

# PROPRIEDADES QUALITATIVAS E QUANTITATIVAS DA CÉVADA SUBMETIDA AO TRATAMENTO DE SEMENTES COM NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINCO

Regina Bellan Verona<sup>1</sup>  
Luciano Luiz Silva<sup>2</sup>  
Cristiano Reschke Lajús<sup>3</sup>  
Márcio Antônio Fiori<sup>4</sup>  
Geraldo Tremea<sup>5</sup>  
Marina Junges<sup>6</sup>  
Gean Lopes da Luz<sup>7</sup>

## RESUMO

A cevada apresenta potencial produtivo para diversas regiões do País, porém seu cultivo ainda é limitado em razão de problemas quanto à incidência de moléstias e à elevada exigência nutricional que restringe a produção, como a deficiência de zinco. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do tratamento de sementes de cevada com nanopartículas de óxido de zinco (ZnO). O delineamento experimental foi de blocos completos ao acaso em esquema de parcela subdividida (2 x 4 x 6), com três repetições, em que foram alocados os cultivares ANAG 01 e BRS BRAU, o tempo de exposição às nanopartículas foi de 90, 180, 270 e 360 minutos e as concentrações foram de 0 mg/L, 75 mg/L, 150 mg/L, 225 mg/L, 300 mg/L e 375 mg/L. Foram realizadas avaliações da cultura: teor de clorofila, número de grãos por espiga, número de afilhos por linha, número de espigas por linha, área foliar dos afilhos e rendimento. Para as variáveis teor de clorofila, área foliar e rendimento somente os cultivares diferiram significativamente. O número de grãos por espiga apresentou interação cultivar versus tempo de aplicação. As variáveis número de afilhos e de espigas por linha apresentam interação dos fatores tempo e concentração. Em face dos resultados obtidos há necessidade de maior aprofundamento no estudo para padronizar tempo e concentração em relação aos cultivares utilizados, para, assim, averiguar possíveis efeitos de sua utilização em tratamentos para sementes de cevada.

Palavras-chave: *Hordeum vulgare* L. Nanotecnologia. Nutrição. Óxido de zinco.

## 1 INTRODUÇÃO

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é o quarto cereal mais produzido no mundo, ficando atrás apenas do trigo, do arroz e do milho (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, 2013). Ela vem se mantendo nesse patamar em virtude de sua grande capacidade de adaptação tanto para uso na alimentação

<sup>1</sup> Professora no Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Campus de Chapecó; marinajunges@unochapeco.edu.br

<sup>2</sup> Professor no Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Campus de Chapecó; lucianols@unochapeco.edu.br

<sup>3</sup> Professor no Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Campus de Chapecó; clajus@unochapeco.edu.br

<sup>4</sup> Professor no Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Campus de Chapecó; fiori@unochapeco.edu.br

<sup>5</sup> Graduando do Curso de Agronomia, Área de Ciências Exatas e Ambientais na Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Campus de Chapecó; geraldotremea@unochapeco.edu.br

<sup>6</sup> Mestranda do Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação na Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Campus de Chapecó; marinajunges@unochapeco.edu.br

<sup>7</sup> Professor no Programa de Pós-graduação em Tecnologia e Gestão da Inovação da Universidade Comunitária da Região de Chapecó (Unochapecó), Campus de Chapecó; geanzluz@unochapeco.edu.br

animal, consumo humano quanto para a produção de malte. De acordo com o zoneamento agroclimático, no Brasil sua produção se restringe apenas à região Sul.

Por meio do melhoramento genético e também de novos estudos realizados, sabe-se que áreas com altitude acima de 700 m são consideradas aptas ao cultivo da referida cultura. Dessa maneira a cevada se torna uma cultura interessante e com potencial produtivo para diversas regiões do País, sendo que, além disso, ainda existe o fato de o mercado cervejeiro estar em alta e o Brasil ter que importar grande quantidade desse grão para suprir o consumo interno.

