

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**GABRIEL JARDIM VICENTE**

**MICRONUTRIENTES NA CULTURA DO FEIJÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2021**

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE AGRONOMIA**

**GABRIEL JARDIM VICENTE**

**MICRONUTRIENTES NA CULTURA DO FEIJÃO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2021**

GABRIEL JARDIM VICENTE

## MICRONUTRIENTES NA CULTURA DO FEIJÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues

PATO BRANCO

2021

**Vicente, Gabriel Jardim**  
**Micronutrientes na cultura do feijão / Gabriel Jardim Vicente.**  
**Pato Branco. UTFPR, 2021**  
**57 f. : il. ; 30 cm**

**Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues**

**Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2018.**

**Bibliografia: f. 49 – 55**

**1. Agronomia. 2. Feijão. 3. Micronutrientes. 4. Adubação. I. Contreiras Rodrigues, Adriana Paula D'Agostini, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. III. Título.**

**CDD: 630**



## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC**

#### **Micronutrientes na cultura do feijão**

Por

Gabriel Jardim Vicente

Monografia defendida em sessão pública às 09 horas 00 min. do dia 26 de abril de 2021 como requisito parcial, para conclusão do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos Membros abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o Trabalho de Conclusão de Curso, em sua forma final, pela Coordenação do Curso de Agronomia foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Luís César Cassol - UTFPR *Campus* Pato Branco

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Taciane Finatto - UTFPR *Campus* Pato Branco

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues - UTFPR *Campus* Pato Branco - Orientador

Prof. Dr. Jorge Jamhour - Professor responsável TCC 2

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados no SEI-UTFPR da Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR *Campus* Pato Branco, após a entrega da versão corrigida do trabalho, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

## RESUMO

VICENTE, Gabriel Jardim. Micronutrientes na cultura do feijão. 57 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

O feijão é de grande importância para a nutrição dos seres humanos. Além de relevante para alimentação, participa significativamente da economia do país. Apesar do alto consumo no país, as lavouras dessa leguminosa vem reduzindo. O que tem equilibrado a balança e abastecido o país são os avanços no melhoramento genético e tecnologias, elevando a produtividade por hectare. Importantes para o desenvolvimento das plantas, mesmo que exigidos em poucas quantidades, os micronutrientes estão incrementando a produção de diversas culturas no país. No entanto, no feijão os trabalhos com micronutrientes são muito poucos. O presente trabalho objetivou compilar as respostas obtidas na literatura sobre a aplicação de micronutrientes na cultura do feijão nos últimos 10 anos. Para realização desse estudo fez-se uso da ferramenta de busca Google Acadêmico. Pesquisou-se trabalhos em todos idiomas sobre o fornecimento de micronutrientes na cultura do feijão. Foram identificados trabalhos para *Phaseolus vulgaris* L., assim como foram considerados experimentos com *Vigna unguiculata* L. para o enriquecimento de informações sobre o tema estudado. Para busca usou-se palavras em português cujas afiliações estão em filiações brasileiras. Os termos técnicos utilizados para encontrar os materiais foram adubação, micronutrientes, feijão e em casos específicos para cada micronutriente foi utilizado o nome do elemento, juntamente feijão. Como ferramenta de afunilamento foram escolhidos os trabalhos realizados no Brasil. Nos últimos 10 anos percebe-se que é crescente o fluxo de trabalhos na cultura do feijão referentes a adubação com micronutrientes. É perceptível que os trabalhos com os Micronutrientes Ferro, Cobre, Níquel e Manganês são mínimos, e no caso do micronutriente Cloro são muito defasados. B, Zn e Mo são os micronutrientes que apresentam maior número de trabalhos, entretanto nota-se variações de respostas para as cultivares. Observou-se nos experimentos já desenvolvidos que a adubação foliar e no solo possuem melhores resultados, já a aplicação de micronutrientes via tratamento de sementes para grande maioria das pesquisas responderam negativamente com raras exceções. São necessários mais estudos para viabilização dessa técnica na cultura do feijão. Nota-se que os trabalhos com micronutrientes são poucos na região Sul e Norte.

**Palavras-chave:** Feijão. Micronutriente. Adubação.

## ABSTRACT

VICENTE, Gabriel Jardim. micronutrients in bean culture. 57 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology – Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2021.

Beans are of great importance for the nutrition of human beings. In addition to being relevant for food, it participates significantly in the country's economy. Despite the high consumption in the country, the crops of this legume have been decreasing. What has balanced the balance and supplied the country are the advances in genetic improvement and technologies, increasing productivity per hectare. Important for plant development, even if required in small quantities, micronutrients are increasing the production of several crops in the country. However, micronutrient work on beans is very few. The present work aimed to compile the responses obtained in the literature on the application of micronutrients in the culture of beans in the last 10 years. To carry out this study, the Google Scholar search tool was used. Research was carried out in all languages on the supply of micronutrients in the bean culture. Works for *Phaseolus vulgaris* L. were identified, as well as experiments with *Vigna unguiculata* L. were considered for the enrichment of information on the studied subject. For searching, Portuguese words were used whose affiliations are in Brazilian affiliations. The technical terms used to find the materials were fertilization, micronutrients, beans and in specific cases for each micronutrient the name of the element was used, together with beans. As a bottleneck tool, the works carried out in Brazil were chosen. In the last 10 years, it is noticed that the flow of work in the bean culture regarding fertilization with micronutrients is increasing. It is noticeable that the work with the Micronutrients Iron, Copper, Nickel and Manganese are minimal, and in the case of the micronutrient Chlorine they are very outdated. B, Zn and Mo are the micronutrients that present the greatest number of studies, however there are variations in responses for the cultivars. It has been observed in the experiments already developed that foliar and soil fertilization have better results, since the application of micronutrients via seed treatment for the vast majority of researches responded negatively with rare exceptions. Further studies are needed to make this technique feasible in bean cultivation. It is noted that there are few studies with micronutrients in the South and North regions.

**Keywords:** Bean. Micronutrient. Fertilizing.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Porcentagem de germinação (A) de sementes de feijão tratadas com micronutrientes molibdênio (Mo) e boro (B) em diferentes tempos de embebição. Extraído de MOURA <i>et al.</i> (2019).....	30
Figura 2 – Primeira contagem de germinação (B) de sementes de feijão tratadas com micronutrientes molibdênio (Mo) e boro (B) em diferentes tempos de embebição. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021. Extraído de MOURA <i>et al.</i> (2019).....	30
Figura 3 – Comprimento de parte aérea de plântulas de feijão provenientes de sementes tratadas com zinco. Extraído de DÖRR <i>et al.</i> (2015).....	32
Figura 4 – Comprimento de parte aérea de plântulas de feijão provenientes de sementes tratadas com zinco. Extraído de DÖRR <i>et al.</i> (2015).....	33
Figura 5 – Número de vagens por planta de feijão com aplicação de doses crescentes de Molibdênio. Extraído de TORRES <i>et al.</i> (2014).....	41
Figura 6 – Média da produtividade com aplicação de diferentes doses de Molibdênio foliar na cultura do feijão. Extraído de TORRES <i>et al.</i> (2014).....	42
Figura 7 – Altura de planta de feijão em função da aplicação de molibdênio e nitrogênio. Extraído de SOUSA (2009).....	44
Figura 8 – Diâmetro do caule de feijão em função da aplicação de molibdênio e nitrogênio. Extraído de SOUSA (2009).....	44
Figura 9 – Área foliar da planta de feijão em função da aplicação de molibdênio e nitrogênio. Extraído de SOUSA (2009).....	45



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de parte aérea (CP) e comprimento de raiz (CR) de plântulas oriundas de sementes de feijão cultivar IAC Carioca tratadas com concentrações de (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10 g kg<sup>-1</sup> sementes) de zinco. Extraído de LIMA *et al.* (2018).....33
- Tabela 2 – Caracterização morfológica dos grãos secos de feijão-caupi 'BRS Guariba', cultivados sob adubação fosfatada combinada com diferentes doses zinco. Extraído de GUIMARÃES *et al.* (2018)..... 34
- Tabela 3 – Porcentagem de germinação (G%), primeira contagem de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de feijão carioca submetidas a diferentes concentrações de óxido de zinco (ZnO). Extraído de KUNDE *et al.* (2019).....36
- Tabela 4 – Comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plântulas de feijão carioca submetido a diferentes concentrações de óxido de zinco (ZnO). Extraído de KUNDE *et al.* (2019).....37
- Tabela 5 – Porcentagem de germinação de sementes (PGS), PGS após envelhecimento acelerado (EA) e estresse de frio (EF) em função de parcelamentos de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo em até quatro fases de desenvolvimento do feijão. Extraído de VIEIRA *et al.* (2015).....40
- Tabela 6 – Médias da interação entre os fatores Cobalto e Molibdênio, bem como as médias de cada fator, para a variável, Número de Nódulos por Planta na cultura do feijão. Extraído de TORRES *et al.* (2014)..... 42
- Tabela 7 – Primeira contagem de germinação (1CG), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA), plântulas germinadas normais (PGN) e anormais (PGA) de sementes de feijão tratadas com diferentes doses de Bio10. Extraído de HAMILTON *et al.* (2020).....43

## LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

AM	Unidade da Federação – Amazonas
BA	Unidade da Federação – Bahia
CONAB	Companhia nacional de abastecimento
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ES	Unidade da Federação – Espírito Santo
FAO	Food and Agriculture Organization das Nações Unidas
GO	Unidade da Federação – Goiás
MG	Unidade da Federação – Minas Gerais
MS	Unidade da Federação – Mato Grosso do Sul
PE	Unidade da Federação – Pernambuco
PR	Unidade da Federação – Paraná
RJ	Unidade da Federação – Rio de Janeiro
RR	Unidade da Federação – Roraima
SIRE	Secretaria de Inteligência e Relações estratégicas

## LISTA DE ABREVIATURAS

Ha	Hectare
Fe	Ferro
Mn	Manganês
Zn	Zinco
Cu	Cobre
B	Boro
Cl	Cloro
Mo	Molibidênio
MoO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Molibdato
Ni	Níquel
g	Gramas
L	Litro
mL	Mililitro
N	Nitrogênio
ppm	Partes por milhão
Mpa	Mega pascal
P	Fósforo
K	Potássio
Cm	Centímetro
NaCl	Cloreto de sódio

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
μ	Micrômetro

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
3.1 A IMPORTÂNCIA DO FEIJÃO.....	16
3.2 OS MICRONUTRIENTES.....	18
3.2.1 Boro (B).....	19
3.2.2 Ferro (Fe).....	20
3.2.3 Zinco (Zn).....	20
3.2.4 Manganês (Mn).....	21
3.2.5 Molibdênio (Mo).....	21
3.2.6 Cobre (Cu).....	22
3.2.7 Cloro (Cl).....	23
3.2.8 Níquel (Ni).....	23
3.3 FORMAS DE ADUBAÇÃO.....	23
3.3.1 Solo.....	24
3.3.2 Foliar.....	24
3.3.3 Tratamento de sementes.....	25
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>26</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>27</b>
5.1 BORO.....	27
5.2 FERRO.....	31
5.3 ZINCO.....	31
5.4 MANGANÊS.....	37
5.5 MOLIBDÊNIO.....	38
5.6 COBRE.....	45
5.7 CLORO.....	46
5.8 NÍQUEL.....	46
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>47</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O feijão é um alimento tradicional da culinária brasileira, sendo popular, principalmente, entre as classes de menor renda, tendo em vista que é uma fonte de proteína alternativa à animal e de menor custo. No tocante nutricional suas proteínas possuem elevado teores de lisina, exercendo efeito complementar às proteínas dos cereais (RIOS *et al.*, 2003).

A lisina é um aminoácido essencial não fabricado na fisiologia dos seres humanos sendo necessário sua ingestão para obtê-lo sendo responsável pela síntese de proteínas e desenvolvimento do organismo (PEDRAZINI; ARAÚJO; MONTALLI, 2018). Sintomas podem ser observados quando o organismo apresenta quantidades insuficientes de lisina, nota-se alteração do tecido conjuntivo visto que a síntese de colágeno e elastina para a formação do mesmo é prejudicada. A redução do teor total de lisina no cérebro atinge as atividades do hipotálamo, podendo se agravar a doenças do coração, osteoporose, apoplexia e em alguns casos câncer. A nutrição com alimentos ricos em lisina pode desencadear quedas de ansiedade e stresse (SERRANO *et al.*, 2010).

A cultura do feijão não só protagoniza diariamente a alimentação dos brasileiros, como é fonte de renda de grande relevância dentre os agricultores familiares, segundo a Controladoria Geral da União 70% do feijão produzido no Brasil é proveniente da agricultura familiar (MAPA, 2020). Ademais, o plantio desta leguminosa não se restringe somente a essa classe de agricultores, uma vez que é cultivada em todo Brasil, onde observa-se diferentes níveis tecnológicos entre as propriedades (SILVA; WANDER, 2013).

A comprovação da importância da cultura do feijão no Brasil é vista através dos números obtidos pelo país, uma vez que este assume mundialmente a terceira colocação na produção do mesmo, ficando atrás apenas da Índia e Myanmar respectivamente. Já no Mercosul, o Brasil assume o primeiro lugar em produção e consumo ocupando 90% da fatia do bloco econômico. No tocante a exportação de feijão encontra-se uma barreira mediante a particularidade de consumo desse alimento, visto que os países produtores visam o abastecimento interno. Entretanto, há raras ocasiões onde essa atividade ocorre como é caso da

Argentina que exporta 150 mil toneladas ano, destacando sua maior parte em feijão comum preto (CONAB, 2019).

O cultivo de feijão é distribuído por toda extensão Brasileira, mas vale destacar a colaboração da região Sul para os números nacionais dessa leguminosa, a participação da mesma corresponde a mais de um milhão de toneladas, configurando cerca de 30% de todo feijão brasileiro (CTSBF, 2012). O destaque de produção para os estados da Região Sul é do Paraná sendo o mesmo o maior produtor de feijão da região (YOKOYAMA, 2001).

