg dm <sup>-3</sup> .....											
S      B      Cu      Fe      Mn      Na      Zn											
4,5    0,19    2,2    51    50,9    4,8    0,2											

As sementes foram desinfetadas com hipoclorito de sódio (10%) por cinco minutos e em seguida lavadas em água corrente e secas ao ar. Em seguida foram semeadas em vasos com cerca de 5 sementes por vaso, e desbastadas, três dias após a emergência das plântulas, deixando somente 1 planta por vaso. As plantas de soja foram conduzidas por 40 dias.

Os vasos foram irrigados diariamente para repor a quantidade de água perdida por meio da evapotranspiração de cada vaso, assim por meio da pesagem do conjunto vaso+solo+planta, sendo repostada a água perdida, considerando 60 % da capacidade de campo determinada do solo.

As unidades experimentais receberam adubação via solução com macronutrientes e micronutrientes, com exceção ao Ca, Mg, e B, segundo recomendações de Malavolta (1980) para ensaios em vasos seguiram a recomendação contendo: 125 mg dm<sup>-3</sup> de P, 157,2 mg dm<sup>-3</sup> de K, 30 mg dm<sup>-3</sup> de S, 3,6 mg dm<sup>-3</sup> de Mn; 1,5 mg dm<sup>-3</sup> de Cu; 5 mg dm<sup>-3</sup> de Zn das respectivas fontes KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, MnCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub>.

O tratamento das sementes foi utilizado já tratadas com TSI (Tratamento de semente industrial) sendo utilizados somente inoculante (*Bradrhizobium japonicum*). Para fungicidas e inseticidas em pós emergência foram feitas 2 pulverizações ao longo da cultura da soja, com diferentes princípios ativos de inseticidas (tiametoxam, bifentrina, piriproxifem), fungicidas (propiconazol, difenoconazol, , mancozebe,), e óleo mineral para melhor espalhamento de calda.

A aplicação dos fertilizantes via folha seguiu a recomendação do produto comercial utilizado e nivelado junto a concentração de cada produto para ambos os tratamentos, exceto a testemunha, sendo assim o estágio de aplicação foi quando as plantas atingiram V4 para ambas as culturas, já os fertilizantes aplicados na base foram pulverizados aos 15 dias após plantio. Para isto, empregou-se um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub>, munido de barra contendo seis pontas de pulverização do tipo TT 110-02, espaçadas de 0,5 m, com volume de calda equivalente a 200 L ha<sup>-1</sup>.

Após o período de cultivo, foram avaliadas a altura de planta sendo utilizado o uso de régua de medição para validação dos dados, número de folhas contadas até a última completamente expandida, no dia colheita das plantas, foi realizada avaliação do índice SPAD utilizando o equipamento modelo Minolta SPAD-502, o qual emite luz na faixa de 650 a 940 nm através da folha, sendo aferido em 4 folhas por planta em cada vaso

Após serem colhidas, as plantas foram separadas a parte aérea da raiz e colocadas para secar em estufa de circulação forçada do ar (65 °C) para ser determinada a massa seca de parte aérea e massa seca de raiz. Em seguida, o material seco em estufa foi moído em moinho tipo Willey e foi determinado os teores de K, Ca, Mg, B, Fe, Mn e Zn na parte aérea. Para essas avaliações foi realizada digestão nitro-perclórica (MALAVOLTA et al., 1997) para o teor de B foi utilizado a digestão via seca. Após a digestão, os teores totais de Ca e Mg e B foram determinados com espectrofotômetro de absorção atômica (GBC-Scientific, SavantAA, Dandenong, Victoria, Austrália). O P e S foram determinados utilizando espectrofotômetro colorimétrico (Metash Instruments, V-500 Spectrophotometer, Xangai, China) com comprimento de onda de 725 nm e 420 nm, respectivamente. O K foi determinado em fotômetro de chama (Analyser, 910M – microprocessado, São Paulo, Brasil), já o restante dos micronutrientes Fe, Mn e Zn Espectrofotometria de absorção atômica.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e quando significativo foi aplicado o teste de média (Tukey, p<0,05), utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

OBS. Não encontrei o diâmetro de colmo.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Experimento de Milho.

Não houve diferença significativa para as variáveis altura de plantas, SPAD, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz, e teores de Mn e Zn.

Tabela 3. Resumo da análise de variância das avaliações realizadas na cultura do milho.

FV	GL	QM				
		Altura de plantas	MSPA	MSR	Diâmetro de colmo	SPAD
Tratamento (T)	3	9,117188 <sup>ns</sup>	5,928586 <sup>ns</sup>	50,044575 <sup>ns</sup>	4,804036*	125,175833 <sup>ns</sup>
Boro e Zinco solo (BZ)	1	94,531250 <sup>ns</sup>	7,4788778 <sup>ns</sup>	50,150113 <sup>ns</sup>	1,220703 <sup>ns</sup>	34,8611250 <sup>ns</sup>
T x BZ	3	39,609375 <sup>ns</sup>	4,571211 <sup>ns</sup>	21,625671 <sup>ns</sup>	1,548828 <sup>ns</sup>	29,078750 <sup>ns</sup>
Erro	24	35,6002	2,506474	28,9523	1,1204	99,6270
CV (%)		7,36	17,48	43,71	10,83	27,11

FV	GL	QM			
		Teor de K	Teor de Ca	Teor de Mg	Teor de B
Tratamento (T)	3	3,516003**	0,034538 <sup>ns</sup>	2,391961**	32,572036**
Boro e Zinco solo (BZ)	1	0,580503**	0,076050*	2,327403**	5,354628 <sup>ns</sup>
T x BZ	3	0,274928*	0,049708*	1,192428**	58,718061**
Erro	24	0,0661	0,0127	0,0470	3,0287
CV (%)		14,94	6,82	9,04	58,70

GL = Grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; QM = Quadrados médios; \*\* = significativo a 1%; \* = significativo a 5%; ns = não significativo.

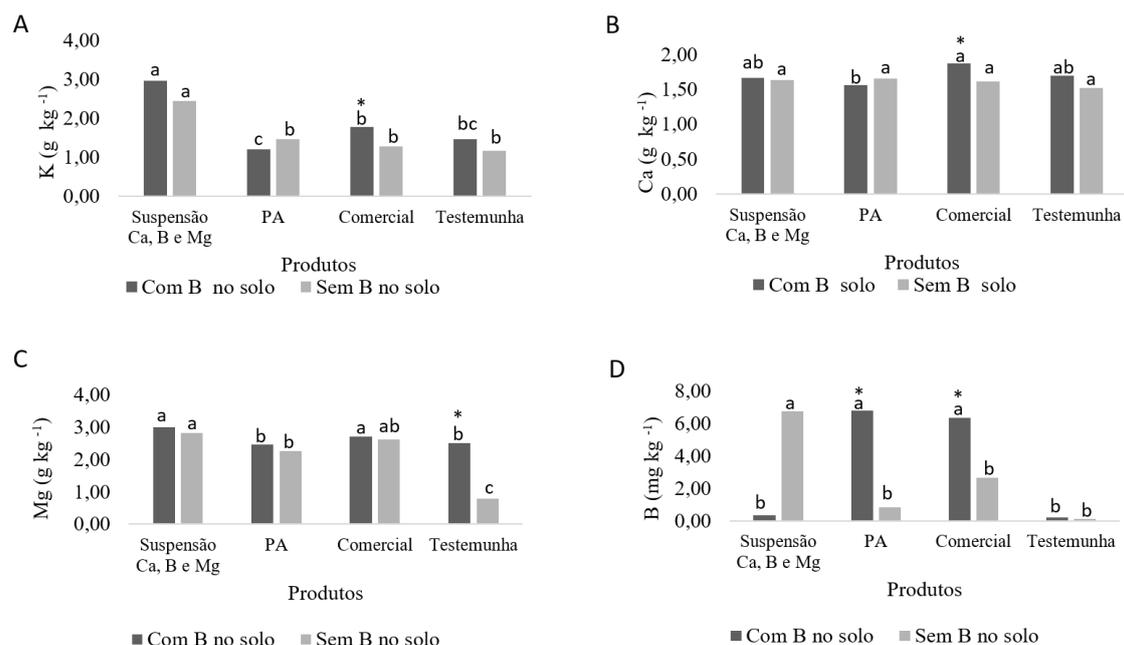


Figura 1. Teores de K (A), Ca (B), Mg (C) e B (D) em função de produtos aplicados via foliar, com aplicação ou sem B no solo. Medias seguidas de mesma letra, comparando os produtos entre si para uma mesma condição de B no solo, não diferente entre si. \* indica diferença significativa entre com e sem aplicação B via solo dentro do mesmo produto foliar (Tukey  $p < 0,05$ ).

Para o teor foliar de K, houve interação entre os fatores, o produto contendo Suspensão teste foi superior com ou sem a aplicação de B via solo quando se comparado aos demais produtos. O produto suspensão teste proporcionou maior teor de K às plantas comparado aos demais produtos foliares aplicados, tanto para o solo com B quanto para o solo sem B. O produto comercial foi superior ao P.A., com B no solo. As plantas dos tratamentos da suspensão e a comercial apresentaram maior teor de K quando cultivadas em solos com B comparadas àquelas cultivadas em solo sem B (Figura 1A).

Echer (2009), na cultura da batata doce usando doses de Potássio (KCl) e boro (ácido bórico), observou um efeito sinérgico da interação dos dois nutrientes no aumento dos teores desses nutrientes na planta, onde a aplicação em cobertura de  $1 \text{ kg ha}^{-1}$  de B e  $200 \text{ de K}_2\text{O ha}^{-1}$  proporcionaram maiores teores. Efeito sinérgico de boro e potássio e bastante estudado e vários estudos se divergem quanto aos resultados.

Davis et al. (2003) na cultura do tomate utilizando  $\text{H}_3\text{BO}_3$  como fonte de boro e hidroponia demonstraram que o aumento do fornecimento de B aumentou a absorção e a translocação de K. Já na cultura da soja Schon et al. (1990) observou o mesmo na cultura da soja utilizando ácido bórico.