Entretanto, fatores determinantes da baixa produção são a instabilidade da safra, os elevados custos de produção e os problemas de gestão (TAVARES et al., 2015). A cevada apresenta grandes problemas quanto à incidência de moléstias, que, se não controladas, prejudicam a qualidade do grão; as aplicações de fungicidas têm sido regulares na cultura, chegando praticamente no ponto de compensação em que lucros e despesas se equivalem. Além disso, outro fator que restringe a produção são os solos pouco férteis, pois a cevada é exigente em adubação para obtenção de altos rendimentos.

Os micronutrientes desempenham funções nas rotas bioquímicas, garantindo a produção de lipídeos e proteínas, além de fazerem parte da estrutura da membrana celular. A carência desses nutrientes é um dos principais fatores que causam baixo rendimento dos grãos. Com a deficiência de zinco (Zn) não é diferente, sendo este um problema nutricional para a produção das culturas. Principalmente para os cereais, que são exigentes nesse nutriente, a falta do Zn causa redução nos rendimentos e na qualidade nutricional dos grãos (ROMUALDO, 2008).

O uso de sementes de qualidade é o ponto de partida para uma maior uniformidade do suporte da planta, garantindo potencial de rendimento da cultura (SCHWERZ et al., 2015). Uma alternativa para correção da deficiência de zinco é o tratamento de sementes, com base no princípio de que a reserva da semente é importante fonte de zinco para a prevenção do desenvolvimento de sintomas iniciais de deficiência na planta (TAVARES et al., 2015). O tratamento de sementes permite, ainda, melhor uniformidade de distribuição do nutriente sobre as sementes, redução de perdas, menor custo de aplicação e racionalização no uso de reservas naturais não renováveis, por causa das pequenas quantidades utilizadas (TUNES et al., 2012).

A Nanotecnologia tem sido apontada como uma tecnologia extremamente inovadora, pois se dedica à criação de materiais, dispositivos e sistemas, por meio do controle da matéria a uma escala de tamanhos nanométricos, realçando a exploração de novas propriedades e fenômenos desenvolvidos a essa escala. As partículas em tamanho diminuto apresentam propriedades funcionais únicas (físicas, químicas e biológicas) não encontradas na escala macro (CHAU; WU; YEN, 2007). Nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) têm sido intensamente utilizadas em diversas áreas (TONTO et al., 2008).

Embora não existam relatos na literatura do uso de nanopartículas de ZnO em tratamento de sementes, elas possivelmente poderão ser estudadas como alternativa para corrigir o nível de zinco na planta e garantir uma alta produtividade. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do tratamento de sementes de cevada com nanopartículas de ZnO.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no período de agosto de 2016 a julho de 2017, foi conduzido na propriedade do Sr. Carlos Abel Verona, localizada na Linha Separação no Município de Dionísio Cerqueira, SC; latitude 242620,73 S e longitude 7090725,50 W (GOOGLE EARTH, 2014), com altitude de 808 metros (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2008). Segundo Köppen e Geiger (1928) a classificação do clima é Cfb, com chuvas bem distribuídas, média anual de 2008 milímetros.

Foi utilizado o delineamento de blocos completos ao acaso (DBC) em esquema de parcela subdividida (2 x 4 x 6), com três repetições. Na parcela principal foram alocados os cultivares ANAG 01 e BRS BRAU, na subparcela foram alocados os intervalos de tempo em minutos de exposição às nanopartículas de ZnO (90, 180, 270, e 360) e na subsubparcela as concentrações 0 mg/L, 75 mg/L, 150 mg/L, 225 mg/L, 300 mg/L e 375 mg/L.

As sementes de cevada de ambas as variedades (fator 1) foram tratadas com as doses (fator 2) de nanopartículas de ZnO e expostas a cada tempo (fator 3). Para isso, foram utilizados beakers com capacidade para 2 litros de água, sendo utilizada água ultrapura; eles foram colocados sobre chapas magnéticas para a agitação da água. Posteriormente foi adicionada a dose da nanopartículas de ZnO à água e após, colocadas nessa solução as sementes de cevada, sendo estas deixadas pelos períodos de tempo determinados (fator 3).

