



## **BACHARELADO EM AGRONOMIA**

### **FORMAS DE APLICAÇÃO DE MANGANÊS NO CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO COMUM CULTIVADO NO CERRADO**

**ELAINE DE SOUSA LIMA**

**POSSE – GO  
FEVEREIRO, 2024**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO  
CAMPUS POSSE**

**BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**FORMAS DE APLICAÇÃO DE MANGANÊS NO CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO  
COMUM CULTIVADO NO CERRADO**

**ELAINE DE SOUSA LIMA**

Trabalho de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal Goiano - Campus Posse, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Dra. Natália Trajano de Oliveira Melville

Coorientador: Dr. Luciano Nogueira

**POSSE – GO  
FEVEREIRO, 2024**

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

D732f De Sousa Lima, Elaine  
FORMAS DE APLICAÇÃO DE MANGANÊS NO CRESCIMENTO DO  
FEIJOEIRO COMUM CULTIVADO NO CERRADO / Elaine De  
Sousa Lima; orientadora Dra. Natália Trajano De  
Oliveira Melville; co-orientador Dr. Luciano  
Nogueira. -- Posse, 2024.  
27 p.

TCC (Graduação em Agronomia) -- Instituto Federal  
Goiano, Campus Posse, 2024.

1. Fertilidade do solo. 2. Micronutrientes. 3.  
Phaseolus vulgaris L.. I. Melville, Dra. Natália  
Trajano De Oliveira, orient. II. Nogueira, Dr.  
Luciano, co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

## **TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### **Identificação da Produção Técnico-Científica (assinale com X)**

- Tese
- Dissertação
- Monografia – Especialização
- Artigo - Especialização
- TCC - Graduação
- Artigo Científico
- Capítulo de Livro
- Livro
- Trabalho Apresentado em Evento
- Produção técnica. Qual: \_\_\_\_\_

Nome Completo do Autor: **ELAINE DE SOUSA LIMA**

Matrícula: **2019107200240423**

Título do Trabalho: **FORMAS DE APLICAÇÃO DE MANGANÊS NO CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO COMUM CULTIVADO NO CERRADO**

### **Restrições de Acesso ao Documento [Preenchimento obrigatório]**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

1. O documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
2. Obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
3. Cumpru quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Cidade, 3 de março de 2024

**Elaine de Sousa Lima**

*Assinado eletronicamente pelo o Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais*

Ciente e de acordo:

**Natália Trajano de Oliveira Melville**

*Assinatura eletrônica do(a) orientador(a)*

Documento assinado eletronicamente por:

- Elaine de Sousa Lima, 2019107200240423 - Discente, em 03/03/2024 17:45:12.
- Natalia Trajano de Oliveira Melville, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 03/03/2024 16:10:05.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 03/03/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 579017  
Código de Autenticação: 25fdff851a



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Posse

GO - 453 km 2,5, Fazenda Vereda do Canto, 01, Distrito Agroindustrial, POSSE / GO, CEP 73900-000

(62) 3481-4677



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 11/2024 - CCTAGR-POS/CE-POS/GE-POS/CMPPPOS/IFGOIANO

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

ELAINE DE SOUSA LIMA

### **FORMAS DE APLICAÇÃO DE MANGANÊS NO CRESCIMENTO DO FEIJOEIRO COMUM CULTIVADO NO CERRADO**

Trabalho de Curso defendido e aprovado em 26/02/2024 pela comissão examinadora constituída pelos membros:

*(Assinado Eletronicamente)*

**Natália Trajano de Oliveira Melville**

Presidente/Orientador(a)

*(Assinado Eletronicamente)*

**Luciano Nogueira**

Membro

*(Assinado Eletronicamente)*

**Marcelo Zolin Lorenzoni**

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- Luciano Nogueira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/03/2024 17:43:39.
- Marcelo Zolin Lorenzoni, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 01/03/2024 06:57:07.
- Natalia Trajano de Oliveira Melville, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 29/02/2024 23:33:38.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 29/02/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 578410

Código de Autenticação: 827c48e727



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Posse

GO - 453 km 2,5, Fazenda Vereda do Canto, 01, Distrito Agroindustrial, POSSE / GO, CEP 73900-000

(62) 3481-4677

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que sempre me abençoou e conduziu durante toda a minha jornada de aprendizados e conquistas. Lembro-me das vezes que em oração o pedia para ingressar no curso de Agronomia e hoje estou finalizando o mesmo. Deus é fiel! Toda honra e glória à Ele.

A minha mãe Ana José de Sousa, por apoiar e acreditar em mim. Ao meu pai José Aparecido Monteiro de Lima (*in memoriam*), que sempre será meu maior exemplo de comprometimento e dedicação. De onde estiver, tenho a certeza que está muito orgulhoso de mim.

A minha tia Alcione José de Sousa, pela ajuda quando precisei e por cuidar de mim como se fosse um dos seus filhos. Aos meus avós paternos Maisa Monteiro de Lima e Manoel Alves de Lima, que sempre fizeram o possível e o que parecia impossível para que seus netos estudassem.

Ao meu futuro marido Guilherme Alfredo Magalhães Gonçalves, pelo incentivo, apoio e conselhos durante toda graduação.

