

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

***Nutripriming*, com cobre e manganês em sementes de trigo**

Cesia Ester Flores Herrera

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2016**

**Cesia Ester Flores Herrera
Engenheira Agrônoma**

***Nutripriming*, com cobre e manganês em sementes de trigo**

Orientador:
Profa. Dra. **ANA DIONISIA DA LUZ COELHO NOVEMBRE**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2016**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Flores Herrera, Cesia Ester
Nutripriming, com cobre e manganês em sementes de trigo / Cesia Ester Flores
Herrera. - - Piracicaba, 2016.
84 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Triticum aestivum* L. 2. Micronutrientes 3. Nutrição mineral 4. Parâmetros fisiológicos I. Título

CDD 633.11
F634n

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

Aos amores da minha vida:

Silvina Herrera, Remigio Flores e Francisco Gurrieri.

Pelo infinito amor, carinho, paciência, apoio
e maiormente por compreender a importância
de cumprir um dos meus maiores objetivos.

Por mais de que a distância existiu o amor nunca deixou de ser o mesmo.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Professora Dr. Ana Dionísia da Luz Coelho Novembre, pela orientação desta pesquisa, sugestões, incentivo, amizade, apoio, profissionalismo, confiança a mim concedida, muito importante na minha formação como profissional.

Ao Programa de Alianzas para la Educación y Capacitación - Organización de los Estados Americanos, Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras OEA-GCUB 2013, pela bolsa de estudos concedida, e à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- ESALQ, da Universidade de São Paulo - USP, pela oportunidade de realização do Mestrado

À empresa de sementes Lagoa Bonita pelo fornecimento das sementes, e à Empresa GiroAgro, pelo fornecimento do produtos utilizados nesta pesquisa.

Aos queridos MSc. Helena Chamma e Dr. Francisco Guillhien Gomes Junior, pela assistência durante as análises laboratoriais, pela amizade e apoio que sempre tornou meu ambiente de trabalho mais agradável.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Fitotecnia que fizeram parte da minha vida acadêmica e pelos ensinamentos, em especial aos Professores Dr. Silvio Moure Cicero e Dr. Ângelo Pedro Jacomino.

Aos funcionários do Programa de Pós Graduação que me ajudaram direta ou indiretamente no decorrer do Mestrado, em especial à secretaria Celine Coppe de Sousa e a secretaria do Programa de Pós Graduação em Fitotecnia, Luciane Toledo, muito obrigada a vocês pela atenção e ajuda prestada. Aos funcionários do Pavilhão de Sementes: Adilson, João, David, Luis Cláudio, Hodair, pela ajuda, convivência e amizade.

Aos meus irmãos, Laura, Mirtha, Blanca, Joel, José e Belén, muito obrigada pelo apoio e cuidados brindados aos nossos pais, por os fazerem sentir menos minha ausência, por dar-me a oportunidade de fazer o papel de mãe com os filhos de vocês.

À minha família em Piracicaba, Carina Oliveira, Bruna Longathi, Verónica Rondinel, Danielle Castan, Fábio Diniz e Maicon Javorski, pelos tempos compartilhados juntos, intermináveis conversas, risadas e por terem sido tão companheiros em todos os momentos.

Aos amigos do laboratório de Tecnologia de Sementes: Adriana Bellemo, Ana Claudia Dognini, Aline Neves, Evelyn Koch, Denis Costa, Francisco Ortolan, Haynna Abud, Henrique Brant, Karina Hernani, Luiz Felipe Nicoletti, Marcos Alotomani Neves, Marcela Nunes, Natália Arruda, Nayara Roberto, Plínio Duarte, Roberta Ferreira e Sibelle Santana, por todos os momentos compartilhados.

Muito obrigada a todos que de alguma forma estiveram presentes, tornando este trabalho e o objetivo uma realidade.

EPÍGRAFE

“Nada no mundo consegue tomar o lugar da persistência. O talento não consegue; nada é mais comum que homens fracassados com talento. A genialidade não consegue; gênios não recompensados é quase um provérbio. A educação não consegue; o mundo é cheio de errantes educados. **A persistência e determinação sozinhas são onipotentes.**”

Calvin Coolidge.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
2 DESENVOLVIMENTO	17
2.1 Revisão Bibliográfica	17
2.2 Material e Métodos	27
2.3 Resultados e Discussão	33
2.3.1 Caracterização das sementes de trigo	33
2.3.2 <i>Nutripriming</i> , com cobre em sementes de trigo	33
2.3.3 <i>Nutripriming</i> , com manganês em sementes de trigo	51
3 CONCLUSÕES	69
REFERÊNCIAS	71
ANEXOS	81

RESUMO

Nutripriming, com cobre e manganês em sementes de trigo

A aplicação de micronutrientes nas sementes pode constituir alternativa interessante para a disponibilização destes elementos às plantas, reduzindo perdas e disponibilizando-os no início do desenvolvimento das mesmas, favorecendo sua utilização. O *nutripriming* da semente é uma técnica em que há hidratação das sementes com solução aquosa de nutrientes, associando os benefícios do *priming* com a disponibilização de elementos essenciais à nutrição vegetal. Assim, foi avaliada a adequação do *priming* para as sementes de trigo, do *nutripriming* com a aplicação do cobre e do manganês e a interferência desses procedimentos na qualidade da semente e no desenvolvimento da plântula; foram utilizados os cultivares Quartzo e Supera, avaliados em cinco épocas: inicial e aos 45, 90, 135 e 180 dias. Para a avaliação das sementes foram determinados o teor de água, a germinação (total e primeira contagem), a emergência da plântula (total e índice de velocidade), os comprimentos da plântula (manualmente e com o *software* SVIS[®]), a condutividade elétrica e os índices de vigor e uniformidade de plântulas. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 7 x 2 (controle e doses de micronutrientes x sementes sem *priming* e com *nutripriming*), em delineamento experimental inteiramente casualizado. Independentemente do cultivar, o *nutripriming* em sementes de trigo, utilizando doses superiores a 100 mg de Cu/kg de semente, afeta negativamente o desenvolvimento da plântula reduzindo o crescimento das raízes. A aplicação na semente de trigo, doses 10 e 33 mg de Cu/kg de semente, sem *priming* ou utilizando *nutripriming*, não causa redução da qualidade da semente e não compromete o desenvolvimento da plântula. A utilização do manganês, independentemente do cultivar e da forma de aplicação, não interfere negativamente na qualidade da semente e no desenvolvimento da plântula.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L.; Micronutrientes; Nutrição mineral; Parâmetros Fisiológicos

ABSTRACT

Wheat seed nutripriming with copper and manganese

Micronutrient application through seeds may consist in an interesting alternative to provide these elements to plants, reducing losses and making them available at their initial growth stages, which may favor their utilization. Nutripriming is a technique that involves seed hydration in aqueous nutrient solution, which combines the priming benefits with the supply of essential elements for plant nutrition. Thus, this research evaluated the adequacy of priming for wheat seeds, the application of copper and manganese through nutripriming and the interference of these procedures on seed quality and seedling development. Wheat cultivars Quartzo and Supera were used; the evaluations were performed in five periods: initial (day 1), 45, 90, 135 and 180 days. Seeds were evaluated by water content, germination (total and first count), seedling emergence (total and speed index), seedlings length (manually and with SVIS® software), electrical conductivity and vigor and uniformity indices seedlings. The experiment was conducted in a completely randomized factorial design 7 x 2 (control and doses of micronutrients x non-primed and primed seeds). Regardless the cultivar, nutripriming of wheat seeds, at doses higher than 100 mg Cu / kg seed, negatively affects seedling development, reducing root length. The application of doses 10 and 33 mg Cu / kg seed, via seed dressing or nutripriming, does not affect seed quality and seedling development. The use of manganese, regardless the cultivar and application type, does not interfere on seed quality and seedling development.

Keywords: *Triticum aestivum* L.; Micronutrients; Mineral Nutrition; Physiological Parameters

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é o terceiro cereal mais plantado no mundo, de acordo com os dados da FAO (2015), atualizado até 2014, que indicam que a produção mundial foi de, aproximadamente, de 711 milhões de toneladas. É uma das principais plantas alimentares, adaptada aos diversos ambientes e regiões geográficas. Tem relevância na dieta alimentar por sua qualidade e quantidade de proteínas e pela variedade de produtos derivados, ocupando mais de 17,0 % da terra cultivada do mundo e, aproximadamente, 30 % da produção mundial de grãos (MORI, 2015).

No Brasil, a cultura do trigo foi caracterizada historicamente como cultura de inverno porque era produzida quase que exclusivamente na Região Sul, situação que na atualidade, por meio das pesquisas e do melhoramento genético, possibilitaram a expansão do cultivo para o Centro-Oeste e Sudeste. A área plantada de trigo na safra do ano 2015 foi de 2.103 milhões de hectares com produção de 5.825 milhões de toneladas, constituindo dessa forma 2,65 % do total dos grãos produzidos no Brasil (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016).

Em relação à produção das sementes de trigo na safra 12/13 foram produzidas 339.322 toneladas, representando aumento de 50% em relação à safra 11/12. A taxa de utilização de sementes de trigo no Brasil é de 68% (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS - ABRASEM, 2016).

A semente é o insumo essencial para a produção (SÁ, 1994; ALMEIDA, BRANDÃO, ROSSETTO, 2015). Durante a produção das sementes em campo, além da incorporação das características genéticas na semente, há outros fatores que são incorporados aos sistemas agrícolas, como as técnicas de cultivos e a aplicação de fertilizantes com o objetivo de favorecer a quantidade e a qualidade das sementes produzidas.

No entanto, existem também técnicas aplicáveis após a colheita das sementes com a finalidade de reduzir o tempo até a emergência da plântula, para favorecer as características da qualidade das sementes, especialmente, em condições adversas para a germinação da semente e a emergência da plântula.

Dessa forma, uma técnica, denominada *priming*, foi desenvolvida por Heydecker; Higgins; Turner (1975) que consiste na hidratação controlada da semente, visando preparar o metabolismo para que a germinação seja rápida e uniforme e, conseqüentemente, favorecer o desenvolvimento e o estabelecimento da plântula.

Os nutrientes são fundamentais durante as fases de formação, desenvolvimento e maturação das sementes, principalmente para a constituição das membranas, acúmulo de carboidratos, lipídios e proteínas (SÁ, 1994).

A aplicação de micronutrientes nas sementes pode facilitar a obtenção do conjunto de características necessárias ao uniforme estabelecimento das plântulas e o estande adequado de plantas em campo (FORNASIERI-FILHO, 2008). A aplicação nas sementes dos nutrientes requeridos em quantidades restritas pelas plantas possibilita disponibilizar esses elementos nas primeiras etapas do desenvolvimento da plântula, de maneira a favorecer o aproveitamento e reduzir as perdas desse nutriente em comparação a outras formas de aplicação.

Assim, na área de Tecnologia de Sementes há pesquisas relacionadas ao aumento do conteúdo de nutrientes por meio da aplicação dos micronutrientes nas sementes, por imersão da semente em soluções contendo determinado nutriente. Nesse sentido, tem uma técnica que é denominada de *nutripriming* (FAROOQ et al., 2009), que associa o *priming* à aplicação do micronutriente, dessa forma, ao invés de utilizar apenas a água, a semente é hidratada na solução do nutriente, criando a possibilidade de favorecer a germinação rápida e uniforme da semente e ao mesmo tempo aumentar o conteúdo de nutrientes nas sementes.

Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a adequação do *priming* para as sementes de trigo e a associação do *priming* com a aplicação do cobre e do manganês, técnica denominada de *nutripriming*, e a interferência desses procedimentos na qualidade da semente e no desenvolvimento da plântula.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão Bibliográfica

A expressão qualidade de sementes é usada livremente para refletir o valor global da mesma para seu propósito pretendido, sendo mais do que apenas uma “boa semente”, é uma mistura de propriedades interativas e complexas relacionadas aos aspectos fisiológico, morfológico e ambiental, muitos dos quais não são ainda esclarecidos (HAMPTON, 2001). Para a produtividade da planta, é importante enfatizar a qualidade das sementes que serão usadas na semeadura (ALMEIDA, BRANDÃO, ROSSETTO, 2015). A qualidade depende, dentre outros fatores da disponibilidade de macro e micronutrientes para as plantas progenitoras (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Em função da demanda da planta o micronutriente poderá ser aplicado no solo como são aplicados os demais fertilizantes, a aplicação pode ser necessária também para corrigir uma deficiência preexistente, já que muitos solos arenosos e ácidos de regiões úmidas são deficientes em cobre, manganês, entre outros (MENGEL; KIRKBY, 2001). As necessidades de elementos minerais mudam ao longo do desenvolvimento de uma planta, em uma lavoura, os níveis de nutrientes em determinados estágios de crescimento influenciam a produtividade de constituintes vegetais, economicamente importantes, como a semente (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Para a nutrição das plantas progenitoras e a produção das sementes são vários os métodos de aplicação de micronutrientes, dentre as quais destacam-se a adubação do solo, incluindo adubação fluida e fertirrigação, a adubação foliar, o tratamento de mudas e a aplicação nas sementes, que favorece a uniformidade de distribuição do produto e a aplicação em doses reduzidas, que podem ser aplicadas com precisão, o que é uma das vantagens dessa forma de aplicação de micronutrientes (BARBOSA FILHO, 2002; LOPES, 1999).

O tratamento de sementes, no sentido amplo, é a aplicação de processos e substâncias que preservem o desempenho das sementes, permitindo que as plantas expressem todo seu potencial genético (MACHADO, 2000). O objetivo básico é favorecer a germinação das sementes, independentemente do substrato (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Inclui a aplicação de defensivos (fungicidas, inseticidas), produtos biológicos, inoculantes, estimulantes, micronutrientes e outros (MACHADO, 2000).

O micronutriente é aplicado na semente antes da semeadura, pela imersão das sementes em solução com concentração pré-estabelecida de micronutriente específico e por determinado período, pela adição diretamente na superfície da semente no momento da semeadura ou, ainda, por meio do revestimento das sementes (ALMEIDA; BRANDÃO; ROSSETTO, 2015).

A quantidade de micronutriente requerida pela planta é restrita e a aplicação na semente favorece o contato direto com as raízes, suprimindo, assim, a necessidade inicial da planta (TUNES et al., 2012). Estudos confirmaram que há o favorecimento da qualidade das sementes quando são produzidas por plantas nutridas ou quando as próprias sementes são tratadas (ABDALLA; PROCHNOW; FANCELLI; 2008)

É importante salientar que a qualidade das sementes é influenciada não só pelo tipo de micronutriente aplicado, mas também pela forma de aplicação (LUCHESE et al., 2004). Entretanto, concentrações excessiva de sais, próximo à semente, podem prejudicar a emergência da plântula (PESSOA; LUCHESE; LUCHESE, 2000).

A aplicação dos micronutrientes na semente tem o objetivo de disponibilizar o nutriente que, posteriormente, será transferido para as plantas (DALMOLIN, 1992). Como os micronutrientes exercem papel diferenciado nas plantas atuando como cofatores nos sistemas de enzimas e envolvidos em reações redox (FAROOQ et al., 2012), o tratamento de sementes permite, ainda, uniformidade de distribuição do nutriente sobre as sementes, redução de perdas, redução do custo de aplicação e racionalização no uso de reservas naturais não renováveis, por causa da redução das quantidades utilizadas (BARBOSA FILHO, 1982; PARDUCCI, 1989; LUCHESE et al., 2004).

