

MESTRADO EM BIOENERGIA E GRÃOS  
DOSES DE BORO E ZINCO NA ADUBAÇÃO DE MILHO EM NEOSSOLO  
QUARTIZARÊNICO

por

JOSÉ ROBERTO DA COSTA JÚNIOR

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Grãos do Instituto 15 Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, como parte dos 16 requisitos para obtenção do grau de Mestre em Bioenergia e Grãos.

Rio Verde, GO

2021

MESTRADO EM BIOENERGIA E GRÃOS  
DOSES DE BORO E ZINCO NA ADUBAÇÃO DE MILHO EM NEOSSOLO  
QUARTIZARÊNICO

por

JOSÉ ROBERTO DA COSTA JÚNIOR

Comitê de Orientação:

Prof. Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz - IFGoiano

MESTRADO EM BIOENERGIA E GRÃOS  
DOSES DE BORO E ZINCO NA ADUBAÇÃO DE MILHO EM NEOSSOLO  
QUARTIZARÊNICO

por

JOSÉ ROBERTO DA COSTA JÚNIOR

Orientador: \_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz – IFGoiano

Examinadores: \_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Silvia Sanielle de Costa Oliveira- IFGoiano

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alisson Lucrécio da Costa- IFGoiano

Costa Júnior, José Roberto.

Doses de boro e zinco na adubação de milho em  
neossolo quartizarêno /

José Roberto da Costa Júnior. - 2021.

Orientador: Sihélio Júlio Silva Cruz

Tese (Mestrado em Bioenergia e grãos) – Instituto  
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano –  
Câmpus Rio Verde, 2021.

**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**

- Tese  Artigo Científico  
 Dissertação  Capítulo de Livro  
 Monografia – Especialização  Livro  
 TCC - Graduação  Trabalho Apresentado em Evento  
 Produto Técnico e Educacional - Tipo: \_\_\_\_\_

Nome Completo do Autor: José Roberto da Costa Júnior

Matrícula: 2019102331540047

Título do Trabalho: Doses de boro e zinco na adubação de milho em neossolo quartizarênico

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 05/05/2021

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**

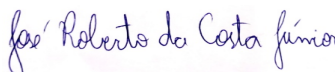
O/A referido/a autor/a declara que:

- 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;
- 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;
- cumpriu 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.

Rio Verde, 26/04/2021.

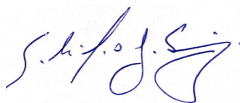
Local

Data



Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



Assinatura do(a) orientador(a)



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

Documentos 1/2021 - GE-IP/CMPIPR/IFGOIANO

DOSES DE BORO E ZINCO NA ADUBAÇÃO DE MILHO EM NEOSSOLO QUARTIZARÊNICO

Autor: José Roberto da Costa Júnior  
Orientador: Sihélio Júlio Silva Cruz

TITULAÇÃO: Mestre em Bioenergia e Grãos - Área de concentração Agroenergia.

APROVADO em 26 de fevereiro de 2021.

Prof. Dr. Alisson Lucrécio da Costa  
Avaliador externo  
IF Goiano - Campus Iporá

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvia Sanielle Costa de  
Oliveira  
Avaliadora interna  
IF Goiano - Campus Iporá

Prof. Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz  
Presidente da Banca  
IF Goiano - Campus Iporá

Documento assinado eletronicamente por:

- Sihelio Julio Silva Cruz, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/02/2021 11:02:41.
- Silvia Sanielle Costa de Oliveira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/02/2021 11:00:26.
- Alisson Lucrecio da Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 26/02/2021 10:58:12.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 26/02/2021. 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: 243588  
Código de Autenticação: e7aa63f78d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
Campus Iporá  
Avenida Oeste s/n, saída para Piranhas, None, IPORA / GO, CEP 76.200-000  
(64) 3674-0400

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar me proporcionando essa oportunidade de aprendizado.

Aos meus pais, familiares, amigos e professores que me apoiaram no manejo cultural.

À Morgan sementes e tecnologia®, pela concessão das sementes para o plantio e o desenvolvimento da pesquisa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano Campus Iporá, pela disponibilidade da área experimental e insumos.

## SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	1
ABSTRACT .....	3
1. INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	7
2.1 Milho.....	7
2.1.1 Origem .....	7
2.1.2 Importância Econômica .....	8
2.1.3 Clima .....	9
2.1.4 Distribuição Mundial.....	10
2.1.5 Produção .....	12
2.2. Nutrição Mineral No Milho .....	13
2.2.1 Importância.....	13
2.2.2 Macro nutriente e Micronutriente .....	14
2.3 Zinco Na Cultura Do Milho.....	15
2.4 Boro Na Cultura Do Milho.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
5. CONCLUSÕES .....	29
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30



MESTRADO EM BIOENERGIA E GRÃOS  
DOSES DE BORO E ZINCO NA ADUBAÇÃO DE MILHO EM NEOSSOLO  
QUARTIZARÊNICO

por

JOSÉ ROBERTO DA COSTA JÚNIOR

(Sob Orientação do Professor Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz – IFGoiano)

RESUMO

O trabalho tem por objetivo avaliação conjunta do efeito de boro (B) e zinco (Zn) na cultura do milho em condições de campo para determinar a melhor dose de B para aplicação no sulco de plantio. O experimento conduzido na Fazenda Escola do Instituto Federal Goiano, Campus Iporá, em Iporá-GO, utilizou o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial 6x2, correspondente a seis doses de B aplicadas, sem e com adubação de Zn, ambas realizadas na semeadura. As fontes de B e Zn utilizadas foram ácido bórico e sulfato de zinco, respectivamente e o híbrido de milho MG711 PW. Cada parcela experimental composta por cinco linhas de 4,0 m, espaçadas em 0,5 m. Quando 50% + 1 das plantas atingiram o estágio fenológico R1 – embonecamento e polinização, foram avaliadas as variáveis de crescimento: diâmetro de colmo e altura de plantas, juntamente com o índice SPAD de clorofila. No estágio fenológico R6 – maturação fisiológica, foram coletadas 20 espigas por parcela para determinação do comprimento da espiga, massa de mil grãos e produtividade. A dose de máxima eficiência determinada por meio do ajuste da equação de grau dois para a estimativa da máxima eficiência teve seus resultados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, para comparação das médias de adubação, sem e com Zn, e equações de regressão para o

efeito das doses de B. Existe interação entre B e Zn na adubação de milho cultivado em solo com textura franco-arenosa e baixos teores desses micronutrientes, quando aplicados 1,0 kg de B e 2,0 kg de Zn ha<sup>-1</sup>, apresenta aumento de produtividade. As doses de máxima eficiência técnica para produtividade de grãos são de 3,29 e 4,31 kg de B ha<sup>-1</sup> para os tratamentos sem e com adubação com Zn, respectivamente.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea Mays* L.; micronutriente; crescimento; produtividade.

MESTRADO EM BIOENERGIA E GRÃOS  
DOSES DE BORO E ZINCO NA ADUBAÇÃO DE MILHO EM NEOSSOLO  
QUARTIZARÊNICO

por

JOSÉ ROBERTO DA COSTA JÚNIOR

(Sob Orientação do Professor Dr. Sihélio Júlio Silva Cruz – IFGoiano)

ABSTRACT

The work aims to evaluate the effect of boron (B) and zinc (Zn) on corn under field conditions to determine the best dose of B for application in the planting line. The experiment was carried out at Fazenda Escola do Instituto Federal Goiano, Campus Iporá, in Iporá-GO, it used a randomized block experimental design, in a 6x2 factorial scheme, corresponding to six doses of B applied, without and with Zn fertilization, both performed at sowing. The B and Zn sources used were boric acid and zinc sulfate, respectively, and the corn hybrid MG711 PW. Each experimental plot consists of five lines of 4.0 m, spaced 0.5 m apart. When 50% + 1 of the plants reached the phenological stage R1 - growth and pollination, the growth variables were evaluated: stem diameter and plant height, together with the chlorophyll SPAD index. In the phenological stage R6 - physiological maturation, 20 ears were collected per plot to determine ear length, thousand grain mass and productivity. The maximum efficiency dose determined by adjusting the equation of degree two to estimate the maximum efficiency had its results subjected to analysis of variance and means were compared by Tukey test, for comparison of the fertilization means, without and with Zn, and regression equations for the effect of B doses. There is an interaction between B and Zn in the fertilization of corn grown in soil with a sandy loam texture and low

levels of these micronutrients, when 1.0 kg of B and 2.0 kg of Zn ha<sup>-1</sup> were applied, with an increase in productivity. The doses of maximum technical efficiency for grain yield are 3.29 and 4.31 kg of B ha<sup>-1</sup> for treatments without and with Zn fertilization, respectively.