Para a variável teor foliar de Ca, também foi observada interação entre os fatores. Com B via solo, nota-se que o produto comercial apresentou maior teor foliar de Ca comparado ao P.A. Observando cada produto isoladamente com ou sem aplicação de via solo, observa que o produto P.A apresentaram menor teor de Ca nos solos cultivados com aplicação de B via solo (Figura 1B).

Os resultados obtidos por Souza et al. (2009) diferem deste trabalho, onde utilizando adubação foliar na cultura da soja com fontes de Boro e cálcio, quando se fez curva respostas e dois estádios diferentes sendo R1 e R3, verificou que não houve efeito significativo em ambos os tratamentos. Efeitos semelhante foram encontrados em trabalhos na cultura do feijão onde a aplicação de cloreto de cálcio e ácido bórico não afetaram os componentes de rendimentos (SILVA et al., 2006). Em trabalho de Javorsky (2015), observou efeito contrário dos demais autores acima, onde na cultura do milho houve diferença significativa nos parâmetros avaliativos estudados.

Para a variável teor foliar de Mg, foi observado interação entre os fatores. A suspensão teste e o produto comercial apresentaram maior teor de Mg comparado ao P.A. e ao controle, quando as plantas cresceram em solo adubado com B. No solo sem adubação com B, a suspensão teste foi superior aos demais tratamentos e o P.A. e comercial foram superiores ao controle. Comparando cada produto isoladamente com ou sem aplicação de B e Zn via solo obtiveram resultados significativos onde a testemunha obteve diferença estatística para plantas cultivadas em solos com aplicação de B via solo maior teor no nutriente (Figura 1C).

Para a variável teor foliar de B, foi observada interação entre os fatores. O uso da suspensão teste foi superior quando não se teve a aplicação de B via solo comparado aos outros produtos aplicados. Quando se efetuou a aplicação de B via solo os produtos P.A. e comercial foram superiores quando comparado com os outros produtos aplicados. Comparando cada produto isoladamente com ou sem aplicação de B via solo observa que produto suspensão teste sem B no solo, PA e comercial com B no solo apresentaram diferenças significativas e apresentaram maior teor foliar de B (Figura 8).

De acordo com Macedo et al. (2016), para os citros o uso do borato de cálcio, que é uma fonte pouco solúvel, gerou um alto teor de B em suas folhas, cerca de 44% maior que o ácido bórico em sua maior dosagem. Porém para a cultura do café o incremento do B nas folhas foi semelhante a todas as doses para as duas fontes.

No ambiente sem B no solo a suspensão obteve resultado superior aos demais tratamentos, no entanto no ambiente com B no solo a mesma foi inferior. Trabalhos realizados por Macedo et al. (2016), mostraram que a suspensão teve um efeito similar porem para a cultura do café.

Para o diâmetro de colmos, não houve interação entre os produtos aplicado via foliar e aplicação de B via solo. Com isso foi observado diferença entre os produtos aplicados via foliar, onde a testemunha se mostrou inferior a suspensão teste contendo Ca, B e Mg e o produto comercial (Figura 2). Dados corroboram com Javorsky (2015), onde na cultura do milho em aplicação foliares utilizando cálcio e boro em solução, observou que não houve efeito significativo no calibre da espessura de colmo do milho.

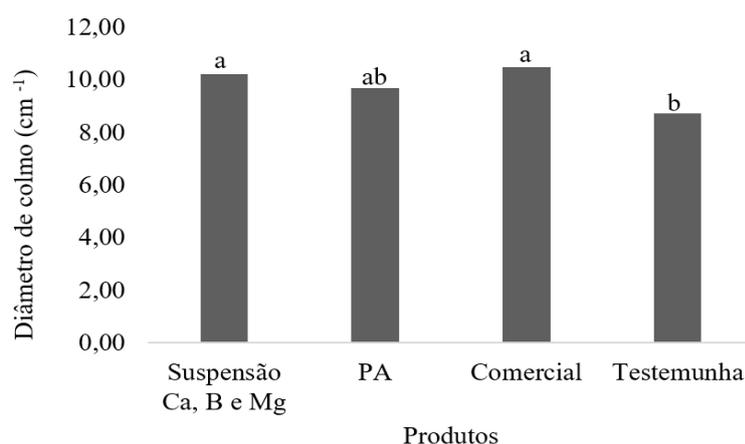


Figura 2. Diâmetro do Colmo em função de produtos aplicados via foliar. Medias seguidas de mesma letra, não diferente entre si (Tukey,  $p < 0,05$ ).

### 3.2. Experimento de Soja.

O índice SPAD apresentou interação entre produtos foliares e sem ou com aplicação de B via solo. Quando comparado cada produto aplicado via foliar com aplicação de B via solo não se observou diferença significativa entre as plantas avaliadas. Já quando foi analisado os tratamentos sem a aplicação via solo de B, observa-se que o produto comercial foi superior aos demais. Desdobrando isoladamente cada tratamento com ou sem a aplicação B via solo, nota-se que houve diferença significativa no produto comercial onde sem aplicação de B via solo foi superior quando comparado à aplicação de B via solo no mesmo tratamento (Figura 3A).

Tabela 4. Resumo da análise de variância das avaliações realizadas para a cultura da soja

FV	GL	QM			
		Teor de K	Teor de Ca	Teor de Mg	Teor de B
<b>Tratamento Boro e Zinco solo</b>	3	29,281250 <sup>ns</sup>	0,029383 <sup>ns</sup>	0,303111 <sup>**</sup>	65,132313 <sup>ns</sup>
<b>Tratamento x Boro e Zinco solo</b>	1	2,531250 <sup>ns</sup>	0,099013 <sup>ns</sup>	0,106953 <sup>ns</sup>	167,719612 <sup>ns</sup>
	3	82,031250 <sup>ns</sup>	0,014513 <sup>ns</sup>	0,076136 <sup>ns</sup>	79,830113 <sup>ns</sup>
<b>Erro CV (%)</b>	24	64,6145	0,0244	0,0361	49,2062
		13,47	7,04	6,69	40,20

GL = Grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; QM = Quadrados médios; \*\* = significativo a 1%; \* = significativo a 5%; ns = não significativo.

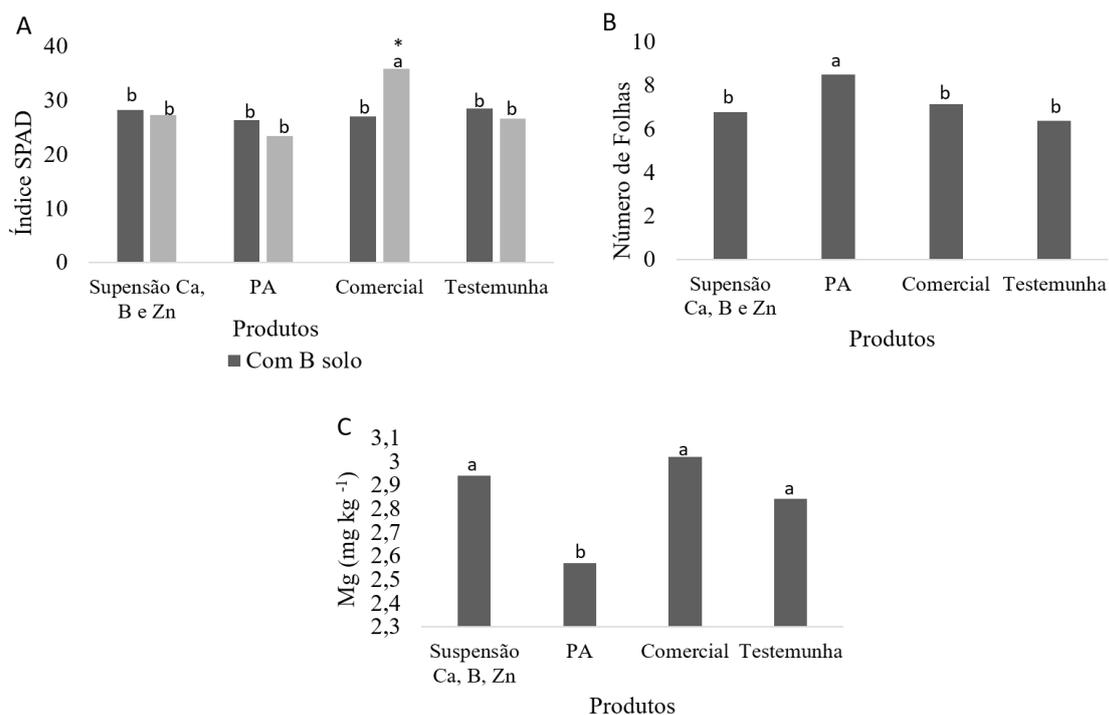


Figura 3. Índice SPAD (A), número de Folhas (B) e teor foliar de Mg (C) em plantas de soja em função de produtos aplicados via foliar, com aplicação ou sem B no solo. Medias seguidas de mesma letra, comparando os produtos entre si para uma mesma condição de B no solo, não diferente entre si. \* indica diferença significativa entre com e sem aplicação B via solo dentro do mesmo produto foliar (Tukey  $p < 0,05$ ).

Para a variável número de folhas, não se observou interação entre os produtos via foliar e com ou sem a aplicação de B via solo. Comparando os produtos aplicados, foi observado diferença significativa, sendo que o produto P.A. proporcionou maior do número de folhas em relação aos demais produtos aplicados (Figura 3B).

Para o teor de Mg, nota não houve interação entre os fatores. Assim, somente foi observada diferença significativa entre os produtos aplicados via foliar, sendo que o produto P.A. proporcionou menor teor de Mg quando se comparado aos demais produtos aplicados (Figura 2C).

#### **4 CONCLUSÕES**

Para a cultura da soja, o índice de SPAD com a variável comercial sem boro no solo foi superior as demais, e o P.A. promoveu um maior número de folhas para as plantas, e o teor foliar de Mg obteve resultados similares para as variáveis suspensão e controle igualmente à comercial, porém esse produto obteve melhor resposta.

Para a cultura de Milho, os produtos comercial e suspensão teste promoveram um maior diâmetro de colmo para as plantas. Sobre os nutrientes com a aplicação de B no solo, obtiveram melhor resultados no produto comercial e suspensão teste para o K, Ca, Mg e B, às aplicações sem B tiveram melhor resultados na suspensão teste do boro, para o controle do Mg, e suspensão do K.

