

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL

UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA

CURSO DE AGRONOMIA

**APLICAÇÃO DE BORO E ZINCO NO CONTROLE DA PINTA-  
PRETA DA BATATA**

**Acadêmica: Patrícia Pereira Machado**

Cassilândia-MS

Junho de 2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL  
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA  
CURSO DE AGRONOMIA

**APLICAÇÃO DE BORO E ZINCO NO CONTROLE DA PINTA-  
PRETA DA BATATA**

**Acadêmica: Patrícia Pereira Machado**

**Orientador: Prof. Dr. Fábio Steiner**

“Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo”.

Cassilândia-MS

Junho de 2016

## EPÍGRAFE

Novos conhecimentos requer de nós força para vencer os desafios! Desafie-se!

Você consegue superar os seus limites!

Autor Desconhecido

## DEDICATÓRIA

A Deus, o que seria de mim sem a fé que eu tenho nele. A minha mãe Sandra, meu irmão Rodrigo, meu namorado Rafael que, com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Á Deus centro e o fundamento de tudo em minha vida, por renovar a cada momento a minha força e disposição e pelo discernimento concedido ao longo dessa jornada.

Aos meus pais, Sandra e Marcelino, que nunca mediram esforços para investir e incentivar a minha formação.

Ao meu irmãos, Rodrigo, pela cumplicidade.

Ao meu namorado, Rafael, pela ajuda nas coletas, pelo apoio durante toda a execução do meu trabalho, pelo carinho e paciência a mim dedicado.

Á Universidade Estadual do Mato Grosso do Sul pela oportunidade criada.

A meu orientador, Prof. Dr. Fabio Steiner, pelo incentivo, ajuda e conhecimentos compartilhados durante este trabalho.

Á Professora Giselle Feliciani e o Professor Tiago Zoz, por participar da minha banca examinadora.

Á Todos docentes do curso de Agronomia, que contribuíram para minha formação acadêmica.

Aos colegas de curso pela amizade e compreensão Geany, Fernanda, Thaís, Bruna, Laura, Lara, Ana Paula, Yara, Naine, Paulo Antônio, Paulo Henrique, Willams, Agner, Rafael Lopes, Mateus, Conrado, Nasser, Leandro, Michel.

Aos amigos Lenys, Eliamara, Paulo Sergio, Diego, Francisco e Thalia, pela convivência harmoniosa e por tornar minha vida mais divertida nos finais de semana

Á toda minha família que fez-me acreditar mais ainda que nada é impossível, quando se tem força de vontade.

# SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS .....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
1. RESUMO.....	vii
2. ABSTRACT.....	viii
3. INTRODUÇÃO.....	1
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	4
4.1. Localização e Caracterização da Área Experimental .....	4
4.2. Obtenção e Repicagem do Patógeno .....	5
4.3. Delineamento Experimental e Tratamentos .....	5
4.4. Implantação e Condução do Experimento .....	6
4.5. Avaliações Realizadas .....	6
4.6. Análises Estatísticas .....	8
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	9
5.1. Nutrição de B e Zn das Plantas .....	9
5.2. Crescimento das Plantas .....	11
5.3. Incidência e Severidade da Doença.....	15
6. CONCLUSÃO .....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	19

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Resultado da análise química do solo Neossolo Quartzarênico utilizado no experimento. UEMS. Cassilândia/MS. 2015..... 4
- Tabela 2.** Resumo da análise de variância para os efeitos da aplicação de boro (B) e zinco (Zn) na nutrição e crescimento das plantas, e na incidência e severidade da pinta-preta (*Alternaria grandis* E.G. Simmons.) em plantas de batata (*Solanum tuberosum* L., cv. Ágata). UEMS. Cassilândia-MS, 2015 ..... 9

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Escala diagramática para avaliação da severidade da pinta-preta (*Alternaria spp.*) na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), expressa a porcentagem da área das folhas com os sintomas da doença..... 8
- Figura 2.** Efeito da aplicação de boro (B) e zinco (Zn) de forma isolada e combinada nos teores de B (A) e de Zn (B) nas folhas de batata (*Solanum tuberosum* L., cv. Ágata) inoculadas com isolados de *Alternaria grandis* aos 40 dias após o plantio. Barra seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UEMS. Cassilândia/MS. 2015. ....10
- Figura 3.** Efeito da aplicação de boro (B) e zinco (Zn) de forma isolada e combinada no número de hastes por planta (A), comprimento médio das hastes (B), número de folhas por haste (C) e diâmetro médio das hastes (D) das plantas de batata (*Solanum tuberosum* L., cv. Ágata) inoculadas com isolados de *Alternaria grandis* aos 40 dias após o plantio. Barra seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UEMS. Cassilândia/MS. 2015.....12
- Figura 4.** Efeito da aplicação de boro (B) e zinco (Zn) de forma isolada e combinada na produção de matéria seca das folhas (A), matéria secas das hastes (B), matéria seca total (C) e razão de massa das folhas (D) de batata (*Solanum tuberosum* L., cv. Ágata) inoculadas com isolados de *Alternaria grandis* aos 40 dias após o plantio. Barra seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UEMS. Cassilândia/MS. 2015. ....14
- Figura 5.** Efeito da aplicação de boro (B) e zinco (Zn) de forma isolada e combinada na incidência (A) e na severidade (B) da pinta-preta aos 7 dias após a inoculação de isolados de *Alternaria grandis* nas plantas de batata (*Solanum tuberosum* L., cv. Ágata). Barra seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UEMS. Cassilândia/MS. 2015. ....16



# APLICAÇÃO DE BORO E ZINCO NO CONTROLE DA PINTA-PRETA DA BATATA

Patrícia Pereira Machado & Fábio Steiner

## 1. RESUMO

A pinta-preta, causada pelo fungo *Alternaria grandis* E.G. Simmons., é considerada uma das principais doenças que limitam a produtividade e a qualidade dos tubérculos de batata produzidos, especialmente durante estação chuvosa – “safra das águas”. Uma alternativa para aumentar a resistência das plantas de batata à *Alternaria grandis* e, conseqüentemente, reduzir o uso de fungicidas químicos sintéticos na cultura, consiste no adequado suprimento de boro (B) e zinco (Zn). Estes micronutrientes podem ter efeitos fungitóxicos sobre o patógeno por causar modificações em sua morfologia; no entanto, não há evidências dos efeitos benéficos da aplicação de B e Zn na indução da resistência das plantas de batata à pinta-preta. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia da aplicação de B e Zn de forma isolada e combinada no crescimento das plantas e na redução da incidência e da severidade da pinta-preta, causada por *Alternaria grandis* na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.). Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fitossanidade e em Casa-de-vegetação na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em Cassilândia/MS, no período de Setembro de 2015 a Novembro de 2015. Os tratamentos foram dispostos em um delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições e constituíram da aplicação de 5,0 mg dm<sup>-3</sup> de B na forma de ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) e 5,0 mg dm<sup>-3</sup> de Zn na forma de óxido de zinco (ZnO) de forma isolada e combinada e um tratamento controle sem aplicação de B e Zn. Os minitubérculos-semente da cultivar Ágata foram adquiridos da empresa Multiplanta Tecnologia Vegetal Ltda, localizada no município de Andradas – MG, e plantas em vasos plásticos contendo 11 dm<sup>3</sup> de solo. Aos 40 dias após o plantio, realizou-se a inoculação da parte aérea das plantas via pulverização das suspensões fúngicas, contendo 10<sup>4</sup> conídios mL<sup>-1</sup> do patógeno, *A. grandis*. Aos 7 dias após a inoculação, as plantas foram coletadas e submetidas as seguintes avaliações: número de hastes por planta, comprimento médio das plantas, número de folhas por planta, diâmetro médio das hastes, matéria seca das folhas, hastes e total, teor de boro e zinco nas folhas, razão de massa das folhas, e índice de incidência e de severidade da doença. Os resultados obtidos evidenciaram que a aplicação de Zn melhorou o crescimento e a produção de matéria secas das plantas e reduziu a incidência e a severidade da pinta-preta da batata. A aplicação de B resultou em níveis fitotóxicos deste micronutriente no tecido foliar das plantas e não foi eficiente na indução da resistência à pinta-preta da batata. O zinco desempenha um importante papel na tolerância das plantas à pinta-preta causada por *Alternaria grandis* e deve ser considerado como uma solução preventiva numa estratégia de manejo integrado de doenças.