**KEYWORDS:** Zea Mays L.; micronutrient; growth; productivity.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil o milho é uma das culturas de maior importância, semeado em regiões diversas com diferentes condições climáticas e de solo e é utilizado amplamente na alimentação humana e animal. O milho utiliza uma das maiores áreas cultivadas em relação à soja, com baixa produtividade quando comparada com as médias obtidas dos Estados Unidos e a China, com agricultura mais desenvolvida.

Produzir não é fácil, pois a produtividade, a sustentabilidade, a eficiência e a lucratividade não são tão vantajosas como deveria ser. Desta forma, os tratamentos culturais como dose adequada de adubo, momento correto de aplicação, clima, solo, material genético de qualidade entre outros, são fundamentais para o alcance de boas produtividades.

Apesar da grande parte do solo produtivo brasileiro não serem férteis devido a intemperização, influenciado pelo clima tropical quente e úmido. O Brasil é a terceira maior força produtiva na produção de milho, e isso se deve pelas vastas áreas cultivadas. Necessitando de doses altas de adubos com fonte de nitrogênio, fósforo e potássio que alavancam a produção, junto com materiais genéticos de qualidade.

Boro (B) e zinco (Zn) estão relacionados com a deficiência de micronutrientes mais frequente no cultivo do milho. Os solos do cerrado apresentam baixa fertilidade, a adubação fosfatada e a não incorporação de calcário no sistema de plantio direto contribuem para a insolubilização de zinco, sem contar também com a alta exportação de nutrientes que os grãos extraem.

A faixa de acerto entre a toxicidade e deficiência na recomendação de boro é muito estreita, por conta dos híbridos modernos que demandam mais nutrientes implantadas em solos com baixa fertilidade. Isso torna a aplicação boro difícil, não dando respostas consistentes à cultura do milho, assim, os produtores deixam de usar a adubação boratada.

Analisando os processos bioquímicos e fisiológicos é possível comprovar a interação de B e Zn na planta de milho. Esta interação interfere na composição mineral podendo inibir ou estimular a absorção de outros nutrientes, pois o B e o Zn são essenciais para o funcionamento da ATPase (enzima essencial para o aproveitamento da energia metabólica – ATP).

O Zn pode perder eficiência com a ausência do boro e o boro pela ausência do Zn. Informações importantes podem ser produzidas através da interação do B com o Zn, podendo melhorar a qualidade da lavoura, havendo a necessidade de verificação dos efeitos residuais de Zn e B do milho.

No mercado, os novos híbridos de milho são mais produtivos e mais exigentes em insumos e tecnologia. Os solos do cerrado são deficientes em B e Zn onde há muitas aplicações de altas doses de fosforo que dificulta a absorção de Zn. Diante disto, é importante estudar e avaliar o efeito de doses de boro aplicadas via sulco de plantio, ambos com ou sem adubação com zinco sobre o estado nutricional, componentes de produção e produtividade do milho, em solo de Cerrado com baixo teor destes nutrientes.

O trabalho tem por objetivo avaliação conjunta do efeito de zinco e boro na cultura do milho em condições de campo para determinar a melhor dose de B para aplicação no sulco de plantio e aumentar a produtividade do milho.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Milho

#### 2.1.1 Origem

Pertencente da família das poaceae o *Zea mays* L. possui somente uma família. Esta gramínea tem origem no México, na América Central, desenvolvido entre 8 a 10 mil anos atrás possuindo como seu ancestral o Téosinte (MAGALHÃES e SOUZA, 2013).

Segundo o artigo *Multiproxy evidence highlights a complex avolutionary legacy of maize in Shouth America*, feito pela Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia (DF), pelo Museu Nacional de História Natural Smithsonian (Estados Unidos) e a Universidade de Warwick (Reino Unido), publicado na revista Science em 2018, o Téosinte tem pouca semelhança com o milho que conhecemos atualmente, pois suas espigas são pequenas e seus poucos grãos são protegidos por uma casca praticamente intransponível. Ainda de acordo com este artigo, as plantas de milho trazidos do México para a América do Sul eram um tipo genético mais primitivo, a cultura foi melhorada ao longo de milhares de anos não só pelos agricultores Mexicanos, mas também pelos agricultores do sudoeste da Amazônia, até que a planta fosse totalmente domesticada nessas regiões, o milho, a partir das seleções e obtenção das características desejáveis, como espigas maiores e grãos mais macios, tornou-se a cultura que se conhece hoje.

O milho é uma das mais eficientes plantas armazenadoras de energia existentes na natureza, por sua grande capacidade de acumulação de fotoassimilados (Baldo, 2007). De uma semente que pesa pouco mais de 0,3 g irá surgir uma planta, geralmente com mais de 2,0 m de altura, dentro de nove semanas. Nos meses seguintes, essa planta produz a cerca de 600 a 1.000 sementes similares àquela da qual se originou (Aldrich et al. 1982).

Seu nome, de origem indígena caribenha, significa “sustento da vida”. E, de grande importância na alimentação básica de várias civilizações importantes ao longo dos séculos, dentre elas Olmecas, Maias, Astecas e Incas reverenciavam o cereal na arte e na religião. Seu cultivo representava grande parte das tarefas diárias desses povos (PERRY, 2006).

Antes do homem fazer lavouras com uma única espécie os índios americanos usavam um sistema complexo para plantar em montes variando a espécie plantada de acordo com o seu uso, segundo o conselho de informações sobre biotecnologia (CIB) em 2006 a cultura foi espalhada em várias distensões do globo terrestre, podendo ser cultivada no nível do mar até altitudes de três mil metros de altura. O homem foi responsável pela domesticação da cultura, sendo selecionadas visualmente as espigas que eram mais vigorosas mais produtivas e resistentes a ataques e capacidade de adaptação.

### **2.1.2 Importância Econômica**

A cultura do milho se destaca como uma das principais commodities produzidas no Brasil e no mundo. DEMARCHI (2011), afirma que a fabricação de ração para aves, bovinos e suínos são os principais destinos para o milho grão, e, são as atividades que mais possuem influência na economia do Brasil. Pois se estima que 70% das alimentações animais sejam representadas pelo milho.

Em relação a volume e área de produção, o milho é o cereal com maior destaque no agronegócio, como principal produto de alimentação animal (ABREU, CANSI e JURIATTI, 2007).

Segundo a revista Canal Rural (2017) o Brasil em escala de produção abrange vários estados produtores, com o Mato Grosso com 58 milhões de toneladas seguindo por Paraná, com 41,5 milhões, em terceiro lugar o Rio Grande do Sul produzindo 35,3 milhões e em quarto lugar o Goiás com 22 milhões de toneladas produzidas.

O amido é bastante encontrado em cereais e raízes, como o milho, batata entre outros. É um carboidrato composto por amilopectina e amilose que representam 70% a 80% das calorias



ingeridas na dieta do ser humano. Com o baixo custo e insolúvel em água fria há grande facilidade de armazenamento e manipulação (SILVA, 2006).

Em relação ao etanol combustível, a produção de milho mundial da safra 2012-2013 foi de 860 milhões de toneladas de grãos, sendo que 15% foram usados para industrialização de combustível. O etanol de milho produz menos que a cana-de-açúcar, porém é uma alternativa que melhora o mercado do cereal (BORTELETTO e ALCARDE, 2015).

Segundo a Conab (Companhia Nacional de abastecimento) (2019), a diversificação do consumo mundial de cereal, na safra 2000/2001, o consumo industrial representava 29,8% da demanda doméstica dos países. Na safra 2019/20, o uso industrial do milho, impulsionado pela produção de etanol, subiu quase 10 p.p. nestas últimas 20 safras.

### **2.1.3 Clima**

Para se produzir milho é necessário que a temperatura seja superior a 15°C e que não ocorra geadas durante o ciclo do milho (ALVES et al. 2010). Porém, a Embrapa (2004) afirma que para a boa germinação e boa produção a temperatura deve ficar próximo aos 25°C.