## **CAPÍTULO 2**

### **RESUMO**

#### **APLICAÇÃO FOLIAR DE SUSPENSÕES COM CÁLCIO, MAGNÉSIO, BORO, E ZINCO NA SOJA E NO MILHO CULTIVADOS EM SOLOS COM E SEM BORO E ZINCO**

As plantas de soja e milho apresentam ampla adaptação a diferentes condições de ambiente, e devido ao aumento expressivo da cultura o uso de tecnologias que agregam na produção foram amplamente evoluídas, sendo a adubação foliar um dos pilares da produção do cenário agrícola. O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência agronômica da adubação foliar sendo a suspensão a base de Ca, B, Mg e Zn comparando-se fontes P.A a produtos comerciais na cultura da soja e do milho. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Universidade de Rio Verde, em Rio Verde – GO, com as culturas da soja e milho. Foram aplicadas: uma suspensão teste, uma solução contendo fontes P.A., um produto comercial e um controle. Os produtos foram avaliados em solo com e sem B e Zn. Ao final do experimento foram avaliados para a altura de planta, massa seca de parte aérea, massa seca de raiz, número de folhas, índice SPAD, os teores foliares de K, Ca, Mg, B, Fe, Mn e Zn e diâmetro de colmo (milho). Para a cultura do milho a variável diâmetro de colmo não houve diferença significativa. Para a cultura da soja a variável índice SPAD, foi verificado efeito de interação entre os fatores. Com a aplicação de B e Zn via solo o produto comercial foi superior ao P.A.

**Palavras-chave:** Adubação foliar. Eficiência. Nanopartículas.

## **CHAPTER**

### **ABSTRACT**

#### **FOLIAR APPLICATION OF SUSPENSIONS WITH CALCIUM, MAGNESIUM, BORON, AND ZINC IN SOYBEAN AND CORN GROWN IN SOILS WITH AND WITHOUT BORON AND ZINC**

Soybean and corn plants have a wide adaptation to different environmental conditions, and due to the significant increase in culture, the use of technologies that aggregate in production have been widely evolved, with foliar fertilization as one of the pillars of agricultural production. The objective of this work is to evaluate the agronomic efficiency of leaf application containing a suspension based on Ca, B and Mg in soybean and corn crop compared with P.A. sources and commercial products. The experiment was conducted in a greenhouse at the University of Rio Verde, in Rio Verde - GO, and the crop was studied soybean and corn. A test suspension, a solution containing P.A. sources, a commercial product and a control were applied. The products were evaluated in soil with B and Zn and in soil without these nutrients. At the end of the experiment, they were evaluated for plant height, shoot dry mass, root dry mass, number of leaves and SPAD index. The leaf contents of K, Ca, Mg, B, Fe, Mn and Zn were also determined. For soybean crop, the Variable SPAD Index was verified, an interaction effect was verified between the factors. With the application of B and Zn via soil the commercial product was superior to the

**Keywords:** Foliar fertilization. Efficiency. Nanoparticles.

## 1.INTRODUÇÃO

O milho (*Zea Mays L.*) e cultura da soja (*Glycine max*), possui características endógenas que diversificam a contribuição das culturas para a produção de alimentos industrializados e alimentação animal. A busca por grandes produtividades alavanca a inovação de tecnologias que agregam todo sistema de produção voltado as culturas (TAVARES et al., 2015)

Atualmente, muitos fertilizantes foliares estão disponíveis no mercado, como fornecedores de um ou mais elementos. Isso deve-se a pouca quantidade de micronutrientes nos fertilizantes convencionais, aplicados via solo sejam macro ou micronutrientes e a associação desses. Nota-se que o uso de fertilizantes foliares a base vem aumentando. Grande parte desses produtos, utilizam como matéria prima base, os óxidos. No entanto, é necessário que essa matéria prima esteja na forma micronizada, o que assegura o tamanho de nano partículas a estas suspensões. Uma vez que esta base esteja formada, é possível adicionar nutrientes que juntamente com outros aditivos, como os dispersantes, asseguram que os constituintes dos produtos permaneçam em suspensão (REFERÊNCIA).

Os fertilizantes que estão em forma de suspensão, são produtos fluidos com partículas sólidas, podendo ser apresentados com fases, no caso suspensões heterogêneas, ou sem fases no estado líquido, pastoso e gel, no caso de suspensões homogêneas, diferentemente das soluções que são uma mistura homogênea de duas ou mais substâncias, onde uma substância dissolve a outra.

Segundo Lopes (2000), em situações em que as suspeitas de deficiências nutricionais são diagnosticadas facilmente durante o período da “fome oculta”, ou seja, período que as plantas ainda não manifestaram sintomas visuais, a resposta ao nutriente aplicado via foliar é quase imediata e, conseqüente, as deficiências podem ser corrigidas durante o ciclo de crescimento, minimizando significativamente os prejuízos.

Essa pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a eficiência agrônômica na cultura da soja e Milho da aplicação foliar de suspensões contendo Ca, B, Mg e Zn em comparação a uma solução e a um produto comercial em solo com e sem B e Zn.

## 2 MATERIAS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade de Rio Verde, em Rio Verde – GO, onde foram utilizados vasos contendo 2 dm<sup>3</sup> de um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, de área nativa, coletado da camada 0-20 cm. O experimento 3 foi conduzido com a cultura da soja, variedade BRASMAX FOCO INTACTA. O experimento 4 foi conduzido com a cultura do milho, híbrido P3707 da PIONNER.

Os experimentos foram realizados em delineamentos inteiramente casualizados-DIC em esquema fatorial (4x2), com quatro repetições. As unidades experimentais são primeiro fator refere-se à aplicação de produtos via foliar sendo um produto teste contendo Ca, Mg, B e Zn, todos em suspensão, um segundo produto comercial também em suspensão de similar composição química (QUIMIFOL Ca + B FLORADA), um terceiro produto de mesma composição química, porém em solução usando fontes P.A e um controle. O segundo fator refere-se à correção com B e Zn via solo ou não.

Tabela 5. Produtos e ativos.

<b>Tratamentos</b>	<b>Produtos</b>	<b>Ingrediente ativo</b>
1 Controle	Água	Água
2 Suspensão teste	Monti CaBZn	Calcário Micronizado + Ulexita *
3 Comercial	Quimifol Florada+Zintrac	CaCl <sub>2</sub> + H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> + ZnSO <sub>4</sub> **
4 Fonte P. A	P. A	CaSO <sub>4</sub> +H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> + ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O***

\*Composição: Produto Teste (B 0,6%, Ca 8%, N 1%, Zn 1%)

\*\* Composição: Produto Comercial (Ca 9% e B 1 % + N 1% e Zn 40%).

\*\*\* Composição: Fonte P.A (B 17%, Ca 38%, S 30%, Zn 22%).

Nos vasos que receberam B e Zn no solo foram aplicados 0,5 mg dm<sup>-3</sup> de B usando ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) transformado na dose de 1 kg há<sup>-1</sup>, também se aplicou cerca 5,0 mg dm<sup>-3</sup> de Zn transformando para hectare sendo dose de 10 kg há<sup>-1</sup> de Zn, usando a fonte de sulfato de zinco (ZnSO<sub>4</sub>).

Para condução dos experimentos foi coletado solo de uma área de vegetação nativa de Cerrado na profundidade de 0-20 cm e em seguida foi realizada a análise de fertilidade e textura do solo (Tabela 2). Os resultados foram utilizados para cálculo da necessidade de calagem pelo método da saturação por bases. Os vasos foram preparados, receberam

calcário PRNT 78%, para elevar a saturação de bases para 70% e foram mantidos por 30 dias na capacidade de campo para assegurar o tempo de reação do calcário.

Tabela 6. Análise de solo da área experimental antes da instalação do experimento, profundidade 0-20 cm, realizada em março de 2020.

pH	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O	Areia	Silte	Argila														
(CaCl <sub>2</sub> )	....mg dm <sup>-3</sup> ....		.....cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> .....					g dm <sup>-3</sup>	.....%.....																
4,5	1,1	4,5	0,12	0,24	0,23	0,34	5,4	22,3	33,5	10	56,5														
..... mg dm <sup>-3</sup> .....																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>S</th> <th>B</th> <th>Cu</th> <th>Fe</th> <th>Mn</th> <th>Na</th> <th>Zn</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4,5</td> <td>0,19</td> <td>2,2</td> <td>51</td> <td>50,9</td> <td>4,8</td> <td>0,2</td> </tr> </tbody> </table>												S	B	Cu	Fe	Mn	Na	Zn	4,5	0,19	2,2	51	50,9	4,8	0,2
S	B	Cu	Fe	Mn	Na	Zn																			
4,5	0,19	2,2	51	50,9	4,8	0,2																			

As sementes foram desinfetadas com hipoclorito de sódio (10%) por cinco minutos e em seguida lavadas em água corrente e secas ao ar. Em seguida foram semeadas em vasos com cerca de 5 sementes por vaso, e desbastadas, três dias após a emergência das plântulas, deixando somente 1 planta por vaso. As plantas de soja foram conduzidas por 40 dias.

Os vasos foram irrigados diariamente para repor a quantidade de água perdida por meio da evapotranspiração de cada vaso, assim por meio da pesagem do conjunto vaso+solo+planta, sendo reposta a água perdida, considerando 60% da capacidade de campo determinada do solo.

As parcelas receberam adubação via solução no solo com macronutrientes e micronutrientes, com exceção ao Ca, Mg, B e Zn, segundo recomendações de Malavolta (1980) para ensaios em vasos seguiram a recomendação contendo: 125 mg dm<sup>-3</sup> de P, 157,2 mg dm<sup>-3</sup> de K, 30 mg dm<sup>-3</sup> de S, 3,6 mg dm<sup>-3</sup> de Mn; 1,5 mg dm<sup>-3</sup> de Cu; 5 mg dm<sup>-3</sup> de Zn das respectivas fontes KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O, MnCl<sub>2</sub>, CuSO<sub>4</sub>.