**Palavras-chaves:** *Solanum tuberosum* L., *Alternaria* spp., imunização, micronutriente.

# APPLICATION OF BORON AND ZINC ON CONTROL OF EARLY BLIGHT IN POTATO CROP

## 2. ABSTRACT

The early blight caused by the fungus *Alternaria grandis* EG Simmons, is considered one of the major diseases that limit the productivity and quality of potato tubers produced, especially during rainy season. An alternative to increasing the resistance of plants to the potato *Alternaria grandis* and hence reduce the use of synthetic chemical fungicides in culture, is the adequate supply of boron (B) and zinc (Zn). These micronutrients may have fungitoxic effects on the pathogen to cause changes in morphology; however, there is no evidence of the beneficial effects of the application of B and Zn in the induction of resistance of potato plants to blight. This study aimed to evaluate the effectiveness of the application of B and Zn in isolation and combined in the growth of plants and in reducing the incidence and severity of early blight caused by *Alternaria grandis* in potato (*Solanum tuberosum* L.). The experiments were conducted in the Plant Health Laboratory and in-house a greenhouse at the State University of Mato Grosso do Sul (UEMS) in Cassilândia/MS in the period from September 2015 to November 2015. The treatments were arranged in a design randomized blocks with four replicates and made application of 5.0 mg dm<sup>-3</sup> of B in the form of boric acid (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) and 5.0 mg dm<sup>-3</sup> of Zn as zinc oxide (ZnO) so isolated and combined, and a control treatment without application of B and Zn. The potato minitubers seed were purchased from company MultiPlant Technology Plant Ltd., located in the city of Andradas - MG, and plants in plastics pots containing 11 dm<sup>3</sup> of soil. At 40 days after planting, there was the inoculation of the shoots via spraying of fungal suspension containing 10<sup>4</sup> conidia mL<sup>-1</sup> pathogen, *A. grandis*. At 7 days after inoculation, the plants were collected and submitted to the following evaluations: number of stems per plant, average length of the plant, number of leaves per plant, average diameter of the rods, dry weight of leaves, stems and total content boron and zinc in the leaves, mass ratio of the leaves, and incidence and severity of the disease. The results showed that the application of Zn improved growth and production of dry matter yield and reduced the incidence and severity of early blight of potato. The application B resulted in this phytotoxic micronutrient levels in leaf tissue of plants and was not effective in inducing resistance to early blight of potato. Zinc plays an important role in plant tolerance to early blight caused by *Alternaria grandis* and should be considered as a preventive solution in an integrated disease management strategy.

**Key words:** *Solanum tuberosum* L., *Alternaria* spp., immunization, micronutrient.

### 3. INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma hortaliça originária da Cordilheira dos Andes, pertencente à família Solanaceae e, atualmente, ocupa o quarto lugar na produção mundial de alimentos, superada apenas pelas culturas de trigo, arroz e milho (FILGUEIRA, 2013). No Brasil, sua produção concentra-se nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Paraná, e Rio Grande do Sul, abrangendo em torno de 88% da produção nacional e, em relação a área cultivada, ocupa em torno 130 mil hectares, com produtividade média na safra de 2015 de 28,7 Mg ha<sup>-1</sup> (IBGE, 2016).

Apesar do cenário favorável para o desenvolvimento da batata no Brasil, a ocorrência de doenças ainda representa um fator de risco e de insucesso no cultivo de batata (TOLOFI et al., 2012). A cultura da batata é bastante susceptível a várias doenças, muitas das quais podem comprometer a produtividade e a qualidade de tubérculos, além de elevar os custos de produção e aumentar os riscos associados ao uso intensivo de fungicidas. A pinta-preta, causada pelo fungo *Alternaria grandis* E.G. Simmons., é considerada uma das mais importantes e destrutivas doenças da cultura da batata no Brasil, especialmente durante a estação chuvosa – “safra das águas” (SHUMAN; CHRIST, 2005; RODRIGUES et al., 2010; TÖFOLI et al., 2013; DUARTE et al., 2014).

Os danos primários causados por *A. grandis* são atribuídos à intensa redução da área foliar causada pela queda prematura das folhas, resultando em perdas significativas da produção de tubérculos (CASTRO et al., 2000). Os sintomas da pinta-preta podem ocorrer nas folhas, nos caules e nos tubérculos de batata, e caracterizam-se por apresentar manchas foliares necróticas, pardo-escuras, com a presença de anéis concêntricos e bordos bem definidos (TOFOLI et al., 2015). Em geral, o aumento da suscetibilidade à infecção está associado ao aumento da idade das plantas e ao início do período de florescimento e tuberização, sendo esta mais severa a partir dos 40 dias após o plantio (TOLOFI et al., 2013).

A doença ocorre em todas as regiões produtoras de batata do Brasil, especialmente quando as condições ambientais são favoráveis. Temperaturas elevadas entre 25 e 32 °C e alta umidade relativa do ar durante a estação de crescimento são favoráveis ao desenvolvimento da doença (LEIMINGER; HAUSLADEN, 2012;. TOFOLI et al, 2015). A maioria das cultivares de batata disponíveis para os produtores brasileiros são susceptíveis ou moderadamente susceptível à pinta-preta (DUARTE et al, 2014; TOFOLI et al, 2015), e o controle da

doença é dificultado quando a temperatura e umidade relativa do ar são elevados (ADAMS; STEVENSON, 1990). Portanto, a adoção integrada de diferentes práticas é fundamental para um controle eficiente da pinta-preta na cultura da batata.

Uma alternativa para aumentar a resistência das plantas de batata à *Alternaria grandis* e, conseqüentemente, reduzir o uso de fungicidas químicos sintéticos na cultura, consiste no adequado suprimento de micronutrientes, tais como boro (B), cobre (Cu) e zinco (Zn) (GOMES et al., 2009). O B e o Zn estão relacionados a muitos processos fisiológicos da planta que são afetados pela sua deficiência, como transporte de açúcares, síntese da parede celular, lignificação, metabolismo de carboidratos, síntese de proteínas, respiração, metabolismo de auxinas, metabolismo de ácidos fenólicos e integridade da membrana plasmática (KERBAUY, 2012). Entre as diversas funções, duas estão muito bem definidas, síntese de parede celular e integridade da membrana plasmática (CAKMAK; RÖMHELD, 1998).

Estudos tem reportado que há claras evidências da ação do B e do Zn no aumento da resistência as doenças causados por fungos. Neste caso, a proteção exercida pelo adequado suprimento desses micronutrientes tem sido atribuída a eficiente barreira física, evitando a penetração das hifas, através de cutícula espessa, células epidérmicas mais espessas e maior grau de lignificação. A resistência também pode ser aumentada pelo melhor controle da permeabilidade das membranas celulares, evitando assim a exsudação de compostos orgânicos, como açúcares e aminoácidos (de que se nutrem os patógenos) para o apoplasto, ou espaço intercelular, e formação de compostos fenólicos, com distintas propriedades fungistáticas (MARSCHNER, 1995). Simoglou e Dordas (2006) relataram que a aplicação foliar de B, Zn e Mn resultou na redução da severidade da mancha-amarela, causada por *Drechslera tritici-repentis* na cultura do trigo. Rolshausen e Gluber (2005) verificaram que a aplicação de B inibiu o crescimento micelial e a germinação dos esporos de *Eutypa lata*, patógeno associado ao declínio das videiras. No entanto, os efeitos da aplicação de B e Zn na indução da resistência das plantas de batata à pinta-preta ainda são incipientes e inconclusivos.