A adubação foi efetuada segundo a recomendação para cultura da cevada (COMISSÃO QUÍMICA DE FERTILIDADE DO SOLO, 2004). Os tratamentos culturais foram realizados conforme as recomendações técnicas para a respectiva cultura (COMISSÃO DE PESQUISA DE CEVADA, 2001).

As leituras do teor de clorofila foram medidas em três estágios: no afilhamento, na enlongação e no emborrachamento, sendo utilizado para isso o medidor de clorofila SPAD -502 (Minolta Camera Co. Ltda.), elas foram realizadas entre sete e 11 horas da manhã. Para a medição foram coletados 20 valores da área útil da subparcela, de folhas jovens, completamente expandidas e foi feita nos pontos situados na metade a dois terços do comprimento da lâmina foliar.

Para a determinação da área foliar dos afilhos no florescimento foram coletados 10 afilhos da área útil de cada subparcela, e foi feita a medida de cada folha e posterior média da subparcela.

O número de espigas por m<sup>2</sup> foi obtido através da contagem do número de espigas da área útil de cada subparcela do experimento seguido do cálculo, convertendo o número de espigas para espigas por m<sup>2</sup>. Para o número de grãos por espiga a determinação foi através da contagem dos números de grãos de cada espiga da área útil da subparcela do experimento. Na determinação do número de grãos por m<sup>2</sup>, foi somado o número de grãos por espiga da área útil de cada subparcela, sendo este dividido pela área útil da subparcela.

O rendimento foi obtido através da pesagem dos grãos da área útil da subparcela. Os valores de umidade dos grãos colhidos foram corrigidos para umidade ideal, que é 13% para a cevada (BRASIL, 2009).

Os dados coletados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), e as diferenças entre médias foram comparadas pelo teste de Tukey e análise de regressão (FERREIRA, 2010).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de clorofila não apresentou variação em relação ao tratamento de sementes de cevada com nanopartículas de óxido de zinco. Havendo variação somente entre as cultivares (Tabela 1).

Tabela 1 – Teor de clorofila da cultura da cevada submetida ao tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco

Cultivar	Teor de clorofila
	----- (Índice) -----
BRS Brau	44,09 a
Ana	41,10 b
CV (%)	5,57

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

A interação cultivar versus tempo de exposição, em relação ao número médio de grãos por espiga, apresentou diferença significativa inferior apenas para a cultivar BRS Brau, com 180 minutos de exposição ao tratamento com nanopartículas ZnO (Tabela 2).

Tabela 2 – Número médio de grãos por espiga da cultura da cevada submetida ao tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco

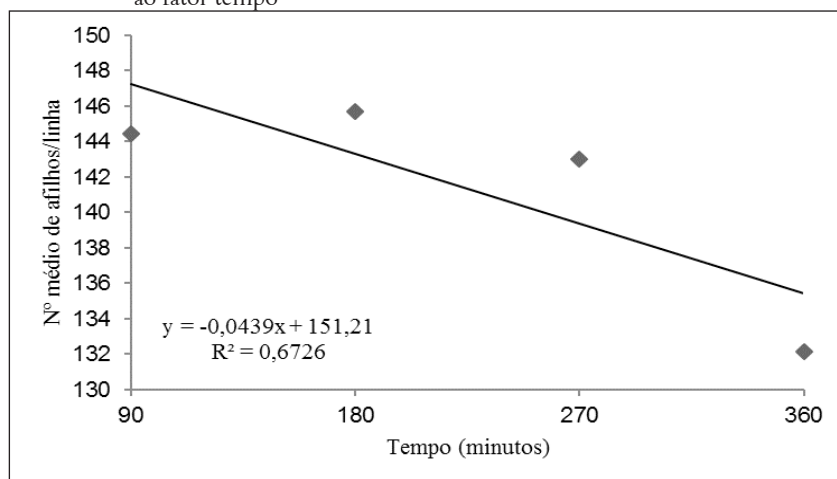
Tempo (minutos)	Cultivar	
	BR Brau	Ana
	----- (Nº médio de grãos por espiga) -----	
90	19,73 aA	19,64 aA
180	19,17 bA	21,00 aA
270	19,43 aA	19,94 aA
360	20,53 aA	20,15 aA
CV (%)	8,56	