O tratamento das sementes foi utilizado já tratadas com TSI (Tratamento de semente industrial) sendo utilizados somente inoculante (*Bradrhizobium japonicum*). Para fungicidas e inseticidas em pós emergência foram feitas 2 pulverizações ao longo da cultura da soja, com diferentes princípios ativos de inseticidas (tiametoxam, bifentrina, piriproxifem), fungicidas (propiconazol, difenoconazol, , mancozebe), e óleo mineral para melhor espalhamento de calda.

A aplicação dos fertilizantes via folha seguiu a recomendação do produto comercial utilizado e nivelado junto a concentração de cada produto para ambos os tratamentos, exceto a testemunha, sendo assim o estágio de aplicação foi quando as plantas atingiram V4 para ambas as culturas, já os fertilizantes aplicados na base foram pulverizados aos 15 dias após plantio. Para isto, empregou-se um pulverizador costal pressurizado por CO<sub>2</sub>, munido de barra contendo seis pontas de pulverização do tipo TT 110-02, espaçadas de 0,5 m, com volume de calda equivalente a 200 L há<sup>-1</sup>.

Após o período de cultivo, foram avaliadas a altura de planta sendo utilizado o uso de régua de medição para validação dos dados, número de folhas contadas até a última completamente expandida, no dia colheita das plantas, foi realizada avaliação do índice SPAD utilizando o equipamento modelo Minolta SPAD-502, o qual emite luz na faixa de 650 a 940 nm através da folha, sendo aferido em 4 folhas por planta em cada vaso

Após serem colhidas, as plantas foram separadas a parte aérea da raiz e colocadas para secar em estufa de circulação forçada do ar (65 °C) para ser determinada a massa seca de parte aérea e massa seca de raiz. Em seguida, o material seco em estufa foi moído em moinho tipo Willey e foi determinado os teores de K, Ca, Mg, B, Fe, Mn e Zn na parte aérea. Para essas avaliações foi realizada digestão nitro-perclórica (MALAVOLTA et al., 1997) para de K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn e para B foi utilizado a digestão via seca. Após a digestão, os teores totais de Ca e Mg e B foram determinados com espectrofotômetro de absorção atômica (GBC-Scientific, SavantAA, Dandenong, Victoria, Austrália). O P e S foram determinados utilizando espectrofotômetro colorimétrico (Metash Instruments, V-500 Spectrophotometer, Xangai, China) com comprimento de onda de 725 nm e 420 nm, respectivamente. O K foi determinado em fotômetro de chama (Analyser, 910M – microprocessado, São Paulo, Brasil), já o restante dos micronutrientes Fe, Mn e Zn Espectrofotometria de absorção Molecular.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e quando significativo foi aplicado o teste de média (Tukey,  $p < 0,05$ ), utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2019).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Experimento de milho

Para a variável diâmetro de colmo não houve diferença significativa. Efeito contrário segundo Oliveira. (2019), onde independente da fonte B utilizada a espessura de colmo foi significativa, destacando as fontes mais solúveis com maior índice de disponibilidade em escala de tempo menor.

Tabela 7. Resumo da análise de variância das avaliações realizadas para a cultura do milho.

FV	GL	QM				
		Diâmetro de colmo	Altura de plantas	Índice SPAD	MSPA	MSR
<b>Tratamento</b>	4	4,018411 <sup>ns</sup>	222,743828*	109,112082 <sup>ns</sup>	156,849112**	31,063392**
<b>Boro e Zinco solo</b>	1	1,688202 <sup>ns</sup>	446,631328**	930,961250**	122,774450*	180,880200**
<b>Tratamento x Boro e Zinco solo</b>	3	4,152786 <sup>ns</sup>	226,729661*	159,917082 <sup>ns</sup>	129,303667**	36,474792**
<b>Erro</b>	24	39,3856	134,6518	57,7825	18,4723	5,7508
<b>CV (%)</b>		12,14	8,92	19,65	35,82	27,72

GL = Grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; QM = Quadrados médios; \*\* = significativo a 1%; \* = significativo a 5%; ns = não significativo.

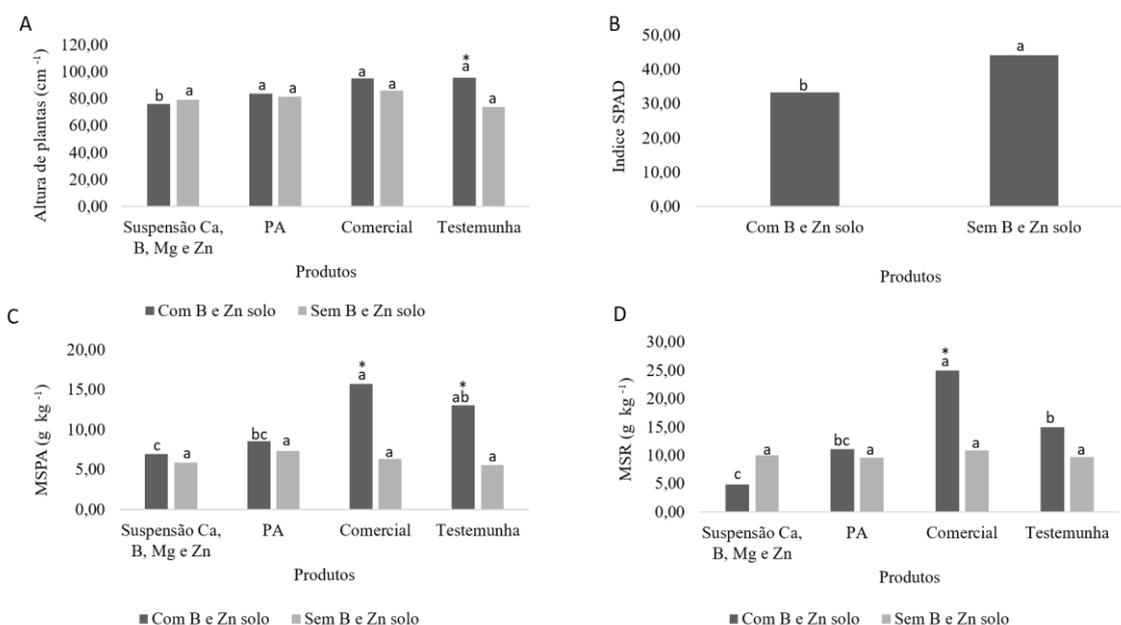


Figura 4. Altura de plantas (A), MSPA (C) e MSR (D), em função de aplicação de produtos foliares. Médias seguidas de mesma letra comparam os produtos foliares para com ou sem B e Zn no solo. \* indica diferença significativa entre com e sem B e Zn no

solo para um mesmo produto aplicado (Tukey,  $p < 0,05$ ). Índice SPAD (b) em função da aplicação de B e Zn no solo.

Para a variável altura de plantas houve interação entre os fatores estudados. A aplicação foliar da suspensão teste em solo com B e Zn, apresentou menor altura de plantas comparada ao controle e aos demais produtos avaliados (Figura 4A).

Tal resultado pode ser consequência das diferenças de fontes empregadas quando se comparado as outras utilizadas, tendo em vista que ulexita possui uma solubilidade menor quando se comparado com ácido bórico e outras fontes de B disponíveis. Segundo Ferracine (2022), a aplicação contendo Ulexita na cultura do amendoim quando se equiparado a fontes como ácido bórico e tetraborato de sódio foi inferior nas avaliações morfológicas.

Sem a aplicação de B e Zn no solo, não houve diferença entre os produtos avaliados. Resultados que corroboram foram encontrados por Aguayo et al. (2017) onde ele observou em seu trabalho a não significância para altura de plantas quando se aplicou B via aplicação foliar na cultura do feijão.

As plantas do tratamento controle apresentaram maior altura de plantas quando cultivadas em vasos que receberam B e Zn via solo. Uma das hipóteses é a da baixa disponibilidade de B no solo ( $0,23 \text{ mg dm}^{-3}$ ) que com a aplicação resultou em disponibilidade maior e rápida para a planta, ajudando a assimilação por parte da planta, visto que o suprimento de B é via xilema.

Para a variável índice SPAD foi verificado efeito significativo apenas para o fator com e sem B e Zn no solo. As plantas que foram cultivadas em vasos sem B e Zn no solo apresentaram maior índice SPAD (Figura 4B).

Dados não corroboram com os obtidos por Wasaya et al. (2017), a aplicação foliares na cultura do milho utilizando formulações fluidas de boro e zinco evidenciou o aumento da quantidade de índice de clorofila pelo método de SPAD. Cakmak (2008) destaca que a diminuição ou irregularidades morfológicas da folha afeta diretamente a absorção da fotossíntese e conseqüentemente alteração nos índices de clorofila da planta.

Roberto (2021), seus dados não corroboram com os encontrados, visto que ele observou um aumento do índice de clorofila quando se tinha aplicação de Zn e B na cultura do milho, em curva respostas de doses.

Para a variável MSPA, houve interação entre os fotares estudados. Foi observado que a aplicação de B e Zn via solo, possibilitou maior MSPA quando as plantas receberam a aplicação foliar do produto comercial comparado a suspensão teste e ao P.A. Por outro lado, os produtos foliares sem a aplicação de B e Zn via solo, não apresentaram diferença significativa entre si (Figura 4C).

Resultado semelhante foi encontrados na cultura de girassol, por Huang (2000), que observou que em plantulas de Girassol cultivadas em solução nutritiva que observaram a correlação com efeito positivo quando analisado a concentração de B na solução e a quantidade de massa seca de parte aérea.

As plantas do tratamento controle e comercial apresentaram maior MSPA quando cultivadas em vasos que receberam B e Zn no solo. É provável que o B adicionado tenha estimulado a atividade meristemática das células, influenciando na elongação e diferenciação celular nesses tratamentos.

Para a variável MSR, foi verificado interação entre os fatores. Desdobrando cada produto com B e Zn via solo verificou-se que o produto comercial foi superior quando se comparado aos demais produtos. Quando não houve aplicação de B e Zn via solo, não se observou diferença entre os produtos foliares (Figura 4D).