Majerowicz (2004) e Lacerda (2007) afirmam que o milho é uma planta que possui metabolismo C4, que possuem taxa fotossintética líquida maior que as plantas C3, porque apresenta baixa perda de água sendo cultivada em áreas com alta taxa de luminosidade em temperaturas elevadas se adaptando bem no clima tropical.

Rodrigues et al. (2011) diz que se solo tem umidade suficiente, o milho consegue se desenvolver bem em altas temperaturas. Romano (2005) afirma que a luminosidade é responsável por 78,5% da produtividade do milho. Grossi et al. (2011) confirma que essas altas temperaturas em períodos longos noturnos diminuem a produção, pois a planta cessa a fotossíntese, mas continuará respirando consumindo seus produtos metabólicos produzidos no período diurno. Em baixas temperaturas é limitado o crescimento das plantas e a parte aérea morre, em geral, com temperaturas negativas (- 1°C) (Bellido, 1991). Temperaturas máximas superiores a 35°C durante a fecundação causam danos na produtividade, causando diminuição do

número de grãos. Segundo Bellido (1991) o rendimento do milho pode reduzir em até aproximadamente 40%, quando as temperaturas noturnas tendem para 30°C nos estádios de floração e maturação do grão.

Segundo Chang (1974) a espécie *Zea mays* pode ser considerada fotoneutra (ou seja, sem resposta ao fotoperíodo) ou de resposta a dias curtos. Isto é, a depender dos genótipos e das condições regionais de latitude e da época do ano, o fotoperíodo pode influenciar a fenologia do milho. Neste caso, em genótipos que respondem a dias curtos o encurtamento do fotoperíodo tende a reduzir as necessidades térmicas para a indução ao pendoamento.

Segundo informações da Emater-RS (2014) no Brasil, o milho é cultivado em regiões tropicais e subtropicais, com pequenas expansões em zonas temperadas do Planalto Meridional. É uma das culturas mais abrangentes no País e com maior distribuição geográfica, isto porque o milho é uma cultura anual de estação quente, que apresenta grande variabilidade segundo sua precocidade. Houve grande expansão do cultivo do milho em latitudes próximas a 45° no Hemisfério Sul e 50° no Hemisfério Norte, graças ao vigoroso trabalho de melhoramento genético. A cultura do milho está nas áreas mais frias da Região Sul brasileira, as quais não cultivavam o cereal até poucas décadas. Porém, nessas áreas mais frias o cultivo do cereal se restringe a uma faixa estreita de semeadura e a genótipos mais precoces. Em contrapartida, estes mesmos genótipos superprecoces acatam a expansão do cultivo em lavouras semeadas ainda no período do inverno e no ciclo de verão-outono, nos cultivos de safrinha. Na Região Sul, para a redução ou diluição dos riscos por estiagens, isto está sendo executado como prática de escalonamento e diversificação de épocas.

#### **2.1.4 Distribuição Mundial**

A USDA (2018) afirma que na safra 2016/2017 os Estados Unidos foram responsáveis por 35,78% da produção mundial sendo o maior produtor, seguindo pela China com 20,42% e o Brasil em terceiro com 9,1%. A União Europeia produz 5,7% dessa produção mundial. Juntos os Estados Unidos e a China consomem 52,7% do milho produzido no mundo.

Da safra de 2000/01 para a de 2017/18, a produção mundial de milho teve aumento de 82%, passando de 591 milhões de toneladas para 1,076 bilhão de toneladas, motivado principalmente pelo uso do milho como ração animal para a produção de frangos e suínos. A produção é relativamente concentrada em poucos países, com destaque para os Estados Unidos, com 34,5% (371 milhões de toneladas) da produção mundial, seguido da China, com 24,5% (263 milhões de toneladas). Segundo o USDA (2018a, 2018b), apenas dois países, os Estados Unidos e a China representam 58,9% da produção mundial de milho. Ao se agregarem Brasil e União Europeia aos EUA e China, os 4 maiores produtores são responsáveis por 72,3% da produção mundial. Alguns países se destacam com aumento da produção bem acima da média mundial: Argentina, Índia, México, Ucrânia e Canadá. A Ucrânia merece destaque por ter apresentado um crescimento da produção em menos de duas décadas superior a 500%, passando a ser um dos principais players no comércio mundial de milho, e com a vantagem logística de estar mais próximo dos mercados consumidores do que os Estados Unidos, o Brasil e a Argentina. (Embrapa, 2019).

Apesar da importância deste cereal como a maior cultura agrícola mundial e da sua comercialização como commodity (produto padronizado), o comércio internacional do milho possui percentual baixo em relação à produção, apenas 14% em 2017/18. Em termos comparativos, o comércio da soja representou 45,2% da produção mundial no mesmo período. Adicionalmente, as exportações de milho estão concentradas em quatro países: Estados Unidos, Brasil, Argentina e Ucrânia. De acordo com dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2018a), esses países representaram juntos 86,2% das exportações mundiais do cereal em 2017/18. (Embrapa, 2019)

O mercado brasileiro do milho apresentou expressiva reestruturação em termos de composição da oferta e demanda ao longo das primeiras duas décadas do século XXI (Conab, 2018a). O milho apresenta razoável distribuição regional. Segundo a Embrapa (2019) o principal produtor nacional é Mato Grosso, e juntamente com Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais produziram 74,2% da safra nacional de milho em 2017/18. A produção brasileira, que

teve colheita recorde em 2016/17 de 97,8 milhões de toneladas, pode atingir entre 121,4 e 182,7 milhões de toneladas na próxima década (Gasques et al., 2018). As projeções de exportação feitas pelo USDA (2018b) para o milho do Brasil são de 44,8 milhões de toneladas em 2027/28. O trabalho da OECD-FAO (2018) projeta uma produção mundial da ordem de 1,16 bilhão de toneladas de milho. Deste total, a cerca de 60,0% devem ser destinados a alimentação animal, 13,4% ao consumo humano e 15,5% à produção de bicomcombustível.

### **2.1.5 Produção**

Segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) ocorreu uma produção mundial de 1,075 bilhões de toneladas na safra 2016/17 com o os Estados Unidos produzindo 384,78 milhões de tonelada e consumindo 313,9 milhões destas.

O Brasil plantou a cerca de 53 milhões de hectares, sendo um dos principais fatores no aumento de produção de milho, foi o melhoramento de sementes, práticas de manejo e uso do plantio direto melhorando a sustentabilidade. Caso não houvesse melhoras na produção no Brasil, seria necessário a cerca de 120 milhões de hectares para atingir a produção atual, assim necessitariam de áreas desmatadas para alcançar a produtividade atual (Peixoto, 2014).

Segundo a CONAB (2017) na safra 2016/2017 ocorreu a produção de 30,46 milhões de toneladas vindo de acréscimo de 18,3% em relação às safras de 2015/2016. O milho safrinha obteve resultados de 67,25 milhões de toneladas colhidas sendo cultivadas em 12 milhões de hectares. Assim, obtendo-se o recorde de 97,712 milhões de toneladas em todo Brasil.

O trabalho da OECD-FAO (2018) projeta uma produção mundial da ordem de 1,16 bilhão de toneladas de milho. Deste total, a cerca de 60,0% devem ser destinados a alimentação animal, 13,4% ao consumo humano e 15,5% à produção de bicomcombustível. O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos projeta exportações totais de milho da ordem de 188,8 milhões de toneladas em 2027/28. Esse volume deverá ser suprido principalmente pelos Estados Unidos, 29,6%, Brasil, 23,7%, Ucrânia, 16,2% e Argentina, 17,2% (Embrapa-2019).

As projeções de exportação feitas pelo USDA (2018b) para o milho do Brasil são de 44,8 milhões de toneladas em 2027/28. O consumo interno de milho que em 2018/19 representa 65,6% da produção deve permanecer num percentual próximo desse no próximo decênio (MAPA 2019). A produção nacional de milho, em 2018/19, está distribuída nos estados de Mato Grosso, 31,3%, Paraná, 16,7%, Goiás, 10,4% Mato Grosso do Sul, 10,1%, Minas Gerais 7,4%. Estes estados têm produção estimada em 72,2 milhões de toneladas, devem contribuir com 75,8% da produção nacional esperada em 2018/19 que é de 95,3 milhões de toneladas (MAPA,2019).