No ano de 2017 a área de feijão plantada foi de 3.094 mil ha, prospecta-se para o ano de 2027 que essa área decaia para 1.826 mil ha. No entanto, mesmo com a futura redução de área plantada desta leguminosa a produção permanece próxima, no ano de 2017 a produção foi de 3.328 mil toneladas, para 2027 estima-se 3.106 mil toneladas, segundo a Secretaria de Inteligência e Relações Estratégicas (SIRE) (EMBRAPA, 2018). Sendo assim analisando tais números pode-se afirmar que objetivo é produzir mais em menos área.

Impulsionado pelo desejo de elevar as produtividades no campo, nota-se o significativo aumento pelo interesse na adubação com micronutrientes (HANSEL; OLIVEIRA, 2016). Sabe-se que os micronutrientes (ferro, boro, zinco, manganês, molibdênio, cobre, cloro e níquel) são essenciais para o desenvolvimento das plantas e são demandados em menores proporções pelas plantas em relação aos macronutrientes, porém não são de menor importância, a ausência de algum dos mesmos decorre em decréscimos na produtividade (BARBOSA FILHO *et al.*, 2002).

Segundo Vitti e Grandio Junior (2006) os métodos de disponibilização de micronutrientes são; pelo solo, semente e foliar. A adubação foliar pode ser usada juntamente com a aplicação dos herbicidas, facilitando a operação, além de ser uma técnica de disponibilização eficiente e rápida. Já por meio das sementes a aplicação pode ser via embebição, tratamento e juntamente com inoculantes e é uma prática de baixo custo. Sobre a adubação dos micronutrientes via solo, geralmente a mesma é realizada acompanhado de os macronutrientes.

A aplicação dos micronutrientes na cultura do feijão ainda exige mais estudos, ainda há questões e pontos que precisam ser esclarecidos (POSSE *et al.*, 2010).

Apesar da utilização de micronutrientes em grandes culturas como a soja, já ser um hábito frequente entre os produtores brasileiros que têm obtido resultados bastante positivos, esta prática não é difundida quando trata-se do feijão, especialmente devido ao reduzido número de pesquisas científicas que relacionam esta espécie com estes nutrientes. Deste modo, objetivou-se no presente trabalho compilar as respostas observadas na literatura para a aplicação de micronutrientes na cultura do feijão.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Compilar as respostas observadas na literatura para a aplicação de micronutrientes na cultura do feijão.

### 2.2 ESPECÍFICOS

Identificar os resultados já obtidos na literatura para a cultura do feijão com a utilização dos micronutrientes boro, ferro, zinco, manganês, molibdênio, cobre, cloro e níquel;

Identificar os resultados já obtidos na literatura para a cultura do feijão com a utilização de micronutrientes via aplicação no solo, foliar e tratamento de sementes;

Apontar lacunas de pesquisa que possam garantir a resolução de questões voltadas para a aplicação de micronutrientes em feijão.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 A IMPORTÂNCIA DO FEIJÃO

O cultivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) generalizou-se em grande parte do continente americano e em várias outras regiões, graças, sobretudo, ao elevado valor nutritivo de seus grãos, ricos em proteínas e fibras, e de sua capacidade de adaptação a diferentes solos e condições agrícolas. No Brasil, o feijão é uma importante fonte de proteína na alimentação, em especial para a população de baixa renda, servindo também como fonte de ferro e carboidratos. É uma planta leguminosa anual, da família Fabacea, gênero *Phaseolus*, cultivada desde a pré-história com fins alimentares. Sua ampla difusão em todo o mundo e a fecundação cruzada permitiram a criação de centenas de variedades, que, quanto ao porte, dividem-se em dois grupos: o das anãs, de caule curto e reto, e o das volúveis, de caule longo, alto, trepador, e que necessitam ser tutoradas (CARVALHO, 2012).

O feijão é um alimento básico para o brasileiro. A média atual de consumo de feijão é de 12,7 kg por habitante ano<sup>-1</sup>. A preferência do consumidor é regionalizada e diferenciada, principalmente quanto à cor e ao tipo de grão. O feijão preto é preferência carioca, uma herança dos tempos da antiga corte do Brasil Império, e já o feijão cariquinho é o mais consumido no Brasil. Seu tamanho médio e as listras de um marrom mais forte são sua “marca registrada”. Feijão branco, com grãos de tamanho grande, é ideal para o preparo de saladas ou pratos mais elaborados, como o Cassoulet (CARVALHO, 2012).

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.), compõe a alimentação da população dos brasileiros, principalmente dos indivíduos mais pobres, satisfazendo as necessidades nutricionais e assim desempenhando um importante papel social. Além disso, pode-se citar a relevância do mesmo para a produção agrícola no país, principalmente na região nordeste (LIMA *et al.*, 2006)

O cultivo do feijão caupi é observado em todo o Brasil, entretanto a dispersão para a região Centro-Oeste em maiores escalas foi iniciada a partir de meados de 2006. Todavia comparada com outras espécies cultivadas na região a

proporção ainda e pequena, mas as medias de produção são mais elevadas que a nacional. No ano de 2005 a 2009, o feijão-caupi apresentou a produtividade de 42,20% nacionalmente, participando com 37,53% de área colhida e 15,48% da produção (FREIRE FILHO, 2011).

O alto custo da proteína animal faz com que as proteínas vegetais sejam o principal componente da dieta de diversas populações. O feijão, além de aumentar a quantidade de proteínas, também contribui para melhorar sua qualidade, quando a fonte proteica da dieta é constituída de leguminosas e cereais. Isto porque enquanto as leguminosas apresentam deficiência em aminoácidos sulfurados, os cereais apresentam deficiência em lisina (FROTA *et al.*, 2007).

Embora seja grande sua importância para a economia brasileira, a produção de feijão é afetada, constantemente, por fatores considerados externos ao processo de produção, podendo estar relacionados a fatores climáticos, variação da oferta, demanda interna e externa e, ainda, a fatores de comercialização que exercem grande influência na volatilidade do nível de preços (FERNANDES, 2012).

Somente no Brasil tem-se 16 tipos: Azuki, Branco, Bolinha, Canário, Carioca, Fradinho, Jalo, Jalo Roxo, Moyashi, Mulatinho, Preto, Rajado, Rosinha, Roxinha, Verde, Vermelho. Conforme dados registrados pela FAO, a produção média mundial de feijão no período de 2010 a 2014 foi de 23,9 milhões de toneladas. Índia, Mianmar, Brasil e EUA foram responsáveis por 51% do total produzido no período (SALVADOR, 2012).

O feijão no Brasil possui papel de destaque na economia, sendo essa cultura de suma importância para o mercado interno, sua exportação é incomum conforme mostra os índices dessa atividade, que são explicados pelo menor número de áreas cultivadas por consequência das perdas causadas por fatores climáticos. Diante disso, o que não tem desequilibrado o abastecimento é o crescimento da produtividade por área, resultado principalmente do melhoramento genético no feijoeiro (ADAMSKI, 2019).

A escassez de água, é um dos principais fatores que tem reduzido a área de feijão plantado no Brasil. Estima-se que a extensão do plantio da cultura do feijoeiro vá de 3.040.000 ha para 2.934.000 ha, entre a safra 2014/2015 e 2015/2016 (MORAES e MENELAU 2017). É prospectado que para o ano de 2026 o consumo

de feijão no Brasil chegue a 15,7 kg habitante ano<sup>-1</sup> um pouco maior que o atual (WANDER, 2017).

### 3.2 OS MICRONUTRIENTES

Os minerais requisitados pelas plantas para o seu desenvolvimento são divididos entre macro e micronutrientes, sendo os macronutrientes demandados em maiores proporções e os micros em menores. Vale destacar que o fato de a planta demandar mais um nutriente que outro não os da maior importância que os que são necessários em quantidades menores, em caso das quantidades demandadas para qualquer um dos minerais não serem atendidas a planta apresentará decréscimo na expressão do seu potencial produtivo. Há uma divisão dentro dos micronutrientes que os separa em cátions (Fe, Mn, Zn e Cu e Ni) e ânions (B, Cl, Mo) (SENGIK, 2003).

Dentre as causas de deficiência dos micronutrientes pode-se citar a sucessão de culturas bem como o uso cada vez mais intenso dos solos, essas práticas promovem a redução da matéria orgânica que também gera a queda da disponibilidade dos micronutrientes, no entanto em quantidades muito altas a mesma pode quelatizar os elementos e dificultar a disponibilidade dos mesmos, outros fatores estão associados a insuficiente quantidade dos mesmos no campo. É de conhecimento que o pH interfere na disponibilidade dos micronutrientes no solo, desse modo aplicações desmedidas de calcário, podem colaborar para a indisponibilidade dos mesmos, bem como adubações desbalanceadas pois a presença de alguns micronutrientes interferem na de outros (MASCARENHAS *et al.*, 2014).

É notável que nos últimos anos, a aplicação de micronutrientes estão cada vez mais difundidos na agricultura, além dos resultados positivos observados por meio de pesquisas percebe-se bons resultados no campo. A ausência dos micronutrientes em alguns agroecossistema não tem permitido que as culturas expressem seu máximo potencial produtivo, diante disso a busca de informações a respeito do fornecimento desses elementos tem cada vez aumentado. Ademais, é de suma importância destacar que o correto equilíbrio entre os micronutrientes

promove a resposta eficaz pela planta a fertilizantes compostos de nitrogênio e fósforo (KIRKBY; RÖMHELD, 2007).

O uso dos micronutrientes, destacadamente em regiões de níveis altos de tecnologia, vem exibindo dados expressivos em produtividade, dessa maneira, fica perceptível a ênfase progressiva que o equilíbrio nutricional possui no manejo das culturas. Diante disso, o aumento de pesquisas e trabalhos direcionados ao uso de micronutrientes vem crescendo exponencialmente, atividade até então pouco comum aos agricultores (GONÇALVEZ *et al.*, 2019)

Entretanto, trabalhos relacionados à adubação e nutrição das plantas produtoras de sementes e sua qualidade fisiológica ainda são escassos; e no caso de micronutrientes, a situação é ainda mais crítica (TEIXEIRA *et al.*, 2005).

Com o advento da tecnologia de irrigação na cultura do feijão no estado de São Paulo e no Centro Oeste, essas regiões passaram a apresentar elevadas produtividades assim como alto nível de sanidade de sementes. Porém a exportação dos micronutrientes evidenciado pela boa produtividade é um limitador, em destaque para solos de textura arenosa e fertilidade baixa, e tal problema não tem sido estudado (AMBROSANO *et al.*, 1996).

### 3.2.1 Boro (B)

Sabe-se que o Boro é de grande relevância nas estruturas reprodutivas das plantas, e conseqüentemente influencia na produção, esse elemento aumenta a granação e o “pegamento” de flores em diversas espécies, e evita a esterilidade masculina e a produção de grãos chochos. Além disso, esse micronutriente age na regulação enzimática, na estrutura e atividade das membranas, construção da parede celular, síntese e transporte de carboidratos, síntese de proteínas, fixação de nitrogênio, fotossíntese, crescimento e resistência às doenças. A disponibilização desse elemento no solo se dá por meio de ácido bórico, o mesmo entra em contato com as raízes através de fluxo de massas. O nutriente é absorvido de forma passiva mediante o gradiente de concentração. Em relação ao transporte na planta tal ação de maneira passiva via difusão facilitada, por meio da camada duplo-lipídica da membrana plasmática, fazendo-se uso de transportadores de alta afinidade induzido

em baixa disponibilidade de boro, e a facilitação do transporte por meio do nódulo de proteína intrínseca, proteínas de canal (SILVA *et al.*, 2017).

### 3.2.2 Ferro (Fe)

O ferro está ligado a fixação de nitrogênio em culturas anuais e na construção de alguns sistemas respiratórios enzimáticos das plantas. Além de atuar na síntese proteica, a deficiência do mesmo inibe o crescimento. O pH influencia expressivamente na disponibilidade desse nutriente no solo. Os solos do Brasil costumam apresentar elevados teores de Ferro. Diante disso, naturalmente os problemas relacionados a toxidez do elemento são mais comuns que a deficiência do mesmo, sendo a área agrônômica a mais atingida (SILVA, 2019).

Dentre os sintomas da ausência desse micronutriente, pode-se notar a clorose das folhas mais jovens. O Ferro é de grande importância na rota metabólica de síntese de cloroplastos, dessa maneira sua falta promove a redução da taxa fotossintética e por conseguinte tem-se o decréscimo no desenvolvimento da planta. (MARQUES JUNIOR *et al.*, 2017).

### 3.2.3 Zinco (Zn)

A Manutenção da integridade física da membrana está diretamente ligada a ação do elemento zinco e sua ligação ao grupo sulfidrílica de fosfolipídios da membrana, ademais o mesmo forma ligações tetragonais com resíduos de cisteína, histidina, aspartato ou glutamato, protegendo proteínas e lipídeos de danos aplicados por espécies reativas de oxigênio (FRANCO, 2018).

Distúrbios no crescimento e no desenvolvimento das plantas são um dos sintomas da ausência de Zinco mediante sua importante atuação na atividade enzimática e no metabolismo de carboidratos e proteínas. Vale destacar a presença do elemento na formação da superóxido dismutase, enzima de grande relevância ao mecanismo de defesa antioxidante das plantas. É possível notar nas folhas novas, cloroses entre as nervuras, assim como nas extremidades, pontuações marrons,

leve curvatura, redução no tamanho e aspecto lanceolado de folhas e folíolos, além de redução da estatura e massa seca, epinastia e encurtamento dos internódios (FELISBERTO, 2018).