A aplicação do nutriente na semente favorece a rapidez e a eficiência de absorção destes elementos na fase inicial de crescimento da planta já, que estarão disponíveis para a absorção desde o início do crescimento das plântulas, próximos à raiz (ROSOLEM; FERRARI, 1998). Dessa forma, a aplicação de micronutrientes nas sementes apresenta aspectos positivos quanto à correção das deficiências nutricionais de forma prática, eficiente e econômica (PESSOA et. al., 1999). A aplicação de micronutrientes nas sementes e a transferência desses elementos para as plântulas, durante o processo germinativo e no desenvolvimento inicial das plântulas, possibilita suprir parcialmente e, em alguns casos, totalmente as necessidades da planta (RIBEIRO; SANTOS 1996).

Dessa forma, uma técnica denominada *priming* foi desenvolvida por Heydecker, Higgins e Turner (1975), que é a hidratação controlada da semente, visando preparar o metabolismo para a germinação de forma rápida e uniforme e, conseqüentemente, há a rapidez no desenvolvimento e no estabelecimento da plântula, particularmente em condições ambientais desfavoráveis, como a baixa disponibilidade hídrica, temperatura inadequada e a salinidade (NASCIMENTO; COSTA 2009).

Heydecker e Coolbear (1977) afirmaram que o *priming* é geralmente utilizado empregado para sementes pequenas e de alto valor agregado, como as sementes de algumas espécies de hortaliças e de gramíneas que também apresentam sementes pequenas (TALLOWIN et al., 1994). Parâmetros como, a concentração do produto a ser empregado, a duração do tratamento e a temperatura precisam ser avaliados e estabelecidos antes da realização do *priming* (KHAH, 1992).

O processo de *priming* nas sementes, ocorre de acordo com o padrão trifásico de absorção de água e hidratação dos tecidos em condições ideais de suprimento de água, que são divididos em fases I, II, e III (BEWLEY; BLACK, 1994). A absorção da água pelas sementes durante o *priming* não deve exceder a fase III da hidratação, pois a fase II é suficiente para ativação do metabolismo das sementes e, também, a partir da fase III há restrição quanto à dessecação (BRAFOR, 1986).

Foram desenvolvidos vários procedimentos para o *priming*, incluindo o *biopriming* (HAMAYUN et al., 2010; ENTERASI et al., 2013; RADHAKRISHNAN et al., 2013), *termopriming* (KHALIL et al., 1983; HUANG et al., 2002; PAPARELLA, 2015), *priming* químico (“chemopriming”) (PERERA; CANTLIFFE, 1990; VAN DER WOLF et al., 2008), *matriming* (PANDITA et al. 2010; SINGH et al., 2014), *osmopriming* (ARIF et al., 2014) e o *hidropriming* (KHAN, 1980; PAPARELLA, 2015).

O *hidropriming* destaca-se entre as demais técnicas por utilizar água ao invés de sais, evitando a possível interferência de substâncias indesejáveis e nocivas, durante a hidratação (TILDEN; WEST, 1985). Durante o *hidropriming*, as sementes são hidratadas em água em condições ótimas de temperatura, que normalmente variam entre 5 a 20° C, e as sementes são submersas em água com ou sem aeração (PAPARELLA, 2015).

A adição de água para as sementes é realizada até que as sementes atinjam um nível de hidratação específico (ELKOCA et al., 2007; LI et al., 2011). Quantidades de água previamente estabelecidas são adicionadas às sementes para que as atividades metabólicas da germinação ocorram, sem que haja protrusão da raiz primária e, em seguida, as sementes são secas, retornando ao grau de umidade inicial ou próximo ao inicial (McDONALD, 2000). A duração do *priming* depende das características particulares de absorção de água das sementes, espécie, cultivar (BEWLEY; BLACK, 1982).

O *priming* pode favorecer eventos bioquímicos importantes para a germinação das sementes, como a divisão ativa de células durante o crescimento de plântulas (WATERWORTH et al., 2011), reparação e a replicação do DNA, que são afetados durante o processo de desidratação das sementes e comprometem a síntese de enzimas essenciais para o processo germinativo (SLIWINSKA; BASSEL; BEWEL, 2009; CHEN; ARORA, 2013).

Após o *priming*, é recomendável secar as sementes até que estas atinjam o teor de água inicial ou próximo a este, para evitar acelerar a deterioração das sementes durante o armazenamento (ABBA; LOVATO, 1999). A secagem das sementes visa interromper os processos que possibilitam a emissão da raiz, mas quando as sementes forem colocadas em condições favoráveis, a germinação será de maneira rápida e uniforme (BEWLWY; BLACK, 1994).

Alguns benefícios da utilização desta técnica em sementes são a redução de injúrias durante a fase de embebição, a superação da dormência da semente de algumas espécies, o aumento da velocidade e da uniformidade de emergência da plântula e, até mesmo, para a germinação da semente (FAROOQ et al., 2011).

Após o *priming* geralmente há alteração positiva da taxa de germinação da semente e o aumento da resistência às condições adversas, todas essas características relacionadas, favorecem a competitividade da semente e está diretamente relacionada ao vigor da semente, uma característica agrônômica complexa controlada por múltiplos fatores genéticos e ambientais (JISHA; VIJAYAKUMARI; PUTHUR, 2013). Assim, o genótipo, o grau de deterioração das sementes, o período de duração, a temperatura, o tamanho das sementes, a aeração e o tipo de secagem são fatores que podem ter interferência direta sobre os efeitos benéficos do *priming* (COPELAND; McDONALD, 2001).

Associado à técnica do *priming*, como proposta por Heydecker; Higgins e Turner (1975), podem ser adicionados às sementes micronutrientes e essa técnica é denominada *nutripriming* (FAROOQ et al., 2009).

O cobre é um micronutriente essencial para o crescimento das plantas, devido à atuação nos processos bioquímicos e fisiológicos das plantas (MALAVOLTA, 1980; HAQUE et al., 1993). É um elemento que atua no transporte de elétrons, é relevante para o processo fisiológico de oxirredução e é também ativador ou constituinte de enzimas (PRADO, 2008). Participa de diversos processos metabólicos nas plantas e tanto a deficiência quanto a toxidez de cobre causam redução da taxa fotossintética (HAQUE et al., 1993; MOCQUOT et al., 1996). Normalmente as plantas de cereais, como o trigo, o arroz, a aveia e a cevada, são

suscetíveis à deficiência de cobre, mas as hortaliças e frutas têm deficiência de cobre (GRUPTA, 1997; PRADO, 2008).

A disponibilidade do cobre é em pH do solo entre 5,0 a 6,5; os solos orgânicos têm, geralmente, abundância desse micronutriente, mas formam complexos tão estáveis com a matéria orgânica que somente pequenas quantidades são disponíveis para a planta. Em contrapartida, os solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica têm deficiência de cobre, em função de perdas por lixiviação e, independentemente do tipo de solo, a presença excessiva de íons metálicos como ferro, manganês e alumínio, reduzem a disponibilidade do cobre para as plantas (MALAVOLTA; KLEIMANN 1985; LOPES, 1999). O microelemento reage com a matéria orgânica formando compostos que não são disponibilizados para as plantas imediatamente e que em solos com alto teor de matéria orgânica, as deficiências de cobre aumentam e a reposição deve ser feita anualmente (BRAGA, 2009).

Nas plantas o cobre tende a acumular-se nas raízes e tem mobilidade restrita, mas, pelo menos em parte, há translocação das folhas velhas para as novas. Tanto na seiva bruta quanto na elaborada, o cobre está na forma orgânica, provavelmente quelatizado por aminoácidos. A mobilidade depende do teor no tecido, ou seja, em plantas bem nutridas, movimenta-se com facilidade até as sementes, enquanto em plantas com deficiências do micronutriente o movimento é mais difícil. O transporte no floema parece ocorrer com facilidade, visto que a deficiência pode ser corrigida mediante aplicações foliares de produtos contendo o elemento (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Quando há toxidez devido ao cobre ocorre peroxidação dos lipídios das membranas dos cloroplastos e, conseqüentemente, há inibição do transporte de elétrons na fotossíntese. A toxicidade do cobre causa redução da velocidade da germinação da semente e a redução do desenvolvimento das raízes (KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2000). A toxidez se manifesta primeiramente nas raízes, que escurecem e eliminam elementos previamente absorvidos, o que indica comprometimento da permeabilidade das membranas (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

O trigo é uma das plantas que mais exporta cobre com a colheita (10 g.t^{-1}) e exige 13 g desse micronutriente para produzir uma tonelada de grão (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Nambiar (1976) afirmou que as sementes de trigo produzidas por plantas com deficiência de cobre têm menor quantidade de cobre em relação às produzidas por plantas sem deficiência. Por outro lado, a aplicação do cobre nas plantas de trigo que não tem sintomas de deficiência não interfere na qualidade das sementes colhidas (GALRÃO; SOUZA, 1985). No entanto, a deficiência desse elemento pode causar esterilidade masculina que, dependendo da intensidade, pode reduzir 50% a 100% a produção das sementes (GRAHAM, 1975; GRAHAM; NAMBIAR, 1981).

Quando há deficiência de cobre no final da formação das sementes há alteração da posição das espigas de trigo, que posicionam-se em direção ao solo e esse sintoma é um indicativo da deficiência de cobre (GRAHAM; NAMBIAR, 1981). Assim, Galvão (1988) afirmou que a aplicação do cobre pode aumentar a quantidade das sementes produzidas, em função da sua ação em relação à redução da esterilidade masculina e ao aumento vegetativo da planta.

Existem resultados de pesquisa que ressaltaram benefícios advindos da utilização do cobre, como é o caso da pesquisa de Malhi (2009), que aplicou cobre em sementes de trigo, por meio do *nutripriming*, utilizando solução CuEDTA ($0,04 - 0,16 \text{ kg Cu ha}^{-1}$), que proporcionou o aumento substancial do rendimento das sementes e aplicação na semente de solução $0,04 \text{ kg Cu ha}^{-1}$ de CuEDTA, por meio do *nutripriming*, reduziu os sintomas de deficiência. Para as sementes de tremoço branco o nutripriming com solução de cobre favoreceu a sincronização da germinação das sementes (ALMEIDA, BRANDÃO, ROSSETTO, 2015).

Há relatos dos estudos da interferência das aplicações do cobre junto com outros elementos. Nesse sentido, a aplicação do cobre associado ao zinco nas sementes de milho não afetou a qualidade da semente, em relação ao parâmetro fisiológico, ao longo de doze meses de armazenamento, porém, a aplicação de cobre isoladamente causou fitotoxicidade afetando, principalmente, o desenvolvimento da raiz das plântulas (DIAS, 2013).

A aplicação nas sementes de milho, híbrido ZNT 1165, de soluções de fertilizantes de 0,5 % de Cu e Mn, em doses de 50, 100, 150 e 200 ml, antes da semeadura, que foram colhidas na maturidade fisiológica, indicou que não houve variação significativa em relação ao controle, baseado nos resultados das avaliações do número de sementes por fileira, do número de fileiras por espiga e do peso de sementes (PEREIRA et al., 2010).

Já, para as sementes de sorgo foram realizadas aplicações de diferentes doses de cobre e zinco nas sementes; as sementes colhidas apresentaram massa superior, aumento dos índices de velocidade de germinação e de velocidade de emergência da plântula e da massa seca da plântula; as plântulas, provenientes das sementes tratadas apenas com cobre, apresentaram desenvolvimento superior (SANTOS et al., 2008).

A aplicação de sulfato de cobre nas folhas das plantas de milho, híbrido DKB 390®, foi realizada por Silva et al. (2010), que constataram aumento no teor foliar desse micronutriente quando comparado com o controle. Por outro lado, Luchese et al. (2004) relatou que houve sintomas de toxicidade em função da aplicação de cobre, pois quantidades iguais ou superiores a 4,0 g de cobre kg⁻¹ no tecido vegetal da planta do milho causou toxicidade e que os sintomas dos danos aumentaram na medida em que aumentou a quantidade de cobre aplicada na semente.

O manganês é um micronutriente que é absorvido principalmente como íon divalente (Mn²⁺) e translocado, predominantemente, como cátion divalente no xilema, a partir da raiz (MALAVOLTA, 1980), tem propriedades químicas semelhantes aos dos metais alcalino-terrosos, como o cálcio e o magnésio, e de metais pesados, como o ferro e o zinco, por exemplo; por isso, esses cátions podem inibir a absorção e o transporte do manganês (MARSCHENER, 1988; TAIZ; ZEIGER, 2013). A planta de trigo requer 8,3 g de manganês para produzir uma tonelada de grão, assim, a “taxa de exportação” do Mn pela planta de trigo é de 25 gramas por hectare de cultivo (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

A disponibilidade do manganês no solo depende, principalmente do pH do solo, do potencial de oxirredução da matéria orgânica e do equilíbrio com outros cátions (Fe, Ca, Mg). O manganês está relacionado aos processos de oxirredução na planta, como o transporte de elétrons na fotossíntese e a eliminação dos radicais livres de O₂ (PRADO, 2008; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; MALAVOLTA, 2006). Os íons manganês (Mn⁺²) ativam varias enzimas nas células vegetais. As descarboxilases e desidrogenases envolvidas no ciclo do acido cítrico (ciclo de Krebs), são especificamente ativadas pelo manganês (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Atua, também, na ativação de enzimas, na formação, na multiplicação e no funcionamento dos cloroplastos. Além disso, atua no metabolismo do nitrogênio e nos compostos cíclicos, como precursor de aminoácidos, hormônios, fenóis e ligninas (FAGERIA, 2001). A função específica do Mn nas plantas está relacionada aos processos de oxirredução e a mais estudada é a sua ação no desdobramento da molécula de água e na evolução do O₂ no sistema fotossintético (DECHEN et al., 1988; MELARATO et al., 2002).

As funções de ativação enzimática, biossíntese, transferência de energia e regulação hormonal são fundamentais para a formação, o desenvolvimento e a maturação das sementes e, assim, tanto o macro quanto o micronutriente têm importância similar nesses processos. Nesse sentido, o Mn, pela sua natureza, pode estar envolvido, direta ou indiretamente, na qualidade das sementes produzidas (MELARATO et al., 2002). Há relatos que demonstraram que sementes de trigo com deficiência de Mn originam plântulas menores e há a redução da produção na colheita (MARCAR; GRAHAM, 1986; SINGH; BHARTI, 1985).

A deficiência do manganês pode causar a diminuição da alongação celular, o que reduz o crescimento da raiz, e sugera que há a inibição do metabolismo lipídico ou de ácido giberélico ou ainda redução do fluxo de carboidratos para as raízes (PRADO, 2008). Em condições de deficiência aguda de Mn, formam-se manchas necróticas marrons nas folhas, o que causa a queda prematura dessas folhas; nas plantas dos cereais, os sinais de deficiência do manganês podem ser observados em função da formação de manchas brancas e cinzentas em algumas folhas (MARCAR; GRAHAM, 1986; CHANG, 1999). A utilização da semente com

deficiência de manganês reduz a qualidade e quantidade das sementes produzidas (MARCAR; GRAHAM, 1986; SINGH; BHARTI, 1985).

Por outro lado, considerando que o excesso de manganês na planta pode causar toxicidade, Brauner e Sarruge (1980) colocaram plântulas de trigo, de 30 cultivares, em soluções 0, 8, 16 e 32 ppm/mg de Mn, e avaliaram as plântulas obtidas a partir do quarto dia após a germinação até os 17 dias; verificaram que as plântulas de 26 cultivares apresentaram resposta crescente em relação às diferentes doses aplicadas, aumento da massa da matéria seca e do comprimento da parte aérea, apenas para as plântulas de quatro cultivares esse micronutriente foi tóxico.

Camargo e Ferreira (1992) utilizaram, também, soluções 1, 11, 300, 600 e 1.200 mg/litro de manganês em sementes de 26 cultivares de trigo, por doze dias; concluíram que as concentrações 11 a 1.200 mg/litro de Mn causaram redução significativa do comprimento das raízes das plântulas.