De acordo com a CONAB (2020) Divulgado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – Usda (sigla em inglês), o primeiro relatório de oferta e demanda mundial para a safra 20/21; Causou surpresa no mercado, vez que a estimativa de produção da safra norte-americana superou as expectativas e está estimada em 406,3 milhões de t, um incremento de quase 60 milhões de t e a maior safra de milho da história dos Estados Unidos; O consumo estadunidense teve incremento mais discreto, saindo de 306 para 321 milhões de t, levando a crer em retomada da produção de etanol e carne em um cenário pós-pandemia; O Usda estima, também, crescimento da produção do Brasil, União Europeia e Ucrânia, que juntos, saem de 204,8 para 215,3 milhões de t. No total, a produção mundial tem aumento de 72,1 milhões de t, aumento no consumo de 35,5 milhões de t, gerando estoque final com incremento próximo a 25 milhões de t.

## **2.2. Nutrição Mineral No Milho**

### **2.2.1 Importância**

Para que a produção não seja afetada ou limitada por um nutriente em menor proporção de disponibilidade, tem-se a lei do mínimo de Liebig em que é tão importante é a quantidade absoluta de um nutriente quanto à quantidade relativa dele no solo (Malavolta, 1992).

Dados médios de experimentos conduzidos na Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas-MG, dão idéia da extração de nutrientes pelo milho, cultivado para produção de grãos e silagem

(Tabela 1). Observa-se que a extração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio aumenta linearmente com o aumento na produtividade, e que a maior exigência do milho se refere a nitrogênio e potássio, seguindo cálcio, magnésio e fósforo (Embrapa 2006).

Fernandes (2006) e Yost et al (2011) afirmam que o milho com a deficiência de potássio influencia na redução do porte da planta, e as folhas mais velhas apresentam necrose das pontas até a margem. Por ser um nutriente bastante móvel, desloca-se facilmente para as folhas mais jovens.

A deficiência de fósforo (P) no milho apresenta diminuição no porte da planta, mas não quanto ao potássio, que as folhas mais velhas apresentam a cor roxa que se dirige as mais novas, evoluindo para necrose, pelo acúmulo nos vacúolos do pigmento antocianina que confere a coloração do limbo foliar, permitindo, também o maior ataque da lagarta do cartucho sendo muito comum em plantas com deficiência de P (EPSTEIN; BLOOM, 2006; GAUTAM et al., 2011).

Segundo Ferreira (2012) nas plantas de milho que possuem sintomas de deficiência de nitrogênio ocorrem diminuição acentuada do porte da planta e clorose generalizada nas folhas mais velhas.

### **2.2.2 Macro nutriente e Micronutriente**

Com relação aos micronutrientes, as quantidades requeridas pelas plantas de milho são muito pequenas. Para a produtividade de 9 t de grãos/ha, são extraídos: 2.100 g de ferro, 340 g de manganês, 400 g de zinco, 170 g de boro, 110 g de cobre e, 9 g de molibdênio. Entretanto, a deficiência de um deles pode ter tanto efeito na desorganização de processos metabólicos e redução na produtividade, como a Nutrição e Adubação do Milho 2 Nutrição e Adubação do Milho deficiência de um macronutriente como, por exemplo, o nitrogênio (Embrapa,2019)

O nitrogênio é um nutriente primordial no ciclo de vida do milho, pois além de formar as proteínas, ele é integrante da molécula clorofila, assim, as plantas bem nutridas apresentam crescimento vegetativo intenso e coloração verde-escura (TANAKA et al., 1997).

O fósforo está presente na solução do solo e na fração sólida no solo existe uma mistura de materiais orgânicos e inorgânicos. O fósforo na solução do solo é de fundamental importância para a nutrição mineral das plantas, porém se o pH do solo interfere nos fatores óxidos que afetam o equilíbrio do fósforo sólido (GIANELO et al., 1995).

Segundo a Embrapa (2001) a quantidade de materiais primários e secundários presentes no solo, o tipo de ligação química entre o potássio e demais elementos é o que vão dizer qual a disponibilidade de potássio para a cultura do milho, em argilominerais essas ligações são fracas podendo ser definido como potássio trocável devido ao equilíbrio rápido que pode manter com o potássio da solução do solo.

Ferreira (2012) afirma que a deficiência de macro e micronutriente mostram relações diretas com os outros nutrientes no desempenho da bioquímica e no metabolismo vegetal. Em que a deficiência de um macro ou micronutriente afeta diretamente no desenvolvimento do milho, sendo comprovado pela diminuição do porte da planta.

### **2.3 Zinco Na Cultura Do Milho**

Entre os micronutrientes o Zn é pouco exigido pelas plantas, porém são essenciais para completar seu ciclo, mas que fornecidos em baixa quantidade podem afetar o crescimento e a produtividade. O seu fornecimento para as plantas podem ser via foliar, tratamento de sementes ou diretamente no solo, sendo que resultados experimentais 98 a 99% do Zn da solução do solo ocorre na forma de complexos orgânicos. Assim, as solubilidades desses micronutrientes estão diretamente relacionadas com a atividade microbiana do solo, resultando na produção de compostos orgânicos solúveis que podem complexar metais como o cobre. (GIANELLO et al., 1995).

O zinco é indispensável para os sistemas enzimáticos das plantas, controlando a produção de importantes reguladores de crescimento. Sua função básica está relacionada ao metabolismo de proteínas e carboidratos, de fosfatos e, também na formação de auxinas, RNA e ribossomos (Thorne, 1957; Dechen et al. 1991). Os sintomas da deficiência deste elemento estão

relacionados com o crescimento raquítico das plantas, como conseqüência da diminuição dos reguladores, e com o aparecimento de faixas brancas em cada lado da nervura central, típicas em milho e sorgo (Dechen et al., 1991).

Segundo Prado (2008) a deficiência de Zn em milho apresenta leve diminuição no tamanho da planta, também por serem pouco móvel com redistribuição limitada os sintomas de sua deficiência são observados nas folhas novas apresentando um ‘arroxamento’ intranerval que surgirá no ápice e irá evoluir até a base.

## **2.4 Boro Na Cultura Do Milho**

A planta de milho quando apresenta deficiência de boro (B) o porte da planta tem acentuada diminuição e uma coloração verde muito intensa. Devido ao fato da deficiência de B ser muito mais influente no crescimento do que sobre a síntese de clorofila, causando uma concentração nos tecidos. Esses sintomas são mais visíveis nas folhas mais jovens, devido ao micronutriente ser pouco móvel no floema, a base da lâmina foliar apresenta diminuição na espessura dos tecidos e as folhas mais novas se enrolam formando um ‘charuto’, podendo tender a um perfilhamento. Sendo bastante importante na estabilidade da parede celular, crescimento dos meristemas apicais e na permeabilidade das membranas celulares (LIMA et al., 2007; PRADO et al., 2008).

Segundo Gupta (1993), a concentração de boro nos tecidos das plantas pode ser relacionada a diversos fatores que incluem a variação genotípica das plantas, o estágio de desenvolvimento e, também fatores ambientais.

O boro é essencial para o crescimento das células, principalmente nas partes mais novas da planta, ou seja, nas gemas e extremidades das raízes. A presença deste nutriente influi na polinização, na formação da parede celular, no florescimento e pegamento da florada e na formação de proteínas. De acordo com Gupta et al. (1985) e Goldberg (1997), apesar da essencialidade, o intervalo de concentração de boro entre a deficiência e a toxidez é muito menor que para os outros nutrientes.





### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Escola do Instituto Federal Goiano (IFGoiano), Campus Iporá, município de Iporá, GO, Brasil localizada geograficamente na área experimental com 16° 15' de latitude sul e 51° 12' longitude oeste, estando a 611 m acima do nível do mar. O solo é classificado como Neossolo Quartzarênico de textura franco-arenosa (EMBRAPA, 2013), cujas características químicas são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo utilizado no estudo. V – Saturação por base; M.O – Matéria orgânica; Mel. – Extrator Mehlich-1.