A minha orientadora Natália Trajano, pelas suas contribuições e por se fazer presente durante toda a execução do trabalho, mesmo estando de licença maternidade. Ao meu coorientador Luciano Nogueira, por toda orientação, dedicação e atenção. Aos dois, a minha admiração pelo amor a educação, o qual exercem o papel de professores com tanta excelência.

Aos meus colegas de turma, especialmente, a Lara Beatriz Costa, Thays Hanielly Joaquim, Jéssica Nívea Magalhães, Renata Costa, Wemisley Pablo Soares e Wallace Walker Lima pela amizade de cada um de vocês e pela parceria nos momentos bons e ruins. A todos os servidores do Instituto Federal Goiano – Campus Posse, que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão deste trabalho.

A todos meu muito obrigada!



## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
RESUMO.....	VII
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	2
2.1 MANGANÊS NO SOLO .....	2
2.2 MANGANÊS NA PLANTA.....	2
2.3 FORMAS DE APLICAÇÃO DE MANGANÊS .....	3
2.4 FEIJÃO COMUM .....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	5
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	8
5. CONCLUSÕES.....	11
6. REFERÊNCIAS .....	12

**LISTA DE TABELAS**

**Tabela 01.** Valores médios da altura da parte aérea (APA), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) em função das formas de adubação de manganês no feijão comum. Posse (GO), 2024..... 8

**Tabela 02.** Valores médios de teor relativo de clorofila a, teor relativo de clorofila total e índice SPAD de feijão comum em função das formas de adubação de manganês. Posse (GO), 2024.....10

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 01.</b> Estrutura criada para proteger plantas de feijão nos estágios iniciais de pragas e doenças contaminantes.....	6
<b>Figura 02.</b> Medidor portátil de clorofila.....	7

## RESUMO

Devido ao seu processo de formação, os solos de Cerrado apresentam baixos níveis de micronutrientes, incluindo o manganês. O objetivo deste trabalho foi verificar o efeito de formas de aplicação de manganês no feijoeiro comum cultivado no Cerrado. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação da Escola Fazenda e Laboratório Multiusuário de Ciências Naturais do Instituto Federal Goiano - Campus Posse, Goiás. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e dez repetições. Foram testadas quatro formas de adubação com Mn: via solo, via semente, via foliar e testemunha na cultivar de feijão comum BRS FC 401. As variáveis analisadas foram a altura da parte aérea, diâmetro do caule, massa seca da parte aérea, massa seca da raiz, teor de clorofila e índice SPAD. Os dados foram submetidos ao teste F e nos casos de efeito significativo as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. As formas de adubação de Mn não exerceram interferência nos componentes de crescimento do feijoeiro nas condições avaliadas.

**Palavras-chave:** fertilidade do solo, micronutrientes, *Phaseolus vulgaris* L.

## 1. INTRODUÇÃO

O sintoma de deficiência de manganês (Mn) tem sido observado com frequência nas lavouras do Cerrado brasileiro (Migliavacca, 2018). Embora a toxidez de Mn seja mais comum do que sua deficiência em solos ácidos de regiões tropicais (Dechen et al., 1991), segundo Rezende (2021), existe a possibilidade de ocorrer deficiência desse micronutriente em pelo menos 1/3 dos solos dessas regiões.

A disponibilidade de Mn no solo depende de alguns fatores, sendo o pH o fator principal (Malavolta, 2006). A utilização de elevadas doses de calcário para correção dos solos contribui para o aparecimento de sintoma de deficiência de Mn, visto que para cada unidade de pH que aumenta, a disponibilidade desse micronutriente diminui 20 vezes (Kroling e Matiello, 2017).

Dentre as possíveis soluções para a correção da deficiência de Mn, estão os métodos de adubação via solo, semente e foliar (Vitti e Grando Junior, 2006). No entanto, ainda são necessários estudos para determinar quais as formas de aplicação que proporciona a máxima absorção do Mn (Gonçalves, 2019), uma vez que a eficiência agrônômica de suas fontes está intimamente associada à via de aplicação (Lopes, 1991).

De acordo com Valadares et al. (2014) a aplicação de Mn via solo pode ser menos eficaz, devido a forma solúvel do nutriente no solo mudar rapidamente para a forma insolúvel. Para Zayed et al. (2011), a adubação foliar tem sido proposta como alternativa para fornecer micronutrientes de forma eficiente e de rápida absorção. Já a opção via tratamento de sementes, fornece condições que favoreçam a germinação e emergência, crescimento inicial e produtividade da planta (Forsberg et al., 2003).

Apesar da adubação com micronutrientes em grandes culturas já ser uma prática comum entre os produtores brasileiros com resultados bastante positivos, na cultura do feijão, essa prática ainda é pouco difundida (Vicente, 2021). Segundo Posse et al. (2010), a utilização dos micronutrientes na cultura do feijão ainda carece de mais pesquisas científicas que relacionam esta espécie com estes nutrientes.

O Mn é um micronutriente essencial para as plantas, pois atua na síntese de clorofila, além da ativação de diversas enzimas (Dechen e Nachtigall, 2006). Esse micronutriente também desempenha um papel importante nos processos redox, como no transporte de elétrons na fotossíntese e na desintoxicação de radicais livres de oxigênios (Raychaudhuri, 2000).