No entanto, a hidratação das sementes de trigo com soluções de sulfato de manganês ($MnSO_4$) favoreceu o desenvolvimento da semente, o conteúdo desse elemento na semente e a produtividade da planta, esses dois últimos parâmetros aumentaram linearmente com o aumento da concentração da solução durante o *priming*, até o máximo de 0,2% da concentração de $MnSO_4$, com 12 horas de hidratação (KHALID; MALIK, 1982).

A viabilidade da aplicação de micronutrientes nas sementes já foi confirmada para várias espécies. Por outro lado, as técnicas de *priming* para as sementes de algumas gramíneas têm proporcionado resultados positivos como no caso de braquiárias (BENOME et al., 2006), sorgo (CARVALHO, et al., 2000; OLIVEIRA; GOMES-FILHO, 2010), arroz (FRANZIN et al., 2007; YUAN-YUAN et al., 2010), cevada (ABDULRAHMANI et al., 2007), milho (TIMÓTEO, et al., 2010).

No entanto, não há relatos da utilização do *priming* associado à aplicação de micronutrientes como o cobre e o manganês em sementes de trigo, assim, nessa pesquisa foi avaliada a aplicação dessas duas técnicas e as sementes foram avaliadas imediatamente e durante 180 dias de armazenamento.

2.2 Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida nos Laboratórios de Análise de Sementes (LAS) e de Análise de imagens (LAI) do Departamento de Produção Vegetal (LPV), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ), Universidade de São Paulo (USP). Nos meses de março a novembro do ano 2015.

Para a pesquisa foram utilizadas sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.), cultivares Quartzo e Supera, um lote de sementes de cada cultivar. Inicialmente as sementes foram caracterizadas quanto ao teor de água, à germinação e ao vigor (primeira contagem de germinação, emergência da plântula em areia, índice de velocidade de emergência da plântula, comprimento da plântula e condutividade elétrica), conforme indicado a seguir:

Teor de água: duas amostras, contendo, aproximadamente, 4 g de sementes foram colocadas em recipientes metálicos e mantidas em estufa a 105 ± 3 °C, durante 24 horas. Decorrido este período, os recipientes foram retirados da estufa e mantidos em dessecadores até atingirem temperatura constante, sendo posteriormente pesados (BRASIL, 2009). Os resultados expressos em %, foram calculados considerando a diferença entre a quantidade inicial e final de água nas sementes.

Teste de Germinação (G): quatro repetições de 50 sementes foram semeadas em rolos de papel (tipo Germitest) umedecido com água na proporção de 2,5 vezes a massa desse substrato seco, mantidas em câmaras de germinação a 20 ± 1 °C, no escuro. As avaliações foram realizadas aos quatro dias e aos oito dias após a instalação do teste, conforme indicam as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

Emergência da plântula (EP): quatro amostras de 50 sementes foram semeadas em caixas plásticas (dimensões: 42 cm x 28 cm x 9,5 cm), distribuídas a dois cm de profundidade em substrato areia de textura média, umedecida com 60 % da quantidade de água em relação à capacidade de retenção. O resultado foi expresso em quantidade de plântulas emersas e calculado em porcentagem.

Índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP): constou da avaliação diária da quantidade de plântulas emersas no teste de emergência da plântula. O resultado representa o índice de velocidade de emergência da plântula, calculado como indicado por Maguire (1962).

Comprimento da plântula (CP): foi determinado de forma manual, utilizando uma régua, e por meio de um programa Seed Vigor Imaging System (SVIS ®).

Para a determinação manual foram avaliadas quatro repetições de 10 sementes, colocadas para germinar conforme indicado para o teste de germinação, mas as sementes foram distribuídas uniformemente no terço superior do papel e colocadas em uma mesma posição para favorecer o crescimento das raízes. O comprimento da plântula foi determinado quatro dias após a instalação do teste e foram caracterizados os comprimentos total e da raiz principal. Os resultados médios são expressos em centímetros.

Para a avaliação por meio do programa foram avaliadas cinco repetições de 20 sementes, colocadas para germinar conforme indicado para o teste de germinação, mas as sementes foram distribuídas uniformemente em duas fileiras no terço superior do papel e colocadas em uma mesma posição para favorecer o crescimento das raízes. Após três dias, as plântulas foram colocadas sobre papel de coloração preta para obtenção das imagens em *scanner* invertido HP Scanjet 2004 (*software* Photosmart), resolução de 100 dpi para a obtenção das imagens, utilizando o programa Seed Vigor Imaging System (SVIS ®), por meio do qual é determinado o comprimento da plântula, gerando dados em pixel e convertidos para centímetros.

Para as plântulas de cada cultivar foram estabelecidos comprimentos máximos de 7,6 cm para as sementes do cultivar Quartzo e 10,2 cm as sementes do cultivar Supera, valores utilizados como referência para as avaliações por meio do programa. Adicionalmente, foram gerados índices de uniformidade e de vigor, baseados na uniformidade de crescimento e no comprimento das raízes, com a proporção ajustada no programa de 30% para uniformidade e 70% para o crescimento (SILVA; GOMES JUNIOR; CICERO, 2012).

Condutividade elétrica (CE): foram avaliadas quatro repetições de 50 sementes, com massa previamente determinada em uma balança analítica com 0,01 g de precisão. A seguir as sementes foram colocadas em recipientes plásticos e foram adicionados 75 ml de água destilada a 25 °C, durante 16 horas (LIMA; MEDINA; FANAN 2006); a condutividade elétrica foi determinada em um conductivímetro (marca Digimed, modelo MS-31). Os valores determinados foram divididos pela massa das sementes e os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ de sementes.

Os tratamentos considerados para a avaliação das sementes de trigo estão relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 - Relação dos tratamentos considerados para as sementes de trigo, cultivares Quartzo e Supera

Cultivares	Cobre	Manganês
Quartzo	Controle	Controle
	Controle com <i>priming</i>	Controle com <i>priming</i>
	10 mg/kg de Cu sem <i>priming</i>	10 mg/kg de Mn sem <i>priming</i>
	10 mg/kg de Cu com <i>nutripriming</i>	10 mg/kg de Mn com <i>nutripriming</i>
	33 mg/kg de Cu sem <i>priming</i>	33 mg/kg de Mn sem <i>priming</i>
	33 mg/kg de Cu com <i>nutripriming</i>	33 mg/kg de Mn com <i>nutripriming</i>
	100 mg/kg de Cu sem <i>priming</i>	100 mg/kg de Mn sem <i>priming</i>
	100 mg/kg de Cu com <i>nutripriming</i>	100 mg/kg de Mn com <i>nutripriming</i>
	333 mg/kg de Cu sem <i>priming</i>	333 mg/kg de Mn sem <i>priming</i>
	333 mg/kg de Cu com <i>nutripriming</i>	333 mg/kg de Mn com <i>nutripriming</i>
	1.000 mg/kg de Cu sem <i>priming</i>	1.000 mg/kg de Mn sem <i>priming</i>
	1.000 mg/kg de Cu com <i>nutripriming</i>	1.000 mg/kg de Mn com <i>nutripriming</i>
3.333 mg/kg de Cu sem <i>priming</i>	3.333 mg/kg de Mn sem <i>priming</i>	
3.333 mg/kg de Cu com <i>nutripriming</i>	3.333 mg/kg de Mn com <i>nutripriming</i>	
Supera	Controle	Controle
	Controle com <i>priming</i>	Controle com <i>priming</i>
	10 mg/kg de Cu sem <i>priming</i>	10 mg/kg de Mn sem <i>priming</i>
	10 mg/kg de Cu com <i>nutripriming</i>	10 mg/kg de Mn com <i>nutripriming</i>
	33 mg/kg de Cu sem <i>priming</i>	33 mg/kg de Mn sem <i>priming</i>
	33 mg/kg de Cu com <i>nutripriming</i>	33 mg/kg de Mn com <i>nutripriming</i>
	100 mg/kg de Cu sem <i>priming</i>	100 mg/kg de Mn sem <i>priming</i>
	100 mg/kg de Cu com <i>nutripriming</i>	100 mg/kg de Mn com <i>nutripriming</i>
	333 mg/kg de Cu sem <i>priming</i>	333 mg/kg de Mn sem <i>priming</i>
	333 mg/kg de Cu com <i>nutripriming</i>	333 mg/kg de Mn com <i>nutripriming</i>
	1.000 mg/kg de Cu sem <i>priming</i>	1.000 mg/kg de Mn sem <i>priming</i>
	1.000 mg/kg de Cu com <i>nutripriming</i>	1.000 mg/kg de Mn com <i>nutripriming</i>
3.333 mg/kg de Cu sem <i>priming</i>	3.333 mg/kg de Mn sem <i>priming</i>	
3.333 mg/kg de Cu com <i>nutripriming</i>	3.333 mg/kg de Mn com <i>nutripriming</i>	

Assim, os tratamentos foram representados por seis doses de soluções aquosas contendo carbonatos de Cu e Mn, estabelecidas em miligrama do produto por quilograma de sementes, aplicados associados ao *priming* (*nutripriming*) ou não.

Para a aplicação, primeiro a solução foi adicionada a um saco plástico em seguida, as sementes e agitadas até completar a cobertura visível das sementes.

Para as sementes tratadas sem *priming*, cada dose foi aplicada em um volume de solução aquosa (dose do micronutriente + água destilada) correspondente a 0,5 % do peso das sementes, no caso do controle, o tratamento foi realizado só com a aplicação de água destilada na mesma quantidade mencionada. Para a aplicação, primeiro a solução foi adicionada a um saco plástico (38 cm x 31 cm, comprimento e largura, respectivamente), em seguida, as sementes foram adicionadas e esse conjunto agitado até completar a cobertura visível das sementes.

Para as sementes com *nutripriming*, as doses correspondentes para cada micronutriente foram aplicadas em um volume de solução aquosa (micronutriente + água destilada), suficiente para as sementes atingirem 25 % de teor de água, o que correspondeu a cinco horas de hidratação a 20 °C, essas condições foram determinadas em testes preliminares (dados não apresentados) em função da cinética de hidratação das sementes por imersão em água.

Assim, as sementes correspondentes aos tratamentos com *priming* (controle com *priming*) e aos com *priming* associado aos micronutrientes, nesse caso denominado de *nutripriming*, foram colocadas em bandejas plásticas e misturadas com a solução, e, em seguida, foram distribuídas em uma única camada com a finalidade de favorecer a uniformidade da hidratação. Após esse procedimento, as bandejas foram envolvidas em saco plástico e mantidas em câmaras de germinação regulado a temperatura de 20 ± 1 °C, durante 5 horas, transcorrido esse período as sementes submetidas ao *nutripriming* foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a 35 °C até atingirem o teor de água próximo ao inicial.

Após o preparo das sementes, em função dos tratamentos considerados, as sementes foram embaladas em sacas de papel, tipo Kraft, mantidas em ambiente natural e foram avaliadas imediatamente e aos 45, aos 90, aos 135 e aos 180 dias. As condições do ambiente em que as sementes foram armazenadas estão descritas na Tabela 2. Para determinar a qualidade das sementes foram utilizados os mesmos testes descritos para a avaliação da qualidade inicial das sementes.

Tabela 2 - Dados de temperaturas (°C) e umidade relativa (%) do ar, médias registradas durante as avaliações em ambiente do laboratório. Piracicaba, SP. Período de março a novembro, 2015

Meses	Semanas				Médias mensuais	
	1	2	3	4		
Temperatura (°C)	Março	19,0	18,9	24,5	23,7	21,5
	Abril	25,4	23,9	24,9	25,6	25,0
	Maio	22,9	22,4	21,5	22,0	22,2
	Junho	20,5	21	22,3	20,4	21,1
	Júlio	20,2	19,9	22,0	21,1	20,8
	Agosto	20,2	22,1	21,9	22,3	21,6
	Setembro	23,0	22,1	20,9	26,8	23,2
	Outubro	24,6	26,2	26,9	28,5	26,6
	Novembro	25,8	24,2	26,9	26,1	25,8
	Média					23,1
Umidade (%)	Março	43	43	70	73	57
	Abril	69	60	66	68	66
	Maio	60	62	64	69	64
	Junho	72	69	66	66	68
	Julio	65	75	66	67	68
	Agosto	63	56	55	55	57
	Setembro	58	68	66	48	60
	Outubro	68	60	56	59	61
	Novembro	63	66	66	64	65
	Média					63,6

Análise estatística: para a análise foi utilizado o esquema fatorial 7 x 2 (controle e doses de micronutriente x sementes sem *priming* e com *nutripriming*) em delineamento experimental inteiramente casualizado para cada época de análise. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente, com a verificação da normalidade dos dados e a homogeneidade de variâncias, para a posterior análise da variância (ANOVA); quando necessário, os dados foram transformados, mas são apresentados os dados originais. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico R Core Team (2015).

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Caracterização das sementes de trigo

O grau de umidade inicial das sementes de trigo, dos dois cultivares, foram inferiores a 10 %, em função da manutenção das sementes em câmara fria (10°C, 30% U.R). Os resultados dos testes de germinação (G), apresentados na Tabela 3, são similares, variando entre 91% e 93% para Quartzo e Supera, respectivamente. Por sua vez, pelos resultados dos testes utilizados para avaliar ou estimar o vigor dessas sementes pode ser verificado que o potencia fisiológico das sementes dos dois cultivares são similares (Tabela 3).

Tabela 3 - Resultados dos teores de água (TA, %) e dos testes de germinação (G, %), primeira contagem (PGC, %), emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), comprimentos da plântula (CP, cm) e da raiz (CR, cm), para caracterização da qualidade inicial das sementes de trigo, dos de dois cultivares

Testes/ Cultivares	Quartzo	Supera
TA	9,3	9,7
G	91	93
PCG	87	89
EP	88	91
IVEP	11,29	11,85
CE	23,72	21,35
CP	8,59	9,61
CR	2,44	2,60

2.3.2 Nutripriming, com cobre em sementes de trigo

Os dados de teor de água das sementes dos dois cultivares (Tabela 4) indicam que tanto para as sementes do cultivar Quartzo, quanto para as do cultivar Supera houve aumento do teor de água em todas as épocas em relação aos dados preliminares (Tabela 3).

Assim, na época inicial de avaliação é que foram verificadas as maiores variações do teor de água entre as sementes sem *priming* e com *nutripriming*, para os dois cultivares (Tabela 4); nas demais épocas as sementes atingiram teores similares de água, em função do equilíbrio higroscópico com o ambiente de armazenamento, e, então, praticamente não houve variação dos teores de água das sementes correspondentes aos tratamentos.

Nascimento (2009) afirmou que em condições adversas do ambiente de armazenamento as sementes com *priming* têm redução superior da qualidade em relação às sementes sem o *priming*.

Dessa forma, os teores de água apresentados na Tabela 4 foram considerados apropriados para o armazenamento das sementes de trigo, uma vez que o adequado é manter as sementes com teor de água reduzido, para minimizar a velocidade de deterioração (COPELAND; McDONALD, 2001).