Tabela 8. Resumo da análise de variância das avaliações realizadas para a cultura do milho

FV	GL	QM					
		Teor de K	Teor de Ca	Teor de Mg	Teor de B	Teor de Mn	Teor de Zn
<b>Tratamento Boro e Zinco solo</b>	4	57,224745 <sup>ns</sup>	1,258721 <sup>ns</sup>	29,953361 <sup>ns</sup>	266,335258*	8586,390286*	5007,508411**
<b>Tratamento x Boro e Zinco solo</b>	1	580,126953**	44,321112**	354,645028**	60,555013 <sup>ns</sup>	1800,750078 <sup>ns</sup>	1805,253828 <sup>ns</sup>
<b>Tratamento x Boro e Zinco solo</b>	3	247,143361**	4,986421 <sup>ns</sup>	62,415586 <sup>ns</sup>	161,441771 <sup>ns</sup>	2720,204714**	2449,275286 <sup>ns</sup>
<b>Erro</b>	24	49,589070	1,970140	37,2850	60,9858	2720,2047	914,4423
<b>CV (%)</b>		31,29	7,76	19,59	84,32	22,07	40,38

GL = Grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; QM = Quadrados médios; \*\* = significativo a 1%; \* = significativo a 5%; ns = não significativo.

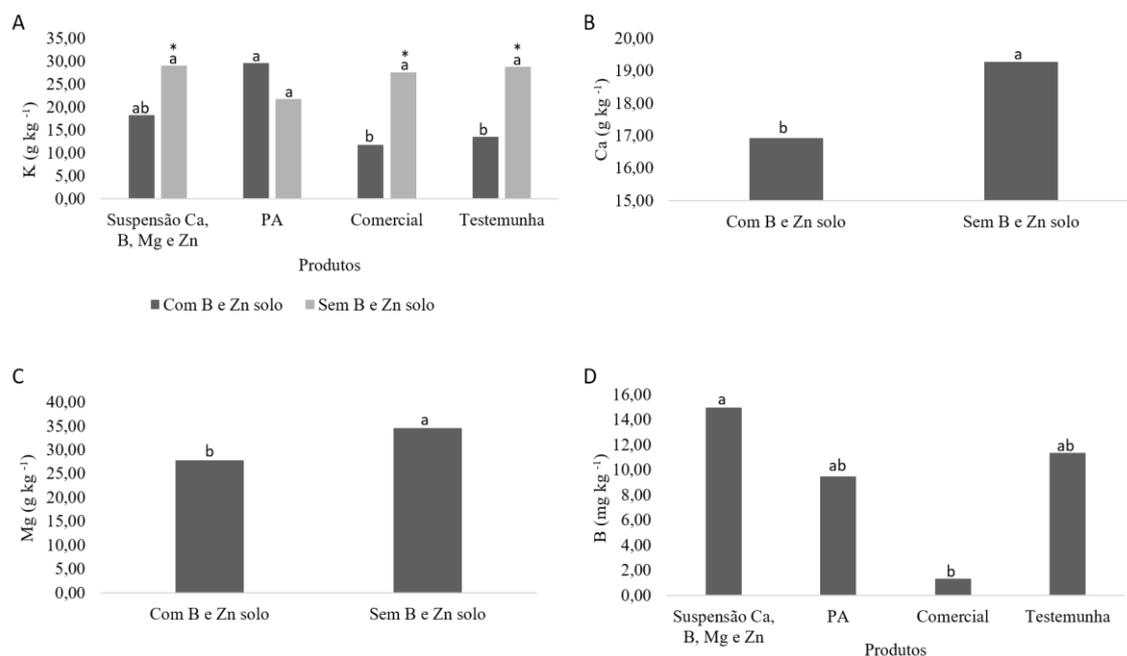


Figura 5. Teor foliar de K (A) em função da aplicação de produtos foliares. Médias seguidas de mesma letra comparam os produtos foliares para com ou sem B e Zn no solo. \* indica diferença significativa entre com e sem B e Zn no solo para um mesmo produto aplicado (Tukey,  $p < 0,05$ ). Teor foliar de Ca (B), Mg (C) e B (D), em função da aplicação de B e Zn via solo (Tukey,  $p < 0,05$ ).

Para a variável teor foliar de K, observa-se que houve interação entre os fatores. Com B e Zn aplicado via solo observou-se que o produto PA proporcionou maior teor de K quando se comparado ao comercial e controle, e sem B e Zn via solo, não houve diferença entre os produtos aplicados. As plantas dos tratamentos controle, comercial e suspensão teste apresentaram maior quantidade de K em plantas cultivadas em vasos que não receberam B e Zn via solo (Figura 5A).

Para a variável teor foliar de Ca foi verificado efeito significativo apenas para o fator com ou sem B e Zn no solo. As plantas cultivadas em vasos sem a aplicação de B e Zn via solo apresentaram-se superiores na quantidade de Ca nos teores analisados (Figura 5B).

Provavelmente a aplicação foliar foi mais eficiente do que quando se colocou a adubação de base com B e Zn, visto que alguns trabalhos mostram uma correlação negativa na concentração de Ca e a quantidade de B no solo, exemplo disso no trabalho Cascavel, (2010), onde ele observou que a dose de 2 kg por hectare utilizando cloreto de Ca e borato de Na foi inferior a dose de 1 kg por hectare.

Existe correlação negativa entre os teores de Calcio e Boro na planta, devido à dificuldade de redistribuição desses nutrientes na planta, mais ainda e a questão fisiológica já que a germinação e crescimento do tubo polínico é dimensionada pelo suprimento de Ca (ROSOLEM,1990; PIERSON et al., 1994; MALHO e TREWAVAS, 1996).

Para a variável teor de Mg não houve interação entre os fatores estudados. Comparando as formas de aplicação com ou sem aplicação de B e Zn via solo, houve diferença estatística independente do produto utilizado, sendo o maior teor de Mg no manejo sem aplicação de B e Zn via solo (Figura 5C).

Trabalhos de Sadana e Takkar (1983), ao estudarem o efeito do magnésio na assimilação de Zn pela planta, conseguiram notar um efeito inibitório na absorção de Zn, sendo refletida pela maior concentração de Mg na solução. Uma das posições diante tal fato foi a questão que o Mg tem efeito competitivo, por possuir uma semelhança em grau de hidratação, raio iônico e a capacidade de se ligar a novos átomos (KABATA PENDIAS; PENDIAS, 1984; OHANA, 2017).

Ohana (2017), observou efeito semelhante na cultura do milho quando se aplicou Zn em doses mais altas ocorreu a redução da quantidade de Mg nos tecidos vegetais. Já Paiva (2003), também relatou em plantas de cedros que a medida que teve maior quantidade de Zn sendo aplicado, havia uma resposta negativa na quantidade de Mg nas plantas.

Sendo assim, esses trabalhos anteriores corroboram com efeitos encontrados nos resultados desse trabalho, sugerindo explicar o ocorrido à inibição competitiva de Zn na absorção de Mg nos tecidos vegetais.

Já Araujo (2013), observaram efeito contrário ao encontrado em tal trabalho, onde na cultura do algodão ele observou uma interação positiva no sinergismo de B e Zn quando se avaliou a quantidade de Mg contida nos tecidos vegetais.

Marschner (1995), demonstra que a quantidade de nutrientes nos tecidos dos vegetais está amplamente relacionada às condições de demanda nutricional a nível celular de cada vegetal, afinidade ao sistema de absorção e concentração e nas modificações ao longo da rizosfera. De forma geral a análise de nutrientes e a correlação de interação dos nutrientes em uma questão ser estudada para maior entendimento e diminuição da amplitude das divergências de resultados.

Para a variável teor foliar de B não houve interação entre os fatores. A suspensão teste foi superior ao produto comercial para o teor de B, independente do suprimento de

B e Zn via solo ou não (Figura 5D). Segundo Rodrigues (2017), observou na cultura do milho um maior acúmulo de B nos teores foliares quando se utilizou como fonte a Ulexita em comparação com ácido bórico (Fonte solúvel), sendo um acúmulo de cerca de 30% maiores quando se comparado.

Uma das prováveis interações nesse resultado é a diferenciação de liberação que a Ulexita tem em relação às fontes de boro, devido à sua menor solubilidade e sua liberação gradativa no sistema, sendo uma questão a ser aprofundada, ao compararmos o ciclo da cultura e a resposta dessa liberação gradativa.

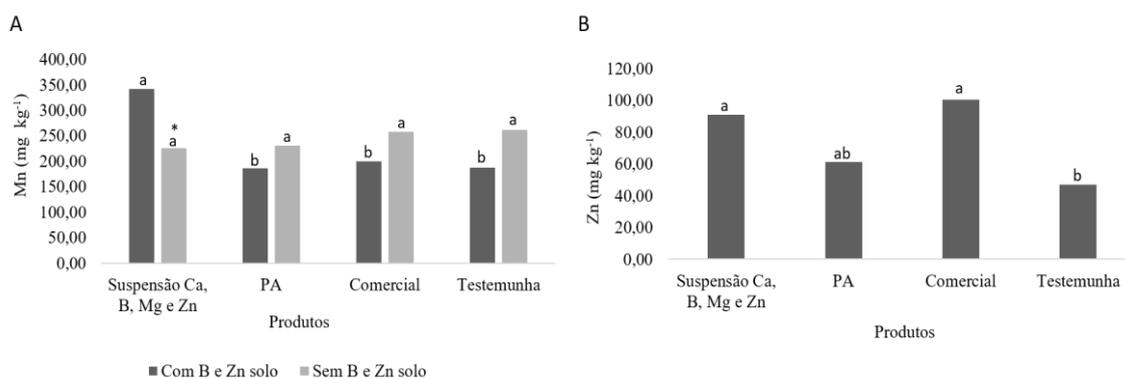


Figura 6. Teor foliar de Mn (A) em função da aplicação de produtos foliares. Médias seguidas de mesma letra comparam os produtos foliares para com ou sem B e Zn no solo. \* indica diferença significativa entre com e sem B e Zn no solo para um mesmo produto aplicado (Tukey,  $p < 0,05$ ). Teor foliar de Zn (B), em função da aplicação dos produtos, (Tukey,  $p > 0,05$ ).

Para a variável teor de Mn foi verificada interação entre os fatores. As plantas que foram cultivadas em vasos com B e Zn no solo e que recebeu a suspensão teste apresentaram maior teor foliar de Mn em comparação com os demais produtos aplicados. Sem aplicação de B e Zn via solo, não houve diferença entre os produtos aplicados via foliar. As plantas que receberam a suspensão teste apresentaram maior teor de Mn quando cultivadas em vasos com B e Z no solo (Figura 6A).