Baseado nas informações relatadas, o presente trabalho baseia-se na hipótese de que o adequado suprimento de B e Zn pode aumentar a resistência da batata à pinta-preta, além de favorecer o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Neste contexto, objetivou-se com este estudo avaliar a eficácia da aplicação

de B e Zn de forma isolada e combinada no crescimento das plantas e na redução da incidência e da severidade da pinta-preta, causada por *Alternaria grandis* na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. Localização e Caracterização da Área Experimental

Os estudos foram conduzidos no Laboratório de Fitossanidade e em Casa-de-vegetação na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), em Cassilândia – MS (19°06'48" S; 51°44'03" W e altitude média de 470 m), no período de setembro de 2015 a novembro de 2015. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo tropical chuvoso (Aw), com verão chuvoso e inverno seco (precipitação no inverno menor que 60 mm), com precipitação pluvial e temperatura média anual de 1.520 mm e 24,1 °C, respectivamente.

O solo utilizado no experimento foi coletado na camada superficial de 0,0-0,20 m de profundidade de um Neossolo Quartzarênico (NQ) (EMBRAPA, 2016), de textura arenosa (95 g kg<sup>-1</sup> de argila, 50 g kg<sup>-1</sup> de silte e 855 g kg<sup>-1</sup> de areia). A análise química do solo foi realizada no Laboratório de Fertilidade do Solo, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP), seguindo-se a metodologia de Raij et al. (2001). As principais características químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

**TABELA 1.** Resultado da análise química do solo Neossolo Quartzarênico utilizado no experimento. UEMS. Cassilândia/MS. 2015.

pH	P <sub>Resina</sub>	MO	H + Al	Al	K	Ca	Mg	CTC	V
CaCl <sub>2</sub>	mg dm <sup>-3</sup>	g dm <sup>-3</sup>	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						%
5,2	2,0	14,0	2,2	0,0	0,2	1,0	0,7	4,1	46
S-SO <sub>4</sub>	Micronutrientes								
	B	Cu	Zn	Fe	Mn				
----- mg dm <sup>-3</sup> -----									
2,0	0,08	0,60	0,30	8,00	5,70				

Realizou-se a esterização do solo com auxílio do autoclave, em temperatura 120°C, à pressão de 0,5 atmosfera, durante 2 horas de exposição. A correção da acidez do solo foi realizada aplicando-se 720 mg dm<sup>-3</sup> de calcário (PRNT: 68%), visando elevar a saturação por bases a 70% (TRANI; RAIJ, 1997). Após a aplicação do calcário, o solo foi umedecido até alcançar 80% da capacidade de retenção de água, e incubado nos vasos plásticos por um período de 30 dias.

A adubação de base foi realizada aplicando-se 100 mg dm<sup>-3</sup> de N, 350 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 200 mg dm<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O através na formulação 04-14-08 (13,75 g do fertilizante por vaso). O fertilizante foi aplicado uma semana antes do plantio dos minitubérculos de batata e incorporado ao volume total de solo dos vasos.

#### **4.2. Obtenção e Repicagem do Patógeno**

O fungo *Alternaria grandis* E.G. Simmons. foi obtido da coleção de fungos fitopatogênicos da Embrapa Hortaliças, por meio de plantas infectadas. No Laboratório de Fitossanidade da UEMS/Cassilândia, as colônias foram isoladas, e para a produção de conídios de *A. grandis* foi utilizado o meio V8 17,5% com pH ajustado para 6,4 (175 mL de suco V8 - Campbel®, 3,0 g de CaCO<sub>3</sub>, 14 g de ágar e 825 mL de água destilada). Os isolados foram repicados para placas de Petri com meio de cultura, seguido de uma etapa de incubação em B.O.D sob 22 °C e fotoperíodo de 8 horas de luz branca e 16 horas de escuro por 5 a 7 dias (SIMMONS, 2007).

Posteriormente, os isolados foram repicados para placas de Petri contendo os meios V8 (Suco de Oito Vegetais, Campbel®) com pH de 6,4 e PCA (extrato de 20 g de batata e 20 g de cenoura, 20 g de ágar e água destilada, quantidade suficiente para 1.000 ml), seguido de incubação em câmara de crescimento (B.O.D.) a 22 °C por 7 dias (SIMMONS, 2007). Após este período os conídios foram removidos com a adição de 10 mL de água deionizada, contendo espalhante adesivo (Tween 80®) a 0,1%, em cada placa, seguida de raspagem superficial da colônia com escova de cerdas macias. A suspensão foi filtrada em dupla camada de gaze esterilizada, sendo em seguida recolhida em um béquer. A quantificação do número de conídios de cada suspensão correspondente do isolado foi feita com o auxílio de uma câmara de Neubauer (hemacitômetro) e as concentrações foram devidamente ajustadas para 10<sup>4</sup> conídios mL<sup>-1</sup>.

#### **4.3. Delineamento Experimental e Tratamentos**

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram constituídos da aplicação de 5,0 mg dm<sup>-3</sup> de B na forma de ácido bórico (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) e 5,0 mg dm<sup>-3</sup> de Zn na forma de óxido de zinco (ZnO) de forma isolada e combinada e um tratamento controle sem aplicação de B e Zn. A aplicação dos micronutrientes, foi realizada manualmente, onde cada concentração dos nutrientes foram mensurados em uma balança digital e aplicados nos vasos referentes aos tratamentos, com intuito de facilitar a aplicação as concentrações foram diluídas em água. Cada unidade

experimental foi constituída por um vaso plástico com capacidade de 11 dm<sup>3</sup> contendo uma planta de batata, perfazendo um total de 24 vasos.

#### **4.4. Implantação e Condução do Experimento**

Minitubérculos-semente de batata (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar Ágata foram adquiridos da empresa Multiplanta Tecnologia Vegetal Ltda, localizada no município de Andradas – MG, e armazenados no escuro a  $6 \pm 2$  °C durante 28 dias em uma câmara de refrigeração. (A variedade “Ágata” devido a suas características de precocidade e excelente produtividade e qualidade dos tubérculos representa mais de 60% da produção nacional de batata). Esta variedade tem sido classificada como susceptível à *Alternaria* sp. (Duarte et al., 2014).

Os minitubérculos de batata foram plantados, no dia 24 de outubro de 2015, em vasos plásticos de 11 dm<sup>3</sup> contendo solo. A emergência das plantas ocorreu no dia 30/10/2015 (6 dias após o plantio).

Aos 40 dias após o plantio, realizou-se a inoculação da parte aérea das plantas via pulverização das suspensões fúngicas, contendo 10<sup>4</sup> conídios mL<sup>-1</sup> do patógeno, *A. grandis*. As aplicações foram realizadas com pulverizador manual equipado com ponta do tipo jato plano. Em seguida, as plantas foram mantidas em câmara úmidas por um período de 24 horas. Após a inoculação do fungo, as plantas foram mantidas em casa-de-vegetação por um período de 7 dias.

#### **4.5. Avaliações Realizadas**

As avaliações da presença ou ausência das lesões que caracterizam os sintomas da pinta-preta, causada por *A. grandis* foram realizadas sete dias após a inoculação do fungo.