O clima da região, segundo classificação de Köppen-Geiger (1900) e adaptada por Cardoso et al. (2014), é do tipo Aw, clima tropical com duas estações bem definidas: seca e chuvosa. A duração do período seco é de cinco meses, sendo a temperatura média anual de 24°C e precipitação média anual de 1.613 mm. Os dados climáticos do período de condução do experimento foram registrados pela estação Meteorológica do Instituto Federal Goiano, localizada a 300 metros da área experimental (Figura 1).

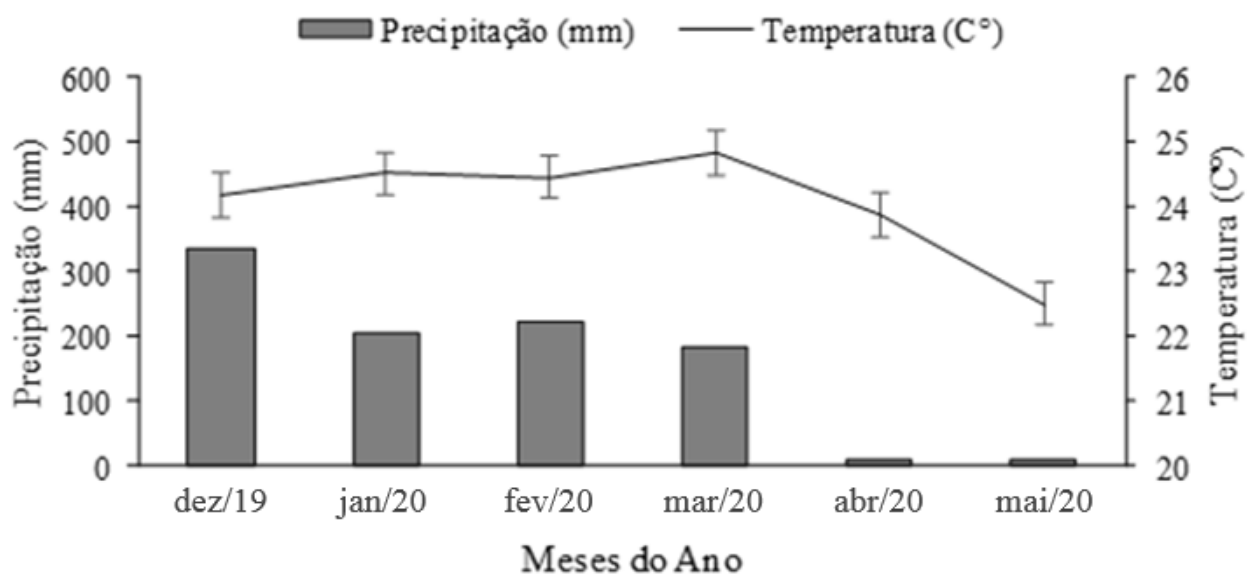


Figura 1. Dados de temperaturas médias (°C) e precipitação pluviométrica (mm) na área experimental da Fazenda Escola do Instituto Federal Goiano em Iporá – GO, durante período de condução do experimento no ano de 2020.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, em esquema fatorial 6 x 2, correspondente a seis doses de (B) aplicadas no solo (0, 1, 2, 3, 4 e 5 kg de ha<sup>-1</sup>) e, sem e com adubação de Zn (2,0 kg de Zn ha<sup>-1</sup>), ambas realizadas na semeadura. A dose de Zn foi calculada seguindo a recomendação de Sousa e Lobato (2004). As fontes de B e Zn utilizadas foram ácido bórico e sulfato de zinco, respectivamente.

Cada parcela experimental foi composta por cinco linhas de 4,0 m, espaçadas em 0,5 m cada. Sendo a área útil da parcela composta pelas três linhas centrais, excluídos 0,5 m em cada extremidade para formação da bordadura (Figura 2). O híbrido de milho utilizado foi o MG711 PW.



Figura 2. Marcação das parcelas experimentais – Iporá – GO.

A semeadura foi realizada manualmente, sendo as sementes depositadas a 5 cm de profundidade no sulco de semeadura, estabelecendo um estande de 80.000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ . Na adubação de semeadura foram aplicados 30, 150 e 75  $\text{kg ha}^{-1}$  de N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  e  $\text{K}_2\text{O}$ , respectivamente e na adubação de cobertura, quando as plantas atingiram o estágio vegetativo V4, foram aplicados 145  $\text{kg de N ha}^{-1}$ . Nas duas adubações realizadas durante o manejo da cultura foram seguidas as recomendações preconizadas por Souza e Lobato (2004).

O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação dos herbicidas nicosulfuron + atrazine nas doses de 20 + 1000 g i.a  $\text{ha}^{-1}$ , respectivamente. A aplicação foi realizada com pulverizador costal pressurizado com  $\text{CO}_2$ , mantido a pressão constante de 210 kPa, equipado com barra de 2 metros com 4 bicos e pontas DG 110 02, com consumo de calda equivalente a 200 L  $\text{ha}^{-1}$ . Houve também, a necessidade da aplicação dos inseticidas: lufenuron + clorpirifós nas doses de 0,2 e 0,5 L  $\text{ha}^{-1}$  respectivamente, para controlar a lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*).

Quando 50% + 1 das plantas de milho atingiram o estágio fenológico R1 – embonecamento e polinização (Magalhães e Durães, 2006), foram avaliadas as variáveis de crescimento: diâmetro de colmo e altura de plantas, juntamente com o índice SPAD de clorofila (Figura 3). Após essas determinações, no estágio fenológico R6 – maturação fisiológica (Magalhães e Durães, 2006), demonstrados nas figuras 4, 5 e 6, foram coletadas 20 espigas por parcela para determinação do: comprimento da espiga; massa de mil grãos e produtividade,

considerado o teor de água nos grãos de 13%, conforme método preconizado pelas Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A dose de máxima eficiência, foi determinada por meio do ajuste da equação de grau dois ( $RG = b_0 \pm b_1 x \pm b_2 x^2$ ) para a estimativa da máxima eficiência ( $DME = - [(b_1)/(2b_2)]$ ).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, para comparação das médias de adubação, sem e com Zn, e equações de regressão para o efeito das doses de B.

Figura 3. Plantas de milho no estágio fenológico R1 – Iporá – GO.

Figura 4. Espigas de milho no estágio fenológico grãos pastosos – Iporá – GO.

Figura 5. Medição do comprimento de espiga – Iporá – GO.

Figura 6. Debulha das espigas – Iporá – GO.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O aumento das doses de B sem ou com Zn, não proporcionou incrementos na variável altura de planta, sendo a média geral de altura de 2,2 m. O que corrobora com outros estudos, que também não foram observadas alterações em função da aplicação de doses de B que variavam de 0 a 4 kg ha<sup>-1</sup> (Filho, 2004; Jamani, 2006). Contudo, o diâmetro do colmo aumentou de forma significativa com a aplicação de B (F = 0,00) [Figura 7], porém, também não foi observado interação quando da adubação com B e Zn para esta variável.

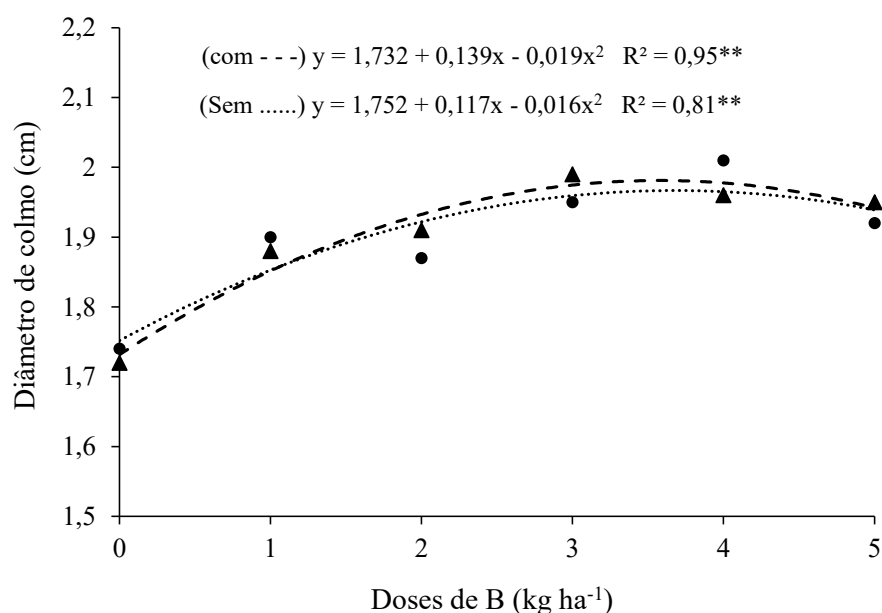


Figura 7. Diâmetro de colmos de plantas de milho em função da aplicação de seis doses de B, sem ou com a aplicação conjunta de 2,0 de Zn ha<sup>-1</sup>, na adubação de semeadura. Iporá – GO.