Para a variável teor foliar de Zinco não houve efeito de interação entre os fatores. Comparando os produtos aplicados via foliar, a suspensão teste e o comercial apresentaram teor foliar de Zn superior ao controle (Figura 6B).

De acordo com (MACEDO et al., 2017; MACEDO et al., 2021) em trabalho realizado na cultura do citrus e do café o uso de suspensões a base de Zn como o borato de Zn e o Oxido de Zn conferiu maior teor foliar de Zn as plantas, resultado semelhante ao analisado para a cultura do milho na variável teor foliar de Zn em que o uso dos produtos foliares conferiu maior teor foliar comparado a testemunha.

O fato de o Zn ser um primordial nas desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfohidrolases, enzimas que são importantes para a fotossíntese (Mousavi et al., 2013).

### 3.2 Experimento Soja

Para as variáveis altura de planta não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 09 - Resumo da Análise de variância para a cultura da soja.

FV	GL	QM				
		Altura de Plantas	Índice SPAD	Nº de folhas	MSPA	MSR
<b>Tratamento</b>	3	50,028646 <sup>ns</sup>	9,370686 <sup>ns</sup>	25,781250 <sup>**</sup>	3,488436 <sup>**</sup>	1,934508 <sup>**</sup>
<b>Boro e Zinco solo</b>	1	5,695312 <sup>ns</sup>	6,835752 <sup>ns</sup>	3,781250 <sup>ns</sup>	1,597578 <sup>ns</sup>	0,020000 <sup>ns</sup>
<b>Tratamento x Boro e Zinco solo</b>	3	125,835938 <sup>ns</sup>	24,577611 <sup>**</sup>	3,281250 <sup>ns</sup>	0,637395 <sup>ns</sup>	0,342292 <sup>ns</sup>
<b>Erro</b>	24	30,2265	4,7197	2,5104	0,4344	0,1493
<b>CV (%)</b>		14,31	8,70	16,96	18,63	21,19

GL = Grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; QM = Quadrados médios; \*\* = significativo a 1%; \* = significativo a 5%; ns = não significativo.

Segundo dados de Alebrant (2011) utilizando fontes em suspensão de carbonato de manganês (Nome comercial- Mantrac) em soja, observou que também não houve incremento de altura de forma de significativa. Efeito semelhante ao encontrado quando se relaciona a fontes insolúveis

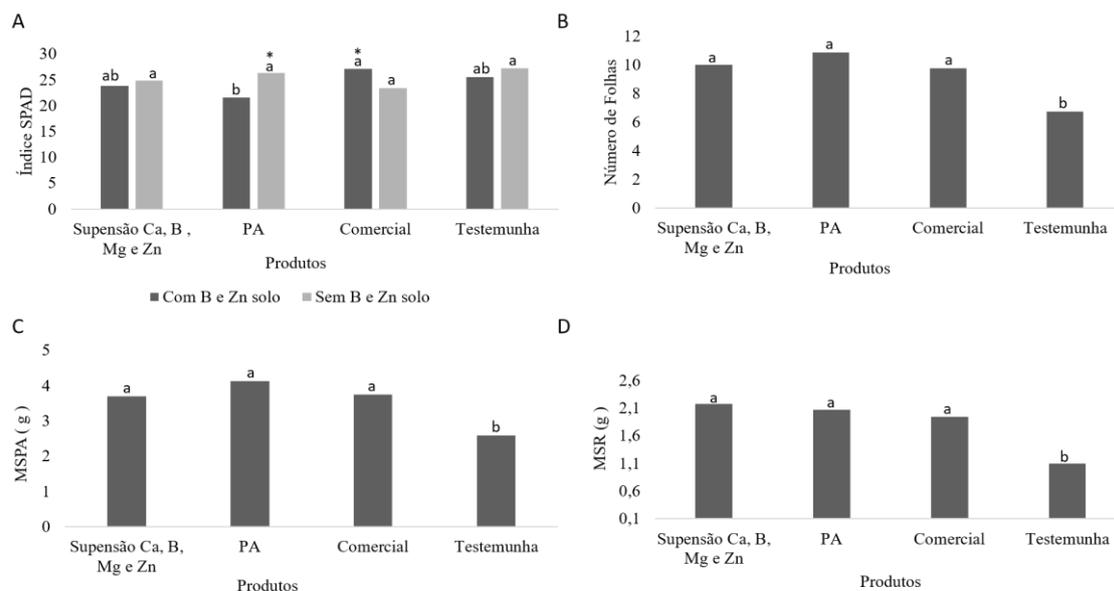


Figura 7. Índice SPAD (A), em função de aplicação de produtos foliares. Médias seguidas de mesma letra comparam os produtos foliares para com ou sem B e Zn no solo. \* indica diferença significativa entre com e sem B e Zn no solo para um mesmo produto aplicado (Tukey,  $p < 0,05$ ). Número de folhas (A), MSPA (B), MSR (D), em função da aplicação dos produtos aplicados ( Tukey,  $p < 0,05$ ).

Para a variável índice SPAD, foi verificado efeito de interação entre os fatores. Com a aplicação de B e Zn via solo o produto comercial foi superior ao PA. Sem a aplicação de B e Zn via solo não houve diferença significativa entre os produtos aplicados. As plantas que receberam a aplicação do P.A. apresentaram maior índice SPAD quando cultivadas em vasos sem B e Zn no solo. As plantas adubadas via foliar com o produto comercial apresentaram maior índice SPAD quando cultivadas em vasos com B e Zn no solo (Figura 7A).

Segundo Wasaya et al. (2017), a aplicação foliares na cultura do milho utilizando formulações fluidas de boro e zinco evidenciou o aumento da quantidade de índice de clorofila pelo método de SPAD. Cakmak. (2008) destaca que a diminuição ou irregularidades morfológicas da folha afeta diretamente a absorção da fotossíntese e consequentemente alteração nos índices de clorofila da planta.

Souza et al. (2007) observou que o índice SPAD em 9 plantas de citros, encontrou diferença significativa entre os quatro quadrantes e margem de 2,6 unidades SPAD entre plantas, apenas entre os lados direito e esquerdo das folhas foi verificado semelhança, tendo variabilidade na maioria das plantas e tratamentos.

Para a variável número de folhas, não se observou efeito de interação entre os fatores. Quando se analisou o efeito entre os produtos aplicados via foliar observou-se que as plantas do controle apresentaram menos número de folhas quando se comparado aos demais produtos aplicados (Figura 7B).

O efeito da aplicação foliar ajudou fisiologicamente a planta desenvolver uma maior quantidade de folhas. Pesquisas sugerem que o uso de fertilizantes nanoparticulados pode desenvolver estímulos as plantas afetando diretamente o desenvolvimento vegetal e com isso subsidiar a planta a diminuição de absorção de metais tóxicos (JACOBSON et al., 2018; BALA et al., 2019; SHARIFAN et al., 2019, YUSEFITANHA et al., 2020).

Para a variável MSPA não se observou efeito de interação entre os fatores. Analisando os produtos suspensão teste, P.A., Comercial notou-se que eles apresentaram maior MSPA nas plantas quando comparados ao controle, mas não tiveram diferença estatística entre si (Figura 7C).

A adubação foliar se tornou uma das alternativas viáveis para determinação positiva da correlação com variáveis respostas, se tornando uma grande estratégia que permite complementar de forma equilibrada a adubação de base, sendo primordial em situações adversas em que a planta necessita, devido a uma resposta dos nutrientes na planta, interação de formas químicas dos produtos e número de aplicações em estádios vegetativos auxiliam de maneira rápida em casos de carencia (CAMARGO, SILVA 1975; FIGUEIREDO, 2003; VITTI, GRANDO, JUNIOR, 2006). Nesse trabalho a influência dos nutrientes via folha evidenciou a resposta da planta quando se tem aplicação foliar utilizando suspensões concentradas.

Para a variável MSR, não houve interação entre os fatores estudados. Comparando os produtos aplicados via foliar, a suspensão teste, P.A. e o comercial apresentaram MSR superior ao controle (Figura 7D).

Tabela 10 – Resumo da análise de variancia para a cultura da soja.

FV	GL	QM					
		Teor de K	Teor de Ca	Teor de Mg	Teor de B	Teor de Mn	Teor de Zn
<b>Tratamento Boro e Zinco solo</b>	3	229,691250**	8,592271 <sup>ns</sup>	7,280033 <sup>ns</sup>	52,444527 <sup>ns</sup>	2163,631408**	4345,771575**
	1	58,644460**	1,132512 <sup>ns</sup>	6,534112 <sup>ns</sup>	195,228800*	1158,970512*	437,192450 <sup>ns</sup>
<b>Tratamento x Boro e Zinco solo</b>	3	28,30300**	1,438904 <sup>ns</sup>	13,384279*	125,156025*	2278,800588**	863,967308**
<b>Erro</b>	24	5,3244	2,9871	4,4182	27,9077	260,6474	129,6404
<b>CV (%)</b>		10,84	7,49	8,43	53,45	16,62	24,72

GL = Grau de liberdade; CV = coeficiente de variação; QM = Quadrados médios; \*\* = significativo a 1%; \* = significativo a 5%; ns = não significativo.