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

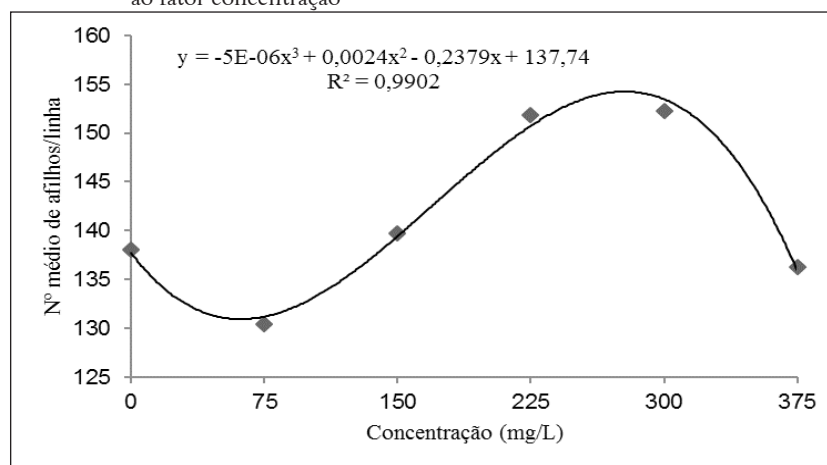
Foi observado aumento do número de afixos entre 90min e 180min de exposição das sementes ao tratamento com nanopartículas de ZnO, sendo que ocorre redução do número de afixos por linha à medida que aumenta o tempo de exposição (Gráfico 1). Para a mesma variável foram alcançados resultados mais satisfatórios nas concentrações entre 225 mg/L e 300mg/L (Gráfico 2). Em estudo similar apresentado por Orioli Júnior et al. (2008), a aplicação de zinco na cultura do trigo não afetou as variáveis de crescimento das plantas.

Gráfico 1 – Número médio de afixos por linha da cultura da cevada submetida ao tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco em relação ao fator tempo



Fonte: os autores.

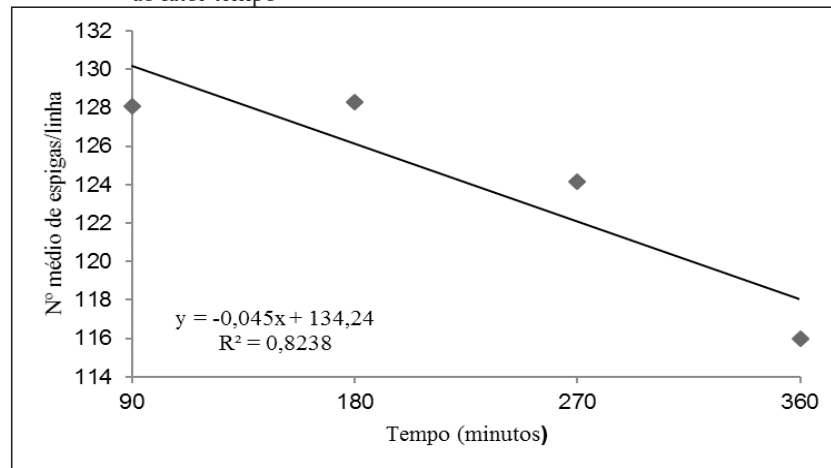
Gráfico 2 – Número médio de afixos por linha da cultura da cevada submetida ao tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco em relação ao fator concentração



Fonte: os autores.