Tabela 4 – Teores de água (%) de sementes de trigo, dois cultivares, sem *priming* (SP) e com *nutripriming* com Cu (CN), em cinco épocas de avaliações (dias)

Tratamentos	Inicial		45 dias		90 dias		135 dias		180 dias	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Quartzo										
Controle	11,6	11,1	11,8	12,4	12,3	12,3	12,1	12,7	11,1	12,2
10 mg/kg	9,5	11,7	11,7	12,7	12,4	12,7	11,9	13,2	11,6	12,3
33 mg/kg	10,5	12,3	11,8	12,3	12,5	12,8	11,9	12,7	11,7	12,2
100 mg/kg	10,2	11,0	11,7	12,8	12,7	12,5	12,0	12,5	11,3	11,9
333 mg/kg	9,9	11,3	11,6	12,2	12,9	12,1	11,9	12,4	11,6	12,2
1.000 mg/kg	9,8	12,0	11,8	12,3	12,8	12,8	11,9	12,7	11,4	11,7
3.333 mg/kg	9,9	11,5	11,8	12,3	12,4	12,6	12,2	12,5	11,1	11,5
Supera										
Controle	10,3	12,2	11,6	11,8	12,7	12,7	12,4	13,1	11,5	12,5
10 mg/kg	9,3	11,7	11,6	11,7	12,8	13,4	12,6	12,7	11,5	12,3
33 mg/kg	9,8	12,2	11,4	11,5	12,6	13,5	12,2	12,6	11,7	12,4
100 mg/kg	9,9	12,2	11,7	11,7	12,7	13,4	12,2	12,8	11,7	7,7
333 mg/kg	9,9	12,2	11,9	11,1	13,4	13,6	12,2	13,1	11,8	12,2
1.000 mg/kg	9,9	11,5	11,6	11,3	12,5	13,6	12,1	12,9	11,7	12,1
3.333 mg/kg	10,3	11,3	11,4	11,5	12,9	13,6	11,9	12,6	11,3	12,1

De modo geral, os dados do teste de germinação para o cultivar Quartzo (Tabelas 5, 7, 9, 11 e 13) evidenciam que a viabilidade das sementes não foi afetada pelos tratamentos relacionados às doses 10, 33, 100, e 333 e 1.000 mg de Cu/kg de semente, não havendo variação significativa dos resultados em relação aos do tratamento controle, quando a aplicação do cobre foi realizada sem *priming*, em todas as épocas de avaliações. Por outro lado, para as sementes com *nutripriming*, a aplicação das doses 1.000 e 3.333 mg de Cu/kg de semente, causaram decréscimo significativo da germinação das sementes, em relação aos valores obtidos para o controle. Já, na interação entre os tratamentos os resultados da germinação das sementes sem *priming* foram menos afetados.

Os resultados do teste de germinação das sementes do cultivar Supera (Tabelas 6, 8, 10, 12 e 14), para as sementes sem *priming* e com *nutripriming*, foram inferiores aos demais, em função da aplicação das duas maiores doses de Cu, que causaram redução da germinação dessas sementes.

Nesse sentido, como o teste de germinação é conduzido em condições ideais, os efeitos do *priming* nas sementes podem ser nulos, não obstante há benefícios na germinação de sementes em condições de ambiente adversos (BRADFORD, 1986). Assim, para as sementes de milho, a aplicação de Cu, isoladamente causou fitotoxicidade afetando, principalmente, o desenvolvimento da raiz da plântula (DIAS, 2013), em contrapartida, o resultado da germinação decorrente da aplicação em sementes de milho do *nutripriming* com doses de cobre, superou o resultado da germinação das sementes do controle (FOTI et al., 2008).

Por outro lado, a aplicação de 3.333 mg de Cu/kg de semente, quando aplicada sem *priming* (exceto, para as sementes do cultivar Quartzo, Tabela 5) e com o *nutripriming*, reduziram a germinação das sementes, independentemente do cultivar. A redução da porcentagem de germinação das sementes com a aplicação das duas maiores doses de cobre ocorreu, principalmente, pelo aumento da quantidade das plântulas anormais, especialmente para a quantidade de 1.000 mg de Cu/kg de semente (Anexo A); a anormalidade foi caracterizada principalmente pela má formação da parte aérea e a necrose da ponta da raiz (Figura 1), além do aumento da quantidade de sementes mortas quando foram aplicados 3.333 mg de cobre/kg de semente (Anexo A).

O primeiro sintoma de toxicidade do cobre nas plantas é caracterizado pela toxicidade nas raízes (MARSCHNER 1995; KOPITTKE; MENZIES, 2006), que escurecem e perdem elementos previamente absorvidos, o que indica comprometimento da permeabilidade das membranas, ocorrendo dessa forma atrasos na germinação de sementes e redução do desenvolvimento das raízes (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; KABATA-PENDIAS; PENDIAS, 2000; MICHAUD et al., 2007; MICHAUD et al., 2008).

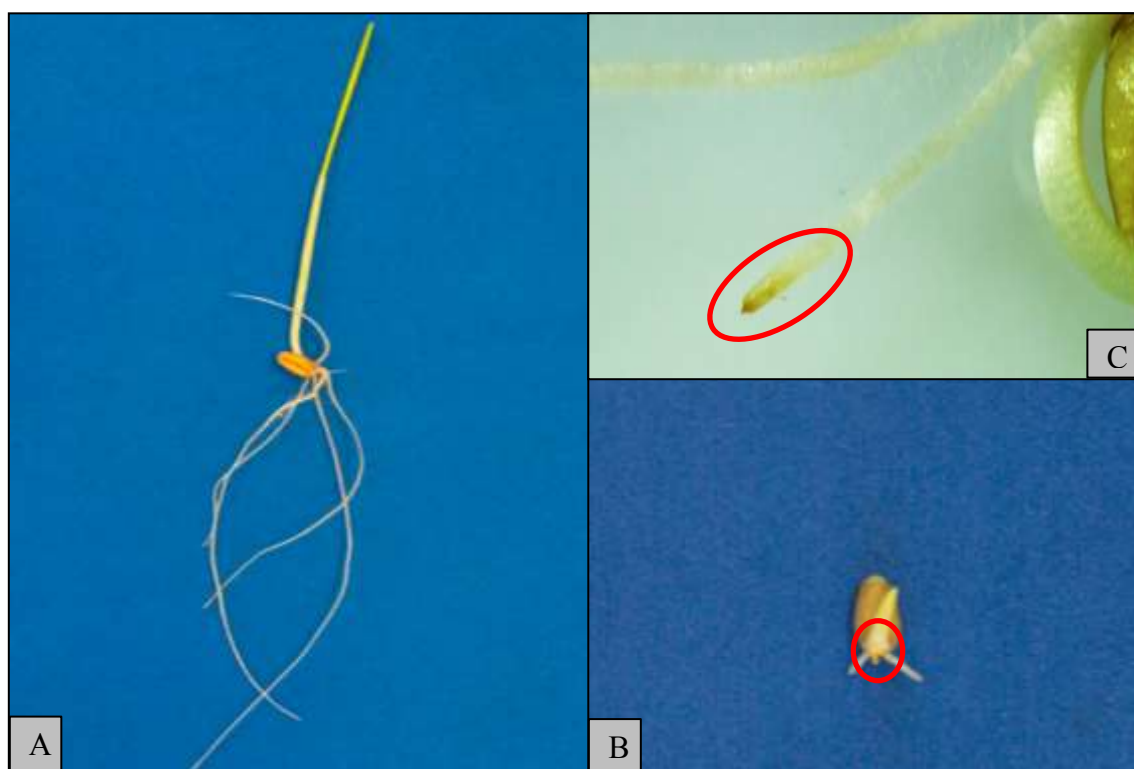


Figura 1 - A – Plântula normal de trigo. B e C- Plântulas anormais de trigo com sintomas de toxicidade de cobre nas raízes das plântulas

Os resultados da primeira contagem de germinação tiveram variação similar à obtida no resultado do teste de germinação; a aplicação das maiores doses, para as sementes sem *priming* causaram redução significativa da germinação das sementes do cultivar Quartzo (Tabelas 5, 7, 9, 11 e 13) e, também, a aplicação de 333 mg de Cu/kg de semente para as sementes do cultivar Supera (Tabelas 6, 8, 10, 12, 14). No caso das sementes com *nutripriming* houve redução significativa da germinação a partir da aplicação de 333 mg de Cu/kg de semente, para as sementes dos dois cultivares. Esses dados evidenciaram que as doses superiores a 100 mg de Cu/kg de semente são prejudiciais para as sementes de trigo, pois afetaram a velocidade de germinação em comparação ao tratamento controle.

É interessante ressaltar que para as sementes do cultivar Quartzo, houve variação para a comparação dos resultados entre as avaliações sem *priming* e com *nutripriming*, entre as doses em todas as épocas de avaliação (Tabela 5, 7, 9, 11 e 13). Para as sementes do cultivar Supera as doses superiores a 333 mg de Cu/kg de semente associadas ao *nutripriming*, na época inicial (Tabela 6), aos 45 dias (Tabela 8), aos 135 dias (Tabela 12) e aos 180 dias (Tabela 14), evidenciaram a toxicidade devida a aplicação da maior dose de Cu, em função da redução da germinação das sementes, resultado que não foi observado aos 90 dias de avaliação (Tabela 10), pois esses resultados foram superiores aos das sementes sem *priming*.

O teste de condutividade elétrica, utilizado pela primeira vez para estimar o vigor das sementes de mamona por Thomas (1960), avalia a quantidade de compostos lixiviados decorrente da hidratação das sementes por imersão em água destilada; com base na quantidade desses lixiviados é que há a classificação das sementes quanto ao vigor. Os valores da condutividade elétrica para as sementes de trigo, do cultivar Quartzo (Tabelas 5, 7, 9, 11 e 13), de maneira geral não tiveram variação significativa com a utilização de até 33 mg cobre/kg de semente, por outro lado, quando aplicados 100 mg de Cu/kg de semente ou mais, os valores da quantidade de lixiviados aumentaram, em função do aumento das doses aplicadas, especialmente até os 90 dias; aos 45 dias (Tabela 7) para os tratamentos sem *priming* os valores foram superiores, provavelmente decorrentes da liberação do cobre aderidos à superfície da semente e da própria característica do sistema de membranas celulares. Para as sementes do cultivar Supera (Tabelas 6, 8, 10, 12 e 14) variações significativas dos resultados referentes aos tratamentos utilizados foram verificadas, principalmente quando foi aplicada a maior dose. Além disso, a variação do genótipo entre as sementes dos cultivares pode causar diferenças nos valores da condutividade elétrica, conforme afirmaram Vieira et al. (1996), mas para as sementes de trigo dos cultivares Quartzo e Supera não houve variação da quantidade liberada de lixiviados, devido às diferenças entre esses cultivares.

Tabela 5 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm), dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Quartzo, tratadas com cobre, sem *priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), época inicial

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	90 aA	93 aA	86 aA	88 aA	23,44 abA	23,26 abA	89 aA	92 abA	10,61 abA	11,33 aA
10 mg/kg	89 aA	89 aA	86 aB	94 aA	20,35 aA	24,61aA	93 aA	97 aA	11,14 aA	11,15 aA
33 mg/kg	92 aA	90 aA	88 aA	86 aA	21,95 abA	24,45 abA	94 aA	90 abA	10,98 aA	10,68 abcA
100 mg/kg	92 aA	96 aA	92 aA	93 aA	23,97 abcA	24,16 abcA	88 aA	91 abA	10,27 abA	9,08 cB
333 mg/kg	92 aA	92 aA	83 aA	68 bB	27,69 cA	26,94 cA	83 aB	97 aA	9,78 abA	9,44 bcA
1.000 mg/kg	94 aA	81 bB	89 aA	43 cB	25,44 cdA	27,90 cdA	81 aA	80 bA	9,6 abA	10,31 abcA
3.333 mg/kg	88 aA	41 cB	60 bA	24 cB	35,24 dA	34,02dA	81 aA	44 cB	9,3 bB	10,73 abA
CV (%)	8,72		13,55		8,72		7,86		7,13	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	7,03 abB	9,76 aA	5,67 aA	6,38 bA	5,24 abA	6,85 abA	801 abB	886 bA	868 aA	895 aA
10 mg/kg	7,85 abA	8,14 abcA	5,73 aB	7,97 aA	5,19 abA	5,67 abA	827 aB	994 aA	875 aA	891 aA
33 mg/kg	8,6 aA	8,81 abA	5,56 aA	6,16 bA	5,78 abA	5,88 abA	810 aA	855 bA	854 abA	903 aA
100 mg/kg	8,835 aA	8,95 abA	5,59 aB	6,6 bA	6,31 aA	6,23 aA	783 abB	891 bA	866 aB	910 aA
333 mg/kg	7,57 abA	7,65 bcA	4,31 bcA	4,95 cA	5,24 bA	5,33 bA	684 bA	740 cA	843 abA	866 aA
1.000 mg/kg	6,28 bA	6,31 cA	5,18 abA	4,38 cB	4,07 cA	4,3 cA	762 abA	705 cA	848 abA	790 bB
3.333 mg/kg	3,10 cA	2,35 dA	3,27 cA	2,49 dA	1,6 dA	1,65 dA	665 bA	665 cA	803 bA	658 cB
CV (%)	11,88		11,79		12,57		24,68		12,58	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$), para cada variável

Tabela 6 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Supera, tratadas com cobre, sem *priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), época inicial

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	95 abA	96 Aa	93 aA	96 aA	20,83 aA	22,8 aA	90 aA	95 aA	11,24 aA	11,74 aA
10 mg/kg	96 abA	97 aA	92 aA	94 aA	22,57 abA	23,9 abA	92 aA	92 abA	12,45 aA	10,96 aA
33 mg/kg	98 aA	96 aA	95 aA	92 aA	22,18 abA	22,25 abA	86 aA	91 abA	10,53 aA	10,68 aA
100 mg/kg	96 abA	94 aA	90 abA	90 aA	25,22 abA	25,86 abA	95 aA	91 abA	11,76 aA	11,17 aA
333 mg/kg	92 abA	93 aA	81 bcA	80 bA	24,78 abA	22,98 abA	93 aA	92 abA	11,22 aA	10,68 aA
1.000 mg/kg	89 bcA	89 aA	79 cA	44 cB	24,94 abA	29,39 abA	93 aA	81 bB	11,33 aA	8,86 bB
3.333 mg/kg	81 cA	31 bB	49 dA	13 dB	32,36 bA	26,14 abA	92 aA	34 cB	11,28 aA	3,7 cB
CV (%)	4,34		5,62		0,21		6,69		7,56	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	7,13 aB	10,91 aA	7,54 abB	10,32 aA	5,51 aB	7,63 aA	836 abA	886 bA	884 abcA	895 aA
10 mg/kg	6,16 abB	9,54 abA	7,69 abB	10,2 aA	4,52 abB	6,49 abcA	818 abcA	994 aA	889 abcA	891 aA
33 mg/kg	6,36 abB	8,1025 bcA	8,3 aB	9,39 abA	4,92 abA	5,39 bcA	875 aA	855 bA	908 aA	903 aA
100 mg/kg	6,115 abB	9,965 abA	8,04 abA	8,57 bA	4,6 abB	6,96 abA	850 aA	891 bA	894 abA	910 aA
333 mg/kg	5,945 abB	7,33 cA	6,74 bA	6,65 cA	4,58 abA	5,07 cA	748 bcA	740 cA	884 abcA	866 aA
1.000 mg/kg	4,675 bA	4,55 dA	6,67 bA	3,51 dB	3,6 bA	3,02 dA	733 cA	705 cA	846 bcA	790 bB
3.333 mg/kg	2,365 cA	1,5 eA	4,49 cA	1,82 eB	1,65 cA	1,18 eA	577 dB	665 cA	835 cA	658 cB
CV (%)	14,59		10,47		15,76		16,02		11,54	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$), para cada variável