Aos 7 dias após a inoculação, as plantas foram coletadas e submetidas as seguintes avaliações:

a) *número de hastes por planta*: foi obtido por meio da contagem do número total de hastes contida em cada vaso;

b) *comprimento médio das plantas*: determinada com auxílio de uma régua graduada em milímetros, mensurando-se a altura das hastes desde o nível do solo até o ponto de inserção da última folha e expresso em centímetros (cm);

c) *número de folhas por planta*: foi obtido por meio da contagem do número total de folhas contida em cada vaso;



d) *diâmetro médio das hastes*: foi obtido pela medida do diâmetro das hastes, expresso em milímetros (mm), determinado com auxílio de um paquímetro digital;

e) *matéria seca das folhas, hastes e total*: a parte aérea das plantas foram separadas em folhas e hastes, acondicionadas em saco de papel, e submetida à secagem em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C, por 72 horas. Posteriormente, foram determinadas a massa da matéria seca das folhas (MSF) e das hastes (MSH) e os valores expressos em g planta<sup>-1</sup>. A matéria seca total (MST) foi obtida pelo somatório da massa seca de folhas e de hastes.

f) *teor de boro e zinco nas folhas*: após a pesagem, as folhas foram moídas em moinho tipo Willey, identificadas e enviadas para o Laboratório de Análises de Plantas, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS/UNESP) para a determinação dos teores de B e Zn, conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997).

g) *razão de massa das folhas*: foi calculada pela razão entre a massa de matéria seca de folhas e a massa seca total, conforme a equação 1, e expressa a fração de matéria seca não exportada das folhas para os demais órgãos da planta.

$$RMF = MS_{Folha}/MS_{Total} \quad [1]$$

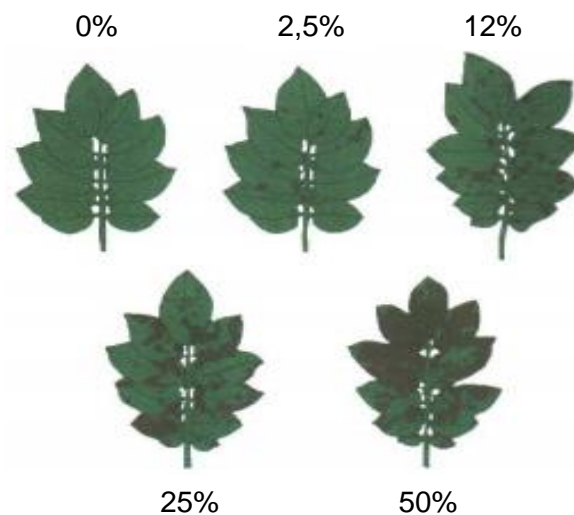
em que, RMF = razão de massa das folhas (g g<sup>-1</sup>); MS<sub>Folha</sub> = massa de matéria secas das folhas (g planta<sup>-1</sup>); e, MS<sub>Total</sub> = massa de matéria seca total (g planta<sup>-1</sup>).

h) *índice de incidência da doença*: representa a porcentagem de folhas por planta com sintomas da doença, dada pela equação 2:

$$I = (NFL / NTF) \times 100 \quad [2]$$

em que, I = incidência da doença (%); NFL = número de folhas com sintomas de pinta-preta; e, NTF = número total de folhas da planta.

i) *Índice de severidade da doença*: representa a porcentagem da área da folha com sintomas da doença, estabelecida com base em escala diagramática proposta por Reifschneider (1987) e adaptada por Azevedo (1997) para pinta-preta em batata, classificada em cinco intensidade de severidade (0; 2,5; 12 e 50%), como mostrado na Figura 1.



**FIGURA 1.** Escala diagramática para avaliação da severidade da pinta-preta (*Alternaria spp.*) na cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.), expressa a porcentagem da área das folhas com os sintomas da doença.

**Fonte:** Reifshneider (1987) e adaptado por Azevedo (1997).

#### **4.6. Análises Estatísticas**

Os dados foram previamente testados quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk a 5% de significância e, posteriormente, submetidos à análise de variância seguindo o delineamento de blocos ao acaso, aplicando-se o teste F em nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software estatístico Sisvar versão 5.3 para Windows (Software de Análises Estatísticas, UFLA, Lavras, MG, BRA) (FERREIRA, 2010).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resumo da análise de variância para os teores foliares de boro (B), zinco (Zn), número de hastes por plantas (NHP), comprimento médio das hastes (CMH), número de folhas por planta (NFP), diâmetro médio das hastes (DMH), massa de matéria seca das folhas (MSF), matéria seca das hastes (MSH), massa seca total (MST), razão de massa de folhas (RMF), incidência da doença (ID) e severidade da doença (SD) é mostrado na Tabela 2. Os resultados reportaram que a aplicação de B e Zn resultou em efeitos significativos ( $P < 0,05$ ) para a maioria das variáveis mensuradas, exceto para o número de hastes por planta (Tabela 2).

**TABELA 2.** Resumo da análise de variância para os efeitos da aplicação de boro (B) e zinco (Zn) na nutrição e crescimento das plantas, e na incidência e severidade da pinta-preta (*Alternaria grandis* E.G. Simmons.) em plantas de batata (*Solanum tuberosum* L., cv. Ágata). UEMS. Cassilândia/MS. 2015.

Causas de variação	Probabilidade > F											
	B	Zn	NHP	CMH	NFP	DMH	MSF	MSH	MST	RMF	ID	SD
Bloco	0,327	0,483	0,315	0,914	0,131	0,468	0,958	0,585	0,895	0,850	0,368	0,784
Tratamento	<0,000	<0,000	0,741	<0,000	<0,000	0,021	<0,000	<0,000	<0,000	0,001	<0,000	0,015
CV (%)	13,7	9,4	10,5	12,1	9,9	11,3	17,1	10,0	12,1	3,6	10,2	28,6

B = Teor de boro nas folhas. Zn = Teor de zinco nas folhas. NHP = Número de hastes por planta. CMH = Comprimento médio das hastes. NFP = Número de folhas por planta. DMH = Diâmetro médio das hastes. MSF = Matéria seca das folhas. MSH = Matéria seca das hastes. MST = Matéria seca total. RMF = Razão de massas das folhas. ID = Incidência da doença. SD = Severidade da doença.

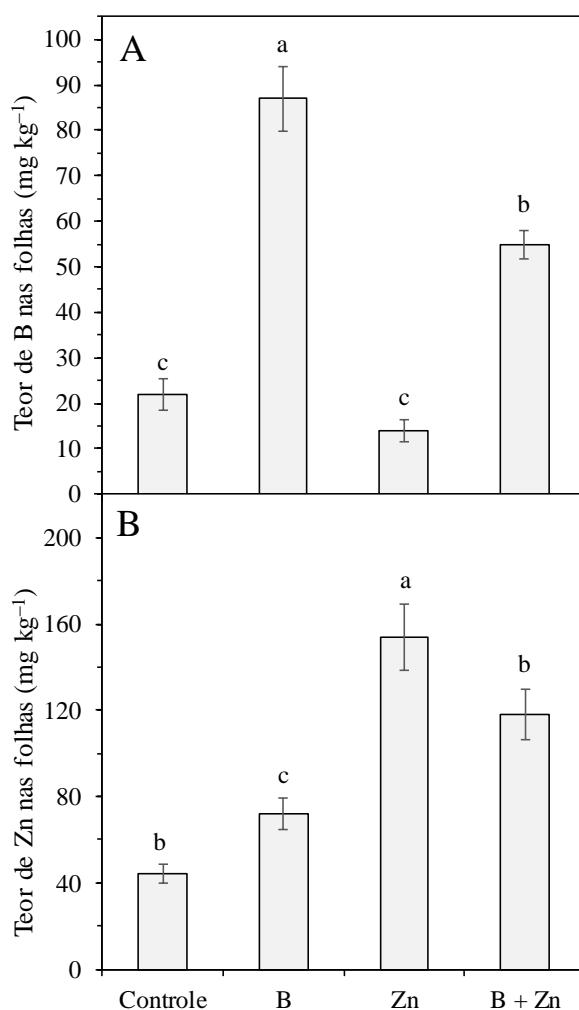
Os coeficientes de variação (CV) obtidos para a maioria das variáveis mensuradas são classificados como baixos e médios, uma vez que foram inferiores a 20%, exceto para a severidade da doença (Tabela 2). Estes resultados indicam a alta e média homogeneidade dos dados obtidos (PIMENTEL-GOMES, 2000).