Diante do exposto, o objetivo com este trabalho foi verificar o efeito de formas de aplicação de manganês no crescimento do feijão comum cultivado no Cerrado.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 MANGANÊS NO SOLO

O Mn é um dos micronutrientes mais abundante em solos tropicais, perdendo somente para o ferro (Fe) (Alejandro et al., 2020). A disponibilidade de Mn no solo depende de alguns fatores, como o pH, potencial de oxidação-redução (redox), matéria orgânica e seu equilíbrio com outros cátions, em especial com o ferro, cálcio e magnésio (Liu et al., 2020).

Durante o intemperismo das rochas, o Mn é liberado, onde a maior parte do qual rapidamente se transforma em óxidos  $Mn^{3+}$  e  $Mn^{4+}$  (indisponíveis as plantas), apenas uma quantidade reduzida na forma do íon  $Mn^{2+}$  (disponível as plantas) fica na solução do solo (Millaleo et al., 2010).

Em solos com pH ácidos, os óxidos de valência +3 e +4 podem ser reduzidos a  $Mn^{2+}$ , aumentando a concentração de Mn disponível para as plantas. Por outro lado, solos alcalinos, favorecem a auto-oxidação do  $Mn^{2+}$ , deixando-o em formas não disponíveis as plantas (Alejandro et al., 2020).

Desta forma, pode-se observar que altas concentrações de manganês em solos ácidos podem ser tóxicas para as plantas. Por outro lado, corrigir o pH do solo pode reduzir a disponibilidade de Mn, levando a deficiências nas plantas. Portanto, manter concentrações adequadas de Mn no solo é muito importante (Prado, 2021).

### 2.2 MANGANÊS NA PLANTA

O processo de absorção do Mn pelas plantas se dá via raízes sendo transportado pelo xilema predominantemente na forma iônica  $Mn^{2+}$ , em razão da pouca estabilidade dos seus quelatos. A sua mobilidade na planta é considerada intermediária (Mengel e Kirkby, 1987; Tanaka; Mascarenhas; Borkert, 1993).

Esse micronutriente participa do metabolismo vegetal como nutriente ou como elemento tóxico, dependendo de seu nível nos tecidos vegetais (Millaleo et al., 2010). Uma das participações mais importante do Mn no metabolismo vegetal, está relacionado à sua participação no processo de fotossíntese, principalmente no sistema de distribuição de água do fotossistema II (Liu et al., 2020; Prado, 2021).

O manganês também desempenha um papel como cofator que ativa mais de 30 enzimas vegetais, incluindo: descarboxilase, desidrogenase e oxidase (Alejandro et al., 2020). Além disso, atua na ativação hormonal (Schmidt et al., 2013), na biossíntese de

aminoácidos (Alejandro et al., 2020), e ainda participa do processo de desintoxicação de espécies reativas de oxigênio (ERO's) (Oliveira et al., 2019).

O Mn é um elemento pouco redistribuído nas plantas (Malavolta et al., 2006). Além disso, seu acúmulo ocorre em diferentes quantidades nas diferentes partes das plantas, sendo que o maior acúmulo tem sido observado na parte vegetativa, incluindo caule, ramos e principalmente folhas (Kurihara et al., 2013; Prado, 2021).

As principais características da deficiência de Mn nas plantas são a presença de clorose (amarelecimento) nas folhas jovens e crescimento atrofiado (Dziwornu et al., 2018; Silva et al., 2022). No entanto, os sintomas podem variar de acordo com a espécie (Prado, 2021). Já a toxicidade de Mn pode ser detectada através do encarquilhamento das folhas (Mascarenhas et al., 2013).

### **2.3 FORMAS DE APLICAÇÃO DE MANGANÊS**

A eficiência agrônômica das fontes de Mn está intimamente associada à via de aplicação (Lopes, 1991). Quando aplicado via solo, o Mn geralmente apresenta baixa eficiência, devido sua forma disponível mudar rapidamente para forma não disponível. Além disso, são necessárias a utilização de doses consideradas elevadas em se tratando de micronutrientes (Pinto, 2012).

Moreira et al. (2006) empregaram doses de até 48 kg ha<sup>-1</sup> de Mn, observaram aumentos nos teores do micronutriente nos solos, mas a concentração e a quantidade de Mn acumuladas pelas plantas de soja foram pouco influenciadas. Para evitar complexa reação do manganês com o solo e uma possível diminuição da absorção pelas plantas, é possível aplicá-lo via foliar (Pinto, 2012). Segundo Álvarez (1989), a aplicação via foliar foi desenvolvida para maximizar o aproveitamento dos nutrientes.

Mann et al. (2001), verificaram que as aplicações de Mn via foliar, 450 e 600 g ha<sup>-1</sup>, com três épocas de aplicação (V4, V8 e V10, respectivamente com quatro, oito e dez trifólios com folíolos desdobrados), foram as responsáveis pelas maiores produtividades obtidas na soja, sendo consideradas mais eficientes que as aplicações via solo.

O fornecimento de micronutriente via tratamento de sementes, favoreçam a germinação, emergência, crescimento inicial e produtividade da planta (Forsberg et al., 2003). Respostas positivas têm sido obtidas para a utilização de micronutrientes via tratamento das sementes, no entanto, para o Mn, Silva (2000) concluiu que não foi possível corrigir a deficiência desse micronutriente pela aplicação via solo ou semente.