#### 3.2.4 Manganês (Mn)

Esse nutriente atua na fotossíntese, e está relacionado a estrutura, atividade e multiplicação de cloroplastos, assim como é responsável pelo transporte eletrônico e é de importância para ação de algumas desidrogenases, descarboxilases, quinases, oxidases e peroxidases. Além disso, está ligado a outras enzimas ativadas por cátions e na evolução fotossintética de oxigênio (BENETT *et al.*, 2011). A indevida nutrição de manganês promove a redução do alongamento celular. O Manganês desempenha papel de cofator na ação de algumas peroxidases, e a ausência do mesmo emprega a redução de lignina nas raízes, sendo agravante durante a formação das raízes adventícias (CUNHA *et al.*, 2009).

A elevação do teor de peróxido de hidrogênio e malondialdeído, apontador da peroxidação lipídica, é notado mediante a falta desse elemento, e tais fatores promovem o estresse oxidativo na planta (ZHAO *et al.*, 2014).

#### 3.2.5 Molibdênio (Mo)

De suma importância para a atividade fixadora de  $N_2$ , o molibdênio está ligado ao metabolismo nitrogenado promovendo a redução do nitrato a nitrito, e atuando na enzima nitrogenase. A devida disponibilidade desse nutriente é imprescindível para o incremento expressivo na fixação biológica de nitrogênio (DIAS, 2017).

Em troca dos carboidratos fornecidos pela leguminosa os microrganismos infectam as raízes, desencadeando o desenvolvimento de nódulos, que são constituídos de um complexo enzimático nomeado nitrogenase, que possui a habilidade de quebrar a ligação de Nitrogênio na forma  $N_3$  transformando-o em  $N_2$ , e posteriormente são capazes de sintetizarem duas moléculas de amônia, que ficam

disponíveis a planta, para construção de seus compostos nitrogenados. A leguminosa, em contrapartida, fornece carboidratos aos microrganismos. O nutriente é comumente disponibilizado na solução do solo em molibdato ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) e absorvido pelas raízes através de fluxo de massa pelo xilema e floema (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

Os sintomas de deficiências desse micronutriente são amarelecimento das plantas, folhas jovens retorcidas, com manchas necróticas nas extremidades dos folíolos. Além disso, é perceptível sintomas que lembram deficiência de nitrogênio, consequente da ausência do elemento, promovendo a clorose total das folhas mais velhas ou de idade média, posterior necrose, devido o acúmulo de nitrato mediante paralisação do nitrato redutase (COMIRAN, 2019)

### 3.2.6 Cobre (Cu)

Esse elemento atua no metabolismo de carboidratos e está ligado a síntese de proteínas. Tratando-se das leguminosas esse nutriente se destaca visto que o mesmo corrobora na fixação biológica de nitrogênio e metabolismo de carboidratos (LIMA *et al.*, 2020).

Sabe-se que o Cobre age nas rotas metabólicas de formação de compostos de resistência a entrada de patógenos, além de participar da fotossíntese e respiração. Vale destacar que é possível, em algumas doses e fontes, aplicar diretamente o Cu, visando sua ação de controle em fungos e bactérias com uso de doses e fontes corretas. A deficiência em cobre ocasiona problemas ligados a lignificação celular e vasos do xilema, assim como atinge diretamente a anatomia das folhas, ocasionado dessa maneira a vulnerabilidade da planta a ataques de agentes abióticos e bióticos. A ausência desse micronutriente nas plantas é justificada pelos teores reduzidos do mesmo no solo, mediante o pH alto, excesso de nitrogênio, fósforo e zinco por consequência das adubações, grande quantidade de matéria orgânica e dificuldades na aeração do solo, que por conseguinte realiza a formação de compostos de Cobre não solúveis em água (BEDIN, 2018).



### 3.2.7 Cloro (Cl)

É absorvido pelas plantas como  $\text{Cl}^-$ , atuando na fotossíntese participando da fotólise da água (BARROS, 2020).

A planta absorve o elemento juntamente com a água na forma de cloreto, o  $\text{Cl}^-$  é responsável pelo balanço de cargas na planta, via absorção de cátions e ânions. O Cloro está presente em mais de 130 compostos orgânicos nas plantas, participa da estrutura do fotossistema II, assim como atua na regulação estomática. A ausência de cloro nos solos pode estar diretamente relacionada a problemas de lixiviação. Ademais, a falta desse micronutriente pode ocasionar o murchamento das folhas, especialmente nas margens e em situações mais críticas de deficiência tem-se o enrolamento das folhas mais jovens, seguido por murchamento e necrose. Tais sintomas podem ser justificados pela formação de raízes laterais curtas e inchaço subapical das raízes. Por outro lado, o excesso desse micronutriente pode promover a toxidez e posterior enrolamento e queima das margens das folhas, necrose e queda das mesmas. Os sintomas iniciais são perceptíveis primeiramente nas folhas mais velhas (STADNIK *et al.*, 2019).

### 3.2.8 Níquel (Ni)

Este elemento foi a pouco tempo inserido na legislação brasileira de fertilizantes, mediante estudos que comprovaram sua essencialidade para o crescimento e desenvolvimento das plantas (COSTA *et al.*, 2020). Presente na metaloenzima urease, enzima que catalisa e degrada a ureia em gás carbônico e amônia, o mesmo é de grande significância para as atividades metabólicas do nitrogênio nas plantas, potencializando a produção das culturas (ALMEIDA *et al.*, 2020). Além disso, apresenta papel secundário no mecanismo de defesa das plantas. Todavia, em altas concentrações podem ser tóxico, tendo em vista que nesse caso o mesmo se comporta como metal pesado (AGUILAR, 2017).

## 3.3 FORMAS DE ADUBAÇÃO

### 3.3.1 Solo

Apesar dos crescentes avanços tecnológicos na agricultura, informações a respeito da disponibilidade de micronutrientes nos sistemas agrícolas e sua aplicação via adubação são escassas (EMBRAPA, 2004).

Os micronutrientes são necessários em pequenas quantidades, diante disso as adubações convencionais se tornam uma alternativa inviável operacionalmente, além de dificultar a distribuição uniforme dos mesmos. Sendo assim outras alternativas se apresentam mais promissoras para o fornecimento dos micronutrientes, como o caso do tratamento de sementes que promove maior uniformidade de distribuição e menor custo (GOLÇALVES *et al.*, 2019). Ademais, pode-se citar outras alternativas comumente usadas como é o caso da adubação foliar.

### 3.3.2 Foliar

Dentre as estratégias utilizadas para aplicação de alguns micronutrientes pode-se destacar a adubação foliar, que vem se difundindo gradativamente no dia a dia de diversas culturas. A tendência dessa adubação é justificada pelo aumento na identificação da presença dos macronutrientes e micronutrientes no solo e sua disponibilidade para planta, além dos crescentes procedimentos de diagnóstico das culturas e seus cultivares (MOCELIN, 2004).

Dentre os pontos positivos da adubação foliar pode-se citar aumento da taxa de utilização dos nutrientes pela planta e rápida resposta pela mesma, possibilitando a correção anteriormente ao surgimento dos sintomas de deficiência e posteriormente a percepção dos mesmos no desenvolvimento das plantas. Tratando do aspecto econômico a adubação foliar é mais barata comparada com a via solo, visto que a quantidade de produto utilizada é reduzida, assim como pode ser realizada juntamente com a aplicação de inseticidas (ESASHIKA *et al.*, 2013).

Vale apontar que a adubação foliar atinge a região de maior acúmulo de raízes, possibilitando o fracionamento das doses e maior efetividade do fornecimento dos nutrientes (BISCARO *et al.*, 2013).

### 3.3.3 Tratamento de sementes

Dentre as diversas estratégias para se obter melhores resultados no campo pode-se citar o tratamento de sementes, que confere proteção as sementes assim como as plântulas no início de seu desenvolvimento e estabelecimento. Para isso faz-se uso de fungicidas, inseticidas, inoculantes, nematicidas, polímeros e micronutrientes. O fornecimento de nutrientes via tratamento de sementes promove a aplicação uniforme dos mesmos assim como a utilização racional das reservas naturais não renováveis, mediante as pequenas quantidades usadas. As respostas da disponibilização dos micronutrientes por meio do tratamento de sementes vem aumentando a produção de diversas regiões em destaque para as que tais minerais são deficientes, e apresentam elevados níveis de tecnologia no manejo cultural (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

O uso da nutrição por meio do tratamento de sementes implica no melhor aproveitamento dos mesmos pela planta, além de reduzir os custos com aplicação (LUCHESE, 2004).

O osmocondicionamento de sementes consiste em uma técnica de pré-embrição em solução de potencial osmótico conhecido, a fim de regular a disponibilidade de água, impedindo que a semente tenha protusão da radícula. Com a realização dessa prática, após o momento da semeadura as sementes estão condicionadas a germinarem em menor tempo. Essa técnica proporciona maior uniformidade e homogeneidade de germinação da semente, auxiliando no estabelecimento da cultura e alcance do estande desejado (HÖLBIG, 2007). Colognese (2020) estudou o condicionamento osmótico como técnica de aplicação de micronutrientes na cultivar de soja TMG7262. A autora identificou que os micronutrientes zinco e boro fornecidos via tratamento das sementes por meio do osmocondicionamento, aumentaram a qualidade das sementes após a colheita. Sendo uma técnica considerada barata, é mais uma alternativa de fornecimento de micronutrientes, sendo necessário maiores pesquisas e aprofundamento da mesma.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

Para realização desse estudo fez-se uso da ferramenta de busca Google Acadêmico, onde foram identificados e selecionados os trabalhos realizados nos últimos 10 anos, ou seja, o período compreendido de 2011 a 2021.

Pesquisou-se trabalhos em todos idiomas sobre o fornecimento de micronutrientes na cultura do feijão. Foram identificados trabalhos para *Phaseolus vulgaris* L., assim como foram considerados experimentos com *Vigna unguiculata* L. para o enriquecimento de informações sobre o tema estudado. Para busca usou-se palavras em português cujas afiliações estão em filiações brasileiras.

Os termos técnicos utilizados para encontrar os materiais foram adubação, micronutrientes, feijão e em casos específicos para cada micronutriente foi utilizado o nome do elemento, juntamente feijão. Como ferramenta de afunilamento foram escolhidos os trabalhos realizados no Brasil.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 BORO

Foram encontrados o total de 7 trabalhos para o micronutriente Boro. Entre eles 4 foram sobre a aplicação do B via foliar, 2 por meio de fornecimento no solo e apenas um estudo sobre o tratamento de sementes com boro. Pode-se destacar que dentre os materiais encontrados 3 eram do micronutriente juntamente com outro elemento. Percebeu-se a ausência de trabalhos para o micronutriente na região Sul e Norte. Diante disso, abaixo os mesmos são exibidos assim como seus resultados.

Estudos referentes a adubação com o micronutriente boro são difundidos entre as diversas variedades de feijão. É possível notar que parte dos trabalhos costumam realizar a aplicação do elemento com outros, sendo assim é possível identificar se o B possui interação com outros nutrientes. Santana *et al.* (2020), realizaram experimento em Paripiranga – BA, com a cultivar de feijão de corda sob diferentes doses de nitrogênio conjuntamente a adubação foliar de boro. Nesse ínterim, para se obter as respostas acima o experimento utilizou como fonte de nitrogênio ureia (46% de N), e avaliou quatro doses do macronutriente (0 kg ha<sup>-1</sup>; 50 kg ha<sup>-1</sup>; 100 kg ha<sup>-1</sup>; 150 kg ha<sup>-1</sup>) parceladas em duas aplicações á 15 e 35 dias após a germinação. Já para o B foi usado ácido bórico com fonte – 1,35 g mL<sup>-1</sup> em duas doses (0 L ha<sup>-1</sup>; 0,5 L ha<sup>-1</sup>) disponibilizado via foliar 30 dias após a germinação. Os autores observaram que aplicação de B apresentou resultados significativos para peso de 100 grãos e número de grãos por vagem, mas não demonstrou significância em quantidade e número de vagens por planta. Referente ao nitrogênio o trabalho constatou que a adubação nitrogenada é eficaz para o aumento da produtividade, e a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> não difere significativamente de 150 kg ha<sup>-1</sup>.

Com intuito de investigar os efeitos repercutidos de boro em Caupi, no município de Ipameri – GO Silva Júnior *et al.* (2015), conduziram um experimento avaliando diferentes doses do micronutriente em épocas de aplicação da cultura. O experimento foi instalado em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, a cultivar escolhida foi BR 17- Gurguéia, os estádios fenológicos das aplicações foram em V9

e R1 na linha de plantio em com 5 diferentes doses (0, 1, 2, 3 e 4 kg ha<sup>-1</sup>), e com quatro repetições. A fonte de B usada foi o ácido bórico (17% de boro). O trabalho contava com irrigação por aspersão convencional. Coletados e analisados os resultados concluíram que o boro não interferiu nas variáveis agrônômicas altura de plantas e massa de 100 grãos. A dose de B respondeu positivamente na produtividade da cultura do feijão-caupi até a dose de 2,57 kg ha<sup>-1</sup>.

Bessa *et al.* (2019) analisou os efeitos da adubação foliar de B e Ca através de formulado composto, em distintos estágios fenológicos da cultivar de feijão Dama em Paracatu – MG, com sistema de irrigação de pivô central. O experimento não apresentou diferença significativa sob o suprimento dos elementos via foliar, em nenhum dos estágios fenológicos. Tais resultados foram justificados pelos autores, pelas quantidades de B e Ca no solo suprirem as demandas do feijão.

No município de Ceres – GO, Lima (2019) avaliou diferentes doses de B (0, 1, 2, 3 kg B ha<sup>-1</sup>) provenientes de distintas fontes (bórax 11,3%, ácido bórico 17,48% e ulexita 10%), analisando a resposta da cultivar de feijão Pérola nas Safras 2018 e 2019. O micronutriente foi aplicado no dia do plantio sendo realizado no dia 12 de junho para o ano de 2018 e 11 de maio para o ano de 2019. Os resultados demonstraram que para variável massa de mil grãos as fontes de ácido bórico na dose de 1,46 kg ha<sup>-1</sup> e ulexita na dose de 1,52 kg ha<sup>-1</sup> apresentaram resposta superior. Foi observado aumento da produtividade, independente da fonte aplicada de B na dose de 2 kg ha<sup>-1</sup> na safra de 2018 e de 2,1 kg ha<sup>-1</sup> na safra de 2019. Doses superiores as citadas para cada ano, reduziram a produção na cultivar Pérola.