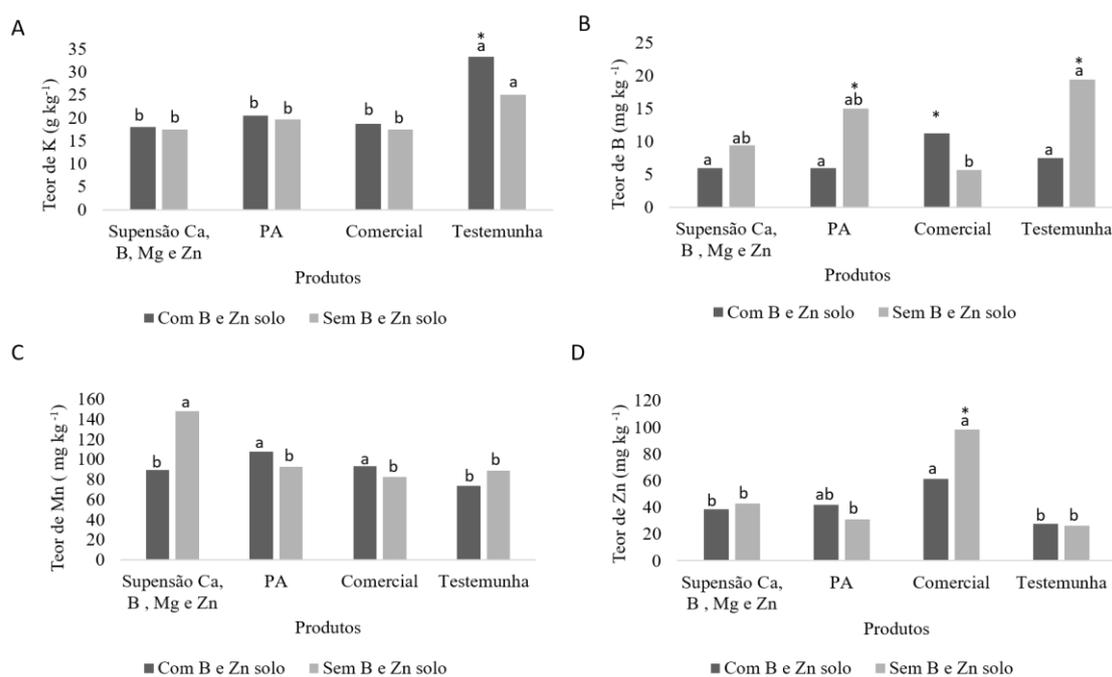


Figura 8. Teor foliar de K (a), B (b), Mn (c), Zn (d), em função de aplicação de produtos foliares. Médias seguidas de mesma letra comparam os produtos foliares para com ou sem B e Zn no solo. \* indica diferença significativa entre com e sem B e Zn no solo para um mesmo produto aplicado (Tukey,  $p < 0,05$ ).

Para a variável teor foliar de K, foi verificada interação entre os fatores. Para as plantas cultivadas em vasos com B e Zn no solo e que receberam o tratamento controle apresentaram maior teor foliar de K em comparação com os demais produtos, o comportamento foi o mesmo quando cultivadas em vasos com solo sem B e Zn. As plantas que receberam o tratamento controle apresentaram maior teor de Mn quando cultivadas em vasos com B e Zn no solo (Figura 8A).

A relação de boro e potássio na planta e devido aos papéis empenhados por ambos nutrientes que atuam na fisiologia da planta, servindo como tamponantes na planta na manutenção dos tecidos condutores, sendo aumentada a permeabilidade da membrana celular e ainda auxilia no retardo do efeito do boro em alta quantidade que poderia causar efeitos fitotóxicos (SCHOL et al., 1990; MENGEL et al., 2001; ISMAIL, 2003).

Diversos trabalhos corroboram com tal efeito tendo sinergismo entre os nutrientes, onde na cultura do feijão segundo Samet et al. (2013) os componentes de produtividade aumentam. Já Cikili et al. (2013), verificaram a atenuação do efeito tóxico do B na cultura da pimenta, planta que é extremamente sensível ao nutriente.

No trabalho avaliado se constatou efeito sinérgico de B e Zn quando observou-se no tratamento controle, abrindo portas para evidenciar a busca por conhecimento em novos trabalhos a partir das incógnitas tidas no trabalho.

Para a variável teor foliar de B, verificou efeito significativo entre os fatores. Com a aplicação de B e Zn via solo não houve diferença significativa entre os produtos avaliados. Sem B e Zn no solo as plantas que receberam o tratamento controle apresentaram maior teor foliar de B comparado aos demais produtos avaliados. Para o produto foliar comercial foi analisado maior teor foliar de B em plantas que foram cultivadas em vasos com B e Zn no solo. Plantas que receberam o produto foliar P.A. e o tratamento controle, apresentaram maior teor foliar de B quando cultivadas em vasos sem B e Zn no solo (Figura 8B).

Para a cultura do milho na avaliação do teor foliar de B foi verificado que o uso da suspensão teste conferiu maior valor de B nas folhas das plantas, trabalho realizado por (MACEDO et al., 2016; MACEDO et al., 2021) apresenta resultados semelhantes quanto a utilização de suspensões para a cultura dos citros, em que o uso do borato de Ca, fonte pouco solúvel conferiu aumento dos teores foliares de B nas plantas.

No presente trabalho ambos os tratamentos se mostram o teor de Boro abaixo do nível ideal, que varia de  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  a  $55 \text{ mg dm}^{-3}$  segundo pesquisas da Embrapa (2008). A baixa disponibilidade de B no solo pode ter prejudicado a interação dos resultados pela planta, classifica teores baixos a partir de  $0,3 \text{ mg dm}^{-3}$ , segundo SOUSA (2002).

Para a variável o teor foliar de Mn, foi verificado efeito significativo entre os fatores. Desdobrando os produtos observa-se que com B e Zn via solo o produto PA e comercial foram superiores e quando não houve a aplicação de B e Zn via solo as plantas que receberam a suspensão teste via foliar apresentaram maior teor foliar de Mn. (Figura 8C).

Trabalhos de Tariq e Mott (2007), destacam a relação positiva com aplicação de B foliar, impactando no aumento da concentração de B foliar na cultura de tomate. Os mesmos autores destacam que a ação do boro pode regular ou até diminuir a assimilação de outros nutrientes.

Em trabalho utilizando a aplicação de B em aplicação foliar, na cultura do milho observou correlação negativa para quantidade de Mn na folhas, ou por efeito de diluição ou efeito antagonico a interação dos nutrientes (AUST, 2011). A interação de nutrientes é algo que afeta várias culturas, devido as diferentes reações de interação positiva, negativa ou neutra, fatores da relação solo e planta e nutriente se interagem influenciando nos resultados. (FAGERIA et al., 1997 e 2002).

Respostas diferentes encontradas por diferentes pesquisadores quanto a ação do boro e Zinco na inibição ou sinergismo no teor de outros nutrientes na planta. Tariq e Mott (2007), destacam que o boro pode influenciar a todos nutrientes aniônicos e catiônicos.

Para a variável teor foliar de Zn foi verificado efeito de interação entre os fatores. Plantas que receberam o produto comercial e que foram cultivadas em vasos sem B e Zn no solo apresentaram maior teor foliar de Zn comparado aos demais produtos e ao controle. Com B e Zn no solo o produto comercial conferiu maior teor foliar de Zn em comparação com a suspensão teste e o controle. As plantas adubadas via foliar com o produto comercial apresentaram maior teor foliar de Zn quando cultivadas em vasos sem B e Zn no solo quando comparadas àquelas com B e Zn no solo (Figura 8D).

De acordo com (MACEDO et al., 2017; MACEDO et al., 2021) em trabalho realizado na cultura do citrus e do café o uso de suspensões a base de Zn como o borato de Zn e o óxido de Zn conferiu maior teor foliar de Zn as plantas, resultado semelhante ao analisado para a cultura da soja na variável teor foliar de Zn em que o uso do produto comercial conferiu maior teor foliar comparado aos demais produtos.

O Zn desempenha papéis importantes para planta, já que o aumento dos teores do nutriente a planta consegue reduzir a quantidade de radicais livres, evitando a deterioração das células das plantas, graças sua atuação na isoenzima superóxido dismutase (CAKMAK, 2000).

FAZ AQUELE PARAGRAFO PARA CONDUZIR O LEITOR A CONCLUSÃO.

#### **4 CONCLUSÕES**

1- A suspensão contendo Ca, B, Mg e Zn apresentou alguma eficiência agronômica, mas não foi melhor que os demais produtos em suspensão avaliados.

2- A eficiência do uso da suspensão teste está relacionada ao fornecimento ou não de B e Zn no solo, visto que em alguns parâmetros, esse fator influenciou nos resultados.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALDRICH, S.R.; SCOTT, W.O.; LENG, E.R. **Modern corn production**. 2.ed. Champaign: A & L Publication, 1982. 371 p.

ALVES, G. C. **Efeito da inoculação de bactérias Diazotróficas dos gêneros *Herbaspirillum* e *Bulkholderia* em genótipos de milho**. Fev. 2007. 65 p. Dissertação mestrado. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ.

AGUAYO, S.; RASCHE, J. W.; BRITOS, C. S.; KARAJALLO, J. C.; GONZALEZ, A. L. Fertilizacion foliar com boro em el cultivo de la soja. **Investigacion Agraria**, v. 17, n. 2, p. 129- 137, 2015.

BALA, R.; KALIA, A.; DHALIWAL, S. S. **Evaluation of efficacy of ZnO nanoparticles as remedial zinc nanofertilizer for rice**. *Jornal of Soil Science and Plant Nutrition*, v. 19, n. 2, p. 379-389, 2019. DOI: 10.1007/s42729-019-00040-z.

BÁRBARO, I.M; BRANCALIÃO, S.R.; TICELLI, M. **É possível a fixação biológica de nitrogênio no milho?** 2008. Artigo em Hypertexto. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2008\\_2/fixacao/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2008_2/fixacao/index.htm) . Acesso em: 26 de julho de 2020.

BEVILAQUA, G.A.P.; FILHO, P.M.S.; POSSENTI, J.C. **Aplicação foliar de cálcio e boro e componentes de rendimento e qualidade de sementes de soja**. *Ciência Rural*, Santa Maria, vol.32, no.1, Feb. 2002.

BROWN, P.H.; SHELP, B.J. **Boron mobility in plants**. In: DELL, B.; BROWN, P.H. & BELL, R.W. eds. *Boron in Soils and Plants*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1997, p.85-101

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

CAKMAK, I. **Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species**. *New Phytologist*, Cambridge, v. 146, p. 185-205, 2000.

CANTARELLA, H. **Calagem e adubação do milho**. In: BULL, L.T. & CANTARELLA, H. *Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafos, 1993. cap. 6, p. 147-196.

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

CARRÃO-PANIZZI, M. C. **Valor nutritivo da soja e potencial de utilização na dieta brasileira**. Londrina: EMBRAPA, CNPSo. 1988. 13 p. (EMBRAPA. CNPSo. Documentos, 29).