### 5.1. Nutrição de B e Zn das Plantas

Os teores de B e Zn nas folhas de batata em função da aplicação de B e Zn de forma isolada e combinada são apresentados na Figura 2. A aplicação de B no solo de forma isolada e combinada com Zn resultou nos teores mais elevados de B nas folhas de batata (Figura 2A). Este aumento na quantidade de B absorvido pelas plantas reflete a maior disponibilidade desse micronutriente no solo. Os teores de B nas folhas com a aplicação de B e B + Zn foram de 87 e 55 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes teores encontram-se acima dos valores considerados adequados para a cultura da batata que variam de 30 a 50 mg kg<sup>-1</sup> de B (MARTINEZ et al., 1999), indicando que a aplicação de 5 mg dm<sup>-3</sup> de B de forma

isolada ou combinada com Zn resultou em níveis fitotóxicos do micronutriente na planta.

Fageria (2000) avaliando cinco espécies de plantas em um Latossolo Vermelho do Cerrado, constatou sintomas de fitotoxicidade de B para soja com a aplicação de 5,2 mg kg<sup>-1</sup> e para o milho, de 5,7 mg kg<sup>-1</sup> de B. De modo similar, Trautmann et al. (2014) verificaram que a aplicação de 2 mg dm<sup>-3</sup> de B em um Latossolo Vermelho argiloso resultou em sintomas de fitotoxidez do elemento em plantas de soja, sendo que os teores de B no tecido foliar da soja variaram de 135 a 176 mg kg<sup>-1</sup>. Segundo Gupta (1979), a fitotoxicidade de B nas plantas, em geral, ocorre quando o teor fica entre 90 e 260 mg kg<sup>-1</sup>. No entanto, deve-se ressaltar que neste estudo não foram observados sintomas visíveis de fitotoxicidade de B nas plantas de batata.



**FIGURA 2.** Aplicação de boro (B) e zinco (Zn) de forma isolada e combinada nos teores de B (A) e de Zn (B) nas folhas de batata (*Solanum tuberosum* L., cv. Ágata) inoculadas com isolados de *Alternaria grandis* aos 40 dias após o plantio. Barra

seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UEMS. Cassilândia/MS. 2015.

Quando não houve aplicação de B no solo, os teores de B obtidos nas folhas de batata são considerados baixos, quando se considera os valores de suficiência de 30 a 50 mg kg<sup>-1</sup> para a cultura (MARTINEZ et al., 1999). Os teores de B nas folhas no tratamento controle e com a aplicação de Zn foram de 22 e 14 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Estes resultados são devido à baixa disponibilidade inicial de B no solo (teor médio de 0,08 mg dm<sup>-3</sup>; Tabela 1). Segundo Souza e Lobato (2004), quando os teores de B são inferiores a 0,2 mg dm<sup>-3</sup>, os solos são classificados como deficiente neste micronutriente (nível baixo). No entanto, vale destacar que, embora no presente estudo os teores tenham se mostrado baixo, não foram observados sintomas de deficiência visíveis de B nas plantas de batata. Em condições de baixa disponibilidade de B no solo as folhas novas são pequenas, deformadas, mais grossas, enrugadas e quebradiças. O sistema radicular das plantas de batata fica atrofiado, limitando a absorção de água e nutrientes. Os tubérculos tornam-se pequenos, com rachaduras internas, ocorre a formação do coração-oco e redução no tempo de armazenamento (MESQUITA et al., 2011).

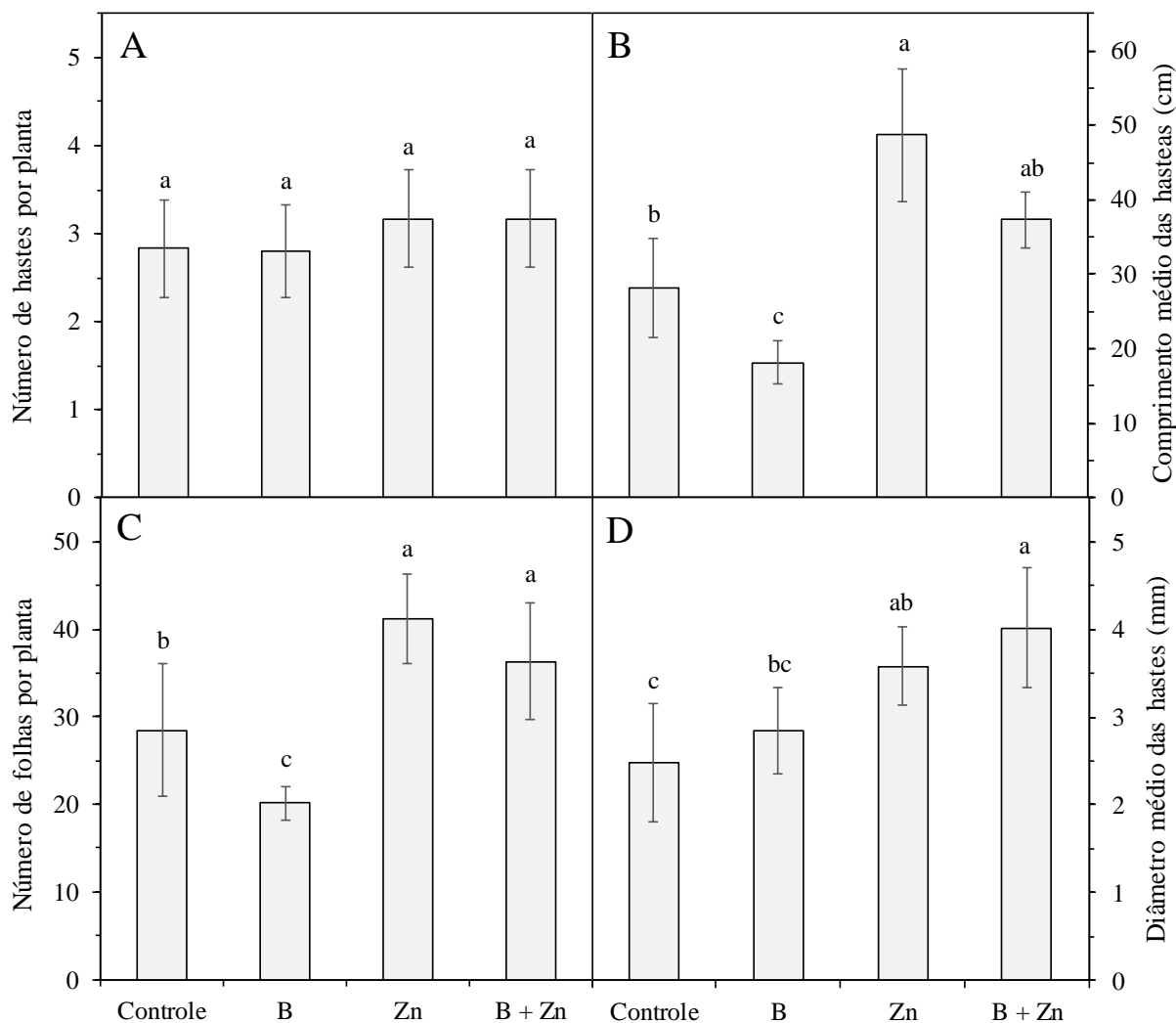
Os maiores teores de Zn nas folhas de batata foram obtidos nos tratamentos com a aplicação deste micronutriente ao solo (Figura 2B). Os teores de Zn nas folhas com a aplicação de Zn e B + Zn foram de 154 e 118 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente. O aumento dos teores foliares de Zn já eram esperados pois, a aplicação deste micronutriente promove maiores teores de Zn no solo, o que favoreceu a absorção deste micronutriente.