## 2.4 FEIJÃO COMUM

O feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie de grande importância econômica e social no Brasil (Bossolani et al., 2017). A mesma, contribui para a geração de emprego e renda no país, além dos grãos serem importante fonte de proteínas e minerais na dieta da população humana (Pereira et al., 2018).

Essa espécie é amplamente distribuída em todo o território brasileiro, sendo cultivada por pequenos, médios e grandes produtores (Santos e Lima, 2015; Dalchiavon et al., 2016). A produção varia de acordo com as condições edafoclimáticas de cada região, sendo cultivada em diferentes épocas do ano (Bertoldo et al., 2009; Dalchiavon et al., 2016).

O Centro-Oeste é uma importante região na produção de feijão no cenário nacional. No Estado de Goiás existem várias microrregiões produtoras de feijão, tendo em destaque o entorno de Brasília. Isso porque nessa região há uma significativa área irrigada, permitindo o cultivo ao longo do ano (Wander et al., 2015).

O Estado de Goiás colheu aproximadamente 286 mil toneladas de grãos na safra 2022/2023, 1,4 % superior à safra de 2021/2022, quando foi registrado o volume de 281,9 mil t de grãos (CONAB, 2023). Além disso, a expectativa para os anos 2027/2028, é que a produção brasileira de feijão chegue a 3.342.000 milhões de toneladas, com uma área plantada de 3,09 milhões de hectares e que o consumo médio seja de 15,8 kg/habitante/ano. Quando comparado ao ano 2017/2018, esses dados revelam um aumento de 9% da produção, queda de 3% na área plantada e crescimento de 1% de consumo (FIESP, 2020).



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de março a maio de 2023, em casa de vegetação da Escola Fazenda e Laboratório Multiusuário de Ciências Naturais do Instituto Federal Goiano - Campus Posse, Goiás (Latitude 14° 06' 32" S, Longitude 46° 19' 39" W e altitude de 851 m). Foram utilizados vasos de polietileno com capacidade de 8 dm<sup>3</sup>, preenchidos com amostras da camada de 0-20 cm de um Latossolo Vermelho, de textura média (EMBRAPA, 1999), cujo resultado da análise química inicial do solo foi: pH CaCl<sub>2</sub>: 5,1, P (Mehlich<sup>-1</sup>): 7,06 mg dm<sup>-3</sup>, K: 53 mg dm<sup>-3</sup>, Ca: 1,53 cmolc dm<sup>-3</sup>, Mg: 1,05 cmolc dm<sup>-3</sup>, Al: 0,19 cmolc dm<sup>-3</sup>, H + Al: 3,90 cmolc dm<sup>-3</sup> e M.O: 1,22 dag kg<sup>-1</sup>. O teor total de Mn encontrado neste solo foi 2,1 mg dm<sup>-3</sup>, classificando-se na faixa de médio teor para solos de Cerrado, de acordo com a interpretação proposta por Souza e Lobato (2004).

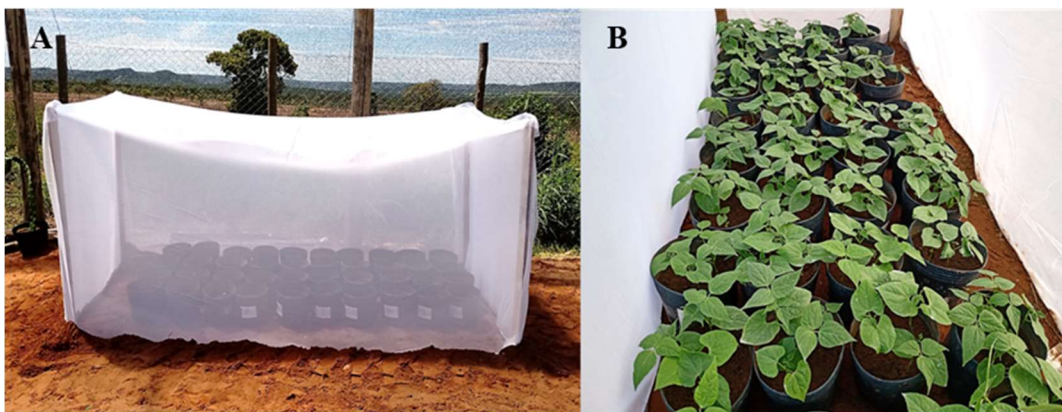
O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro tratamentos e dez repetições cada. Os tratamentos constituíram do uso de quatro formas de adubação com Mn: via solo, via semente, via foliar e testemunha (sem aplicação de Mn) na cultivar de feijão BRS FC 401, de ciclo super precoce.

Com base na análise química, foi realizada a correção do solo com o uso de calcário calcítico de acordo com o método de saturação por bases, considerando o nível de 70% de saturação ideal. Após a calagem, o solo foi umedecido e incubado por 30 dias. Depois desse período, foi realizada a adubação de plantio seguindo a recomendação de Posse et al (2010), com 20 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio (N), 80 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo (P) e 30 kg ha<sup>-1</sup> de potássio (K) utilizando o adubo NPK 04-14-8. Após 30 dias de semeadura, foi realizada uma adubação de cobertura com 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de ureia.