Soares (2003), não observou crescimento do diâmetro de colmo com a aplicação de doses de B no fundo do sulco de semeadura, possivelmente, pelo solo apresentar teor suficiente de boro (0,35 mg dm<sup>-3</sup>). Vale ressaltar que Fancelli e Dourado Neto (2000) recomendam como

adequados para a cultura de milho, teores de boro entre 0,1 e 0,3 mg dm<sup>-3</sup>. Portanto, a resposta do milho as doses de B no presente estudo, deve-se aos teores iniciais de B no solo (testemunha), que foram de 0,05 mg dm<sup>-3</sup>, abaixo do recomendado para a cultura.

O crescimento do diâmetro do colmo observado neste estudo, em função do aumento da dose de B, também evidencia que o B é essencial não somente nos estádios reprodutivos da cultura (Possan, 2010), mais, nos estádios de crescimento vegetativo. Plantas com maior diâmetro de colmo também apresentam maior crescimento de espigas, através da maior quantidade e eficiência na translocação e partição dos fotossintatos, em plantas com bom equilíbrio nutricional, com efeitos positivos na produtividade de grãos (Cruz, 2013; Fancelli, 2013).

Para o índice SPAD de clorofila, observou-se interação entre Zn e B, porém, as médias foram superiores quando da adubação com Zn, apenas na dose de 1,0 kg de B ha<sup>-1</sup> (Tabela 2). Esse aumento pode estar relacionado com o fato do Zn ser um componente das desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfohidrolases, enzimas essenciais para a fotossíntese, além disso, a deficiência de Zn reduz a concentração de clorofilas *a* e *b* (Mousavi; Galavi; Rezaei, 2013), fundamentais para o processo fotossintético. Além disso, Araujo e Silva (2012), avaliando a interação de B e Zn no crescimento do algodoeiro, observaram que os teores de B na parte aérea aumentaram em função do aumento das concentrações de Zn na solução do solo.

Tabela 2. Índice SPAD de clorofila da folha +3 de plantas de milho em função da aplicação de seis doses de B, sem ou com a aplicação de 2,0 de Zn ha<sup>-1</sup>, na adubação de semeadura. Iporá – GO.

Adubação	Índice SPAD clorofila						---Significância e CV%---
	Doses de B (kg ha <sup>-1</sup> )						
2,0 kg de Zn ha <sup>-1</sup>	0	1	2	3	4	5	
Com	39,0 bA	49,2 aA	48,9 aA	48,2 aA	46,9 aA	40,0 bA	"F" (doses de B) 0,00 "F" (adub. com Zn) 0,16
Sem	41,8 aA	43,9 aB	46,7 aA	44,8 aA	46,1 aA	42,3 aA	"F" (interação B x Zn) 0,03 CV% 6,47



Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey; CV%: coeficiente de variação.

A ausência de incrementos nos índices SPDA de clorofila, pode indicar que os níveis de B para a expressão máxima de clorofila nas folhas das plantas de milho, podem ser alcançados em solos com baixos teores de B, por meio da aplicação de 1,0 kg desse elemento ha<sup>-1</sup>. Nesse sentido, um estudo realizado por Souza (2015), em que foram aplicadas doses de B até 8,0 kg ha<sup>-1</sup> no cultivo de milho, não registrou diferenças significativas para os índices SPAD de clorofila.

Na análise dos componentes de produção, não se observou diferença entre as médias de comprimento de espiga com a aplicação dos tratamentos, sendo a média geral de comprimento de 12,9 cm, corroborando com os resultado encontrados por Jamami (2006) quando analisando o comprimento de espiga, também não houve alterações significativas em plantas adubadas sem e com B. No mesmo sentido, Dourado Neto et al. (2004), não observaram influência significativa da aplicação de doses crescentes de B (até 8 kg ha<sup>-1</sup>) sobre a variável comprimento de espiga. É importante destacar, que altas doses de B aplicadas no sulco de semeadura, neste estudo (5 kg ha<sup>-1</sup>) e, também em (Dourado Neto et al., 2004), não interferiram negativamente sobre o comprimento das espigas de milho.

A massa de mil grãos e a produtividade de grãos aumentaram com a aplicação das doses de B (Tabela 3). Para a massa de mil grãos, foram observadas médias variando de 293 g para testemunha e 330 g para aplicação de 4,0 kg de B, nos tratamentos constituídos de doses de B mais adubação com Zn. Para os tratamentos com apenas as doses de B, não foi registrado alteração nas médias de massa de mil grãos. Diferentemente do observado para a produtividade de grãos, em que ocorreu interação entre as doses de B e a adubação com Zn, com incremento na produtividade de 793 kg de grãos, quando da aplicação de na dose de 1,0 kg de B ha<sup>-1</sup>.

Segundo Taiz et al. (2017) a quantidade de clorofila é um dos fatores que mais interfere no crescimento e desenvolvimento vegetal, pois essa molécula é essencial para realização de fotossíntese, ou seja, transformação do CO<sub>2</sub> atmosférico em energia metabólica. Desta forma, o índice de clorofila nas folhas está intimamente relacionado com a produção de massa de grãos e

consequentemente com a produtividade de grãos de milho (Tabela 2), pelo fato de interferir na fotossíntese. 11308 bcA .

Tabela 3. Comprimento de espiga, massa de mil grãos e produtividade de plantas de milho em função da aplicação de seis doses de B, sem ou com a aplicação de 2,0 de Zn ha<sup>-1</sup>, na adubação de semeadura. Iporá – GO.

Adubação	Massa de mil grãos (g)						Produtividade de grãos com 13% de umidade (kg ha <sup>-1</sup> )					
	Doses de B (kg ha <sup>-1</sup> )						Doses de B (kg ha <sup>-1</sup> )					
2,0 kg de Zn ha <sup>-1</sup>	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
Com	293 a	306 ab	330 b	329 b	330 b	305 ab	9569 aA	10305 abB	11380 bcA	11308 bcA	11586 cA	10883 bcA
Sem	303 a	308 a	312 a	318 a	315 a	305 a	9085 aA	9512 aA	10766 bA	10838 bA	11448 bA	11021 bA
"F" (doses de B)							0,00					
"F" (adubação com Zn)							0,21					
"F" (interação B x Zn)							0,39					
CV%							4,81					

(i) Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey; CV%: coeficiente de variação.

Ainda com relação aos componentes de produção, ajustou-se modelos quadráticos para as médias obtidas em função da aplicação das doses de B. Para a massa de mil grãos a dose de máxima eficiência (DME) foi de 2,87 kg de B ha<sup>-1</sup> com Zn (Figura 8). Em relação a produtividade de grãos, a DME foi de 3,29 e 4,31 kg de B ha<sup>-1</sup> para os tratamentos sem e com adubação com Zn, respectivamente (Figura 8).