Tabela 7 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Quartzo, tratadas com cobre, sem *priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 45 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	80 aA	88 aA	73 aA	67 aA	23,23 abB	21,87 abA	100 aA	96 aA	12 aA	10,89 aB
10 mg/kg	87 aA	82 aA	76 aA	62 abB	23,32 aB	19,97aA	100 aA	95 aA	11,7 aA	10,73 aB
33 mg/kg	83 aA	85 aA	70 aA	64 aA	21,69 aB	19,94aA	97 aA	98 aA	11,25 aA	10,84 aA
100 mg/kg	82 aA	89 aA	74 aA	67 aA	26,14 bcB	24,65 bcA	96 aA	94 aA	11,53 aA	10,66 aA
333 mg/kg	82 aA	79 aA	67 aA	44 bcB	27,54 cB	24,96 cB	92 aA	95 aA	11,08 aA	10,82 aA
1.000 mg/kg	86 aA	55 bB	75 aA	27 cdB	25,81abcB	21,97 abcA	93 aA	79 bB	11,33 aA	8,32 bB
3.333 mg/kg	64 bA	34 cB	40 bA	14 dB	34,91dB	31,31 dB	92 aA	49 cB	11,06 aA	5,09 cB
CV (%)	9,03		15,21		9,64		5,56		5,95	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	7,68 abA	5,5 aB	5,28 aB	6,49 aA	5,45 abA	3,46 abB	792 aA	611 aB	861 abA	887 aA
10 mg/kg	7,95 abA	6,51 aB	5,62 aA	6,01 aA	5,62 abA	4,1 aB	795 aA	624 aB	863 abA	892 aA
33 mg/kg	8,52 aA	6,84 aB	5,45 aB	6,65 aA	6,1 aA	4,34 aB	784 aA	625 aB	879 aA	860 aA
100 mg/kg	7,76 abA	6,65 aA	5,48 aA	5,91 aA	5,52 abA	4,45 aB	791 aA	632 aB	865 abA	870 aA
333 mg/kg	5,96 bA	5,76 aA	4,54 aA	3,97 bA	4,38 bA	3,91 aA	665 bA	619 aA	821 abA	834 abA
1.000 mg/kg	7,21 abA	3,07 bB	5,21 aA	2,11 cB	5,13 abA	1,95 bcB	769 aA	498 bB	851 abA	773 bB
3.333 mg/kg	5,98 bA	1,4 bB	3,11 aA	1,09 cB	4,46 bA	0,98 cB	589 bA	392 cB	809 bA	590 cB
CV (%)	15,39		15,17		16,31		7,58		13,5	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$), para cada variável

Tabela 8 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Supera, tratadas com cobre, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN). 45 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	89 abA	95 aA	83 aA	89 aA	21,54 aA	20,64 aA	96 aA	92 aB	11,7 aA	11,25 abA
10 mg/kg	92 abA	92 aA	85 aA	82 aA	25,03 abA	22,76 abcA	95 aA	100 aB	11,38 aA	11,66 aA
33 mg/kg	90 abA	92 aA	83 aA	80 aA	21,82 aA	19,96 aA	95 aA	94 aB	11,38 aA	10,98 abA
100 mg/kg	94 aA	93 aA	83 aA	81 aA	30,06 bcB	22,27 cdA	94 aA	95 aB	11,31 aA	11,13 abA
333 mg/kg	88 abA	88 aA	75 abA	74 bB	27,57 abA	28,11 bcdA	96 aA	98 aB	11,7 aA	11,02 abA
1.000 mg/kg	84 bA	58 bB	65 bA	34 cB	29,04 bcA	30,3 dA	96 aA	93 aB	11,18 aA	9,99 bB
3.333 mg/kg	60 cA	28 cB	47 cA	8 dB	34,72 cB	28,40 dbA	96 aA	35 bB	11,25 aA	3,57 cB
CV (%)	5,69		5,84		10,7		15,58		5,81	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	8,86 aA	4,53 bB	8,03 aA	7,59 aA	6,49 aA	2,98 bB	835 aA	860 aA	881 abA	886 aA
10 mg/kg	9,02 aA	5,21 bB	8 aA	7,48 aA	6,55 aA	3,28 bB	859 aA	866 aA	864 abcA	875 aA
33 mg/kg	8,52 aA	6,23 abB	7,55 aA	6,31 abA	6,22 aA	3,89 abB	865 aA	844 aA	898 aA	865 aA
100 mg/kg	8,6 aA	7,38 aB	7,67 aA	7,26 aA	6,3 aA	5,1 aB	735 bcA	790 aA	866 abcA	866 aA
333 mg/kg	7,55 aA	5,87 abB	7,03 aA	4,51 bB	5,53 aA	4,02 abB	819 abA	671 bB	873 abA	855 aA
1.000 mg/kg	7,68 aA	4,52 bB	4,37 bA	2,4 cB	5,69 aA	3,14 bB	672 cdA	498 cB	808 bcA	735 bB
3.333 mg/kg	5,04 bA	1,15 cB	3,6 bA	0,58 cB	3,73 aA	0,82 cB	630 dA	348 dB	791 cA	521 cB
CV (%)	14,43		16,87		14,87		6,48		4,73	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$), para cada variável

Durante a execução dos testes de emergência da plântula e do índice de velocidade de emergência da plântula foram registrados os dados da temperatura (média, mínima e máxima) e da umidade relativa do ar, como indicado no Anexo B. Fornasier-Filho (2008) afirmou que as temperaturas entre 20 e 25 °C são consideradas ideais para a germinação da semente de trigo e a emergência da plântula, o que indica que essas duas variáveis não foram afetadas pelas condições do ambiente.

Para as sementes do cultivar Quartzo, sem *priming*, nas épocas inicial (Tabela 5) e aos 45 dias (Tabela 7), os resultados da emergência da plântula e do índice de velocidade de emergência da plântula foram estatisticamente similares aos do controle, independentemente da dose de cobre aplicada; em relação às demais épocas, os resultados dessas duas avaliações variaram (Tabelas 9, 11 e 13). Houve similaridade entre os resultados da aplicação do cobre por meio do *nutripriming* em relação aos testes de germinação e primeira contagem de germinação, pois para essas quatro variáveis, a aplicação de quantidades de cobre superiores a 333 mg de Cu/kg de semente, houve redução do vigor das sementes, indicando a inadequação dessas doses para a aplicação nas sementes de trigo (Tabelas 5, 7, 9, 11 e 13).

Para as sementes do cultivar Supera, para as avaliações da emergência da plântula e do índice de velocidade de emergência da plântula, na época inicial, aos 45 dias e aos 180 dias (Tabelas 6, 8 e 14, respectivamente), não houve diferença significativa entre os resultados em relação às doses aplicadas para as sementes sem *priming*, sendo que aos 90 dias e aos 135 dias (Tabelas 10 e 12), os resultados variaram. Para as sementes do mesmo cultivar, com *nutripriming*, tanto para emergência da plântula quanto para o índice de velocidade de emergência da plântula (Tabelas 6, 8, 10, 12 e 14), a variação entre os resultados foi similar à variação dos resultados do teste de primeira contagem de germinação, não caracterizando alterações específicas decorrentes da utilização destes tratamentos.

Os resultados das pesquisas referentes à aplicação do cobre em sementes são variáveis, têm resultados relacionados ao *priming* em sementes de trigo, utilizando solução CuEDTA (0,04 - 0,16 kg Cu ha⁻¹), em que houve aumento significativo do rendimento das sementes produzidas, mas causou restrição da quantidade das plântulas emersas; entretanto, a aplicação da solução 0,04 kg Cu ha⁻¹ de CuEDTA associada ao *priming* foi eficiente, para restringir a deficiência do cobre e aumentou, de forma significativa, o rendimento das sementes produzidas (MALHI, 2009). Por outro lado, as aplicações de outras doses do mesmo produto foram tóxicas (MALHI; LEACH, 2012). Já, para as sementes de milho tratadas com diferentes doses de cobre houve interferência negativa na velocidade de emergência da plântula (LUCHESE et al., 2004; DIAS; CICERO; NOVEMBRE, 2015).

Dan et al. (1987) consideraram que as sementes vigorosas originam plântulas com taxa superior de crescimento, pois têm eficiência diferenciada para transformar as reservas dos tecidos de armazenamento e incorporar os nutrientes pelo eixo embrionário. Para as sementes do cultivar Quartzo, na época inicial (Tabela 5), aos 135 dias (Tabela 11) e aos 180 dias (Tabela 13), tanto para as sementes sem *priming* quanto para as sementes com *nutripriming*, os comprimentos da plântula e da raiz foram afetados quando aplicadas doses superiores a 333 mg de Cu/kg de semente, apresentando valores estatisticamente inferiores aos dos demais tratamentos. Já, os resultados da avaliação das sementes *sem priming*, aos 45 e aos 90 dias (Tabelas 7 e 9, respectivamente), não tiveram diferença estatística significativa, quando o comprimento foi determinado por meio do programa SVIS® e quando comparado aos resultados dos demais tratamentos, variação similar foi obtida para a avaliação manual do comprimento da raiz aos 45 dias (Tabela 7).

Por outro lado, para os comprimentos médios da plântula e da raiz, originadas das sementes do cultivar Supera, sem *priming* e com *nutripriming*, avaliadas no início, aos 45 dias, aos 135 dias e aos 180 dias (Tabelas 6, 8, 12 e 14, respectivamente) é possível verificar que os resultados decorrentes da aplicação de mais de 1.000 mg de Cu/kg de semente foram estatisticamente inferiores aos resultados dos demais tratamentos. Aos 90 dias (Tabela 10), com a aplicação de 100 mg de Cu /kg de semente os resultados das determinações, com a régua, dos comprimentos da plântula e da raiz foram estatisticamente superiores a alguns dos tratamentos, especialmente para aqueles com as duas maiores doses. No caso da avaliação por meio do programa SVIS®, aos 90 dias, quando a maior dose de Cu (3.333 mg de Cu/kg de semente) foi aplicada houve redução do comprimento.

Dias, Mondo e Cícero (2014) afirmaram que a análise das imagens da plântula, por meio da utilização do software SVIS®, é eficiente para avaliar a qualidade das sementes. Inclusive, por meio desse procedimento é possível estimar o vigor das sementes de gramíneas, tais como as de milho (MONDO et al., 2011), milho doce (GOMEZ- JUNIOR et al., 2009; ALVARENGA, et al., 2012) e as de trigo (SILVA; GOMES JUNIOR; CICERO, 2012).

Os valores obtidos referentes aos resultados dos índices de vigor e de uniformidade, para as sementes dos cultivares Quartzo (Tabelas 5, 7, 9, 11 e 13) e Supera (Tabelas 6, 8, 10, 12 e 14), nas diferentes épocas de avaliação, indicaram similaridade de resultados em relação aos dos outros testes, caracterizando a redução do vigor das sementes com o aumento das doses utilizadas desse micronutriente.

Taylor e Salanenka (2012) afirmaram que não é adequado utilizar o substrato papel para os testes das sementes tratadas com inseticida ou fungicida, porque esse substrato concentra os ingredientes ativos próximos às sementes. Para as sementes de trigo, dos cultivares Quartzo e Supera, os resultados obtidos pelo conjunto de testes, para os quais o substrato utilizado foi o papel, as sementes tratadas com as maiores doses de Cu, apresentaram redução da qualidade em relação aos resultados dos demais tratamentos.

Além da toxicidade nas raízes das plântulas, observada também nas plântulas analisadas nesta pesquisa, outro ponto que deve ser considerado no momento da aplicação do cobre é que o excesso desse micronutriente na planta podem induzir à redução do crescimento da parte aérea, como relatado por Kopittke e Menzies (2006), que atribuíram à redução das concentrações de K, Ca, Mg e Fe nos tecidos e posterior formação de clorose, ou por causar um estresse oxidativo na planta, resultando em danos para as membranas, como, por exemplo, os tilacóides, e a inibição da atividade fotossintética (MARSCHNER, 1995).

Tabela 9 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Quartzo, tratadas com cobre, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 90 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	82 aA	78 aA	67 abA	61 abA	22,97 aA	20,16 aA	89 aA	92 aA	8,2 abA	8,5 aA
10 mg/kg	81 aA	85 aA	68 aA	68 aA	17,02 aA	18,85 aA	88 abA	91 aA	8,21 abA	8,41 aA
33 mg/kg	87 aA	85 aA	72 aA	68 aA	19,53 aA	19,82 aA	92 aA	92 aA	8,64 aA	8,4 aA
100 mg/kg	85 aA	78 aA	67 abA	59 abA	18,29 aA	23,82 aB	87 abA	71 bB	7,87 abA	6,41 bB
333 mg/kg	78 aA	83 aA	53 bA	48 bA	22,54 aA	25,31 aA	77 bB	87 aA	7,26 bB	8,08 aA
1.000 mg/kg	80 aA	50 bB	64 abA	30 cB	17,92 aA	26,15 aB	89 aA	92 aA	7,7 abA	7,8 aA
3.333 mg/kg	45 bA	30 cB	20 cA	16 cA	24,44 aA	33,71 bB	87 abA	44 cB	7,38 bA	3,78 cB
CV (%)	7,04		12,23		15,43		6,27		5,92	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	7,79 aA	5,5 aB	4,84 abB	5,41 aA	5,6 aA	3,46 aB	840 aA	771 aA	872 aA	845 aA
10 mg/kg	7,56 aA	6,51 aA	5,42 aB	5,75 aA	5,48 abA	4,1 aB	877 aA	823 aA	894 aA	860 aA
33 mg/kg	7,3 aA	6,84 aA	5,5 aA	5,88 aA	5,27 abA	4,34 aA	809 abA	858 aA	860 ^a bA	840 aA
100 mg/kg	7,02 aA	6,65 aA	5,57 aA	5,31 bA	5,06 abA	4,45 aA	816 abA	782 aA	861 abA	845 aA
333 mg/kg	5,76 abA	5,76 aA	3,84 aA	4,09 cA	4,09 bcA	3,91 aA	709 bcA	652 bA	805 bA	820 aA
1.000 mg/kg	5,74 abA	3,07 bB	4,27 bA	2,42 dB	4,06 bcA	1,95 bB	766 abcA	547 bcB	844 abA	707 bB
3.333 mg/kg	4,1 bA	1,4 bB	2,52 bA	1,18 dB	2,92 cA	0,98 bB	662 cA	500 cB	838 abA	567 cB
CV (%)	16,87		13,17		17,34		7,72		13,72	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$), para cada variável

Tabela 10 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Supera, tratadas com cobre, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN) 90 dias de armazenamento

tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	88 abA	88 aA	82 aA	71 aB	21,2 acA	21,40 aA	93 aA	92 abA	8,31 aA	8,85 aA
10 mg/kg	91 aA	91 aA	86 aA	76 aB	20,56 bcdA	21,42 aA	86 abB	100 aA	7,77 abcB	9,07 aA
33 mg/kg	91 aA	93 aA	84 aA	70 aB	17,89 aA	17,56 aA	79 bB	94 abA	7,4 bcB	8,62 aA
100 mg/kg	92 aA	96 aA	80 aA	68 aB	20,01 bcdA	18,68 aA	89 abA	95 aA	8,45 aA	8,93 aA
333 mg/kg	89 abA	88 aA	78 aA	38 bB	24,02 bcA	18,59 aA	91 aB	98 aA	8,22 abB	8,78 aA
1.000 mg/kg	78 bA	45 bB	53 bA	22 cB	23,05 bdA	19,62 aA	91 aA	84 bB	8,09 abcA	6,93 bB
3.333 mg/kg	39 cA	14 cB	22 cA	4 dB	28,25 dB	23,01aA	86 abA	37 cB	7,35 cA	3,06 cB
CV (%)	7,5		11,3		23,41		5,58		4,93	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	6,45 cdA	4,53 bB	6,95 aB	8,2 abA	4,11 cdA	2,98 bB	976 aA	844 aB	817 abA	859 abA
10 mg/kg	5,99 cdA	5,21 bA	7 aB	8,76 aA	3,77 dA	3,28 bA	929 aA	882 aB	858 abA	893 aA
33 mg/kg	7,01 cA	6,23 abA	7,18 aA	7,37 abA	4,56 cdA	3,89 abA	974 aA	857 aB	885 aA	874 abA
100 mg/kg	9,7 aA	7,38 aB	6,49 aA	6,67 bA	6,93 aA	5,1 aB	978 aA	832 aB	874 aA	865 abA
333 mg/kg	9,47 abA	5,87 abB	6,04 abA	2,97 cB	6,77 abA	4,02 abB	862 aA	622 aB	857 abA	812 bcA
1.000 mg/kg	7,7 bcA	4,52 bB	4,56 bcA	2,12 cdB	5,47 bcA	3,14 bB	688 aA	508 aB	840 abA	723 cdA
3.333 mg/kg	5,12 dA	1,15 cB	3,18 cA	0,89 dB	3,76 dA	0,82 cB	666 aA	476 aB	801 bA	535 dB
CV (%)	13,97		14,98		15,51		17,27		20,85	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$), para cada variável