Abrantes *et al.* (2015) analisaram a qualidade fisiológica de sementes das cultivares de feijão IAC Alvorada e Carioca Precoce, produzidas no sistema de plantio direto e convencional submetidos a aplicação foliar de boro. O experimento foi conduzido em Selvíria – MS, no outono-inverno de 2009 e contava com irrigação via aspersão. Quarenta dias após a emergência, para ambas cultivares de feijão, foram utilizadas as seguintes doses de B: 0; 132; 264; 396 e 528 g de B ha<sup>-1</sup>. Os resultados possibilitaram identificar que as plantas cultivadas sob o sistema de plantio direto proporcionam sementes com melhor germinação, independente da aplicação do micronutriente. Com relação ao teste de envelhecimento acelerado

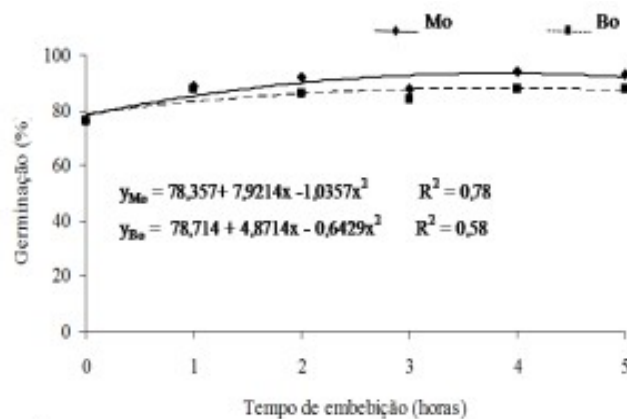
(vigor) os autores observaram que o aumento das doses de B em ambas cultivares promoveram resultados superiores no sistema de semeadura direta.

Analogamente, Ascoli (2020) em Selvíria – MS estudou as características agronômicas, composição e qualidades fisiológica de sementes sob diferentes doses e fontes de boro para as cultivares IAC Sintonia e BRS Estilo. As fontes de Boro utilizadas no trabalho foram os seguintes produtos comerciais: Geo Boro 10% de B nas doses de 2,5mL L<sup>-1</sup>; 5,0mL L<sup>-1</sup>; 7,5mL, Potence Boro (10% de B) e Borax (11% de B), tendo em vista que os dois primeiros são fluidos, já o Borax por ser um pó foi utilizado 2,5 g L<sup>-1</sup>; 5,0 g L<sup>-1</sup>; 7,5 g L<sup>-1</sup> e 10 g L<sup>-1</sup>. As aplicações foram feitas quando o feijoeiro atingiu V4. Após a submissão aos testes e posterior análise, foi observado a alteração do vigor mediante a aplicação de B, o teste de envelhecimento acelerado identificou que a cultivar IAC sintonia teve decréscimo no vigor mediante a aplicação do micronutriente. Em contrapartida a cultivar IAC Esteio apresentou acréscimo no vigor com o uso da adubação foliar com B. O Teste de Condutividade Elétrica verificou que para ambas cultivares a aplicação foliar de boro não representa diferença significativa. No entanto, valores maiores para essa variável na cultivar de feijão BRS Esteio quando comparada a IAC Sintonia. Além disso, as fontes de B não apresentaram diferença significativa para as doses estudadas pelo experimento. Os resultados para a Primeira Contagem de Germinação e IVG, para a cultivar de feijão BRS Sintonia foram alterados mediante a adubação foliar com B. Essas respostas evidenciaram que a variedade possui sensibilidade ao fornecimento via foliar do micronutriente para as doses e fontes utilizadas no experimento. Sendo assim, o trabalho concluiu que a qualidade fisiológica das sementes de feijão para as cultivares estudadas pelo autor sofrem alterações mediante a aplicação de B via foliar, sendo que cada uma das variedades se comporta diferente frente a essa prática.

Moura *et al.* (2019), analisaram na cultivar o potencial fisiológico das sementes feijão IPA10 tratadas com micronutrientes. Para o fornecimento de Boro e Molibdênio, para os respectivos elementos foi utilizado como fonte os produtos comerciais Quimifol Boro<sup>-1</sup> (10% de B solúvel em água) e Raynitro (6% Mo solúvel em água). As sementes foram embebidas pela solução dos produtos dissolvidos em água destilada pelo período de 1, 2, 3, 4 e 5 horas sob temperatura ambiente, e foi

realizado o teste de germinação por meio da contagem das plântulas germinadas. Com os resultados os autores inferiram que B e Mo incrementaram na germinação de IPA10. Assim como identificaram que o melhor tempo de aplicação dos elementos via embebição é de 5 horas, comprovado por meio da Figura 1.

**Figura 1** – Porcentagem de germinação (A) de sementes de feijão tratadas com micronutrientes molibdênio (Mo) e boro (B) em diferentes tempos de embebição. Extraído de MOURA *et al.* (2019).

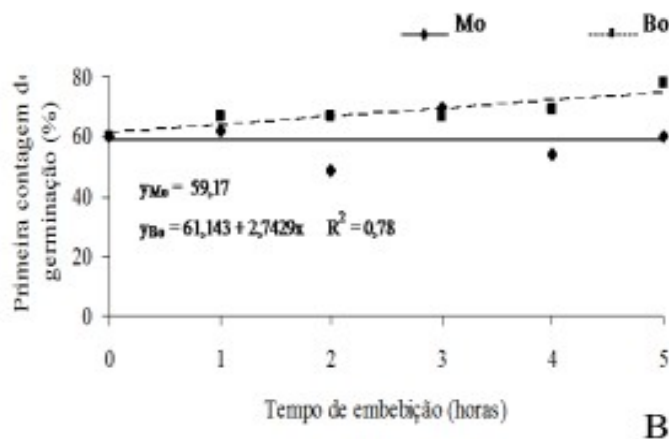


A

Fonte: MOURA *et al.* (2019).

A variável Primeira contagem de germinação para o B, respondeu com aumento crescente a medida que elevava o número de horas que as sementes permaneciam embebidas. Não foi identificado para o micronutriente Molibdênio efeito crescente em seu fornecimento via tratamento de Sementes conforme a Figura 2.

**Figura 2** – Primeira contagem de germinação (B) de sementes de feijão tratadas com micronutrientes molibdênio (Mo) e boro (B) em diferentes tempos de embebição. UTFPR, Pato Branco-PR, 2021. Extraído de MOURA *et al.* (2019).



B

Fonte: MOURA *et al.* (2019).



Com base nos dados coletados pelos autores em seu experimento, os mesmos concluíram que a cultivar de feijão IPA10 responde positivamente a aplicação de Boro por meio do tratamento de sementes, para o tempo de embebição estudado.

## 5.2 FERRO

Durante a busca de trabalhos para o micronutriente Fe, notou-se a escassez de pesquisas a respeito. Dessa maneira foi identificado apenas um experimento, que notou efeito negativo da presença de ferro no solo para a cultura do feijão o mesmo é descrito a seguir.

Borges *et al.* (2011) estudaram as respostas de diferentes genótipos de feijão, mediante a biofortificação por meio de aplicação de ferro no solo. O experimento foi realizado em Santo Antônio de Goiás – GO, onde foram avaliadas cultivares BRS Pontal, BRS Agreste, BRS Cometa, BAT 477 e BRS Pérola. Foi realizada a irrigação até que o potencial osmótico atingisse valores acima de 0,0035 Mpa. Como fonte de Ferro foi utilizado o sulfato de ferro nas seguintes doses no solo (0, 100, 200, 400, 800, 1600 e 2000 ppm). Para os dados de produção foi perceptível que a cultivar BRS Pérola apresenta melhor desempenho em doses menores de ferro, porém conforme foi aumentada as doses do elemento a mesma teve maiores decréscimos na variável produtividade via doses aplicadas no solo. O comportamento da cultivar BRS Pérola mostrou sensibilidade a biofortificação de ferro via solo, mostrando-se mais produtiva nas doses mais baixas de ferro.

## 5.3 ZINCO

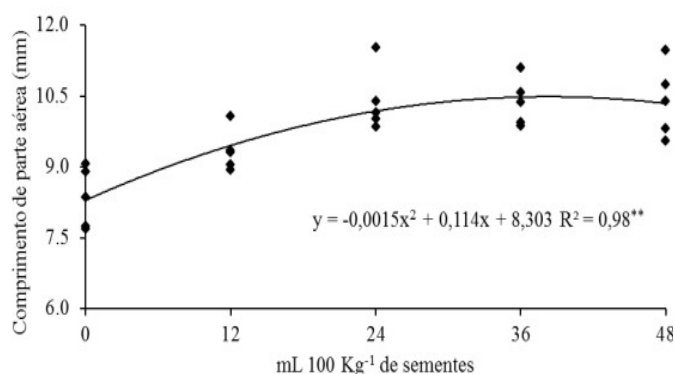
O número de trabalhos encontrados para Zn totalizaram 10. Dentre os experimentos foram identificados apenas 2 sobre adubação foliar com o micronutriente, sendo predominante o número de estudos sobre o uso do elemento no solo e via tratamento de sementes. Foi evidenciado que 3 dos trabalhos encontrados trataram da utilização de zinco e fósforo, observando assim a tendência

de trabalhos estudando a interação entre esses dois nutrientes. Por conseguinte segue os experimentos e as respostas encontradas pelos mesmos.

Foi avaliado por Dörr *et al.* (2015) o tratamento de sementes de feijão BRS Expedito com Zinco. O trabalho foi implantado no município de Capão do Leão /RS, e contou com diferentes doses do micronutriente (0 g Zn 100 Kg<sup>-1</sup>, 12 g Zn 100 Kg<sup>-1</sup>, 24 g Zn 100 Kg<sup>-1</sup>, 36 g Zn 100 Kg<sup>-1</sup> e 48 g Zn 100 Kg<sup>-1</sup>), tendo como fonte de Zn o produto comercial Ajifoll Zn. Foi perceptível por meio da análise dos resultados do experimento que o zinco não altera significativamente a germinação, no entanto o comprimento da parte aérea sofre incremento para o tratamento de sementes com Zn, sendo o maior valor encontrado para a concentração de 38 g de Zn 100 Kg<sup>-1</sup> de sementes conforme representado pela figura 3.

De maneira semelhante o comprimento de raiz respondeu significativamente ao tratamento de sementes com o micronutriente para a cultivar de feijão BRS Expedito. A melhor resposta observada pelos autores para variável comprimento de parte aérea foi na concentração de 28,5 g de Zn 100 Kg<sup>-1</sup> de sementes, posteriormente os valores começam a decair em 9% conforme a concentração de zinco aumenta, assim demonstrado pela figura 4.

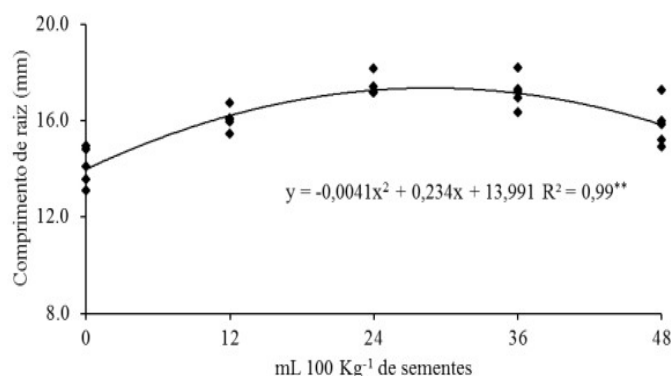
**Figura 3** – Comprimento de parte aérea de plântulas de feijão provenientes de sementes tratadas com zinco. Extraído de DÖRR *et al.* (2015).



Fonte: DÖRR *et al.* (2015).

As respostas observadas para as variáveis Comprimento de raiz e parte aérea de plântulas foram de aumento de 26% e 23,6% respectivamente, comparado ao controle, para as sementes de feijão cultivar BRS Expedito tratadas com zinco.

**Figura 4** – Comprimento de parte aérea de plântulas de feijão provenientes de sementes tratadas com zinco. Extraído de DÖRR *et al.* (2015).



Fonte: DÖRR *et al.* (2015).

Rosal (2013), por meio dos dados de seu trabalho realizado em José de Freitas – PI, identificou acréscimos na produtividade com aplicação de  $P_2O_5$  e Zn no solo na cultivar BRS Guariba de feijão-caupi. As doses de fósforo foram (0, 40, 80, 120 e 160  $Kg\ ha^{-1}$ ) tendo como fonte superfosfato triplo, para o zinco foi utilizado o sulfato de zinco nas doses (0, 1 e 3  $Kg\ ha^{-1}$  de Zn). O tratamento controle teve a produtividade de 595  $Kg\ ha^{-1}$ , com a aplicação de 125  $kg\ ha^{-1}$   $P_2O_5$  e 2,6  $kg\ ha^{-1}$  Zn a produtividade aumentou para 1648  $kg\ ha^{-1}$ .

Em seu trabalho conduzido no município de Alegre – ES, Lima *et al.* (2018) não identificaram aumento na qualidade fisiológica de sementes de feijão para a cultivar IAC Carioca tratadas com zinco nas doses de 0; 2,5; 5,0; 7,5 e 10  $g\ Kg^{-1}$  sementes conforme observado na Tabela 1.

**Tabela 1** – Germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de parte aérea (CP) e comprimento de raiz (CR) de plântulas oriundas de sementes de feijão cultivar IAC Carioca tratadas com concentrações de (0; 2,5; 5,0; 7,5; 10  $g\ kg^{-1}$  sementes) de zinco. Extraído de LIMA *et al.* (2018).