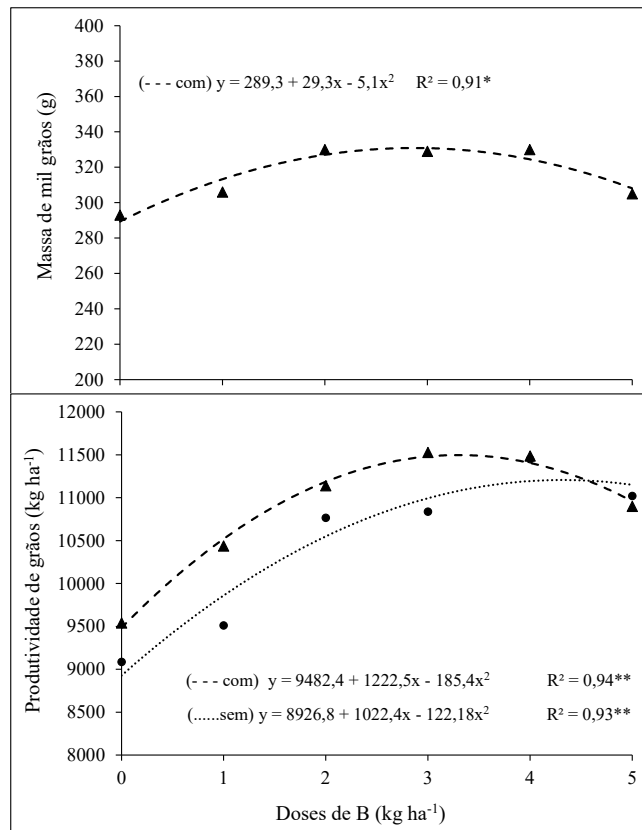


Figura 8. Massa de mil grãos e produtividade grãos de plantas de milho em função da aplicação de seis doses de B, sem ou com a aplicação de 2,0 de Zn ha<sup>-1</sup>, na adubação de semeadura. Iporá – GO.

Jamami et al. (2006) e Nogueira (2016) na avaliação das respostas dos híbridos de milho AG 1043 e BKB 350 PRO à aplicação de doses de B (0, 1, 2, 3 e 4 kg ha<sup>-1</sup>) e doses de Zn (0, 2,0 e 4,0 kg ha<sup>-1</sup>), constataram que a aplicação de B e Zn no sulco de semeadura não proporcionou aumento dos teores foliares desses nutrientes, nem ganhos de produtividade. Possivelmente, pelos teores médios de B e Zn disponíveis no solo das áreas experimentais utilizadas, com valores de 0,07 a 0,16 mg de B dm<sup>-3</sup> e 0,3 a 1,2 mg de Zn dm<sup>-3</sup> para Jamami et al. (2006) e Nogueira (2016), respectivamente.

Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000), os teores de B e Zn adequados para nutrição da cultura do milho variam entre 0,1 a 0,3 mg dm<sup>-3</sup> para B e 0,5 a 1,0 mg dm<sup>-3</sup> para Zn. No solo utilizado para a condução desse experimento foi quantificado os teores de B e Zn, médias das duas camadas de solo amostradas (0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade), sendo de 0,03 e 0,4 mg

de  $\text{dm}^{-3}$  de B e Zn, respectivamente (Tabela 1), ou seja, valores muito abaixo do nível de suficiência.

O tipo de solo também pode ter contribuído para o aumento da produtividade nesse estudo, classificado como Neossolo Quartzarênico de textura franco-arenoso (EMBRAPA, 2013). Segundo Castillo (2016) e Hansel; Oliveira (2016), solos de textura arenosa, pobres em matéria orgânica, tendem a apresentar baixa disponibilidade de B e Zn, promovendo respostas positivas por parte das plantas cultivadas, em resposta ao aumento da disponibilidade desse micronutriente através do processo de adubação.

Em experimentos realizados por Jamami et al. (2006) e Nogueira (2016), conduzidos em solos do tipo Latossolo Vermelho distrófico de textura argilosa (média de 45 % para as duas áreas) não foram observados incrementos na produtividade de grãos com a aplicação de B e Zn, segundo esses autores, o alto teor de argila pode ter reduzido drasticamente a lixiviação de B e Zn da camada arável do solo e potencializado seu efeito residual.

## 5. CONCLUSÕES

A adubação com boratada aumenta a produtividade do milho em solo com textura franco-arenosa e baixos teores desse micronutriente.

Existe interação entre B e Zn na adubação de milho cultivado em solo com textura franco-arenosa e baixos teores desses micronutrientes, quando aplicados 1,0 kg de B juntamente com 2,0 kg de Zn ha<sup>-1</sup>, com aumento de produtividade.

As doses de máxima eficiência técnica para produtividade de grãos em solo com textura franco-arenosa e baixos teores desses micronutrientes, são de 3,29 e 4,31 kg de B ha<sup>-1</sup> para os tratamentos sem e com adubação com Zn, respectivamente.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ABREU, D.L., E. CANSI & C. JURIATTI.2007.** Avaliação do rendimento socioeconômico de variedades Crioulas e híbridos comerciais de milho na microrregião de Chapecó. Revista Brasileira de Agroecologia, v.2, n.1.

**Alves, F. Q. G., F.C. Silva, I.J.S. Costa, A.M.S.S. & David, D.A. Simões.2010.** Qualidade fisiológica de híbridos de milho submetidos a diferentes temperaturas. Trabalho apresentado no 28. Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo.

**Araujo, E. O.& M.A.C. Silva.2012,** Interação boro e zinco no crescimento, desenvolvimento e nutrição do algodoeiro. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 7, p, 720-727.

**Bergamachi, H..2014.** O milho e o clima / Homero Bergamaschi e Ronaldo Matzenauer. - Porto Alegre: Emater/RS-Ascar. 84 p. : il.

**Bortoletto, A. M.& A.R. Alcarde.2015.** Dominante nos EUA, etanol de milho é opção, no Brasil, para safra excedente, visão agrícola nº13 jul | dez 2015 pag135.

**Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária.2009.** Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS. 395p.

**Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.2019.** Projeções do Agronegócio : Brasil 2018/19 a 2028/29 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. – Brasília : MAPA/ACE. 126 p.

**Brunes, A. P., S. De Oliveira, E.S. Lemes,L.C. Tavares, V.M. Gerhling &L.W. Dias.2015.** VILLELA, F. A. Adubação borratada e produção de sementes de trigo. Ciência Rural, Santa Maria, v. 45, n. 9, p. 1572-1578.

**Cardoso, M. R. D.,F.F.N. Marcuzzo & J.R. Barros. 2015.** Classificação climática de Köppen-Geiger para o estado de Goiás e o Distrito Federal. ACTA Geográfica, v. 28, n. 16, p. 40-55.

**Castillo, G.2016.** A importância do boro para cultura da soja. 3r lab.

**Chen, W.,X. Yang,Z. He, Y. Feng &F. Hu.2008.** Differential changes in photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence and chloroplast ultrastructure between Zn-efficient and Zn-inefficient rice genotypes (*Oryza sativa*) under low zinc stress. *Physiologia Plantarum*, Sweden, v. 132, n. 1, p. 89-101.

**Cherif, J., C. Mediouni, W.B. Ammar & F Jemal.2011.** Interactions of zinc and cadmium toxicity in their effects on growth and in antioxidative systems in tomato plants (*Solanum lycopersicum*). *J. Environ. Sci.*, 23:837-844, 2011.

**CONAB – Companhia Nacional do Abastecimento.2017.** Acompanhamento da safra Brasileira – Grãos. Safra 2015/2016. Decimo segundo levantamento. Setembro.

**Conselho De Informações Sobre Biotecnologia.** Disponível em:

<[http://www.cib.org.br/pdf/guia\\_do\\_milho\\_CIB.pdf](http://www.cib.org.br/pdf/guia_do_milho_CIB.pdf)>. Acesso em 09 de março de 2018.

**CONAB.2013.** Perspectivas para a agropecuária / Companhia Nacional de Abastecimento – v.1 – Brasília : Conab.

**Cruz, S. J. S.2013.** Características morfofisiológicas de plantas e produtividade do milho. Tese (Tese em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu, p. 77.

**Cruz, J.C. 2011.** Milho : o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica. 338 P.

**Demarchi, M.2011.** Análise da Conjuntura Agropecuária Safra 2011/12: Milho. Curitiba. 14p.

**Dourado neto, D., J.L. Favarin, P.A. Manfron, F.G. Pilau & M.A. Soares. 2004.**

BONNECARRÈRE, R. A. g.; OHSE, S. Efeito de boro e nitrogênio na cultura do milho. *INSULA* Florianópolis, nº. 33, p. 51-67.

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.2013.** Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília. 353p.

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.2004.** Manual de segurança e qualidade para a cultura do milho. Brasília: Embrapa/Sede. 78 p.

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.2019.** Série desafios do agronegócio brasileiro (NT2). Brasília: Embrapa/sede. 2 p.

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.2001.** Tecnologia de produção de soja. Londrina. 281 p.

**Epstein, E. & A.J. Bloom.2006.** Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas. 2. ed. Trad. NUNES, M.E.T. Londrina: Editora Planta. 403 p.