Cikili, Y., H. Samet, and S. Dursun, 2013. **Effects of potassium treatment on alleviation of boron toxicity in cucumber plant** (*Cucumis sativus* L.). *Soil-Water Journal*, 2(2-1): 719-726.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento – Acompanhamento safra Brasileira Grãos, V. 5 - SAFRA 21/22- N. 11 – Levantamento Mensal | maio 2021. ISSN: 2318-6852

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira. Brasília: CONAB, 2023.

CONTINI, E; MOTA, M, M; MARRA, R; BORGHI, E; MIRANDA, A, R; SILVA, A, F; SILVA, D, D; MACHADO, J, R, A; COTA, L, V; COSTA, R, V; MENDES, S, M: **Milho - Caracterização e Desafios Tecnológicos**. Série desafios do agronegócio brasileiro: EMBRAPA. 7p, 2019.

DAVIS JM; SANDERS DC; NELSON PV; LENGNICK L; SPERRY WJ. 2003. **Boron improves growth, yield, quality and nutrient content of tomato**. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 128: 441-446.

DEVLIN, R. **Plant physiology**. New York: John Wiley & Sons, 1975. 600p.

DEY, J, K; DAS, S; MAWLONG, L, G. **Nanotechnology and its importance in Micronutrient Fertilization**. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 7, n. 5, p. 2306-2325, 2018.

ECHER, F, R; DOMINATO, C, J; CRESTE, E, J; SANTOS, H, D. **Fertilização de cobertura com boro e potássio na nutrição e produção de batata doce**. *Horticultura brasileira*, 27: 171- 175. Presidente Prudente- SP, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Correção e manutenção da fertilidade do solo. In:\_. **Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil**,

2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 262p. (Sistemas de produção, 13).

EICHERT, T.; GOLDBACH, H. E. **Equivalent pore radii of hydrophilic foliar uptake routes in stomatous and astomatous leaf surfaces** - further evidence for a stomatal pathway. *Physiologia Plantarum*, v. 132, p. 491-502, 2008.

FAGERIA, N.K. AND V.C BALIGAR, **Response of Common Bean, Upland Rice, Corn, Wheat and Soybean to Fertility of an Oxisol**. *Journal of Plant Nutrition*, 20: 1279-1289. 1997

FAGERIA N.K., **Influence of Micronutrients on Dry Matter Yield and Interaction with Other Nutrients in Annual Crops**. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, 37(12): 1765-1772. 2002

FAQUIN, V; **Nutrição mineral de plantas**. Curso de pós-graduação “lato sensu” (especialização) a distância solo e meio ambiente: Universidade Federal de Lavras – UFLA. 80p. Lavras, Mg. 2005.

FERREIRA, C. R. R. P.; CARVALHO, F. C. de. **Utilização da adubação foliar na agricultura**: relatório de pesquisa n. 7/88. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 1988. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpiea/RP/1988/relat-0788.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2020

FERREIRA, D. F. (2019). **Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs**. *Revista Brasileira de Biometria*, 37(4), 529-535.

GILIOLI, J. L.; TERASAWA, F.; WILLEMANN, W.; ARTIAGA, O. P.; MOURA, E. A. V. & PEREIRA, W. V. 1995. **Soja**: Série 100. FT Sementes, Cristalina, Goiás. 18 p. (Boletim Técnico 3)

HUANG, L.B. et al. **Estimating boron requirements for sunflower growth a B-buffered solution culture system**. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, New York, v. 31, n. 11-14, p. 2111-2123, 2000.

Ismail, A. M., 2003. **Response of maize and sorghum to excess boron and salinity**. *Biologia Plantarum*, 47 (2): 313-316

JACOBSON, A. et al. **Interactions between a plant probiotic and nanoparticles on plant responses related to drought tolerance**. *Industrial Biotechnology*, v. 14, n. 3, p. 148-156, 2018. DOI: 10.1089/ind.2017.0033.

JAVORSKI, M; KAROLINE, L, R; MIRANDA, J; MOURÃO, A, P, S; MOREIRA, G, C. **Rendimento de sementes de milho em função da adubação foliar com cálcio e boro no estágio fenológico V6**. *Revista cultivando o saber*. ISSN2175-2214, volume 8-nº2, p. 7-17, junho 2015.

KABATA PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 315p, 1984.

KAPPES, C.; ARF, O.; ARF, M. V.; FERREIRA, J. P.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; VILELA, R. G. **Inoculação de sementes com bactéria diazotrófica e aplicação de nitrogênio em cobertura e foliar em milho**. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(2), 527-538, 2013.

LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial brasileiro**. Londrina: Embrapa Soja, p. 46, 2010. (Embrapa Soja. Documentos, 319).

LIMA, D.M.; CUNHA, R.L. da; PINHO, E.V.R.V.; GUIMARÃES, R.J. **Efeito da adubação foliar no cafeeiro, em sua produção e na qualidade fisiológica de sementes**. *Ciência Agrotécnica. Edição Especial*, p. 1499-1505, dez., 2003.

LOPES, A.S.; ABREU, C.A. **Micronutrientes na agricultura brasileira: evolução histórica e futura**. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Ed.). *Tópicos em Ciência do Solo*, v. 1, 2000. p. 265-298.

MACEDO, L. O.; MATTOS JÚNIOR, D.; JACOBASSI, R.; HIPPLER, F. W. R.; QUAGGIO, J. A. **Eficiência de fontes de boro aplicado via foliar em plantas de café**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 42., 2016, Serra Negra. *Anais...* Serra Negra: Fundação Procafé, 2016.

MALAVOLTA, E. **Adubação foliar – economia de adubo**. *Jornal das COPAS Santo André*, 8 de jun.1987.

MALAVOLTA, E. **Nutrição de plantas**. In: FERRI, M.G. (org.) **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EDUSP, 1985. Vol.1, 400p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**, Piracicaba: editora Ceres 631p, 2006.

MALAVOLTA, E. **O futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agronômicos, econômicos e ambientais**. IPNII, N°121, Piracicaba – SP, março de 2008.

MIRANDA, R. A. de. **Uma história de sucesso da civilização**. A Granja, v. 74, n. 829, p. 24-27, jan. 2018.

MENGEL, K. AND E. A. KIRKBY, 2001. **Principles of Plant Nutrition**, 5th edition. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 849 pp

MISSAO, M. R. **SOJA: Origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado**. Maringá Management: Revista de Ciências Empresariais, v. 3, n.1 - p.7-15, jan./jun. 2006.

MOUSAVI, S. R., M GALAVI & M. REZAEI. **Zinc (Zn) importance for crop production-a review**. International Journal of Agronomy and Plant Production, v. 4, n. 1, p. 64–68,2013.

OHANA, V, G, M; **aplicações de zinco e boro em milho cultivado em cambissolo da chapada do Apodi- ce**. Dissertação de Pós graduação. Universidade federal do Ceará centro de ciências agrárias departamento de ciência do solo, Programa de pós graduação em ciência do solo. Fortaleza, Ceará, 2017.

PAIVA, H. N. **Teor, conteúdo e Índice de translocação, o de nutrientes em mudas de cedro (Cedrela fissilisVell.) submetidas a doses crescentes de zinco**. Ciência Florestal, v.13, n.1, p.1-10, 2003.

RICO, C. M.; MAJUMDAR, S.; DUARTE-GARDEA, M.; PERALTA-VIDEA, J. R.; GARDEA-TORRESDEY, J. L. **“Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain,”**Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington, v. 59, n. 8, p. 3485-3498, 2011.

ROBERTO, J, C, J; **Doses de boro e zinco na adubação de milho em neossolo quartizarenico**. Mestrado em bioenergia e Grãos, Instituto federal goiano, Rio Verde, 2021.

RODRIGUES, M, D. **Boro influencia a bioquímica e a fisiologia de sementes de soja armazenadas.** Dissertação de mestrado, Universidade federal de mato grosso do Sul, campus de chapadão do sul, programa de pós-graduação. Mato grosso do Sul, Chapadão do sul, 2017.

SABIR, S.; ARSHAD, M.; CHAUDHARI, S. K. **Zinc oxide nanoparticles for revolutionizing agriculture: synthesis and applications.** The Scientific World Journal, Cairo, v. 2014, n. 2014, p. 1-8, 2014.

SAMET, H., Y. CIKILI, AND S. DURSUN, 2013. **Interactive effects of boron and potassium on the growth and mineral composition of bean (*Phaseolus vulgaris* L.).** Soil-Water Journal, 2(2-1): 690-696

SHARIFAN, H. et al. **Zinc oxide nanoparticles alleviated the bioavailability of cadmium and lead and changed the uptake of iron in hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *Longifolia*).** ACS Sustainable Chemistry & Engineering, v. 7, n. 19, p. 16401- 16409, 2019. DOI: 10.1021/acssuschemeng.9b03531A.

SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação.** Planaltina, Embrapa Cerrados, 2002. 416p

SOUZA, T. R.; VILLAS BOAS, R. L.; FERNANDES, D. M.; BACKES, C.; GODOY, L. J. G. **Variação da medida SPAD, determinada pelo clorofilômetro, em um pomar de citros fertirrigado.** In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2007, Gramado. Anais...

SOUZA, L, C, D; SA, M, E; CARVALHO, M, A, C; SIMIDU, H, M: **Produtividade de quatro cultivares de soja em função da aplicação de fertilizante mineral foliar a base de cálcio e boro.** Revista de biologia e ciências da terra. Vol.8, núm. 2,2008, pp.37-44. Paraíba, Brasil.

VERNITTI, F. de J. **Genética da Soja: Caracteres Qualitativos e Diversidade Genética.** Brasília: EMBRAPA, 2009.

TARIQ, M. and C.J.B. MOTT. **Effect of Boron on the Behavior of Nutrients in Soil-Plant Systems-a Review.** Asian Journal of Plant Science, 6: 195-202. 2007

TAIZ, L; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. ed. Porto alegre: Artmed, 2012. 720 p.  
Tecnologias de Produção de Soja região central do Brasil 2004. A Soja no Brasil,  
Embrapa Soja Sistema de produção, no 1. 2004.bg

YUSEFI-TANHA, E. et al. **Zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) as a novel nanofertilizer: influence on seed yield and antioxidant defense system in soil grown soybean (Glycine max cv. Kowsar)**. Science of the Total Environment, v. 738, 140240, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140240.