Tratamentos	G (%)	IVG	CP (cm)	CR (cm)
Controle	97 a	10,25 a	4,9 a	7,2 a
Zinco 2,5	91 a	9,67 a	4,7 a	7,0 a
Zinco 5,0	80 ab	8,62 ab	4,1 a	5,9 ab
Zinco 7,5	64 b	5,95 c	4,6 a	5,9 ab
Zinco 10	69 b	6,77 bc	4,5 a	5,0 b

Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. Fonte: LIMA *et al.* (2018).

Por meio dos resultados de seu trabalho perceberam que conforme as doses de zinco eram elevadas, a Germinação, IVG, CP e CR eram reduzidos, demonstrando efeito antagônico do tratamento de sementes com Zinco na cultivar IAC Carioca.

Guimarães *et al.* (2017) estudaram a influência da adubação fosfatada e quatro doses de Zn na cultivar BRS Guariba em feijão-caupi. O experimento foi realizado no Campo Experimental Água Boa pela Embrapa Roraima o trabalho teve como objetivo analisar a qualidade pós colheita e hidratação dos grãos da cultivar. Todos os tratamentos foram adubados com 120 Kg ha<sup>-1</sup> de fósforo. As doses de zinco foram as seguintes: 0, 4, 8 e 12 kg de Zn ha<sup>-1</sup>, a fonte utilizada para o zinco foi o Sulfato de Zinco e para Fósforo foi o Super Fosfato Simples. Realizadas as avaliações e análises constataram que a aplicação de zinco juntamente com o fósforo promove alterações nas características morfológicas de grãos seco, como demonstrado na Tabela 2.

Os resultados encontrados pelos autores identificaram que o comprimento, largura, espessura e massa de grãos, são incrementados mediante as aplicações de zinco, assim como a absorção de água é acelerada. Além disso, observaram que doses crescentes do micronutriente promoviam maior absorção de água. Em Magalhães de Almeida – MA, a adubação dos Elementos Fósforo e Zinco em feijão-caupi também foi analisada por Melo *et al.* (2018). Avaliando as cultivares BRS Guariba e BRS Aracê foi realizada a adubação de fundação dos elementos em diferentes doses.

Para fósforo, adotaram as doses 0 (0; 40; 80 e 120 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>) e para o Zinco 0; 2; 4 e 6 Kg de Zn ha<sup>-1</sup>).

**Tabela 2** – Caracterização morfológica dos grãos secos de feijão-caupi 'BRS Guariba', cultivados sob adubação fosfatada combinada com diferentes doses zinco. Extraído de GUIMARÃES *et al.* (2018).

Variável	Equação	r <sup>2</sup>
Massa de grão seco	y = 0,0005x + 0,1834	0,9468
Comprimento do grão seco	y = -0,0062x + 7,6412	0,8542
Largura do grão seco	y = 0,0172x + 5,5268	0,9392
Espessura de grão seco	y = 0,007x + 5,2897	0,883
Forma de grão seco	y = -0,0052x + 1,3825	0,9358
Grau de achatamento de grão seco	y = 0,0029x + 1,0427	0,8901
Luminosidade de tegumento seco	y = -0,0347x <sup>2</sup> + 0,4843x + 63,495	0,9845
Cromaticidade de tegumento seco	y = 0,0269x <sup>2</sup> - 0,2627x + 17,929	0,9969
Ângulo hue de tegumento seco	y = -0,0142x <sup>2</sup> + 0,202x + 63,425	0,9780

Fonte: GUIMARÃES *et al.* (2018).

Os resultados foram positivos para as variáveis de produção com destaque para o número de vagens por planta nas cultivares do trabalho mediante a

aplicação de fósforo e zinco. A relação dos elementos para a produtividade foi notada nas cultivares BRS Guariba e BRS Aracê, nas doses de 118 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  e de 0,9Kg de Zn  $ha^{-1}$ , e 120 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  e de 3,1 Kg, respectivamente.

Semelhante experimento foi realizado por Melo *et al.* (2019), em Parnaíba – PI, com a cultivar de feijão-caupi BRS Imponente e os resultados obtidos foram análogos, ou seja, constataram o aumento do teor de fósforo nos grãos, e em doses mais elevadas de fósforo a concentração de Zn no grão diminuiu. A dose crescente de fósforo e Zinco aumentou o teor de proteína bruta nos grãos. Avaliando a outra cultivar BRS Tumucumaque os mesmos autores, no mesmo ano, também perceberam que a aplicação de Zn promove o aumento da proteína bruta de sementes de feijão. Em seu experimento estudaram a aplicação de fósforo e zinco na adubação de fundação. Constataram que aplicação de 6,0 kg de Zn  $ha^{-1}$  aumentou o teor do elemento nos grãos. Os melhores resultados para produção foram do uso conjunto de 120 Kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$  e 2,0 kg de Zn  $ha^{-1}$ . A fonte de fósforo foi superfosfato simples que conta com 45% de  $P_2O_5$  já para o Zinco utilizou-se o sulfato de zinco (20% Zn), as doses de fósforo foram (0, 40, 80 e 120 Kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$ ) e zinco (0, 2, 4 e 6 Kg de Zn  $ha^{-1}$ ).

Para Bresson *et al.* (2018) a adubação foliar de zinco na cultivar IPR Curió, não demonstrou resposta significativa para a variável produtividade. O micronutriente foi aplicado quando maior parte das plantas atingiram pré-florescimento. O micronutriente (sulfato de zinco 20% Zn) foi aplicado nas doses de 0, 100, 200,400, 800 g  $ha^{-1}$ . O trabalho foi instalado em Santa Tereza do Oeste - PR.

Com o intuito de compreender a interação da nutrição, produção e exportação de nutrientes na cultivar de feijão IPR Campos Gerais e BRS Esteio em relação a fertilização com zinco, Kachinski *et al.* (2020), implantaram em Guarapuava – PR seu experimento. O Zinco foi aplicado via solo no sulco de plantio, a fonte utilizada pelos autores foi o formulado NPK (12:27:06 + 1% Zn) atingindo o valor de 4 Kg  $ha^{-1}$  de Zn, a adubação foliar teve como fonte o Sulfato de Zinco na concentração de 600 g  $ha^{-1}$  de Zn, tanto para a adubação foliar assim como a via solo contaram com uma testemunha para cada método de aplicação, sendo a mesma sem a presença do micronutriente. Por conseguinte, constataram que a aplicação via foliar de Zinco aumenta a Exportação de Zn, P, Ca, Mg, S, Mn, Cu e

Fe na cultivar de feijão IPR Campos Gerais, já para a cultivar BRS Esteio perceberam que a adubação no solo de zinco elevou a exportação de P, K e Mn.

Kunde *et al.* (2019) avaliaram o comportamento de sementes e plântulas da cultivar de feijão BRS Madrepérola frente a aplicação de diferentes concentrações (0,0; 5,0; 7,5 e 10,0 mg L<sup>-1</sup>) de óxido de zinco. O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Fisiologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, onde as sementes foram dispostas sobre o papel germitest umedecido com a solução do micronutriente e levadas ao germinador sob temperatura contínua de 25° C. Observadas as respostas para Germinação, Primeira Contagem de germinação e Índice de Velocidade de Germinação, não encontraram diferença significativa entre as doses de Zinco para tais variáveis conforme exibido pela Tabela 3.

**Tabela 3** – Porcentagem de germinação (G%), primeira contagem de germinação (PCG) e índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de feijão carioca submetidas a diferentes concentrações de óxido de zinco (ZnO). Extraído de KUNDE *et al.* (2019).

Tratamentos	G%	PCG%	IVG
Controle	99 a	67 a	28 a
ZnO 5,0mg L <sup>-1</sup>	99 a	63 a	23 a
ZnO 7,5mg L <sup>-1</sup>	99 a	65 a	24 a
ZnO 10,0mg L <sup>-1</sup>	97 a	65 a	24 a
Média geral	99	65	25
CV (%)	1,04	2,92	4,49

\*Letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: KUNDE *et al.* (2019).

Os dados produzidos pelo experimento identificaram que os diferentes teores de óxido de zinco alteram as variáveis Comprimento de parte aérea, comprimento de raiz, massa seca de parte aérea e massa seca de raiz mediante a aplicação de óxido de zinco no tratamento das sementes como evidenciado pela Tabela 4.

Com base nos resultados de CPA foi inferido que o tratamento de sementes com zinco promoveu o decréscimo dessa variável independente da dose aplicada. MSPA e MSR também tiveram redução mediante a aplicação do micronutriente.

Em Pato Branco – PR, Cardoso (2020), estudou a influência do tratamento de sementes de feijão com Zinco por meio da técnica de condicionamento osmótico, na qualidade fisiológica da mesma.

**Tabela 4** – Comprimento de parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa seca de parte aérea (MSPA) e massa seca de raiz (MSR) de plântulas de feijão carioca submetido a diferentes concentrações de óxido de zinco (ZnO). Extraído de KUNDE *et al.* (2019).

Tratamentos	CPA (mm)	CR (mm)	MSPA (mg)	MSR (mg)
Controle	77 a	103 b	1519 a	187 b
ZnO 5,0mg L <sup>-1</sup>	72 b	106 b	1187 b	249 b
ZnO 7,5mg L <sup>-1</sup>	71 b	107 b	1248 b	253 b
ZnO 10,0mg L <sup>-1</sup>	72 ab	118 a	1083 b	270 a
Média geral	73	109	1259	238
CV(%)	2,77	1,44	5,13	14,80

\*Letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: KUNDE *et al.* (2019).

O experimento contou com 5 diferentes concentrações Zn (0; 1,2; 2,4; 3,6 e 4,8 g Zn<sup>-1</sup> kg sementes<sup>-1</sup>), a fonte do micronutriente foi o sulfato de zinco. Em papel umedecido foi aplicada a solução de Zinco juntamente com o polietilenoglicol 6000 nas sementes, e as sementes foram submetidas aos testes de qualidade fisiológica. O autor observou redução da qualidade fisiológica de sementes quando realizado o tratamento das mesmas com zinco via osmocondicionamento. A variável germinação reduziu 3,8333% para cada grama de zinco adicionado por quilograma de sementes, para o lote de pior desempenho. Para as demais variáveis que compõe o teste de envelhecimento acelerado notou-se semelhantemente resultados negativos.

#### 5.4 MANGANÊS

O micronutriente manganês assim como o ferro carece de pesquisas, para o elemento foi encontrado um trabalho, sendo sua disponibilização via aplicação foliar. O Objetivo principal do uso do manganês foi observar as respostas ao ataque de manhoso a aplicação do mesmo. O desenvolvimento do trabalho assim como os dados coletados foram mostrados abaixo.

A aplicação foliar de manganês como alternativa no controle de *Chalcoedermus bimaculatus* (manhoso) na cultivar UFRR Grão Verde de feijão-caupi foi analisada por Santos *et al.* (2014) no município de Boa Vista – RR. Para o desenvolvimento do trabalho foram aplicadas 5 diferentes doses de cloreto de manganês (0; 75; 150; 300; 600 g ha<sup>-1</sup>). As aplicações foram feitas em quatro períodos (18 DAP, 25 DAP, 32 DAP e 39 DAP), e na testemunha foi realizada a

aplicação de Acefato 30 g ha<sup>-1</sup> aos 9 e 36 DAP. Os resultados obtidos foram promissores, os valores mais significativos para a produções de vagem verde e de grãos ficaram entre as doses de 300 e 309 g ha<sup>-1</sup> de manganês. Ademais, o Mn aplicado via foliar reduziu o ataque de manhoso na cultivar UFRR Grão Verde de feijão-caupi comprovado pelo decréscimo no número de furos na vagem e grãos verdes e secos.

## 5.5 MOLIBDÊNIO

Os trabalhos com molibdênio se concentram na adubação foliar sendo que do total de 10 trabalhos, 8 são referentes a esse método, os demais utilizaram o tratamento de sementes e não foi identificado via solo. Outro fator observado é que não há pesquisas para esse elemento na região sul e norte para os critérios avaliados nesse trabalho, em seguida esses trabalhos são expostos.

Em Viçosa – MG, Vieira *et al.* (2011) estudaram o desempenho de sementes da Cultivar Ouro Negro originadas de plantas adubadas via foliar com Molibdênio. A adubação foi realizada com molibdato de amônio nas doses 0 g ha<sup>-1</sup>, 90 g ha<sup>-1</sup>, 250 g ha<sup>-1</sup>, 500 g ha<sup>-1</sup>, 750 g ha<sup>-1</sup> e 1.000 g ha<sup>-1</sup>, sendo que para a maior dose foi feito o parcelamento de metade da mesma aos 20 dias após a semeadura e 30 dias após a semeadura, já para as outras doses foi feita a aplicação apenas aos 20 DAE. O conteúdo de nutriente foi identificado colorimetricamente. Os resultados encontrados pelos autores não identificaram diferença significativa para a produção e nutrição com N frente a aplicação das doses de molibdênio. Nas plantas originadas o crescente aumento do conteúdo de molibdênio nas sementes, incrementou na disponibilidade de nitrogênio.

Diferentemente em Alegre – ES, Lopes *et al.* (2016) ao avaliarem a composição dos minerais e produção na cultivar de feijão Ouro Vermelho sob adubação foliar de molibdênio e níquel, observaram que aplicações de molibdênio e níquel elevaram a produtividade do feijoeiro, assim como notaram a interação entre os nutrientes N, Mo, Fe e Ni. O experimento contou as seguintes doses de Níquel (0, 15, 30, 45 e 60 g ha<sup>-1</sup>), e de Molibdênio (0 e 80 g ha<sup>-1</sup>). Ambos micronutrientes foram aplicados via foliar 25 dias após a semeadura, as fontes de Ni e Mo foram cloreto de



níquel hexahidratado e molibdato de amônio. Os autores constataram com o experimento que na cultivar de feijão Ouro Vermelho a adubação com molibdênio e a aplicação de Níquel na dose de 60 g ha<sup>-1</sup> incrementou em 12,71 e 27,5%, respectivamente. A aplicação de molibdênio aumentou o teor de nitrogênio, porém diminuiu o de ferro nas sementes, já a adubação foliar com níquel juntamente com o Mo, elevou as concentrações de N na folha e de ferro na semente, além disso a aplicação foliar de molibdênio, reduziu a concentração de níquel na semente quando em altas doses.