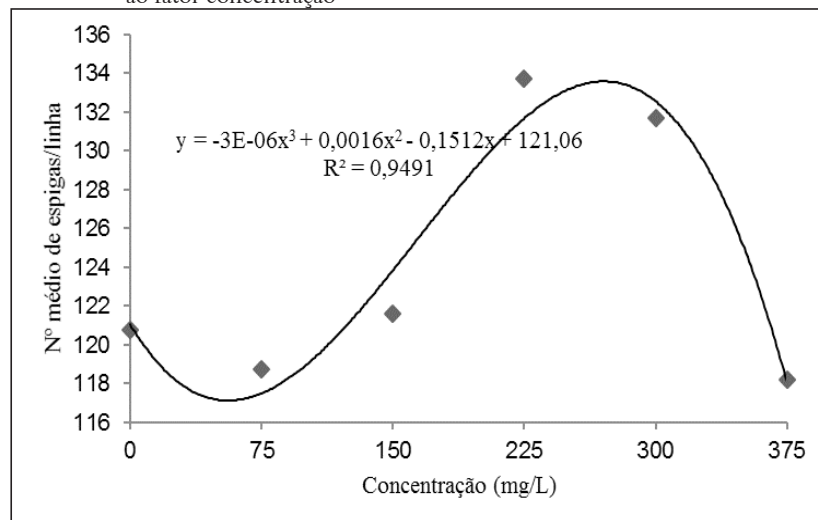
Constata-se maior número de espigas entre 90 min e 180 min de exposição ao tratamento com nanopartículas de ZnO. Esse número decresce à medida que aumenta o tempo de exposição (Gráfico 3). Observa-se o maior número de espigas entre as concentrações de 225 mg/L e 300 mg/L de nanopartículas de ZnO (Gráfico 4).

Gráfico 3 – Número médio de espigas por linha da cultura da cevada submetida ao tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco em relação ao fator tempo



Fonte: os autores.

Gráfico 4 – Número médio de espigas por linha da cultura da cevada submetida ao tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco em relação ao fator concentração



Fonte: os autores.

Em estudo similar Tavares et al. (2015) avaliaram diferentes doses de zinco no tratamento de sementes em duas cultivares. Os autores destacam que não ocorreu interação entre os fatores, tampouco entre os efeitos principais de cultivares e doses de zinco. Acrescentam, ainda, que as cultivares BRS Elis e BRS Cauê obtiveram comportamento semelhante ao serem submetidas a doses de zinco via tratamento das sementes, corroborando o presente estudo.

A área foliar média dos afilhos não apresentou variação em relação à aplicação de nanopartículas de ZnO, havendo diferença somente entre as cultivares (Tabela 3).

Tabela 3 – AF média da cultura da cevada submetida ao tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco

Cultivar	AF
	----- (Índice) -----
Ana	58,08 a
BRS Brau	45,09 b
CV (%)	27,77

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

O fator cultivar e a interação cultivar versus tempo de exposição apresentaram efeito sobre o índice de área foliar (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – IAF média da cultura da cevada submetida ao tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco

Cultivar	IAF
	-----(Índice)-----
Ana	4,87 a
BRS Brau	2,96 b
CV (%)	32,14

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Tabela 5 – IAF média da cultura da cevada submetida ao tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco

Tempo (minutos)	Cultivar	
	BR Brau	Ana
	----- (Índice) -----	
90	3,83 bB	4,06 bAB
180	3,34 bB	3,93 bAB
270	2,96 bB	4,87 aA
360	3,03 bB	3,81 bB
CV (%)	32,14	

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

Para a variável rendimento não se obteve efeito em relação ao tratamento de sementes de cevada com nanopartículas de ZnO, sendo que somente as cultivares apresentaram divergência significativa entre si (Tabela 6).

Os resultados estão de acordo com Orioli Junior et al. (2008), os quais não detectaram diferenças no número de espiguetas e, conseqüentemente, no rendimento em sementes de trigo tratadas com zinco. Porém diferem dos apresentados por Tavares et al. (2015), que obtiveram aumento linear no rendimento da cevada com aumento da dose de zinco no tratamento de sementes em estudo similar com sementes de trigo utilizando sulfato de zinco. Tunes et al. (2012) obtiveram aumento no número de grãos por espiguetas e no peso de grãos por planta, divergindo do presente estudo.