Tabela 11 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Quartzo, tratadas com cobre, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 135 dias de armazenamento

tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	68 abB	80 aA	44 aB	65 aA	24,37 aA	24,82 aA	91 abcA	97 aA	10,6 aA	10,82 aA
10 mg/kg	76 abA	82 aA	52 aB	65 aA	24,54 aA	28,15 abA	95 abA	94 aA	10,67 aA	10,53 aA
33 mg/kg	79 abA	82 aA	48 aA	58 aA	25,28 abB	27,08 aA	91 abcA	95 aA	10,28 abA	10,57 aA
100 mg/kg	84 aA	83 aA	50 aA	58 aA	27,41 aA	25,74 aA	96 aA	91 aA	10,76 aA	10,55 aA
333 mg/kg	67 abA	71 aA	25 bcA	34 bA	27,12 aA	27,25 aA	91 abcA	93 aA	9,77 abA	10,43 aA
1.000 mg/kg	75 bA	47 bB	37 abA	31 bA	28,59 aA	33,3 bcB	83 cA	59 bB	9,76 abA	6,42 bB
3.333 mg/kg	43 cA	27 cB	15 cA	10 cA	34,98 bA	35,39 cA	84 bcA	38 cB	8,98 bA	4,12 cB
CV (%)	10,35		16,95		9,26		6,5		6,65	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	6,96 aB	8,74 abA	5,42 aA	3,65 aB	5,05 aB	6,34 aA	792 aB	895 aA	867 aA	872 abA
10 mg/kg	7,34 aB	8,25 abA	5,99 aA	3,73 aB	5,35 aA	5,95 abA	807 aA	848 aA	876 aA	870 abA
33 mg/kg	7,68 aB	8,86 aA	5,45 aA	3,76 aB	5,47 aB	6,39 aA	791 aB	934 aA	869 aA	883 aA
100 mg/kg	6,92 aA	7,42 bcA	5,51 aA	3,88 aB	4,90 aA	5,27 bcA	790 aA	829 aA	869 aA	855 abA
333 mg/kg	4,84 bB	5,98 cdA	4,01 bcA	3,68 aA	3,35 bB	4,22 cdA	705 aA	665 bA	859 aA	792 bB
1.000 mg/kg	7,61 aA	4,65 dB	4,98 abA	2,29 bB	5,45 aA	3,3 dB	780 aA	579 bcB	883 aA	640 cB
3.333 mg/kg	4,35 bA	1,56 eB	3,25 cA	0,91 cB	2,99 bA	1,12 eB	559 bA	483 cA	820 aA	569 cB
CV (%)	16,67		13,99		17,58		8,52		11,24	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), para cada variável

Tabela 12 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Supera, tratadas com cobre, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN). 135 dias de armazenamento

tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	94 aA	92 aA	74 abB	83 aA	22,54 aA	22,31 aA	91 abA	92 aA	10,53 aA	10,48 aA
10 mg/kg	93 aA	96 aA	77 abA	85 aA	24,19 abA	22,54 abA	93 abA	92 aA	10,34 abA	10,38 aA
33 mg/kg	95 aA	92 aA	79 abA	81 aA	23,03 aA	21,85 aA	96 aA	92 aA	10,88 aA	10,36 aA
100 mg/kg	93 aA	94 aA	82 aA	80 aA	24,44 abA	24,59 abA	91 abA	94 aA	9,9 abcB	10,71 aA
333 mg/kg	87 aA	81 aA	69 bA	42 bB	24,96 bA	24,98 bA	92 abA	88 aA	10,23 abA	9,76 aA
1.000 mg/kg	69 bA	53 bB	40 cA	22 cB	23,06 aA	25,9 aA	84 abA	76 bB	9,19 bcA	7,93 bB
3.333 mg/kg	48 cA	12 cB	14 dA	4 dB	34,08 cA	31,66 cA	83 bA	30 cB	8,81 cA	3,22 cB
CV (%)	8,48		9,49		7,95		6,01		5,95	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	8,56 abB	10,07 aA	7,83 abA	8,36 aA	6,43 abA	7,2 aA	829 aA	824 aA	884 aA	874 abA
10 mg/kg	10,05 aA	9,86 aA	7,99 aA	8,33 aA	7,52 aA	6,93 aA	842 aA	791 aA	855 abA	890 aA
33 mg/kg	9,56 abA	8,73 abA	8,48 aA	7,98 aA	6,98 abA	5,99 abA	828 aA	720 abA	856 abA	755 cB
100 mg/kg	9,87 aA	8,9 bcA	6,51 bcA	7,05 abA	7,38 abA	6,02 abB	811 aA	783 aB	856 abA	876 abA
333 mg/kg	8,53 abA	6,61 bcA	7,7 abA	5,84 bB	6,52 abA	4,67 bcB	772 aA	594 bcB	855 abA	807 bcA
1.000 mg/kg	7,56 bcA	4,44 cB	5,44 cdA	2,91 cB	5,67 bcA	3,31 cB	611 bA	493 cB	770 abA	654 dB
3.333 mg/kg	5,91 cA	0,85 dB	4,87 dA	0,68 dB	4,32 cA	0,53 dB	551 bA	346 dB	750 cA	497 eB
CV (%)	13,43		10,63		14,89		10,02		12,16	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$), para cada variável

Tabela 13 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Quartz, tratadas com cobre, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 180 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	80 aA	79 aA	72 aA	76 abA	31,19 abB	21,8 aA	73 bB	90 aA	10,35 bB	13,4 aA
10 mg/kg	76 aA	80 aA	74 aA	73 abA	26,52 aA	23,35 abA	83 abA	81 abA	12,33 abA	12,53 abA
33 mg/kg	84 aA	87 aA	80 aA	80 aA	28,46 aB	22,33 abA	87 abA	86 abA	13,1 aA	13,03 aA
100 mg/kg	80 aA	85 aA	80 aA	73 aA	29,39 abB	22,69 abA	83 abA	80 abA	12,1 abA	12,62 abA
333 mg/kg	83 aA	74 aA	61 aA	68 bA	29,29 aA	23,33 aA	81 abA	71 bB	12,36 abA	11,11 abA
1.000 mg/kg	87 aA	46 bB	37 aA	84 cB	28,35 aA	25,65 aA	91 aA	71 bB	13,45 aA	10,11 bB
3.333 mg/kg	24 bA	26 cA	14 bA	10 dA	38,15 bA	41,17 cA	87 abA	71 bB	13,35 aA	6,79 cB
CV (%)	9,67		7,06		0,04		9,08		10,35	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	7,62 aA	8,12 aA	6,02 abA	5,4 aA	5,28 aA	5,54 aA	738 abcB	874 aA	854 aA	879 aA
10 mg/kg	7,92 aA	8,07 aA	6,73 aA	5,75 aB	5,51 aA	5,66 aA	777 abB	906 aA	864 aA	878 aA
33 mg/kg	7,22 aA	7,96 aA	5,77 abA	5,88 aA	5,05 aA	5,47 abA	785 aA	848 aA	864 aA	886 aA
100 mg/kg	8,16 aA	8,33 aA	5,84 abA	5,31 aA	5,74 aA	5,74 aA	817 aA	726 bB	853 aA	854 abA
333 mg/kg	6,98 aA	6,09 bA	4,47 cA	4,08 bA	4,81 aA	4,15 bA	636 cA	595 cA	821 aA	790 bA
1.000 mg/kg	7,66 aA	3,74 cB	5,02 bcA	2,42 cB	5,23 aA	2,51 cB	671 bcA	600 cA	834 aA	667 cB
3.333 mg/kg	4,71 bA	1,68 dB	4,08 cA	1,18 dB	3,14 bA	1,15 dB	508 dA	442 dA	803 aA	602 cB
CV (%)	12,06		12,14		13,37		8,04		4,28	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$), para cada variável

Tabela 14 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Supera, tratadas com cobre, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 180 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	86 aA	88 aA	66 abA	76 aA	25,41 aB	23,07 aA	88 aA	83 abA	13,1 aA	12,25 abA
10 mg/kg	85 aA	87 aA	60 abB	81 aA	24,49 aB	22,64 aA	84 aA	79 abA	13,09 aA	11,8 abA
33 mg/kg	93 aA	89 aA	73 aA	79 aA	22,82 aA	23,19 aA	90 aA	83 abA	13,6 aA	12,81 aA
100 mg/kg	90 aA	87 aA	64 abA	72 aA	23,84 aA	23,75 aA	80 aA	86 aA	12,06 aA	13,27 aA
333 mg/kg	86 aA	61 bB	51 bA	39 bB	24,71 aA	24,47 abA	92 aA	77 abB	13,84 aA	11,38 abB
1.000 mg/kg	56 bA	37 cB	29 cA	21 cB	34,62 bB	27,48 bA	86 aA	70 bB	12,89 aA	10,18 bB
3.333 mg/kg	17 cA	7 dB	5 dA	4 dA	40,54 cB	32,34 cA	87 aA	29 cB	13,16 aA	3,88 cB
CV (%)	8,39		7,83		0,34		7,93		9,63	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	9,33 aA	10,45 aA	9,98 abA	8,15 aB	6,84 aA	7,41 aA	767 aB	864 aA	880 aA	854 abA
10 mg/kg	9,65 aA	9,96 abA	9,37 abA	8,92 aA	7,19 aA	6,89 aA	771 aB	888 aA	864 abB	904 aA
33 mg/kg	9,34 aA	9,45 abA	10,45 aA	8,21 aB	6,78 aA	6,56 abA	768 aA	806 aA	881 aA	860 abA
100 mg/kg	8,57 abA	7,84 abA	10,26 abA	7,99 aB	6,16 abA	5,22 bcA	763 aA	775 aA	845 abA	846 bA
333 mg/kg	8,74 aA	5,49 bA	8,5 bA	4,82 bB	6,32 abA	3,66 cdB	694 abA	514 bB	856 abA	716 cB
1.000 mg/kg	6,6 bA	3,65 cdB	5,92 cA	2,9 cB	4,82 bA	2,61 deB	592 bcA	444 bB	821 abA	675 cdB
3.333 mg/kg	4,71 cA	1,68 dB	5,43 cA	0,87 dB	2,99 cA	1,44 eB	485 cA	418 bB	808 bA	565 dB
CV (%)	12,86		13,35		14,14		9,1		20,96	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$), para cada variável

2.3.3 Nutripriming, com manganês em sementes de trigo

Os dados de teor de água das sementes de trigo dos dois cultivares (Tabela 15) indicaram que tanto para as sementes do cultivar Quartzo, quanto para as do cultivar Supera, houve aumento do teor de água em todas as épocas, em relação aos resultados obtidos para a caracterização da qualidade das sementes (Tabela 3).

Assim, na época inicial de avaliação é que foram verificadas as maiores variações do teor de água entre as sementes sem *priming* e com *nutripriming*, para os dois cultivares (Tabela 15); nas demais épocas as sementes atingiram teores similares de água, em função do equilíbrio higroscópico com o ambiente de armazenamento, e, então, praticamente não houve variação dos teores de água das sementes correspondentes aos tratamentos.

A redução do teor de água da semente é essencial para que os fertilizantes não afetem negativamente a qualidade das sementes (SCOTT, 1989). Os teores de água entre 12% e 13% foram considerados adequados por Fornasier-Filho (2008) para o armazenamento das sementes de trigo, por um período de até um ano.

Tabela 15 – Teores de água (%) de sementes de dois cultivares de trigo, *sem priming* com Mn (SP) e com *nutripriming* com Mn (CN) em cinco épocas de avaliações (dias)

Dose	Inicial		45 dias		90 dias		135 dias		180 dias	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Quartzo										
Controle	10,6	10,3	11,4	12,6	12,4	11,1	11,9	12,7	11,1	12,0
10 mg/kg	10,9	9,9	11,9	12,6	12,9	12,9	12,2	12,8	10,9	11,9
33 mg/kg	15,5	10,7	12,2	12,9	12,5	11,8	12,1	12,6	11,9	12,0
100 mg/kg	10,8	11,7	12,0	12,6	12,4	13,3	12,0	12,7	12,0	12,2
333 mg/kg	10,5	10,8	12,1	12,5	12,6	12,7	11,7	12,3	10,9	12,3
1.000 mg/kg	10,6	11,0	11,6	12,2	12,6	12,5	11,7	12,5	11,6	12,1
3.333 mg/kg	10,0	11,8	11,8	12,5	12,3	12,8	11,7	12,6	11,9	12,0
Supera										
Controle	10,4	10,8	11,9	12,0	12,7	12,8	12,1	12,8	11,5	12,3
10 mg/kg	10,6	10,8	12,1	11,4	12,7	13,0	12,0	13,2	11,6	2,5
33 mg/kg	10,2	11,5	11,6	11,3	12,6	13,3	11,9	13,2	19,6	12,6
100 mg/kg	10,1	11,4	11,8	11,7	12,6	13,3	11,9	13,1	11,4	12,8
333 mg/kg	10,2	11,1	11,6	12,0	12,9	13,5	11,5	11,6	11,6	12,7
1.000 mg/kg	10,0	10,7	11,6	11,8	12,4	12,5	11,6	13,5	11,7	12,9
3.333 mg/kg	10,4	11,5	11,5	11,9	13,1	11,3	11,9	13,0	11,7	12,5

Os resultados do teste de germinação, para as sementes dos cultivares Quartzo, nas cinco épocas de avaliações (Tabelas 16, 18, 20, 22 e 24), e Supera (Tabelas 17, 19, 21, 23 e 25), indicaram que não houve interferência significativa da aplicação das diferentes doses do Mn para a germinação das sementes *sem priming* e com *nutripriming*, ao longo de 180 dias de armazenamento. No entanto, para as sementes de tremoço branco, tratadas por imersão em solução de Mn foi constatado aumento da germinação (ALMEIDA; BRANDÃO; ROSSETTO, 2015), da mesma forma, para as sementes de cenoura imersas em solução de 1,5% de Mn houve aumento de 3% da germinação (MUNAWAR et al., 2013).

Teixeira et al. (2005) afirmaram que o Mn atua na formação da lignina da membrana da parede celular e, conseqüentemente, durante a germinação da semente pode influenciar a quantidade e a velocidade de absorção de água, bem como alterar a quantidade de lixiviados liberados para o meio. Assim, para as sementes de trigo, houve aumento da germinação das sementes, que foram

hidratadas por 12 horas, quando comparadas com as sementes do controle, além disso, foi constatado o incremento da atividade das enzimas, como a amilase, a protease e a lipase, que atuam no crescimento e desenvolvimento inicial do embrião, o aumento da atividade dessas enzimas acelera o crescimento da plântula, portanto, há o rápido estabelecimento da plântula e o aumento do rendimento (DELL' AQUILA; TRITTO, 1990).

O vigor das sementes de trigo foi avaliado por meio dos testes de primeira contagem de germinação, condutividade elétrica, emergência da plântula, índice de velocidade de emergência, comprimentos da plântula (manual e SVIS®) e da raiz, e os índices de vigor e uniformidade, nas Tabelas 16, 18, 20, 22 e 24, para as sementes do cultivar Quartzo e Tabelas 17, 19, 21, 23 e 25 para as sementes do cultivar Supera.