Lopes *et al.* (2014) anteriormente realizaram um trabalho semelhante e obtiveram os mesmos resultados além de notarem que o uso conjunto de molibdênio e níquel tiveram resposta significativa para as variáveis de proteína bruta da semente, e perceberam que a adubação foliar de Mo aumentou o número de nódulos em 21,62%.

Com intuito de avaliar a produtividade e qualidade fisiológica de sementes de feijão caupi tratadas com molibdênio e a população de plantas Nunes *et al.* (2017) implantaram um experimento em Vitória da Conquista – BA, com a cultivar BRS Novaera. Sendo assim, com os resultados analisados os autores não constataram que a qualidade fisiológica de sementes, nem a produtividade são afetadas pela adubação com Mo via tratamento de sementes na cultivar estudada.

Vieira *et al.* (2015) observaram que a aplicação de molibdênio no período de enchimento de vagens, pode desencadear queda na qualidade fisiológica das sementes de feijão cultivar BRSMG Majestoso. O trabalho foi realizado em Coimbra – MG, e a adubação com o micronutriente foi feita por meio de parcelamento de 600 g ha<sup>-1</sup>, nos estádios de V4, R6, R7 e R8, a fonte utilizada para o Mo foi o molibdato de sódio. Com base nos dados obtidos pelo experimento os autores identificaram interação do parcelamento das doses de Molibdênio aplicado via foliar em diferentes estádios, como mostrado pela Tabela 5.

Os autores notaram que a qualidade fisiológica das sementes é afetada quando realizada a adubação foliar com molibdênio nas seguintes doses e estádios fenológicos: 300 (V4)+300 (R8); 90 (V4) + 255 (R6) + 255(R7) e 90 (V4) + 255 (R6) + 255(R8), para a cultivar de feijão BRSMG Majestoso.

A fim de investigar a relação do parcelamento da adubação foliar de molibdênio, com a qualidade fisiológica das sementes e o conteúdo do elemento nas mesmas, Prado (2019) implantou um experimento em campo no município de Viçosa – MG, com a cultivar de feijão Ouro Vermelho. Foi estabelecida a dose de 600 g ha<sup>-1</sup> em 5 diferentes parcelamentos, 1 (em V4 de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo), 2 (em V4 e R5 300 g ha<sup>-1</sup> de Mo cada), 3 (em V4, R5, e R6 200 g ha<sup>-1</sup> de Mo cada), 3 (em V4, R5, R6 e R7 inicial 150 g ha<sup>-1</sup> de Mo cada), 4 (em V4, R5, R6, R7 inicial e R7 final 150 g ha<sup>-1</sup> de Mo cada) e mais uma dose de 90 g ha<sup>-1</sup> de Mo aplicada em V4.

**Tabela 5** – Percentagem de germinação de sementes (PGS), PGS após envelhecimento acelerado (EA) e estresse de frio (EF) em função de parcelamentos de 600 g ha<sup>-1</sup> de Mo em até quatro fases de desenvolvimento do feijão. Extraído de VIEIRA *et al.* (2015).

Dose de molibdênio em g ha <sup>-1</sup> (fase de desenvolvimento do feijão) <sup>(1)</sup>	PGS <sup>(2)</sup> (%)	EA <sup>(2)</sup> (%)	EF <sup>(2)</sup> (%)
90 (V4)	81,8	86,4	92,7
600 (V4)	79,4	83,3	91,1
300 (V4) + 300 (R6)	77,7	83,1	88,9
300 (V4) + 300 (R7)	76,7	85,8	89,3
300 (V4) + 300 (R8)	72,1*	77,3*	83,1*
90 (V4) + 255 (R6) + 255 (R7)	74,0*	78,7*	87,4
90 (V4) + 255 (R6) + 255 (R8)	72,4*	79,0*	86,7
90 (V4) + 255 (R7) + 255 (R8)	75,3	85,0	89,7
200 (V4) + 200 (R6) + 200 (R7)	76,9	83,1	91,1
200 (V4) + 200 (R6) + 200 (R8)	73,8*	81,3	89,0
200 (V4) + 200 (R7) + 200 (R8)	76,9	83,6	88,7
90 (V4) + 170 (R6) + 170 (R7) + 170 (R8)	77,2	86,8	90,9
Média	76,2	82,8	89,1
CV(%)	5,1	5,7	5,0

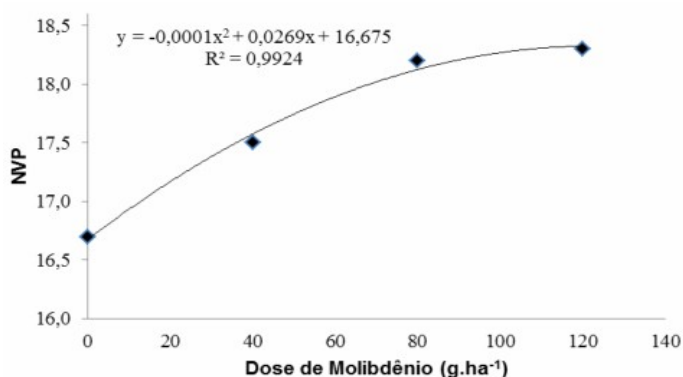
(1) V4 = terceira folha trifoliolada, R6 = floração, R7 = formação de vagens, R8 = enchimento de vagens. (2) São apresentados os dados originais, os quais foram previamente transformados por arco seno de  $\sqrt{x/100}$  para a análise de variância. \* Médias, na coluna, seguidas de asterisco diferem significativamente do tratamento controle (90 g ha<sup>-1</sup> de Mo aplicado em V4) a 5% de probabilidade, pelo teste de Dunnett. Fonte: VIEIRA *et al.* (2015).

O trabalho contou com duas testemunhas uma com ausência de adubação com Mo e N, e outra com aplicação de N 150 kg ha<sup>-1</sup> via cobertura em V4 sem molibdênio, as fontes utilizadas foram molibdato de sódio e ureia. Os resultados encontrados pela autora evidenciaram que a adubação foliar de molibdênio dividida em 4 vezes promove maior conteúdo de Mo nas sementes e eleva a qualidade fisiológicas das mesmas. A resposta para o teste de envelhecimento acelerado no

tratamento de 4 parcelamento de aplicações foi 78,3%, e para condutividade elétrica obtiveram o valor de  $98,4 \mu\text{s cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ , em comparação a Testemunha (sem Mo e sem N em cobertura) exibiu os valores de 74,9% e  $93,8 \mu\text{s cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$  para o teste de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica respectivamente. Na Testemunha que contou com nitrogênio foi observado para os testes de envelhecimento acelerado e condutividade elétrica os respectivos números, 74,7% e  $100,5 \mu\text{s cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ . Além disso foi observado o aumento da produtividade para o parcelamento em 3 aplicações, sendo a mesma de  $3642 \text{ kg ha}^{-1}$  para a testemunha sem molibdênio e N, e  $4022 \text{ kg ha}^{-1}$  para o parcelamento em 3 adubações via foliar.

Também foi notado o aumento da produção recorrente das doses crescentes de molibdênio. O ponto máximo de produção foi obtido para a dose de  $120 \text{ g ha}^{-1}$ , o valor obtido para esse tratamento representou um aumento de 11,5% comparado com o controle que teve ausência do micronutriente molibdênio, é possível ver tal dado por meio do gráfico da figura 6.

**Figura 5** – Número de vagens por planta de feijão com aplicação de doses crescentes de Molibdênio. Extraído de TORRES *et al.* (2014).

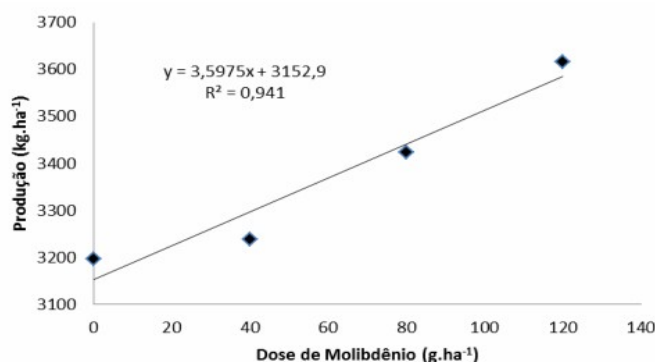


Fonte: TORRES *et al.* (2014).

Ademais o trabalho também verificou interação dos micronutrientes Molibdênio e Cobalto aplicados via foliar para a produção de nódulos por planta na cultivar de feijão Carioca Precoce, como notado na Tabela 6.

De maneira semelhante cobalto e molibdênio foram analisados por Hamilton *et al.* (2020), entretanto os mesmos estudaram seu fornecimento via tratamento de sementes. No Laboratório de Sementes do Centro Universitário Arnaldo Horácio Ferreira em Luís Eduardo Magalhães – BA, avaliaram a cultivar FC 402 sob aplicação do produto comercial Bio10 (fonte de Mo e Co) nas sementes.

**Figura 6** – Média da produtividade com aplicação de diferentes doses de Molibdênio foliar na cultura do feijão. Extraído de TORRES *et al.* (2014).



Fonte: TORRES *et al.* (2014).

Realizadas os testes, avaliações e análises os autores demonstraram seus resultados para os tratamentos por meio da Tabela 7.

**Tabela 6** – Médias da interação entre os fatores Cobalto e Molibdênio, bem como as médias de cada fator, para a variável, Número de Nódulos por Planta na cultura do feijão. Extraído de TORRES *et al.* (2014).

Co (g.ha <sup>-1</sup> )	Mo (g ha <sup>-1</sup> )				Médias Co
	0	40	80	120	
0	36,0 aA	54,2 aA	38,6 aA	44,7 aA	43.4 a
3	50,0 aA	41,5 aA	53,9 aA	48,0 aA	48.3 a
Médias Mo	43.0 a	47.8 a	46.2 a	46.4 a	

Para interação, as médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si. Para os fatores, as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: TORRES *et al.* (2014).

Com os dados avaliados os autores observaram que a germinação não é alterada para nenhuma das doses aplicadas de molibdênio no tratamento de sementes. Para o teste de envelhecimento acelerado e índice de velocidade germinação foi notado decréscimo para doses superiores a 450 mL 100 Kg<sup>-1</sup> de sementes.

Em um solo de cerrado Biscaro *et al.* (2011) avaliaram a adubação foliar de N e Mo para cultivar de feijão BRS Pontal, sob sistema de plantio irrigado. O trabalho foi implantado no município de Cassilândia – MS, e avaliou diferentes doses de N (0, 30, 60 e 120 kg ha<sup>-1</sup>) e presença e ausência de Mo (80 g ha<sup>-1</sup>), aplicadas via foliar 15 DAE para o nitrogênio e 16 DAE para o Mo. As fontes utilizadas para o fornecimento dos nutrientes foram, ureia para o macronutriente e molibdato de amônio para o micronutriente. Os autores observaram aumento de produtividade

para cultivar de feijão BRSPontal mediante a aplicação de N e Mo. O maior resultado de produção para o tratamento que não recebeu Mo foi na dose de 60 kg ha<sup>-1</sup> (296,5 kg ha<sup>-1</sup>), para o tratamento que recebeu N e M que melhor respondeu foi na dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> (866,4 kg ha<sup>-1</sup>) para o macronutriente. A aplicação foliar de Mo maximizou a utilização do N pela cultivar de feijão BRS Pontal, o resultado que demonstrou maior eficiência de uso do N<sub>2</sub> sem Mo, foi de 6,6 para dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N, enquanto o melhor resultado de eficiência de uso do N<sub>2</sub> foi de 8,6 para a dose de 30 kg ha<sup>-1</sup>, a diferença mais significativa para eficiência de uso do N<sub>2</sub> foi observada para a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>, sendo de 7,2 com Molibdênio e 1,7 sem.

No município de Serra Talhada – PE, Sousa (2019) estudou o desenvolvimento inicial de feijão-caupi cultivar Crioula Paulistinha frente a aplicação de doses crescentes de molibdênio juntamente com Nitrogênio.

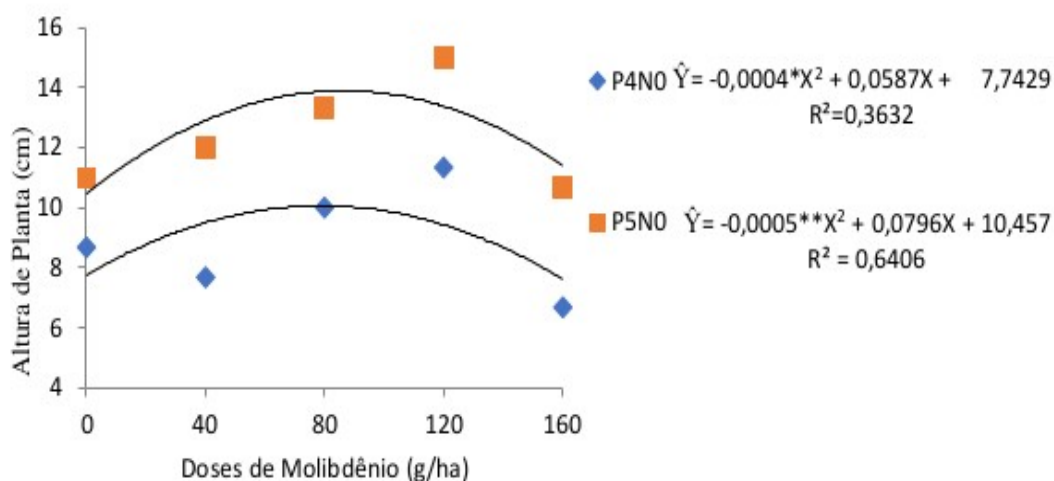
**Tabela 7** – Primeira contagem de germinação (1CG), germinação (G), índice de velocidade de germinação (IVG), envelhecimento acelerado (EA), plântulas germinadas normais (PGN) e anormais (PGA) de sementes de feijão tratadas com diferentes doses de Bio10. Extraído de HAMILTON *et al.* (2020).