Os teores de Zn encontrados nas folhas situaram-se dentro do intervalo considerado adequado por Jones-Júnior et al. (1991), que é de 45 a 200 mg kg<sup>-1</sup>. Estes resultados podem ser atribuídos aos teores médios de Zn no solo (teor médio de 0,3 mg dm<sup>-3</sup>; Tabela 1). Segundo Souza e Lobato (2004), quando os teores de B encontram-se entre 0,2 e 0,5 mg dm<sup>-3</sup>, os solos são classificados como de média disponibilidade de Zn para as plantas.

## **5.2. Crescimento das Plantas**

Os resultados obtidos para o número de hastes por planta, comprimento médio das hastes, número de folhas por planta e diâmetro médio das hastes de batata em função da aplicação de B e Zn são apresentados na Figura 3. O número

de hastes por planta não foi afetado significativamente ( $P > 0,05$ ) pela aplicação de B e Zn de forma isolada e combinada (Figura 3A). O número de hastes variou de 2,8 a 3,2 hastes por planta. Sendo contrário, em Campos et al. (2004) constataram que baixas concentrações de Zn favorecem o número de hastes em plantas de mandioca. Por sua vez, Brancalião et al. (2015) verificaram que o aumento das concentrações de Zn diminuiu o número de hastes das plantas.



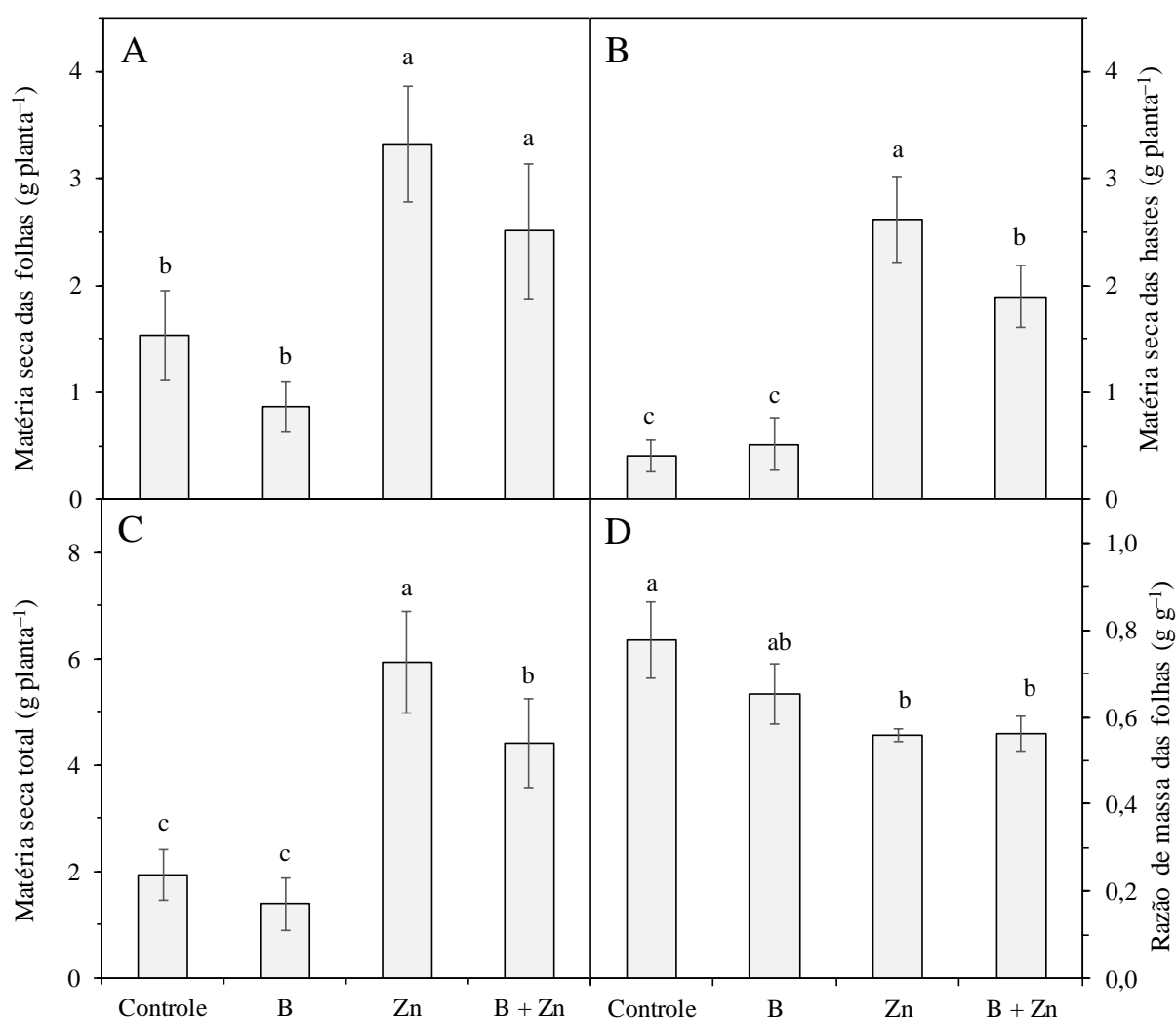
**FIGURA 3.** Efeito da aplicação de boro (B) e zinco (Zn) de forma isolada e combinada no número de hastes por planta (A), comprimento médio das hastes (B), número de folhas por planta (C) e diâmetro médio das hastes (D) das plantas de batata (*Solanum tuberosum* L., cv. Ágata) inoculadas com isolados de *Alternaria grandis* aos 40 dias após o plantio. Barra seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UEMS. Cassilândia/MS. 2015.

A aplicação de Zn de forma isolada ou combinada com B resultou nos maiores valores de comprimento das hastes (Figura 3B), número de folhas por planta (Figura 3C) e diâmetro médio das hastes de batata (Figura 3D). Estes resultados são devido ao Zn atuar diretamente no crescimento das plantas. De acordo com Taiz e Zeiger (2012), o Zn é essencial para a síntese do triptofano, que é precursor do ácido indolacético (AIA), que irá formar as enzimas responsáveis pelo alongamento e crescimento celular. Segundo Lopes (1998), apesar de ser um micronutriente requerido em pequenas quantidades, a deficiência em Zn comumente limita a produção das principais culturas, pelo fato deste micronutriente auxiliar na síntese de substâncias que atuam no crescimento, ativando certas reações metabólicas e atuando na produção de clorofila e carboidratos, justificando os resultados satisfatórios obtidos com a aplicação de Zn para algumas das variáveis de crescimento das plantas de batata.

A aplicação isolada de B resultou nos menores valores de comprimento das hastes (Figura 3B) e número de folhas por planta (Figura 3C). Estes resultados podem estar relacionados ao fato da aplicação de  $5 \text{ mg dm}^{-3}$  de B ter resultado em níveis fitotóxicos deste micronutriente nas folhas de batata (Figura 2A) e, conseqüentemente, afetado negativamente o crescimento das plantas. De acordo com Mengel e Kirkby (2001), por causa da imobilidade do B no floema sua translocação é quase que inexistente e, portanto, como seu teor é maior nas folhas mais velhas, os sintomas típicos de toxidez na soja se manifestam nas folhas mais velhas. O sintoma visual típico de toxidez de B na maioria das espécies é a queima das folhas, ou seja, clorose e necrose, frequentemente nas bordas e pontas das folhas mais velhas. Salienta-se, ainda, que o manejo adequado do B no sistema solo-planta é normalmente dificultado, em virtude de que o intervalo de concentração entre a deficiência e a toxicidade é a menor, se comparada à dos outros nutrientes.