Foi utilizada a dose de 1,5 kg/ha de Mn, como fonte o Sulfato de manganês (30% de Mn) seguindo a recomendação de Souza e Lobato (2004). No tratamento via solo, o Mn foi aplicado diretamente nos vasos antes da semeadura e distribuído de maneira uniforme na superfície do solo. No tratamento via foliar, o sulfato de manganês fornecendo 350 g ha<sup>-1</sup> de Mn (Embrapa, 1997) foi aplicado quando as plantas estavam em R5 (pré-floração), em vasos individualmente com auxílio de pulverizador manual. Já no tratamento via sementes, foi utilizado o sulfato de manganês na dose de 5 g de Mn kg<sup>-1</sup> de semente, para fornecer o equivalente a 300 g ha<sup>-1</sup> de Mn (Silva, 2000). Além disso, as sementes foram tratadas com fungicida e inseticida a base de Piraclostrobina + Tiofanato Metílico + Fipronil (Standak® Top), seguindo a dose recomendada na bula do produto.

Foram usadas seis sementes por vaso. Após o aparecimento do primeiro trifólio, foi realizado o desbaste mantendo-se duas plantas por vaso. Durante o cultivo, os vasos foram irrigados diariamente, com o auxílio de um copo medidor. O volume de água aplicado foi definido com base as referências utilizadas por Santos (2021).

A fim de proteger as plantas nos estádios iniciais de pragas e doenças contaminantes, foi construído uma proteção em volta das plantas com tecido voal (Figura 01), onde elas permaneceram por 30 dias. Após esse período, a estrutura foi retirada e os vasos afastados um dos outros para evitar sombreamento.



**Figura 01.** Parte externa (A) e interna (B) da estrutura para proteção de plantas de feijão nas fases iniciais de desenvolvimento contra pragas e doenças contaminantes. Fonte: Autora, 2024.

A coleta de dados foi realizada quando as plantas estavam em estágio reprodutivo R6. Foram determinadas as seguintes características agronômicas: Altura da parte aérea (APA), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), teor de clorofila (CHL) e índice SPAD.

Para a APA, as plantas foram medidas desde a base até o topo da parte apical, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros. O DC foi medido a partir da base do caule com a utilização de um paquímetro digital. O CHL e índice SPAD, foram obtidos através da leitura realizada em 2 trifólios do terço mediano das plantas, utilizando o clorofilômetro (Figura 02).



**Figura 02.** Medidor portátil de clorofila. Fonte: Autora, 2024.

Para as variáveis MSPA e MSR, as plantas foram retiradas cuidadosamente dos vasos, preservando toda a parte aérea e radicular. As raízes foram lavadas para remover o excesso de solo e impurezas. Em seguida, foram colocadas em sacos de papel identificados e levadas ao Laboratório de Recepção e Secagem do IF Goiano Campus Posse. As amostras foram submetidas à secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas. Após esse período, mensurou-se a massa da parte aérea e radicular através de uma balança de precisão.

Para a análise estatística os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk ( $P < 0,05$ ) e Bartlett ( $P < 0,05$ ) para verificação da normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias, respectivamente. Após a verificação, os dados foram submetidos à análise de variância e quando verificado diferença significativa pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), utilizando o Software R versão 3.5.2 (R. Core Team, 2021).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise dos dados verificou-se que não houve efeito significativo nas variáveis avaliadas quanto as formas de adubação de manganês utilizadas (Tabela 01 e Figura 03).

**Tabela 01.** Valores médios da altura da parte aérea (APA), diâmetro do caule (DC), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) em função das formas de adubação de manganês no feijão comum. Posse (GO), 2024.

Formas de adubação de Mn	APA	DC	MSPA	MSR
	cm	mm	g	g
Via solo	64,03 ± 6,18	3,58 ± 0,16	2,46 ± 0,48	0,29 ± 0,04
Via semente	72,60 ± 3,12	3,55 ± 0,07	2,58 ± 0,43	0,24 ± 0,04
Via foliar	60,82 ± 3,55	3,46 ± 0,10	2,12 ± 0,23	0,25 ± 0,03
Testemunha	69,89 ± 6,07	3,67 ± 0,08	2,07 ± 0,28	0,21 ± 0,01
Valor <i>P</i>	0,3291	0,6191	0,7163	0,4669
F	1,19 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> = não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O Solo do presente experimento apresentava médio teor inicial de manganês para solos de Cerrado, de acordo com a interpretação proposta por Souza e Lobato (2004). Dessa forma, é provável que este médio teor de Mn no solo tenha suprido suficientemente a cultura, pois como já relatado, não houve incremento em nenhuma das variáveis analisadas com a aplicação de Mn.

Comparando as médias, para a variável APA, o Mn fornecido via foliar apresentou menor média em comparação aos demais tratamentos. Basso et al. (2011) verificaram que em solo com teor elevado de Mn, a adição desse nutriente em aplicação foliar não alterou significativamente a estatura de plantas de soja. Oliveira Júnior; Malavolta; Cabral (2000) e Teixeira et al. (2004), verificaram que a adubação foliar pode ser uma alternativa interessante para o fornecimento de Mn para as culturas no início da fase reprodutiva, podendo ser mais eficiente do que a aplicação via solo (Lopes e Souza, 2001; Mann et al., 2002).

Em contrapartida, o Mn adicionado via semente apresentou maior média para APA e, assim, maior incremento para a MSPA. Isso, pode estar relacionado a maior eficiência de uso do fertilizante, pois o fornecimento de nutriente via semente possui elevada uniformidade de distribuição dos elementos e, com isso, maior disponibilidade dos nutrientes na fase inicial de crescimento das plantas (Dias e Cícero, 2016).