Tratamentos	1CG (%)	G (%)	IVG	EA (%)	PGN (%)	PGA (%)
T1 Testemunha	76,50 a	91,00 a	11,85 ab	57,58a	87,86 a	12,14 a
T2 (150 mL 100 kg <sup>-1</sup> de sementes)	76,00 a	94,00 a	11,77ab	56,16 a	81,54 a	18,45 a
T3 (300 mL 100 kg <sup>-1</sup> de sementes)	82,50 a	97,50 a	13,23 a	51,51 a	82,49 a	17,51 a
T4 (450 mL 100 kg <sup>-1</sup> de sementes)	70,50 a	88,50 a	10,92 b	61,95 a	81,12 a	18,87 a
T5 (600 mL 100 kg <sup>-1</sup> de sementes)	79,50 a	95,00 a	11,84 ab	22,73 b	74,09 a	25,90 a
T6 (750 mL 100 kg <sup>-1</sup> de sementes)	79,50 a	93,00 a	12,03 ab	22,50 b	74,21 a	25,78 a
T7 (1000 mL 100 kg <sup>-1</sup> de sementes)	74,50 a	89,00 a	11,20 ab	20,64 b	72,17 a	27,83 a
CV(%)	11,14	6,42	8,42	21,66	11,54	43,61 a

Médias seguidas de letras distintas nas colunas diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: HAMILTON *et al.* (2020).

Disposta no solo, a dose de ureia foi de 80 kg ha<sup>-1</sup>, para o molibdênio foram utilizadas 5 doses (0; 40, 80; 120 e 160 g ha<sup>-1</sup>), e a adubação foi feita aos 15 dias após a emergência das plântulas via foliar, a fonte utilizada para o micronutriente foi molibdato de sódio. Sendo assim, os resultados encontrados pelo autor para a variável altura de planta demonstraram diferença significativa sendo que a maior altura observada para a planta foi o de 71,25 g ha<sup>-1</sup>, a partir desse ponto a medida que as doses aumentavam a altura da planta também decaia, isso pode ser observado pela Figura 7.

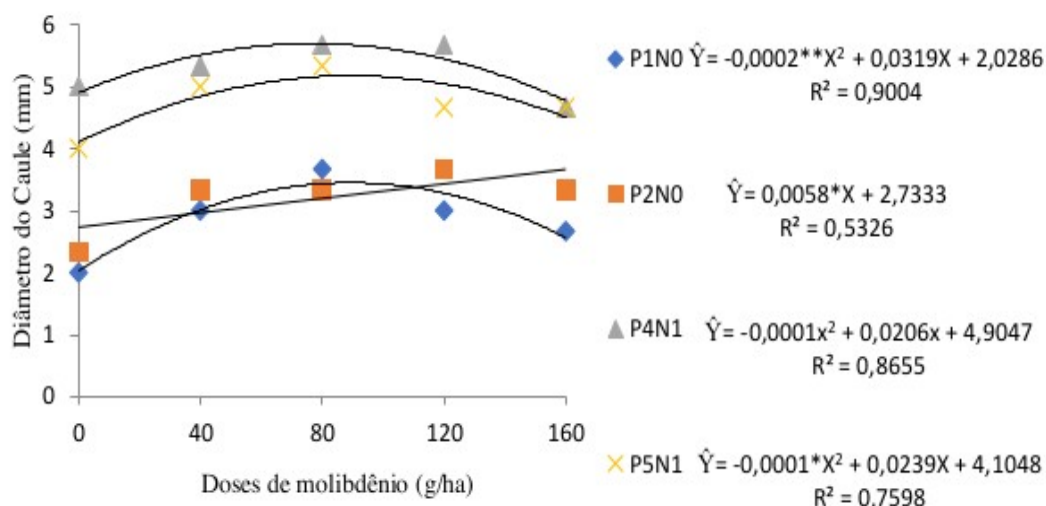
**Figura 7** – Altura de planta de feijão em função da aplicação de molibdênio e nitrogênio. Extraído de SOUSA (2009).



Fonte: SOUSA (2019).

Outra variável que apresentou aumento em resposta a aplicação do micronutriente molibdênio foi o diâmetro de caule para a cultivar de feijão-caupi Crioula Paulistinha, de maneira semelhante a altura de plantas, ao atingir o ponto de eficiência máxima os valores começaram a decair conforme exibido pela figura 8.

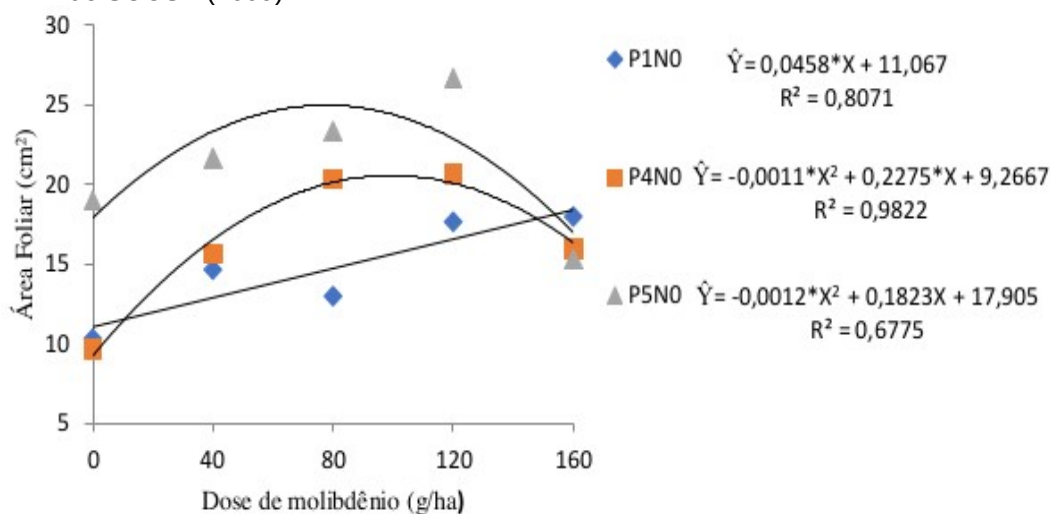
**Figura 8** – Diâmetro do caule de feijão em função da aplicação de molibdênio e nitrogênio. Extraído de SOUSA (2009).



Fonte: SOUSA (2019).

Além disso, pode-se observar variações na área foliar para cultivar de feijão-caupi Crioula Paulistinha em resposta a doses de aplicação de molibdênio e nitrogênio (Figura 9), sendo que a maior área foliar é apresentada pela dose de 80 g ha<sup>-1</sup> de molibdênio.

**Figura 9** – Área foliar da planta de feijão em função da aplicação de molibdênio e nitrogênio. Extraído de SOUSA (2009).



Fonte: SOUSA (2019).

## 5.6 COBRE

Para o Cu foram encontrados apenas dois trabalhos sobre a nutrição desse elemento, em ambos foi analisado a tolerância e sensibilidade da presença do micronutriente no solo como observado abaixo.

Em um experimento com trinta genótipos de feijão Fageria *et al.* (2014) avaliaram a aplicação de cobre na forma de sulfato de cobre no município de Santo Antônio de Goiás – GO. As doses utilizadas no experimento foram de 0 mg kg<sup>-1</sup> de solo e 10 mg Kg<sup>-1</sup> de solo, e foi avaliada a produtividade da cultivares. Os autores observaram por meio dos resultados a interação entre o cobre e os genótipos para a produtividade, sendo os resultados maiores ou menores, oscilando para cada genótipo. Por meio dos dados obtidos puderam identificar genótipos de feijão que são mais indicados para solos com presença de Cu.

Lima *et al.* (2020) estudaram a aplicação de diferentes doses de cobre (0, 10, 20, 30, 60 mg kg<sup>-1</sup>) nas cultivares de feijão-caupi Canapu e BR3 Tracuateua. O micronutriente foi aplicado no solo e teve como fonte o sulfato de cobre. Os autores observaram que cada genótipo de feijão respondeu de maneira diferente as doses de cobre. O trabalho realizado em Capanema – AM, identificou sensibilidade

as doses de cobre para ambas as cultivares, no entanto a cultivar Canapu demonstrou tolerância até a dose de 20 mg ha<sup>-1</sup>.

## 5.7 CLORO

Não foram encontrados trabalhos que determinam o uso de Cloro separadamente na adubação, o fornecimento do mesmo não é quase realizado visto que seu suprimento via NaCl da água do mar precipita sobre o solo por meio das chuvas. Além disso o uso de KCl na adubação das culturas disponibiliza cloro as lavouras contribuindo significativamente para a nutrição dos solos com esse micronutriente (NASCIMENTO, 2016).

## 5.8 NÍQUEL

Apesar da recente inserção do Ni aos micronutrientes, foram identificados dois trabalhos com aplicação foliar do elemento, ambos do mesmo autor no mesmo ano. Campanharo *et al.* (2013) em Campos dos Goytacazes – RJ, estudaram a aplicação de Níquel via foliar na Cultivar de feijão-caupi IPA 206 em um Neossolo Quartzarênico Órtico típico e Argissolo Vermelho Amarelo distrófico. Para fornecimento de Ni utilizaram cloreto de níquel hexahidratado e as doses foram (0; 20; 40; 60 e 100 mg L<sup>-1</sup>). Os resultados do trabalho identificaram maior concentração de Ni em ramos, folhas maduras, folhas jovens e vagens de IPA 206. Dentre os dois solos os autores observaram que o Argissolo demonstrou maior crescimento de plantas e concentração de ureia, Cobre, Boro e Potássio e Zinco nas folhas maduras, K, B também foram percebidos em ramos e folhas jovens, o Zn também foi encontrado nos ramos.

Campanharo *et al.* (2013) no mesmo ano e município reproduziram o experimento com a cultivar Princesa e observaram os mesmos resultados.



## 6 CONCLUSÕES

Nos últimos 10 anos percebe-se que é crescente o fluxo de trabalhos na cultura do feijão referentes a adubação com micronutrientes;

É perceptível que os trabalhos com os Micronutrientes Ferro, Cobre, Níquel e Manganês são mínimos, e no caso do Cloro são muito defasados;

B, Zn e Mo são os micronutrientes que apresentam maior número de trabalhos, entretanto nota-se variações de respostas para as cultivares;

Dentre as formas de fornecer micronutrientes observou-se nos experimentos já desenvolvidos que a adubação foliar e no solo, foram as que obtiveram melhores resultados, já a aplicação de micronutrientes via tratamento de sementes para grande maioria das pesquisas responderam negativamente com raras exceções;

Pesquisas ainda são necessárias visando aprofundar os estudos para viabilização dessa técnica na cultura do feijão;

Nota-se que os trabalhos com micronutrientes são poucos na região Sul e Norte.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adubação foliar e no solo com Boro, Zinco e Molibdênio reflete no aumento da produtividade de feijão, e qualidade fisiológica de sementes para algumas cultivares. No entanto, quando realizado o tratamento de sementes com os micronutrientes nota-se respostas contrárias, ou ausência de resposta para a produção e qualidade fisiológica.

Ferro, Manganês, Níquel, Cobre e Cloro necessitam de mais estudos sobre a utilização dos mesmos na cultura do feijoeiro devido a escassez de trabalhos.

Algumas lacunas sobre o fornecimento de micronutrientes no feijão ainda precisam ser preenchidas, além disso é preciso identificar diferentes métodos de adubação com o mesmo além das já existentes.

## REFERÊNCIAS

ABRANTES, Fabiana Lima *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de feijão em função de sistemas de manejo de solo e adubação foliar com boro. **Revista Cultura Agrônômica**, v. 24, n. 2, p. 167–180, 2015.

ADAMSKI, André. **Avaliação de cultivares de feijão quanto à qualidade tecnológica de grãos**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) — Universidade Federal Fronteira Sul, Cerro Largo, 2019.

AGUILAR, Jailson Vieira. **Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro tratado com subdose hormética de 2,4-D em função da aplicação de níquel e nitrogênio**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual paulista, São Paulo, 2017.

ALMEIDA, Patrícia de *et al.* Índice spad em algodoeiro herbáceo em função da aplicação de sulfato de níquel. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 99833–99838, 2020.

AMBROSANO, Edmilson José *et al.* Resposta da aplicação de micronutrientes no cultivo de feijão irrigado no inverno. **Scientia Agricola**, v. 53, n. 3, p. 273–279, 1996.

ASCOLI, Alexandre de Araújo. **Doses e fontes de boro via foliar nas características agrônômicas e composição e qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2020.

BARROS, José F C. **Fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Évora, 2020.

BEDIN, Edevan. **Aplicações foliares de cobre no manejo da ferrugem-asiática da soja**. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.

BENETT, Cleiton Gredson Sabin *et al.* Produtividade e desenvolvimento da cana-planta e soca em função de doses e fontes de manganês. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1661–1667, 2011.

BESSA, Letícia Borges *et al.* Adubação foliar de boro e calcio em diferentes fenológicos da cultura do feijão. In: **Anais do 1 Simpósio de TCC, das faculdades FINOM e Tecsuma**. [s.n.], 2019. Disponível em: <https://finom.edu.br/assets/uploads/cursos/tcc/202103041003103.pdf>.

BISCARO, Guilherme Augusto *et al.* Efeito de diferentes níveis de adubação foliar com npk mais micronutrientes na produtividade do milho safrinha na região de dourados/ms. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 5, p. 2169–2177, 2013.

BISCARO, Guilherme Augusto *et al.* Nitrogênio em cobertura e molibdênio via foliar no feijoeiro irrigado cultivado em solo de cerrado. **Acta Scientiarum**, v. 33, n. 4, p. 665–670, 2011.