**FAGERIA, N,; K.2000.** Níveis Adequados e Tóxicos de Zinco na Produção de Arroz, Feijão, Milho, Soja e Trigo em Solo de Cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.4, n.3, p.390-395. Campina Grande, PB, DEAg/UFPB.

**Fancelli, A. L. & D. Dourado Neto.2004.** Produção de milho. 2. ed. Guaíba: Agropecuária. 360 p.

**Fancelli, A. L.** Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento. In: POTAFOS Brasil – Presentations. Disponível em:  
[http://www.ppippic.org/ppiweb/pbrazil.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/7ac877864218d46983256c70005790fc/\\$FILE/Anais%20Antonio%20Luiz%20Fancelli.doc](http://www.ppippic.org/ppiweb/pbrazil.nsf/926048f0196c9d4285256983005c64de/7ac877864218d46983256c70005790fc/$FILE/Anais%20Antonio%20Luiz%20Fancelli.doc). Acesso em: 19 fev. 2019.

**Fernandes, M. S.2006.** Nutrição Mineral de Plantas. 1. ed. Viçosa: UFV. 432 p. (Sociedade Brasileira de Ciência do Solo).

**Ferreira, M.M.M.** Sintomas de deficiência de macro e micronutrientes de plantas de milho híbrido. Revista Agro@ambiente On-line, v. 6, n. 1, p. 74-83, janeiro-abril, 2012.

**Filho, E. J. L.2004.** Fertilização de Boro na Cultura do Milho Associada a Nitrogênio e Potássio em Plantio Direto na Palha. Universidade Federal do Paraná setor de ciências agrárias departamento de fitotecnia e fitossanitarismo, programa de pós-graduação em agronomia produção vegetal em Curitiba, PR. P 28-31.



**Gautam, P. et al.2011.** Phosphorus concentration, uptake and dry matter yield of corn hybrids. World Journal of Agricultural Sciences, v. 7, n. 4, p. 418-424.

**Gianello, C., C.A. Bissani & M.J. Tedesco.1995.** Princípios de fertilidade do solo. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 276 p.

**Grossi, M. C., R.F. Silva, C.L.T. Andrade & F. Justino.2011.** Influência da radiação solar e da temperatura do ar na produtividade potencial simulada do milho (*Zea mays*) em Sete Lagoas, MG. Trabalho apresentado no 17. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Guarapari-ES.

**Hafeez, B., Y.M. Khanif & M. Saleem.2013.** Role of zinc in plant nutrition-a review. American Journal of Experimental Agriculture, v. 3, n. 2, p. 374-391.

**Hansel, F, D. & M.L. Oliveira.2016.** Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. Informações Agronômicas. In: IPNI – International Plant Nutrition Institute. 153: 8p.

**Hosseini, S. M., M. Maftoun, N. Karimian, A. Ronaghi & Y. Emam.2007..** Effect of Zinc x Boron interaction on plant growth and tissue nutrient concentration of corn. Journal of Plant Nutrition, London, v. 30, n. 5, p. 773-781.

**Jamami, N.2001.** Efeito de boro e zinco na cultura do milho. 2001. ix, 92 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, p 40.

**Javorski, M., L.K.Rinaldi, J. Miranda,A.P.M. Simonetti & G.C.M. Moreira. 2015.**Rendimento de sementes de milho em função da adubação foliar com cálcio e boro no estágio fenológico (V6). ISSN 2175-2214 Volume 8 - n°2, p. 132 – 14.

**Köppen, w. 1900.**Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugsweise nach ihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. – Geogr. Zeitschr. v. 6, n. 1, p. 593–611 e 657–679.

**Lacerda, C. F. et al.2007.** Fisiologia vegetal. Fortaleza - Ce.

**Lima, J. P. C. de S. et al.2007.** Níveis críticos e tóxicos de boro em solos de Pernambuco em casa de vegetação. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 73-79.

**Magalhães, P. C., T.C de Souza.2011.** Thiago Corrêa de. Cultivo do Milho. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas: Sistema de Produção 8ª edição.

**Magalhães, P. C. & F.O.M. Durães.2004.** Fisiologia da produção de milho. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 76).

MAJEROWICZ, N. Fotossíntese. In: KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. 1.ed. São Paulo: Guanabara Koogan. p. 114-178.

**Malavolta, E.1992.** ABC da análise de solos e folhas. São Paulo: Agronômica Ceres. 124p.

**Marques J.J., D.G. Schulze,N. Curi & S.A. Mertzman.2004.** Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. Geoderma, v.121, p.31-43.

**Mengel, K. & E. Kirhby.2001.** Principles of plant nutrition. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 849 p.

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

**Peixoto, C. de M.2014.** O milho no Brasil, sua Importância e Evolução. Santa Cruz do Sul.

**Pereira, J., I.F. Vieira, A.E. Moraes & A.S. Rêgo.1973.** Níveis de sulfato de zinco em milho (*Zea mays* L.) em solos de campo de cerrado. Pesqui. Agropecu. Bras., v. 8, p.191.

**Perry, L., Sandweiss, D., Piperno, D. et al. 2006.** Early maize agriculture and interzonal interaction in southern Peru. Nature 440, 76–79.

**Possan, A.2010.** Avaliação na aplicação de cálcio e boro, no estágio de floração na cultura da soja (*glycine max* L. Merrill) nas regiões do oeste catarinense. Universidade Comunitária da região de Chapecó. Monografia de conclusão de curso. p.41.

**Prado, R. de M.2008.** Nutrição de Plantas. 1 ed. São Paulo: Editora UNESP. 407 p.

**Revista Canal Rural.** Disponível em:

<<http://www.canalrural.com.br/noticias/agricultura/quatro-estados-concentram-quase-producao-graos-pais-67407>>. Acesso em 09 de março de 2018.

**Ribeiro, A.C., P.T.G. Guimarães & V. V.H. Alvarez.1999.** Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação. Viçosa. 359 p.

**Rodrigues, L. R., P.R.F. Silva, P.R. Ferreira, et al.2011.** Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul: Safras 2011/2012 e 2012/2013. 1.ed. Porto Alegre: Fepagro. 140 p.

**Rosolem, C. A. & T. Biscaro. 2007.** Adsorção e lixiviação de boro em Latossolo Vermelho-Amarelo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 42, n. 10, p. 1473-1478.

**Kistler L, S. Maezumi, J. Souza, N. Przelomska, F. Costa, Smith O, ET al. 2018.** Multiproxy evidence highlights a complex evolutionary legacy of maize in South America. vol 362: p. 1309-1313

**Silva, G. T., F. Pedroso, R. Franco, S. Leonel, M. Sarmiento & S. Demiate.2006.** Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil, Campinas, 26(1): 188-197, jan.-mar.

**Soares, M. A. 2003.** Influência de nitrogênio, zinco e boro e de suas respectivas interações no desempenho da cultura do milho (*Zea mays* L)/ Marcio Augusto Soares. Dissertação de mestrado – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quairoz”. P 83-112.

**Souza, D. M. G. & E. Lobato. 2004.** Cerrado: correção do solo e adubação. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados. 416 p.

**Souza, J. A., R. Nascimento, A. Moreira & L.A.C. Moraes. 2015.-** teor de clorofila e produtividade do trigo em razão da adubação foliar com boro na presença de aminoácidos. iv paraense de reunião ciência do solo. Desafios da Ciência do Solo no Contexto das Diferentes Agriculturas do Paraná.

**Taiz, L., E. Zeiger, I.M. Moller & A. Murphy.2017.** Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed. 888p.

**Tanaka, R. T., H.A.A. Mascarenhas & C.M. Borkert.1997.** Nutrição mineral da soja. In: ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M. Cultura da soja nos cerrados. Piracicaba: Potafós. p. 109-110.

**USDA.2018.** Nota: 1 11º levantamento da safra 2017/18 - Março/18, Elaboração: Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) Acessível em;  
<<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho/attachment/file-20180309150127-boletimilhomarco2018/>> Acessado em 09 de março de 2018.

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

**Yost, M. A. et al. 1793.** Potassium management during the rotation from alfafa to corn. Agronomy Journal, v. 103, n. 6, p. 1785- 1793B.

## **LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLO**

Zn- Zinco

B- Boro

DE- Dias após a emergência

DME- Dose de máxima eficiência

NGF- Número de Grãos