Segundo Bays et al. (2007), em alguns casos, o revestimento de sementes é significativamente mais eficiente no fornecimento precoce de nutrientes às plantas do que

adicioná-los diretamente no sulco de semeadura. Para Ohse et al. (2014), isso ocorre devido a maioria dos micronutrientes serem ativadores de enzimas e componentes estruturais, podendo assim, favorecer a germinação e o vigor das sementes e, conseqüentemente, o estabelecimento da cultura.

Em relação a MSPA e MSR, percebe-se que as plantas tratadas com aplicações de Mn apresentaram médias maiores que as plantas da testemunha. Esse resultado foi semelhante ao observado por Abreu et al (1994), que encontraram menor produção de matéria seca em plantas deficientes em manganês. A menor produção de matéria seca nos controles pode muitas vezes ser atribuída a menores taxas de fotossíntese, que estão diretamente relacionadas ao teor de manganês na planta (Lindsay e Ross, 1988; Malavolta et al., 1997).

Dessa forma, a produção de matéria seca pode ser significativamente afetada em condições de deficiência de manganês. A deficiência de manganês danifica a estrutura dos cloroplastos, prejudicando o processo de fotossíntese e reduzindo o conteúdo de carboidratos solúveis nas plantas. Como algumas etapas da fotossíntese são severamente afetadas na presença de deficiência de manganês, outras reações relacionadas à transferência de elétrons, como fotofosforilação, redução de CO<sub>2</sub>, nitrito e sulfito também são afetados (Kirkby e Romheld, 2007).

Se tratando do DC, o tratamento testemunha apresentou melhor média em comparação aos tratamentos com aplicação de Mn. Segundo Belloni (2016), não há estudos na literatura que demonstrem esse parâmetro para leguminosas anuais, sendo em sua maioria trabalhos com resultados obtidos para mudas de espécies frutíferas. De acordo com Artur et al. (2007), o diâmetro do caule é usado para avaliar a qualidade das mudas porque, além do acúmulo de reservas, proporciona maior resistência e melhor fixação no solo.

A respeito da leitura do teor relativo de clorofila a, teor relativo de clorofila total e índice SPAD, o Mn aplicado via solo apresentou maior média em comparação aos demais tratamentos (Tabela 02). No entanto, Belloni (2016), avaliando o fornecimento de Mn para um cultivar de feijão comum, observou que os níveis de clorofila total foram consideravelmente maiores nas plantas que receberam Mn através da aplicação foliar, indicando que essa forma de adubação pode ser mais facilmente assimilada pelas plantas.

**Tabela 02.** Valores médios de teor relativo de clorofila a, teor relativo de clorofila total e índice SPAD de feijão comum em função das formas de adubação de manganês. Posse (GO), 2024.

<b>Formas de adubação de Mn</b>	<b>Clorofila a</b>	<b>Clorofila total</b>	<b>Índice SPAD</b>
	$\mu\text{g cm}^{-2}$	$\mu\text{g cm}^{-2}$	$\mu\text{g cm}^{-2}$
Via solo	33,10 ± 1,14	16,15 ± 1,24	22,66 ± 1,12
Via semente	30,77 ± 1,12	13,65 ± 1,19	20,36 ± 1,11
Via foliar	30,68 ± 1,00	13,52 ± 1,06	20,28 ± 1,00
Testemunha	30,68 ± 0,50	13,50 ± 0,52	20,28 ± 0,50
Valor <i>P</i>	0,2405	0,2278	0,2463
F	1,48 <sup>ns</sup>	1,53 <sup>ns</sup>	1,46 <sup>ns</sup>

<sup>ns</sup> = não significativo a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Segundo Pinto (2012), a eficácia da adubação foliar pode ser superior à aplicação via solo, devido o Mn solúvel contido no fertilizante passar rapidamente para formas insolúveis. Silva (2000), avaliando fontes e modos de aplicação de manganês em soja cultivada no cerrado, constatou que a aplicação de Mn via foliar em dois parcelamentos (V4 e R1) mostraram-se superiores e mais eficientes que o fornecimento do elemento via solo.

As baixas médias no tratamento via foliar pode estar relacionado a época de aplicação, onde ela foi realizada quando as plantas estavam em estágio reprodutivo R5 e a leitura dos pigmentos quando as plantas estavam em estágio reprodutivo R6. Esse intervalo de tempo entre a adubação e leitura, pode não ter sido suficiente para que as plantas conseguissem assimilar e aproveitar de forma eficiente o nutriente fazendo com que o clorofilômetro lesse baixos teores de pigmentos fotossintetizantes.

De acordo com Camargo (1970), o tempo necessário para que 50% do Mn aplicado seja absorvido pela planta é de 1 a 2 dias, ou seja, um tempo relativamente longo. Além disso, o transporte do Mn absorvido pelas folhas é muito pequeno (Pinto, 2012). Boaretto (2000), observou que 30 dias após a aplicação, menos de 4% do Mn aplicado nas folhas de citros foi translocado para fora das folhas que haviam recebido o nutriente.

Diante dos resultados observados vale ressaltar a necessidade de condução de experimentos em condições de campo e casa de vegetação, visando avaliar os componentes da produção, produtividade e a qualidade fisiológica das sementes de feijão. Além disso, novos estudos visando determinar a melhor forma de aplicação de Mn (incluindo aplicação foliar em diferentes estádios) no feijão comum cultivado no Cerrado.