Tabela 6 – Rendimento médio da cultura da cevada submetida ao tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco

Cultivar	Rendimento
	----- (kg/ha) -----
Ana	3587,486 a
BRS Brau	3200,667 b
CV (%)	17,26

Fonte: os autores.

Nota: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

## 4 CONCLUSÃO

Para as variáveis teor de clorofila, área foliar e rendimento apenas os cultivares diferiram significativamente, não respondendo à utilização de nanopartículas de ZnO no tratamento de sementes.

O número de grãos por espiga apresentou interação cultivar versus tempo de aplicação.

As variáveis número afilhos e de espiga por linha apresentaram resultados superiores na interação dos fatores tempo versus concentração de 90 e 180 minutos de exposição e 225 e 300 mg/L de nanopartículas de ZnO.

Em face dos resultados obtidos há necessidade de maior aprofundamento no estudo para padronizar tempo e concentração em relação aos cultivares utilizados e, assim, averiguar possíveis efeitos de sua utilização em tratamentos para sementes de cevada.

### *Qualitative and quantitative properties of barley submitted to the treatment of seeds with zinc oxide nanoparticles*

#### *Abstract*

*Barley presents productive potential for several regions of the country, but its cultivation is still limited due to problems in the incidence of diseases and high nutritional requirement that restricts production, such as zinc deficiency. The present study aimed to evaluate the effects of the treatment of barley seeds with ZnO nanoparticles. The experimental design was a randomized complete block design in a subdivided plot (2 x 4 x 6), with three replicates, where the cultivars ANAG 01 and BRS BRAU were allocated, time of exposure to the nanoparticles 90, 180, 270 and 360 and concentrations 0mg / L, 75mg / L, 150mg / L, 225mg / L, 300mg / L and 375mg / L. Cultures were assessed: chlorophyll content, number of grains per ear, number of tines per line, number of ears per line, leaf area of tines and yield. For the variables chlorophyll content, leaf area and yield only the cultivars differ significantly. The number of grains per ear shows cultivar interaction x application time. The number of tiller and spike per line variables shows interaction of the time x concentration factors. In view of the results obtained, there is a need for further study to standardize time and concentration in relation to the cultivars used, thus investigating possible effects of its use in treatments for barley seeds.*

*Keywords: Hordeum vulgare L. Nanotechnology. Nutrition. Zinc oxide.*

#### REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009.
- CHAU, C. F.; WU, S. H.; YEN, G. C. The development of regulations for food nanotechnology. **Amsterdam: Trends in Food Science & Technology**, v. 18, i. 5, 2007.
- COMISSÃO DE PESQUISA DE CEVADA. **Indicações técnicas para produção de cevada cervejeira**: safras 2001 e 2002. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR - Sistema de análise de variância**. Versão 5.3. Lavras: UFLA, 2010.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Statistical databases**. Roma: FAO, 2013.
- GOOGLE. **Google Earth website**, 2014. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 28 jul. 2017.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações Automáticas**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 28 jul. 2017.
- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.
- ORIOLI JÚNIOR, V. et al. Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de massa seca de plantas de trigo. **Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal**, v. 8, n. 1, p. 28-36, 2008.
- ROMUALDO, L. M. **Modos de aplicação de zinco no crescimento inicial de plantas de milho e de sorgo em casa de vegetação**. 2008. 54 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia)–Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho, Jaboticabal, 2008.
- SCHWERZ, F. et al. Physiological performance of white oat seeds coated with zinc. **Jaboticabal: Científica: Revista de Ciências Agrárias Científica**, v. 43, n. 4, p. 341-347, 2015.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Comissão de Química e Fertilidade do Solo. Porto Alegre, 2004.

TAVARES, L. C. et al. Tratamento de sementes de cevada com zinco: potencial fisiológico e produtividade de sementes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, 2015.

TONTO, P. et al. Preparation of ZnO nanorod by solvothermal reaction of zinc acetate in various alcohols. **Ceramics International**, v. 34, p. 57-62, 2008.

TUNES, L. M. et al. Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento e teor do elemento nas sementes. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1141-1146, 2012.