Para o teste de primeira contagem de germinação, tanto para as sementes *sem priming* quanto para as sementes com *nutripriming*, nas cinco épocas de avaliações e para os dois cultivares, de maneira geral, houve similaridade em relação aos resultados do teste de germinação. Estes resultados evidenciaram que não há interferência negativa decorrente da aplicação do Mn nas sementes de trigo, em função da similaridade entre os resultados da avaliação da velocidade de germinação e os dos tratamentos controle. No entanto, Farooq et al. (2009) afirmaram que o *priming* das sementes, por imersão em soluções com micronutrientes, favorece a sincronização da germinação.

Tabela 16 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Quartzo, tratadas com manganês, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), época inicial

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	96 ^{ns}	92 ^{ns}	95 ^{ns}	89 ^{ns}	24,49 abA	24,87 abA	87 ^{ns}	97 ^{ns}	10,5 ^{ns}	11,33 ^{ns}
10 mg/kg	91	93	88	90	22,06 aA	23,38 aA	89	95	10,63	11,16
33 mg/kg	93	93	91	91	26,16 abcA	24,55 abcA	90	89	10,5	10,69
100 mg/kg	94	94	92	87	24,31 abcA	26,39 abcA	92	83	10,87	9,09
333 mg/kg	93	94	90	90	28,69 bcdA	29,08 bcdA	88	86	10,22	9,44
1.000 mg/kg	93	88	91	86	31,72 cdA	27,58 cdA	84	89	10	10,31
3.333 mg/kg	90	93	88	88	31,03 dA	30,6 dA	94	95	11,03	10,74
CV (%)	4,49		25,17		11,17		40,6		36,66	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	4,69 bB	11,93 aA	6,84 aB	9,96 aA	3,07 bB	7,85 abA	941 abB	997 aA	885 aA	892 aA
10 mg/kg	5,86 abB	13,8 aA	6,84 aB	10,34 aA	3,95 abB	9,59 aA	922 bB	995 aA	893 aA	909 aA
33 mg/kg	6,43 aB	12,27 aA	6,73 aB	10,13 aA	4,31 aB	8,21 abA	923 bB	996 aA	892 aA	890 abA
100 mg/kg	5,84 abB	12,16 aA	6,99 aB	9,17 abA	3,94 abB	8,29 abA	937 abB	994 aA	897 aA	895 aA
333 mg/kg	6,15 abB	11,73 aA	6,94 aB	9,16 abA	4,22 aB	7,83 abA	934 bB	998 aA	902 aA	891 aA
1.000 mg/kg	6,18 abB	10,71 aA	6,74 aB	9,96 aA	4,13 aB	6,94 bA	885 bB	998 aA	885 aA	888 abA
3.333 mg/kg	6,87 aB	12,53 aA	7,23 aB	8,29 aA	4,71 aB	8,64 abA	972 aA	997 aA	913 aA	838 bB
CV (%)	7,08		1,98		7,25		25,65		3,09	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), para cada variável.
^{ns}: não significativo

Tabela 17 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Supera, tratadas com manganês, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), época inicial

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	98 aA	91 aB	95 aA	89 aB	22,36 aA	24,2 aA	92 aA	97 aA	11,16 abA	11,79 aA
10 mg/kg	98 aA	90 aB	88 aA	90 aB	25,15 abA	15,34 abA	79 bA	78 bA	9,8 bA	8,82 bA
33 mg/kg	98 aA	91 aB	91 aA	91 aB	21,84 abA	14,7 abA	78 bB	95 aA	9,63 bB	11,05 aA
100 mg/kg	96 aA	93 aA	92 abA	87 aB	30,07 abA	18 abA	93 aA	96 aA	8,66 abA	11,17 aA
333 mg/kg	96 aA	97 aA	90 aA	90 aA	27,6 abA	18,31 abA	95 aA	94 aA	11,89 aA	9,97 abB
1.000 mg/kg	96 aA	97 aA	91 aA	86 aA	29,06 abA	23,46 abA	94 aA	95 aA	12,77 aA	11,44 aB
3.333 mg/kg	92 aA	92 aA	88 bA	88 aA	32,44 bA	35,99 Ba	95 aA	95 aA	11,47 abA	11,5 aA
CV (%)	16,59		3,81		0,21		6,51		7,83	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	5,36 bB	12,09 bA	7,31 abA	7,96 aA	3,96 bB	8,42 bA	788 abcA	826 aA	901 ^{ns}	905 ^{ns}
10 mg/kg	5,14 bcB	9,85 bcA	7,78 abA	7,51 aA	3,94 bB	6,76 bA	818 abA	814 aA	897	882
33 mg/kg	4,72 bcB	10,87 bcA	8,13 aA	7,08 aB	3,58 bB	7,27 bA	862 aA	780 aB	867	896
100 mg/kg	5,17 aB	11,13 aA	8,24 aA	7,12 aB	3,89 aB	7,52 aA	862 aA	782 aB	886	891
333 mg/kg	5,25 bcB	10,32 bcA	6,63 bcA	7,12 aA	3,9 bB	6,99 bA	738 bcdA	789 aA	891	891
1.000 mg/kg	5,08 cB	9,46 cA	6,06 cB	7,25 aA	3,86 bB	6,37 bA	701 cdB	787 aA	887	886
3.333 mg/kg	5,63 bcB	11,24 bcA	4,06 dB	7,74 aA	4,35 bB	7,86 bA	614 dB	823 aA	898	895
CV (%)	7,18		8,49		4,97		24,67		2,95	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$), para cada variável
^{ns}: não significativo

Tabela 18 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Quartzo, tratadas com manganês, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 45 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	81 ^{ns}	85 ^{ns}	66 abA	63 aA	21,43 aA	21,89 abA	87 bA	89 bA	10,53 aA	10 aB
10 mg/kg	76	84	60 abcA	63 aA	19,56 aA	20,98 aA	95 abA	94 abA	11,63 aA	10,35 aB
33 mg/kg	81	83	66 abA	58 aA	19,43 aA	24,61 bB	99 aA	98 aA	11,87 aA	10,8 aB
100 mg/kg	84	81	73 aA	54 ab	20,69 aA	23,65 abB	97 aA	96 aA	11,39 aA	10,53 aB
333 mg/kg	77	78	58 abcA	59 aA	25,12aA	24,96 bA	99 abA	93 abA	11,21 aA	10,33 aB
1.000 mg/kg	68	81	45 cB	63 aA	28 bB	23,48 abA	97 abA	94 abA	11,48 aA	10,37 aB
3.333 mg/kg	72	77	53 bcB	66 aA	27,74 bA	37,41 cB	95 abA	87 abA	11,32 aA	9,97 aB
CV (%)	22,59		14,63		0,33		40,47		6,56	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	7,3 aA	7,11 aA	5,91 ^{ns}	6,15 ^{ns}	5,12 aA	4,78 aA	831 aA	858 aB	845 ^{ns}	895 ^{ns}
10 mg/kg	6,75 aA	7,08 aA	6,18	5,98	4,76 aA	4,7 aA	848 aA	840 aB	880	878
33 mg/kg	6,88 aA	6,99 aA	6,1	6,25	4,82 aA	4,73 aA	851 aA	865 aB	864	895
100 mg/kg	8,02 aA	6,77 aA	6,69	5,38	5,74 aA	4,98 aA	886 aA	796 aB	886	867
333 mg/kg	8,62 aA	6,34 aB	6,5	5,34	6,25 aA	4,22 abA	893 aA	793 aB	857	887
1.000 mg/kg	7,61 aA	4,65 bB	6,27	5,25	5,39 aA	3,16 bB	868 aA	801 aB	855	865
3.333 mg/kg	8,35 aA	5,94 abB	5,76	5,34	5,91 aA	4,05 abB	831 aA	786 aB	856	863
CV (%)	6,3		7,13		13,86		6,84		3,91	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$), para cada variável
^{ns}: não significativo

Tabela 19 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Supera, tratadas com manganês, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 45 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	91 aB	97 aA	79 ^{ns}	87 ^{ns}	21,54 aA	20,64 aA	92 aA	91 abA	10,96 aA	11,13 abA
10 mg/kg	93 aB	98 aA	82	87	25,03 abA	22,76 abcA	91 aA	96 aA	10,88 aA	10,97 abA
33 mg/kg	97 aB	94 aA	85	82	21,82 aA	21,96 aA	93 aA	96 aA	11,31 aA	11,37 aA
100 mg/kg	96 aB	95 aA	88	86	30,06 bcB	22,27 abA	96 aA	93 abA	11,58 aA	10,82 abA
333 mg/kg	92 aB	93 aA	81	82	27,57 abA	28,11 bcdA	97 aA	89 abB	11,78 aA	10,13 bB
1.000 mg/kg	91 aB	97 aA	82	87	29,04 bcA	30,3 dA	97 aA	89 abB	11,68 aA	10,27 abB
3.333 mg/kg	91 aB	91 aA	86	80	34,72 cB	28,4 adA	94 aA	87 bB	11,39 aA	10,49 abB
CV (%)	4,1		40,45		10,7		4,53		4,94	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	9,2 aA	2,02 dB	9,58 ^{ns}	9,92 ^{ns}	6,65 aA	1,34 eB	933 ^{ns}	962 ^{ns}	892 ^{ns}	890 ^{ns}
10 mg/kg	10,25 aA	2,17 dB	8,65	8,91	7,41 aA	1,45 eB	904	917	884	873
33 mg/kg	10,36 aA	5,8 bB	9,35	9,11	7,56 aA	3,46 cB	930	918	901	890
100 mg/kg	9,44 aA	3,69 cB	10,33	10,2	6,89 aA	2,21 dB	994	981	893	886
333 mg/kg	10,41 aA	7,48 abB	9,36	9,19	7,6 aA	4,85 abB	938	919	891	879
1.000 mg/kg	9,99 aA	7,03 abB	9,14	9,24	7,22 aA	4,58 bcB	924	924	898	895
3.333 mg/kg	9,88 aA	8,66 aA	9,91	10,2	7,22 aA	6,01 aB	988	981	901	886
CV (%)	7,8		7,02		9,84		26,33		2,45	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p>0,05$), para cada variável.

^{ns}: não significativo

Os resultados do teste de condutividade elétrica, para as sementes dos cultivares Quartzo (Tabelas 16, 18, 20, 22 e 24) e Supera (Tabelas 17, 19, 21, 23 e 25), indicaram que de maneira geral o *nutripriming* das sementes não reduziu a quantidade de lixiviados liberada pelas sementes de trigo. O *nutripriming* das sementes não foi suficiente para permitir a reorganização das membranas e a redução da quantidade dos lixiviados liberada pelas sementes na água, conforme o indicado para os resultados do teste de condutividade elétrica (BASRA et al., 2005; PANOBIANCO et al., 1999). Além disso, Melarato et al. (2002) afirmaram que a aplicação de Mn na folha da planta de soja causou variação na qualidade das sementes colhidas, avaliada por meio do teste de condutividade elétrica.

Os resultados relacionados à emergência da plântula e ao índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), Tabelas 16, 18, 20, 22 e 24, para as sementes do cultivar Quartzo e Tabelas 17, 19, 21, 23 e 25, para as sementes do cultivar Supera, os tratamentos sem *priming*, em alguns casos, apresentaram resultados superiores aos dos tratamentos com o *nutripriming*.

Fornasieri-Filho (2008) afirmou que as temperaturas entre 20 e 25 °C são consideradas ideais para a germinação da semente de trigo e a emergência da plântula. Assim, os dados médios de temperatura registrados durante o experimento (Anexo B) foram adequados para a condução do teste, em função da variação entre os resultados relacionados à emergência da plântula, que nem mesmo diferiram em relação às doses de Mn aplicadas, tanto para as sementes sem *priming*, quanto para as sementes com *nutripriming*, independentemente do cultivar, nas cinco épocas de avaliações.

Em relação ao comprimento da plântula, originada da semente do cultivar Quartzo, as doses aplicadas de Mn não afetaram o desenvolvimento inicial. As comparações entre os tratamentos sem *priming* e com *nutripriming*, para a mesma variável, e para o comprimento da raiz, pode ser observado que para as sementes com *nutripriming* os valores do comprimento são estatisticamente superiores quando comparados aos das sementes sem *priming*, na época inicial (Tabela 16). Aos 45 dias (Tabela 18), os comprimentos da plântula e da raiz não apresentaram diferença estatística significativa para as sementes sem *priming* entre as doses, por outro lado, nas sementes com *nutripriming*, houve redução do comprimento devido à aplicação das duas maiores doses desse micronutriente. Não houve variação significativa para

a avaliação do comprimento da plântula, determinado por meio do programa SVIS®, para as comparações entre os tratamentos sem *priming* e com *nutripriming*.

Os resultados das avaliações do crescimento da plântula e da raiz, aos 90 dias, para as sementes do cultivar Quartzo (Tabela 20), mostraram que os resultados das avaliações das sementes com *nutripriming* são estatisticamente superiores aos das sementes sem *priming*, independentemente da quantidade aplicada. Para as sementes do mesmo cultivar e nas duas últimas épocas (Tabelas 22 e 24) as variações não possibilitaram caracterizar a interferência da aplicação do Mn nas sementes de trigo.

No caso dos comprimentos da plântula e da raiz, para as sementes do cultivar Supera, na época inicial (Tabela 17), determinados utilizando a régua, a utilização de 100 mg de Mn/kg de semente, tanto para as sementes sem *priming* quanto para as com *nutripriming*, favoreceu o desenvolvimento. No caso da determinação do comprimento com o programa SVIS®, sem *priming*, para as maiores doses de Mn, os resultados foram estatisticamente inferiores, quando comparados aos do controle e aos das demais doses desse micronutriente. Já, para as sementes com *nutripriming*, não foi detectada variação significativa entre os resultados referentes às doses aplicadas.

Na segunda época, para as sementes do cultivar Supera (Tabela 19), pode ser observado que, no caso dos comprimentos da plântula e da raiz, determinados utilizando a régua, para as sementes com *nutripriming*, com a aplicação das doses de 333, 1.000 e 3.333 mg de Mn/kg de semente, os resultados foram estatisticamente superiores quando comparados aos dos demais tratamentos. Para a avaliação do comprimento da plântula aos 90 dias, por meio do programa SVIS®, os resultados das sementes sem *priming* foram estatisticamente superiores aos das com *nutripriming*, independentemente da quantidade de Mn utilizada (Tabela 21). Nas duas últimas épocas (Tabelas 23 e 25), as sementes sem *priming* originaram plântulas com comprimento superior, em todas as doses desse micronutriente. Munawar et al. (2013) verificaram para as sementes de cenoura que as aplicações das soluções 2% e 1,5% de Mn causaram efeito positivo e significativo para o crescimento e o comprimento da raiz.