## **5. CONCLUSÕES**

As formas de aplicação de manganês via solo, foliar e via semente não exerceram interferência nos componentes de crescimento do feijoeiro comum cultivado em solo do Cerrado com teor médio do nutriente.

## 6. REFERÊNCIAS

- ABREU, C. A et al. Avaliação da disponibilidade de manganês e ferro em solos pelo uso do método modificado da resina de troca iônica. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 28, p. 579-584, 2004.
- ALEJANDRO, S et al. Manganese in plants: from acquisition to subcellular allocation. **Frontiers in Plant Science**. 11. 2020.
- ÁLVAREZ, C. Utilização de quelatos em adubação foliar. In: BOARETTO, A. E.; ROSOLEM, C. A., (Coords.), **Adubação foliar**. Campinas: Fundação Cargill, 1989. V.1., p.177-189.
- ARTUR, A. G et al. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 843-850, 2007.
- BASSO, C. J et al. Aplicação foliar de manganês em soja transgênica tolerante ao glyphosate. **Ciência Rural**, v. 41, n. 10, p. 1726-1731, 2011.
- BAYS, R et al. Recobrimento de Sementes de Soja com Micronutrientes, Fungicidas e Polímero. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n.2, p. 60-67, 2007.
- BELLONI, A. L. **Efeito de fontes e doses de manganês no desenvolvimento do cultivar TAA Bola Cheia de feijoeiro comum (Phaseolus vulgaris L.)**. 2016.
- BERTOLDO, G. J et al. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica para o caráter tempo de cocção do feijão preto. **Revista Ceres**, vol. 56, n. 3, p. 315-321. 2009.
- BOARETTO, R. M et al. Absorção e transporte de manganês de diferentes fontes marcadas com <sup>54</sup> Mn aplicado via foliar em citros. 2000.
- BOSSOLANI, J. W et al. Bioestimulante vegetal associado a indutor de resistência nos componentes da produção de feijoeiro. **Revista Agro@ambiente On-line**, 11(4), 307-314. 2017.
- CAMARGO, P. N. de. Princípios de nutrição foliar. São Paulo: **Agronômica Ceres**, 1970. 118 p.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Perspectivas para a Agropecuária. Safra 2022/2023. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos?limitstart=0> > Acesso 13 Abril de 2023.
- DALCHIAVON, F.C.; NEVES, G. E.; HAGA, K.I. Efeito de estresse salino em sementes de *Phaseolus vulgaris*. **Revista de Ciências Agrárias**, Pernambuco, v. 39, n. 3, p. 404-412, 2016.
- DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. Nutrição mineral de plantas. **Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 327-354, 2006.
- DECHEN, A.R; HAAG, H.P; CARMELLO, Q. A. de C. Função dos micronutrientes nas plantas. Organizado por FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato e CNPq, 1991, p.66- 78.



DIAS, M. A. N.; CICERO, S. M. Efeito do carbonato de cobre e óxido de zinco aplicados às sementes na captação de cobre e zinco por mudas de milho. **Bragantia**, v.75, n.3, p.286-291, 2016.

DZIWORNU, A. K et al. Responses of contrasting rice genotypes to excess manganese and their implications for lignin synthesis. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 123, p. 252-259, 2018.

EMBRAPA. Manual de Métodos de Análise de Solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 1997.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro: **Embrapa Solos**, 1999.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – FIESP. Projeções para o agronegócio brasileiro – Feijão. Disponível em: <<https://outlookdeagro.azurewebsites.net/OutLookDeagro/ptBR/Publicacao/Feijao/Brasil/2027-28>> Acesso em: 13 de Abril de 2023.

FORSBERG, G et al. Sensitivity of cereal seeds to short duration treatment with hot, humid air. **Journal of Plant Disease and Protection**, v. 110, n. 1, p. 1-16, 2003.

GONÇALVES, A. S. F; DE OLIVEIRA NETO, S. S; MACHADO, G. G. Uso de micronutrientes na agricultura: efeitos e aplicações. **Rev Agr Bras**, v. 3, p. 1-4, 2019.

KIRKBY, E.A.; ROMHELD, V. Micronutrientes na fisiologia de plantas: funções, absorção e mobilidade. Encarte Técnico. **International Plant Nutrition Institute**. Informações Agronômicas, Piracicaba, n.118, 2007.

KROLING, C. A.; MATIELLO, J. B. **Amarelão de cafeeiros, pela falta de manganês e ferro**. 2017.

KURIHARA, C. H. et al. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em soja, como variável do potencial produtivo. **Revista Ceres**, v. 60, p. 690-698, 2013.

LINDSAY, C. C.; ROSS, O. N. Physiological functions of manganese in plants. In: GRAHAN, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. (Eds.). Manganese in soils and plants. Dordrecht: **Kluwer Academic Publishers**, 1988. p.139-154.

LIU, Y et al. Complex gene regulation between young and old soybean leaves in responses to manganese toxicity. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 155, p. 231-242, 2020.

LOPES, A. 5. Micronutrientes: filosofias de aplicação, fontes, eficiência agronômica e preparo de fertilizantes. In: SIMPOSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1988, Jaboticabal. Anais... Piracicaba, **POTAFOS/CNPQ**, 1991. p. 357-390.