Os resultados obtidos para a massa de matéria seca das folhas, das hastes e total e para a razão de massa das folhas de batata em função da aplicação de B e Zn são apresentados na Figura 4. A aplicação de Zn de forma isolada ou combinada com B resultou nos maiores valores de matéria seca das folhas (Figura 4A), matéria seca das hastes (Figura 4B) e matéria seca total (Figura 4C) quando comparado a aplicação isolada de B e ao tratamento controle (sem aplicação de micronutrientes). Estes resultados são devido ao Zn atuar diretamente no crescimento das plantas, como reportado anteriormente.

De acordo com Fageria e Zimmermann (1979) o zinco é considerado um elemento de grande importância na nutrição da planta, pois participa como componente de um grande número de enzimas, tais como as desidrogenases, proteinases, peptidases e fosfohidrolases, sendo que suas funções básicas na planta estão relacionadas ao metabolismo de carboidratos, proteínas e fosfatos, e na formação de estruturas das auxinas, RNA e ribossomos. Segundo Taiz e Zeiger (2012), o zinco também é exigido para síntese da clorofila, um pigmento fotossintético de essencial importância para a planta por realizar fotossíntese, produzindo dessa forma energia para a planta crescer e se desenvolver.



**FIGURA 4.** Efeito da aplicação de boro (B) e zinco (Zn) de forma isolada e combinada na produção de matéria seca das folhas (A), matéria secas das hastes (B), matéria seca total (C) e razão de massa das folhas (D) de batata (*Solanum tuberosum* L., cv. Ágata) inoculadas com isolados de *Alternaria grandis* aos 40 dias após o plantio. Barra seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UEMS. Cassilândia/MS. 2015.



Os menores valores de matéria seca das folhas, hastes e total foram obtidos com a aplicação isolada de B e no tratamento controle (sem aplicação de micronutriente) (Figura 4). Campagnol et al. (2009) verificaram que aplicações de B em brócolis reduziram a matéria seca das inflorescências, provavelmente devido a esse nutriente apresentar certa toxicidade, acarretando em crescimento mais lento das plantas. No entanto, em culturas exigentes nesse micronutriente, como o girassol, o B apresentou resultados positivos no rendimento de matéria seca (MARCHETTI et al., 2001).

A aplicação de B e Zn de forma isolada e combinada afetou significativamente ( $P < 0,05$ ) a razão de massa das folhas da cultura da batata (Figura 4D). A razão de massa das folhas variou de 0,56 a 0,78 com a aplicação de Zn e no tratamento controle, respectivamente. Estes resultados indicam que em média 56 e 78% da fração de matéria seca não foram exportadas das folhas para os demais órgãos da planta.

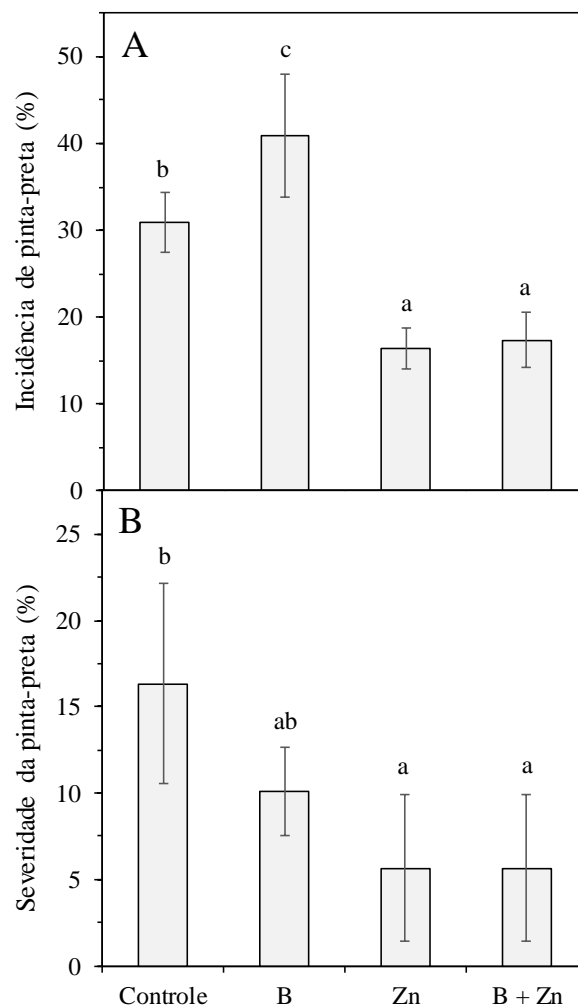
### **5.3. Incidência e Severidade da Doença**

Os resultados obtidos para a incidência e severidade da doença nas folhas de batata em função da aplicação de B e Zn são apresentados na Figura 5. A aplicação de Zn de forma isolada ou combinada com B resultou nos menores índices de incidência (Figura 5A) e de severidade (Figura 5B) da pinta-preta nas plantas de batata comparado ao tratamento controle. Estes resultados indicam que a aplicação de Zn foi eficiente na redução da incidência e da severidade da doença na cultura da batata. Confirmando a hipótese inicialmente levantada que o Zn tem ação direta no aumento da resistência das doenças de plantas causados por fungos. Segundo Kerbauy (2012), a deficiência deste nutriente está relacionada a perda da integridade da membrana, contribuindo para aumento da suscetibilidade da planta as doenças fúngicas.

Resultados semelhantes foram reportados por Simoglou e Dordas (2006), os quais verificaram que a aplicação foliar de B, Zn e Mn resultou na redução da severidade da mancha-amarela, causada por *Drechslera tritici repentis* na cultura do trigo. Silva et al. (2016) verificaram resultados positivos no controle de oídio (*Oidium eucalyptii*) em eucalipto com fosfito de Zn, relatando que o micronutriente atuou de

forma direta, demonstrando ser fungitóxico ao patógeno por causar modificações em sua morfologia.

Em estudo avaliando o efeito da aplicação de Zn na incidência das principais doenças da cultura do cafeeiro, Carvalho et al. (2008) constataram que as aplicações de baixas doses de sulfato de zinco resultaram em menor severidade da ferrugem do cafeeiro, entretanto, com o aumento das concentrações, houve maior incidência de cercosporiose, manchas foliares e desfolha dos cafeeiros. Estes resultados contraditórios evidenciam que outros estudos devem ser realizados objetivando não só seu efeito nas mais diversas doenças, como também a melhor dose a ser aplicada.



**FIGURA 5.** Efeito da aplicação de boro (B) e zinco (Zn) de forma isolada e combinada na incidência (A) e na severidade (B) da pinta-preta aos 7 dias após a inoculação de isolados de *Alternaria grandis* nas plantas de batata (*Solanum tuberosum* L., cv. Ágata). Barra seguida pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. UEMS. Cassilândia/MS. 2015.

A aplicação isolada de B resultou nos maiores índices de incidência da pinta-preta na cultura da batata comparado aos demais tratamentos (Figura 5A). Indicando que a aplicação de 5 mg dm<sup>-3</sup> de B não foi eficiente na indução da resistência à pinta-preta na cultura da batata. Resultados semelhantes foram reportados por Viecelli e Moerschbacher (2013), os quais verificaram que a aplicação de B em feijoeiro favoreceu o desenvolvimento do crestamento bacteriano, causado pela *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*. No entanto, resultados contrários foram verificados por Rolshausen e Gluber (2005), os quais verificaram que a aplicação de B foi eficiente para inibir o crescimento micelial e a germinação dos esporos de *Eutypa lata*, patógeno associado ao declínio das videiras.

## 6. CONCLUSÃO

A aplicação de  $5 \text{ mg dm}^{-3}$  de zinco melhorou o crescimento e a produção de matéria seca das plantas e reduziu a incidência e a severidade da pinta-preta da batata.