BORGES, Lucas Liberato *et al.* Resposta de genótipos de feijão à aplicação de ferro no solo. In: **EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO**, 5. Santo Antônio de Goiás, 2011.

BRESSON, Janpier Braga *et al.* Aplicação de zinco via foliar na cultura do feijoeiro. **Revista Cultivando o Saber**, v. 1, n. 4, p. 81–87, 2018.

CAMPANHARO, Marcela *et al.* Doses de níquel em feijão caupi cultivado em dois solos. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 10–18, 2013.

CARDOSO, Douglas Galmacci. **Qualidade fisiológica de sementes de feijão tratadas com zinco**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2020.

CARVALHO, Lara Sulamita Modesto Jacó de. **Desempenho de sementes de feijão tratadas com bioativador**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2012.

COLOGNESE, Izabella Chrispim. **Avaliação do condicionamento osmótico para aplicação de micronutrientes em sementes de soja**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2020.

COMIRAN, Alan Gustavo. **Aplicação de cobalto e molibdênio na cultura da soja**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) — Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop, 2019.

CONAB. **Perspectivas para agropecuária**. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>. Acesso em: 18 abr. 2021.

COSTA, Lavínia Aris de Souza; EMRICH, Eduardo Bucsan; CARVALHO, Fábio Janoni. Efeito das doses de níquel no cultivo de alface americana. In: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TRIANGULO MINEIRO, 3. Uberaba, 2020.

CTSBF. **Informações técnicas para o cultivo de feijão na região Sul brasileira**. ed. Florianópolis: Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, 2012. 157 p.

CUNHA, Ana Catarina Monteiro Carvalho Mori da *et al.* Papel da nutrição mineral na formação de raízes adventícias em plantas lenhosas. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 1, n. 58, p. 1, 2009.

DIAS, Jaine Aparecida de Camargo. **Enriquecimento de sementes de ervilha com molibdênio, fixação simbiótica de nitrogênio, produção e qualidade de sementes**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2017.

DÖRR, Caio Sippel *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de feijão tratadas com zinco. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 16, n. 4, p. 414–421, 2017.

EMBRAPA. **Adubação da soja em áreas de cerrado: micronutrientes**. Planaltina, 2004.

EMBRAPA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira**. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829?version=1.1>. Acesso em: 18 abr. 2021.

ESASHIKA, Thana; OLIVEIRA, Luiz Antonio de; MOREIRA, Francisco Wesen. Resposta da aceroleira a adubação orgânica, química e foliar num latossolo da amazônia central. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 399–410, 2013.

FAGERIA, Nand Kumar; STONE, Luís Fernando; MELO, Leonardo Cunha. Resposta de genótipos de feijão a aplicação de cobre. In: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 11 Congresso nacional de pesquisa de feijão. Londrina, 2014. Embrapa. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105963/1/184-2.pdf>.

FELISBERTO, Guilherme. **Silício na mitigação de estresse por deficiência de zinco em plantas de arroz e soja**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2018.

FERNANDES, Leandro Maia. **Retorno financeiro e risco de preço da cultura do feijão irrigado via pivô central na região noroeste de Minas Gerais**. Minas Gerais, 2012.

FILHO, Francisco Rodrigues Freire. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa meio-Norte, 2011.

FILHO, M P Barbosa. **Arroz, milho e trigo: micronutrientes**. Ribeirão Preto, 2002.

FRANCO, Mônica Regina. **Análise das alterações no perfil amino-proteico em acessos de arroz (*Oryza sativa* L.) em função da diversidade do acúmulo de zinco em grãos**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) — Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

FROTA, Karoline de Macêdo Gonçalves; SOARES, Rosana Aparecida Manólio; ARÊAS, José Alfredo Gomes. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. walp), cultivar brs-milênio. **Food Science and Technology**, v. 28, n. 2, p. 470–476, 2008.

GONÇALVES, Ana Stella Freire; NETO, SS Oliveira; MACHADO, Guilherme Gonçalves. Uso de micronutrientes na agricultura: efeitos e aplicações. **Revista agropecuária brasileira**, v. 3, n. 1, p. 1–4, 2019.

GUIMARÃES, Pedro Vitor Pereira *et al.* Qualidade pós-colheita e hidratação de grãos de feijão-caupi cultivados sob adubação fosfatada e quatro doses de zinco. In: EMBRAPA RORAIMA, Congresso brasileiro de agronomia, 30. Fortaleza, 2017.

HAMILTON, Polyane *et al.* Potencial germinativo de sementes de feijão-comum tratadas com cobalto e molibdênio. **Enciclopédia biosfera**, v. 17, n. 34, p. 384–391, 2020.

HANSEL, Fernando Dubou; OLIVEIRA, Maurício Limberger. **Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil**. Piracicaba, 2016.

HOLBIG, Letícia dos Santos. **Recobrimento e condicionamento fisiológico de sementes de cebola e cenoura**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.

JUNIOR, Edilson Marques *et al.* Efeito da omissão de micronutrientes no desenvolvimento do feijoeiro comum em solução nutritiva. In: UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA, XXI Encontro Latino Americano de iniciação científica. Paraíba, 2017.

JUNIOR, Rogerio Lamim Silva *et al.* Influência de diferentes dose e épocas de aplicação de boro na cultura do feijão caupi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXXV. Natal, 2015.

KACHINSKI, Wagner Deckij *et al.* Nutrição, produção e exportação de nutrientes em feijoeiro-comum sob fertilização de zinco em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 44, n. 1, p. 1–13, 2020.

KIRKBY, Ernest Arnold; RÖMHELD, Volker. **Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade**. Piracicaba, 2007.

KUNDE, Roberta Jeske *et al.* Efeito de diferentes concentrações de óxido de zinco em sementes e plântulas de *Phaseolus vulgaris* L. In: UFPEL, XXVII Congresso de iniciação científica. Pelotas, 2019.

LIMA, Fernando Gabriel de Sousa. **Desempenho produtivo do feijoeiro comum sob diferentes doses e fontes de boro em duas safras**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) — Instituto Federal Goiano, Ceres, 2019.

LIMA, José R de S *et al.* Balanço hídrico no solo cultivado com feijão caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 1, n. 1, p. 89–95, 2006.

LIMA, Paula Aparecida Muniz de *et al.* Qualidade fisiológica de sementes de *Phaseolus vulgaris* L. em função de doses de zinco. In: SEMANA ACADÊMICA DO CURSO DE AGRONOMIA DO CCAE/UFES-SEAGRO, 30. Alegre, 2018.

LIMA, Silvia Kalini dos Santos de *et al.* Influência da nutrição mineral com cobre na produtividade de grãos de feijão-caupi, cultivar canapu e BR3 tracueteua. In: INSTITUTO INTERNACIONAL DESPERTANDO VOCAÇÕES, V congresso internacional das ciências agrárias. Recife, 2020.

LOPES, José Francisco *et al.* Adubação foliar com níquel e molibdênio no feijoeiro comum cv. Ouro Vermelho. **Revista Ceres**, v. 61, n. 2, p. 234–240, 2014.

LOPES, José Francisco *et al.* Produtividade e composição mineral do feijão em resposta às adubações com molibdênio e níquel. **Revista Ceres**, v. 63, n. 3, p. 419–426, 2016.

LUCHESE, Augusto Vagheti *et al.* Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1949–1952, 2004.

MAPA. **Relatório de avaliação – Crédito rural no âmbito do programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar - Pronaf**. Brasília, 2020.

MASCARENHAS, Hipólito Assunção Antonio *et al.* Micronutrientes em soja no estado de são paulo. **Nucleus**, v. 11, n. 1, p. 323–342, 2014.

- MELO, Francisco de Brito *et al.* Adubação química no feijão-caupi no cerrado do leste maranhense. In: EMBRAPA MEIO-NORTE, 5. Fortaleza, 2018.
- MELO, Francisco de Brito *et al.* Aplicação de fósforo e zinco em cultivar biofortificada de feijão-caupi. In: EMBRAPA MEIO-NORTE, 5. Fortaleza, 2019.
- MOCELLIN, Ricardo S P. **Princípios da adubação foliar**. Canoas, 2004.
- MORAES, Elenice da Silva; MENELAU, Almir Silveira. Análise do mercado de feijão-comum. **Revista de política agrícola**, v. 26, n. 1, p. 81–92, 2017.
- NASCIMENTO, Bruno de Carvalho. **Adubação foliar na cultura do feijoeiro e seus efeitos sobre a qualidade de grão**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) — Universidade Federal do Mato Grosso, Sinop, 2016.
- NUNES, Renan Thiago C *et al.* Produção e qualidade de sementes de feijão-caupi em função de doses de molibdênio e da população de plantas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 3, p. 533–542, 2017.
- OLIVEIRA, Carlos Alberto Bispo de; PELÁ, Gláucia de Mello; PELÁ, Adilson. Inoculação com *Rhizobium tropici* e adubação foliar com molibdênio na cultura do feijão comum. **Journal of Neotropical Agriculture**, v. 4, n. 5, p. 43–50, 2017.
- OLIVEIRA, Sandro de *et al.* Tratamento de semente de soja com silício: efeitos na qualidade fisiológica e nas características agrônômicas. **Revista Cultivando o Saber**, v. 8, n. 2, p. 89–103, 2015.
- PEDRAZINI, Maria Cristina; ARAÚJO, Vera Cavalcanti; MONTALLI, Victor Angelo Martins. O efeito da l-lisina na herpes labial recorrente: estudo piloto com 8 anos de seguimento. **RGO-Revista Gaúcha de Odontologia**, v. 66, n. 3, p. 245–249, 2018.
- POSSE, Sheila Cristina Prucoli *et al.* **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira: 2009-2011**. Vitória, 2010.
- PRADO, Adalgisa Leles do. **Efeitos de parcelamentos de molibdênio aplicado via foliar no conteúdo desse micronutriente na semente de feijão e na sua qualidade fisiológica**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019.
- RIOS, Alessandro de Oliveira; ABREU, Celeste Maria Patto de; CORRÊA, Angelita Duarte. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Food Science and Technology**, v. 23, n. 1, p. 39–45, 2003.
- ROSAL, Carlota Joaquina de Sousa. **Doses de fósforo e zinco na cultura do feijão-caupi**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.
- SALVADOR, C A. **Feijão: Análise da Conjuntura Agropecuária**. Curitiba, 2012.
- SANTANA, Ícaro Oliveira *et al.* Produção de feijão de corda sob diferentes doses de nitrogênio aliado à aplicação de boro. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 16, n. 2, p. 75–80, 2020.

- SANTOS, Nadia Souza dos *et al.* Características agronômicas e incidência de ataque de *Chalcodermus bimaculatus* no feijão-caupi em função de doses de manganês. **Revista Agro ambiente On-line**, v. 8, n. 1, p. 81–88, 2014.
- SANTOS-MOURA, Sueli da Silva *et al.* Potencial fisiológico de sementes de feijão tratadas com micronutrientes. **Diversitas Journal**, v. 4, n. 3, p. 1119–1129, 2019.
- SENGIK, Erico S. Os macronutrientes e os micronutrientes das plantas. **Revista ciências agrárias**, v. 1, n. 2, p. 22–46, 2003.
- SERRANO, Guilherme Coutinho de Melo. **Síntese e degradação de lisina em organismos superiores: uma possível origem bacteriana**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- SILVA, Lívia. **Disponibilidade de macro e micronutrientes durante o processo de compostagem de resíduos orgânicos**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) — Instituto Federal Goiano, Rio Verde, 2019.
- SILVA, Osmira Fátima da; WANDER, Alcido Elenor. **O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro**. Santo Antônio de Goiás, 2013.
- SILVA, Renan Cesar Dias da *et al.* Nutrição com boro na soja em função da disponibilidade de água no solo. **Scientia agraria**, v. 18, n. 4, p. 155–165, 2017.
- SOUSA, José Victor Lessa de. **Desenvolvimento inicial do feijão-caupi em função de crescentes doses de molibdênio**. Monografia (Trabalho de conclusão de curso) — Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2019.
- STADNIK, Marciel J; VELHO, Aline C; ZORILLA, Susana. **Desenvolvimento sustentável na produção agroalimentar**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2019.
- TEIXEIRA, Itamar Rosa *et al.* Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. **Bragantia**, v. 64, n. 1, p. 83–88, 2005.
- TORRES, Heberth Rafael *et al.* Produtividade do feijão *Phaseolus vulgaris* L. com aplicações crescentes de molibdênio associadas ao cobalto via foliar. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2468–2481, 2014.
- VIEIRA, Rogério Faria *et al.* A aplicação foliar de molibdênio na fase de enchimento de vagens do feijão-comum pode reduzir a qualidade da semente. **Revista Ceres**, v. 62, n. 4, p. 415–419, 2015.
- VIEIRA, Rogério Faria; FERREIRA, Alexandre Cunha de Barcellos; PRADO, Adalgisa Lelis do. Aplicação foliar de molibdênio em feijoeiro: conteúdo do nutriente na semente e desempenho das plantas originadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 2, p. 163–169, 2011.
- VITTII, Godofredo Cesar; JUNIOR, Nivaldo Grando. Cenário nacional e novas oportunidades de mercado. In: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 12. Piracicaba, 2017.



WANDER, Alcido Elenor. Cenário nacional e novas oportunidades de mercado. In: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO, 12. Piracicaba, 2017.

YOKOYAMA, Lídia Pacheco; CARNEIRO, Geraldo Estevam de Souza; VILAR, Patrício Mendez Dell. **Aspectos conjunturais, produção e uso de sementes das cultivares de feijão recomendadas pela Embrapa no Estado do Paraná.** Santo Antônio de Goiás, 2001.

ZHAO, H Q *et al.* Oxidative stress of maize roots caused by a combination of both salt stress and manganese deprivation. **Cereal Research Communications**, v. 42, n. 4, p. 568–577, 2014.