LOPES, A. S.; SOUZA, E. C. A. de. Filosofias e eficiência de aplicação. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M. C. P. da; RAIJ, B. V.; ABREU, C.A. de. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: **CNPq/Fapesp/Potafos**, 2001. p.255-282.

MALAVOLTA E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres; 2006.

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

- MANN, E. N et al. Efeito da adubação com manganês, via solo e foliar em diferentes épocas na cultura da soja *Glycine max (L.) Merrill*. **Ciencia e Agrotecnologia**, v. 25, n. 2, p. 264-273, 2001.
- MANN, E.N et al. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, p.1757-1764, 2002.
- MASCARENHAS, H. A. A et al. Deficiência e toxicidade visuais de nutrientes em soja. **Nucleus**, v. 10, n. 2, p. 281-306, 2013.
- MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. **Switzerland: International Potash Institute**, 1987. 687p.
- MIGLIAVACCA, R. A. **Absorção foliar de fontes insolúveis de manganês em soja [Glycine max (L.) Merrill]**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- MILLALEO, R et al. Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. **Journal of soil science and plant nutrition**, v. 10, n. 4, p. 470- 481, 2010.
- MOREIRA, S.G.; PROCHNOW, L.I.; KIEHL, J.C.; NETO, L.M.; PAULETTI, V. Formas químicas, disponibilidade de manganês e produtividade de soja em solos sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.121-136, 2006.
- OHSE, S et al. Germinação e vigor de sementes de feijão-vagem tratadas com micronutrientes. **Visão Acadêmica**, v.15, n.1, 2014.
- OLIVEIRA JÚNIOR, J.A. de; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C.P. Efeitos do manganês sobre a soja cultivada em solo de cerrado do Triângulo Mineiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1629-1636, 2000.
- OLIVEIRA, T. F et al. Uptake and exportation of micronutrients in high productivity corn fields. **Revista Agroambiente Online**, v. 13, p. 55-67, 2019.
- PEREIRA, M. G et al. UENF 2014: a new common bean cultivar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.18, p.126-129, 2018.
- PINTO, A. S. **Adubação com manganês em soja: efeitos no solo e na planta**. 2012.
- POSSE, S. C. P. et al. **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na região central-brasileira: 2009-2011**. Vitória, 2010.
- PRADO, R. M. Mineral nutrition of tropical plants. **Berna: Springer Nature**, 2021. 349p.
- R CORE TEAM. **R: the Project for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, Version 3.5.2. 2021.
- RAYCHAUDHURI, S. S. The role of superoxide dismutase in combating oxidative stress in higher plants. **Botanical Review**, Bronx, v. 66, p. 89-98, 2000.
- REZENDE, A.G et al. **Adubação com manganês em cultivares de soja: efeito de doses e fontes aplicadas via foliar**. 2021.
- SANTOS, F.A.S.; LIMA DE A.R. - Características produtivas de diferentes cultivares de feijão no Município de Cáceres-MT. **Centro Científico Conhecer**, v.11, n. 21, p. 408-420, 2015

SANTOS, R. M. **Resposta produtiva do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L. TAA DAMA) sob déficit hídrico em diferentes fases fenológicas.** Dissertação de Mestrado. Botucatu, São Paulo, 2021, p.25.

SCHMIDT, S. B et al. Latent manganese deficiency in barley can be diagnosed and remediated on the basis of chlorophyll a fluorescence measurements. **Plant and Soil**, v. 372, p.417-29, 2013.

SILVA, L. M; DA SILVA BERTI, M. P. Manganês no solo e nas plantas: uma revisão. **Scientific Electronic Archives**, v. 15, n. 3, 2022.

SILVA, M. M. **Fontes e modos de aplicação de manganês na nutrição, produção e qualidade da soja, cultivada em solo de cerrado.** 2000. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SOUSA, D. M. G; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação.** Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004., 2004.

SOUZA, M. F. P. **Modos de aplicação de manganês e zinco em dois cultivares de soja.** 2015.

TANAKA, R. T.; MASCARENHAS, H. A. A.; BORKERT, C. M. Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, M. E.; SOUZA, P. I. M. (Ed.). *Cultura da soja nos cerrados*. Piracicaba: **POTAFOS**, 1993. p.105-135.

TEIXEIRA, I. R. et al. Teores de clorofila em plantas de feijoeiros influenciadas pela adubação com manganês e zinco. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v.26, p.147-152, 2004.

VALADARES, R. V et al. Teores de nutrientes no solo e nutrição mineral do milho em áreas irrigadas com água calcária. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 3, p.169-176, 2014.

VICENTE, G. J. **Micronutrientes na cultura do feijão.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

VITTI, G. C.; GRANDO JUNIOR, N. O uso de micronutrientes na maximização da produção. **Visão Agrícola**, v. 3, n. 5, p. 24-26, 2006.

WANDER, A. E.; ASSUNÇÃO, P. E. V. Dinâmica e concentração da produção de feijão na região centro-oeste do Brasil, 1990 a 2013. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 4, n. 1, p. 5-21, 2015.

ZAYED, B. A.; SALEM, A. K. M.; EL SHARKAWY, H. M. Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* l.) growth and yield under saline soil conditions. **World Journal of Agricultural Sciences**, Ithaca, v. 7, n. 2, p.179-184, 2011.