A aplicação de  $5 \text{ mg dm}^{-3}$  de B resultou em níveis fitotóxicos deste micronutriente no tecido foliar das plantas e não foi eficiente na indução da resistência à pinta-preta da batata.

O zinco desempenha um importante papel na tolerância das plantas à pinta-preta causada por *Alternaria grandis* e pode ser considerado como uma solução preventiva numa estratégia de manejo integrado de doenças.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, L. A. S. **Manual de quantificação de doenças de plantas**. São Paulo: Novartis Biociência-Setor Agro, p.114, 1997.

BRANCALIÃO, S. R.; CAMPOS, M.; BICUDO, S. J. Crescimento de plantas de mandioca em função da calagem e adubação com zinco. **Nucleus**, Ituverava, v.12, n.2, 2015.

CAKMAK, I.; RÖMHELD, V. Boron deficiency-induced impairments of cellular functions in plants. In: DELL, B.; ROWN, P.H. & BELL, R.W., eds. **Boron in soil and plants: Review**. Symposium. Chiang Mai. Plant Soil, 193:71-83, 1998

CAMPAGNOL, R.; NICOLAI, M.; MELLO, S. C.; ABRAHÃO, C.; BARBOSA, J. C. Boro e nitrogênio na incidência de hastes ocas e no rendimento de brócolis. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1477-1485, 2009.

CAMPOS, M. F.; BICUDO, S. J.; ONO, E. O. Influência da calagem e do zinco no desenvolvimento das raízes tuberosas da mandioca. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 51, n. 297, 2004.

CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L.; GUIMARÃES, P. T. G.; CARVALHO, J. P. F. Influência do zinco na incidência de doenças do cafeeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 804-808, 2008.

CASTRO, M. E. E.; ZAMBOLIM, L.; CHAVEZ, G.M.; CRUZ, C.D.; MATSUOKA, K. Pathogenic variability o *Alternaria solani*, the causal agente of tomato early blight. **Summa Phytopathologica**, Botucattu, V.26, p.24-28, 2000.

DUARTE, H.S.S.; ZAMBOLIM,L.; RODRIGUES, F.A.; PAUL, P.A.; PADUA, J.G.; JÚNIOR, J.I.R.; JÚNIOR, A.F.N.; ROSALDO, A.W.C. Field resistance of potato cultivars to foliar early clinght and its relationship with lofiage maturity and tuber skin typy. **Tropical Plant Pathology**, Brasilia, v.39, p. 294-306, 2014.

EMBRAPA. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos\\_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqtarta66.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqtarta66.html)> Acesso em: 05 de Jun. de 2016

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

FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Interação entre fósforo, zinco e calcário em arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n.2, p.88-92, 1979.

FERREIRA, D.F. Sistema SISVAR para análises estatísticas. Lavras: Universidade Federal de Lavras. 2010.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa-MG: Viçosa, 2013. 421 p.

GOMES, F. B; MORAES, J. C; NERI, D. K. P. Adubação com silício como fator de resistência a insetos-praga e promotor de produtividade em cultura de batata inglesa em sistema orgânico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n.1, p.18-23, 2009.

GUPTA, U.C. Boron nutrition of crops. **Advances in Agronomy**, New York, v.31, p.273-307, 1979.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Banco de dados**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 28 de maio de 2016.

JONES JÚNIOR, J. B.; WELF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook**. Athens: Micro-Macro, 1991. 312p.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A, 2012, 431p.

LEIMINGER, J. H.; HAUSLADEN, H. Early blight control in potato using disease-orientated threshold values. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 96, n. 1, p. 124-130, 2012.

LOPES, A.S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2. ed. Piracicaba: Potafós, 1998, 177p.

MARCHETTI, M. E.; MOTOMYA, W. R.; FABRÍCIO, A. C.; NOVELINO, J. O. Resposta do girassol, *Helianthus annuus*, a fontes e níveis de boro. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1107-1110, 2001

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1995, 889p.

MARTINEZ, E. P.; CARVALHO, J. G. de; SOUZA, R. B. de. Diagnose foliar. In: COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em MG: 5 a aproximação**. Lavras, 1999. p.143-168.

MENGEL, K.; KIRBY, E.A. Principles of plant nutrition. Bern: International Potash Institute, 2001. 687p.

MESQUITA, H. A; PAULA, M. B; VENTURIN, R. P; PÁDUA, J. G; YURI, J. E. Fertilização da cultura da batata. In: ZAMBOLIM, L (ed.). **Produção integrada da batata**. Viçosa: UFV, 2011, v.1, p.351-380.

OLANYA, O.M.; HONEYCUTT, C.W.; LARKIN, R.P.; GRIFFIN, T.S.; HE, Z.; HALLORAN, J.M. The effect of cropping systems and irrigation management on development of potato early blight. **Journal of General Plant Pathology**, v.75, p.267-275, 2009.

RAIJ, B.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agronômico, 2001. 285p.

REIFSCHNEIDER, F. S. B. Produção de batata. Brasília – DF: Linha Gráfica e Editora, p. 239, 1987

RODRIGUES, T. T. M. S; BERBEE, M. L; SIMMONS, E. G; CARDOSO, C. R; REIS, A; MAFFIA, L. A; MIZUBUTI, E. S. G. First report of *Alternaria tomatophila* and *A. grandis* causing early blight on tomato and potato in Brazil. **New Disease Reports**, Wellesbourne, v. 22, n. 1, p. 28, 2010.

ROLSHAUSEN, P. E.; GUBLER, W. D. Use of boron for the control of *Eutypa* dieback of grapevines. **Plant Disease**, v. 89, n. 7, 2005.

SHUMAN, J.L.; Christ, B.J. Integrating a host-resistance factor into the fast system to forecast early blight of potato. **American Journal of Potato Research**, v.82, p.9-19, 2005.

SILVA, A. C.; RESENDE, M. L. V.; SOUZA, P. E.; PÔSSA, K. F.; SILVA JÚNIOR, M. B. Extrato vegetal, fosfito e sulfato de zinco no controle do oídio em eucalipto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 93-100, 2016.

SIMMONS, E.G. *Alternaria: An Identification Manual*. Utrecht, Netherlands: CBS Fungal Biodiversity Centre, 2007.

SIMOGLU, K. B.; DORDAS, C. Effect of foliar applied boron, manganese and zinc on tan spot in winter durum wheat. **Crop Protection**, v.25, p.657-663, 2006.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E., eds. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2.ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2004. p.129-144.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. Trad. SANTAREM, E. R., et al. 3.ed, Porto Alegre: **Artmed**, 2012. 722p.

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; FERRARI, J. T.; NOGUEIRA, E. M. C. **Doenças fúngicas da cultura da batata: sintomas, etiologia e manejo**. Instituto Biológico, São Paulo, v.74, n.1, p.63-73,2012.

Töfoli, J.G.; MELO, P.C.T.; DOMINGUES, R.J.; FERRARI, J.T. Potato late blight and early blight: importancy, characteristics and sustainable management. **Instituto Biológico**, São Paulo, v.75, n.1, p.33-40, 2013.

Töfoli, J.G.; DOMINGUES, R.J.; FERRARI, J.T. Alternaria spp. Em oleráceas: sintomas, etiologia, manejo e fungicidas. **Instituto Biológico**, São Paulo, v.77, n.1, p.21-34, 2015

TRAUTMANN, R.R.; LANA, M.C.; GUIMARÃES, V.F.; GONÇALVES-JÚNIOR, A.C.; STEINER, F. potencial de água do solo e adubação com boro no crescimento e absorção do nutriente pela cultura da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.240-251, 2014.

VIECELLI, C. A.; MOERSHCHBACHER, T. Controle do cretamento bacteriano comum na cultura do feijoeiro pelo uso de fertilizantes foliares. **Scientia Agraria Paranaensis**, Marechal Cândido Rondon, v.12, n.1, p. 66-72, 2013.