Tabela 20 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Quartzo, tratadas com manganês, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 90 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	79 abB	88 abA	72 ^{ns}	75 ^{ns}	24,18 abA	15 aB	93 aB	90 abA	8,32 ^{ns}	8,17 ^{ns}
10 mg/kg	76 abB	91 aA	68	80	23,59 abA	22,39 bA	93 aB	94 aA	8,51	8,48
33 mg/kg	77 abB	88 abA	69	74	23,44 abA	23,53 bA	92 aB	96 aA	8,21	8,79
100 mg/kg	78 abA	85 abA	69	74	26,01 abA	22,93 bA	91 aA	95 abA	8,34	8,42
333 mg/kg	79 abA	86 abA	73	69	23,2 abA	23,48 bA	90 aA	90 abA	8,19	7,93
1.000 mg/kg	68 bB	82 abA	58	67	21,27 aA	26,29 bB	90 aA	94 abA	8,15	8,09
3.333 mg/kg	82 aA	77 cA	77	65	27,9 bA	34,93 cB	91 aA	87 bA	8,15	7,95
CV (%)	6,97		11,26		9,26		6,97		6,09	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	7,4 ^{ns}	9,22 ^{ns}	6,6 aB	3,78 aA	5,45 aB	6,37 aA	890 bA	631 bB	887 ^{ns}	836 ^{ns}
10 mg/kg	7,16	7,81	6,39 aB	4,12 aA	5,11 aB	5,53 aA	878 bA	664 bB	878	867
33 mg/kg	6,82	9,81	7,34 aB	4,14 aA	4,88 aB	6,79 aA	963 abA	667 bB	876	851
100 mg/kg	7,58	9,55	7,49 aB	4,22 aA	5,57 aB	6,74 aA	988 aA	658 bB	878	864
333 mg/kg	7,38	9,61	6,17 aB	5,26 aA	5,28 aB	6,72 aA	877 bA	766 aB	841	879
1.000 mg/kg	7,01	9,69	7,26 aB	5,32 aA	5,04 aB	6,82 aA	959 abA	790 aB	881	859
3.333 mg/kg	7,24	9,89	7,82 aB	5,39 aA	5,23 aB	6,98 aA	998 aA	791 aB	884	864
CV (%)	11,57		13,02		11,86		5,46		3,73	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), para cada variável
^{ns}: não significativo

Tabela 21 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Supera, tratadas com manganês, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 90 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	92 aA	93 aB	85 aA	79 abA	22,37 ^{ns}	22,78 ^{ns}	90 aA	92 aA	7,88 aB	8,89 aA
10 mg/kg	91 aA	87 aB	85 aA	84 aA	23,6	24,7	87 aA	92 aA	7,76 aB	8,72 aA
33 mg/kg	91 aA	94 aB	91 aA	84 aA	20,45	22,43	89 aA	88 aA	7,91 aA	8,41 abA
100 mg/kg	91 aA	88 aB	85 aA	76 abB	22,98	24,14	90 aA	91 aA	8,1 aA	8,46 abA
333 mg/kg	94 aA	93 aB	88 aA	75 abB	25,05	23,55	92 aA	84 aB	8,06 aA	7,82 bA
1.000 mg/kg	96 aA	90 aB	91 aA	77 abB	26,36	24,06	88 aA	90 aA	7,95 aA	8,34 abA
3.333 mg/kg	96 aA	91 aB	91 aA	73 bB	28,37	22,54	93 aA	86 aB	8,06 aA	8,19 abA
CV (%)	3,71		5,87		13,36		4,8		4,63	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	8,63 ^{ns}	9,55 ^{ns}	10,21 aA	7,20 aB	6,27 ^{ns}	6,74 ^{ns}	991 aA	773 aB	887 ^{ns}	880 ^{ns}
10 mg/kg	9,02	9,1	9,16 aA	6,73 aB	6,61	6,32	929 aA	749 aB	862	855
33 mg/kg	9,07	9,26	8,87 aA	7,29 aB	6,7	6,5	905 aA	779 aB	880	872
100 mg/kg	9,63	7,88	10,06 aA	7,66 aB	7,01	5,46	970 aA	788 aB	878	869
333 mg/kg	9,77	10,04	9,02 aA	7,21 aB	7,09	7,14	900 aA	803 aB	867	848
1.000 mg/kg	10,74	10,53	9,33 aA	8,10 aB	7,73	7,46	925 aA	843 aB	893	879
3.333 mg/kg	10,21	10,16	9,44 aA	7,41 aB	7,36	7,43	934 aA	785 aB	873	864
CV (%)	10,47		10,99		12,03		7,3		30,11	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), para cada variável
^{ns}: não significativo

Tabela 22 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Quartzo, tratadas com manganês, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 135 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	93 aB	85 aA	85 aA	70 abA	24,09 aA	26,1 aA	94 aA	88 aB	10,73 ^{ns}	10,05 ^{ns}
10 mg/kg	91 aB	83 aA	83 abB	77 aA	24,4 aA	25,74 aA	96 aA	91 aB	10,91	10,51
33 mg/kg	93 aB	75 aA	75 bB	74 abA	25,21 aA	26,77 aA	93 aA	88 aB	10,28	10
100 mg/kg	93 aB	77 aA	77 abB	71 abA	26,57 abB	23,46 aA	91 aA	90 aB	10,05	10,25
333 mg/kg	89 aB	79 aA	79 abB	75 abA	26,6 abA	24,65 aA	89 aA	85 aB	9,82	9,56
1.000 mg/kg	93 aB	78 aA	78 abB	75 abA	29,22 bcB	25,49 aa	91 aA	93 aB	10,3	10,61
3.333 mg/kg	92 aB	86 aA	86 abA	63 Ba	31 cB	33,69 bA	91 aA	90 aB	9,8	10,15
CV (%)	15,56		8,74		6,59		8,87		5,17	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	6,69 ^{ns}	7,5 ^{ns}	9,91 aA	6,15 aA	4,87 ^{ns}	5,34 ^{ns}	814 ^{ns}	854 ^{ns}	887 ^{ns}	876 ^{ns}
10 mg/kg	7,31	8,98	6,18 aA	5,98 aA	5,34	6,44	844	846	873	878
33 mg/kg	7,53	8,22	6,1 aA	6,25 aA	5,49	5,8	895	870	889	901
100 mg/kg	7,2	8,13	6,92 aA	5,37 aB	5,22	5,76	871	870	870	871
333 mg/kg	7,76	7,78	6,5 aA	5,33 aB	5,57	5,54	865	845	892	870
1.000 mg/kg	7,59	6,82	6,27 aA	5,25 aB	5,6	4,82	835	826	881	883
3.333 mg/kg	7,55	7,76	5,76 aA	5,34 aA	5,49	5,41	882	887	874	857
CV (%)	12,8		9,9		13,13		4,54		2,52	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), para cada variável
^{ns}: não significativo

Tabela 23 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Supera, tratadas com manganês, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 135 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	91 ^{ns}	93 ^{ns}	91 ^{ns}	82 ^{ns}	23,6 ^{ns}	25,11 ^{ns}	92 ^{ns}	96 ^{ns}	10,34 ^{ns}	11,05 ^{ns}
10 mg/kg	94	91	94	79	24,51	25,37	92	87	10,29	10,15
33 mg/kg	91	93	91	81	24,85	22,4	95	92	10,5	10,6
100 mg/kg	89	93	89	83	23,57	25,24	93	91	10,63	10,43
333 mg/kg	91	89	91	75	27,18	27,93	89	93	10,17	10,7
1.000 mg/kg	93	93	93	82	22,46	24,2	92	94	10,41	10,45
3.333 mg/kg	88	92	88	80	32,82	29,6	90	90	9,83	9,96
CV (%)	33,23		7,97		8,4		4,35		5,44	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	9,49 aA	8,8 aB	7,75 aA	7,35 abA	6,99 ^{ns}	6,28 ^{ns}	812 aA	810 abcA	892 aA	866 aB
10 mg/kg	10,68 aA	9,74 aB	8,01 aA	6,25 bcB	8,07	7,02	851 aA	722 cdB	884 aA	838 aB
33 mg/kg	10,5 aA	9,01 aB	7,76 aA	4,81 cB	7,8	6,51	828 aA	610 dB	890 aA	884 aB
100 mg/kg	9,77 aA	7,95 aB	8,75 aA	7,96 aA	7,29	5,51	884 aA	829 abcA	903 aA	880 aB
333 mg/kg	9,43 aA	9,12 aB	8,81 aA	6,39 bB	7	6,71	889 aA	734 bcdB	900 aA	856 aB
1.000 mg/kg	9,51 aA	8,8 aB	8,58 aA	8,05 aA	7,13	6,26	886 aA	844 aA	886 aA	880 aB
3.333 mg/kg	9,26 aA	9,7 aB	8,84 aA	8,03 aA	6,96	7,12	898 aA	845 abA	879 aA	836 aB
CV (%)	37,2		10,26		36,18		19,45		3,12	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), para cada variável
^{ns}: não significativo

Tabela 24 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Quartzo, tratadas com manganês, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 180 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	73 abB	86 abA	68 bB	82 aA	25,76 abA	27,93 abA	92 aA	80 aB	13,19 ^{ns}	11,97 ^{ns}
10 mg/kg	74 abB	81 abA	70 abA	76 aA	24,18 aA	25,91 aA	91 aA	82 aB	13,62	12,64
33 mg/kg	80 abA	81 abA	75 abA	74 aA	25,83 abA	30,44 abB	87 aA	81 aB	13,17	11,95
100 mg/kg	84 aA	85 aA	82 aA	80 aA	29,84 bcA	28 abA	86 aA	80 aB	12,35	12,04
333 mg/kg	77 abB	82 abA	72 abA	75 aA	26,39 abA	26,05 aA	81 aA	83 aB	12,53	12,85
1.000 mg/kg	80 abA	81 abA	79 abA	73 aA	32,69 Ca	31,49 bA	88 aA	85 aB	12,88	12,66
3.333 mg/kg	68 bB	80 bA	66 bB	75 aA	34,87 cA	32,1 bA	81 aA	78 aB	11,37	10,66
CV (%)	7,54		8,04		8,02		26,6		9,48	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	8,14 ^{ns}	7,49 ^{ns}	6,6 bcdA	3,78 bB	5,85 abcA	5,2 abcB	819 aB	924 aA	868 ^{ns}	861 ^{ns}
10 mg/kg	8,32	8,72	6,38 cdA	4,12 bB	6,01 abA	6 abB	831 aB	927 aA	894	854
33 mg/kg	8,86	8,88	7,33 abcA	4,14 bB	6,24 aA	6,25 aB	857 aB	959 aA	872	865
100 mg/kg	8,03	7,08	7,49 abA	4,21 bB	5,54 bcA	4,9 bcB	816 aB	901 aA	860	885
333 mg/kg	8,96	8,38	6,17 dA	5,26 aB	6,34 abA	5,86 abB	825 aB	903 aA	859	873
1.000 mg/kg	8,91	7,29	7,26 abcA	5,32 aB	6,38 abcA	4,97 abcB	912 aB	932 aA	875	886
3.333 mg/kg	6,64	7,49	7,82 aA	5,39 aB	4,68 cA	5,1 cB	893 aB	883 aA	840	863
CV (%)	31,26		8,61		27,49		5,51		3,71	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), para cada variável
^{ns}: não significativo

Tabela 25 - Resultados dos testes de germinação (G,%), primeira contagem de germinação (PCG,%), e condutividade elétrica (CE, $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$), das avaliações da emergência da plântula (EP, %), do índice de velocidade de emergência da plântula (IVEP), dos comprimentos da plântula (CP, cm, SVIS®), da raiz (CR, cm) e dos índices de vigor (IV, SVIS®) e uniformidade (IU, SVIS®), sementes de trigo, cultivar Supera, tratadas com manganês, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN), 180 dias de armazenamento

Tratamentos	G		PCG		CE		EP		IVEP	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	89 aB	91 aA	75 ^{ns}	78 ^{ns}	22,73 aA	24,78 aA	88 ^{ns}	87 ^{ns}	13,55 ns	13,49 ns
10 mg/kg	87 aB	88 aA	68	75	28,29 aB	25,22 aA	87	86	13,17	13,21
33 mg/kg	91 aB	97 aA	71	82	27,61 aB	23,14 aA	83	85	12,15	13,08
100 mg/kg	80 aB	94 aA	66	77	28,66 aA	26,18 aA	84	84	12,95	12,95
333 mg/kg	84 aB	95 aA	60	80	27,39 aA	26,18 abA	89	82	13,53	12,31
1.000 mg/kg	92 aB	91 aA	73	81	32,91 bB	29,88 bA	87	78	13,29	11,63
3.333 mg/kg	89 aB	90 aA	77	81	37,03 cB	34,86 cA	90	80	13,83	12,05
CV (%)	32,77		16,18		0,34		33,26		38,45	
	CP		CP		CR		IV		IU	
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN
Controle	10,4 aA	10,32 aB	8,42 aA	8,61 aA	7,51 ns	7,21 ns	865 aA	869 aA	889 aA	880 Aa
10 mg/kg	10,31 aA	9,45 aB	8 aB	8,94 aA	7,5	6,42	849 aA	905 aA	857 aA	903 aA
33 mg/kg	11,58 aA	10,08 aB	8,32 aA	8,58 aA	8,23	6,87	843 aA	875 aA	882 aA	890 aA
100 mg/kg	10,4 aA	9,4 aB	7,86 aA	8,21 aA	7,51	6,59	841 aA	856 aA	846 aB	895 aA
333 mg/kg	10,47 aA	9,54 aB	8,81 aA	7,78 aB	7,53	6,46	898 aA	833 aB	892 aA	872 aA
1.000 mg/kg	11,5 aA	10,01 aB	8,36 aA	8,48 aA	8,25	7,04	874 aA	889 aA	871 aA	876 aA
3.333 mg/kg	10,34 aA	10,16 aB	8,74 aA	7,79 aB	7,37	7,3	901 aA	835 aB	873 aA	856 aA
CV (%)	8,8		8,12		9,52		5,39		3,42	

Valores seguidos pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem pelo teste de Tukey ($p > 0,05$), para cada variável
^{ns}: não significativo

Os resultados dos índices de vigor e de uniformidade são apresentados nas Tabelas 16, 18, 20, 22 e 24, para as sementes do cultivar Quartzo, e Tabelas 17, 19, 21, 23 e 25, para as sementes do cultivar Supera, de maneira geral, as variações obtidas não podem ser atribuídas diretamente a algum efeito causado pelos tratamentos realizados.

A utilização para a semeadura de sementes com deficiência de manganês causa redução do vigor das sementes produzidas e do rendimento da planta (MARCAR; GRAHAM, 1986; SINGH; BHARTI, 1985). A deficiência desse micronutriente pode ser controlada com a aplicação de Mn nas sementes (*nutripriming*), tal como relatado por Marcar e Graham (1986), que constataram também interferência significativa na maturidade e no número de plantas por unidade de área, porém sem diferença significativa em relação à produção dos grãos; assim, esses pesquisadores consideraram que o efeito básico da aplicação do Mn nas semente é a redução da mortalidade das plantas no momento da colheita.

O *priming* das sementes de trigo em solução osmótica ou em água pode favorecer a germinação da semente e a emergência da plântula com reflexos positivos para o crescimento, o perfilhamento e o rendimento dos grãos (HARRIS et al., 2001).

A utilização do Mn para as sementes de trigo não interfere no desenvolvimento inicial das plântulas, pois parece que esse elemento é fundamental para as etapas posteriores ao desenvolvimento inicial, uma vez que a interferência do manganês na qualidade da semente se explica pelo fato desse nutriente estar relacionado à formação da lignina (MARSCHNER, 1995). Por outro lado, considerando as funções de ativação enzimática, biossíntese, transferência de energia e regulação hormonal, que são fundamentais para a formação, o desenvolvimento e a maturação das sementes, o Mn, pela sua natureza, pode estar envolvido, direta ou indiretamente, na qualidade das sementes produzidas (MELARATO et al., 2002).

O estudo da associação do manganês com a semente de trigo, durante os 180 dias de armazenamento, indicou que, em função dos resultados dos testes de germinação e de vigor, a qualidade das sementes, tanto *sem priming* quanto com *nutripriming*, não foi afetada pelas doses utilizadas.

3 CONCLUSÕES

Independentemente do cultivar, o *nutripriming* em sementes de trigo, utilizando doses superiores a 100 mg de Cu/kg de semente, afeta negativamente o desenvolvimento da plântula reduzindo o crescimento das raízes.

A aplicação na semente de trigo, doses 10 e 33 mg de Cu/kg de semente, sem *priming* ou utilizando *nutripriming*, não causa redução da qualidade da semente e não compromete o desenvolvimento da plântula.

A utilização do manganês, independentemente do cultivar e da forma de aplicação, não interfere negativamente na qualidade da semente e no desenvolvimento da plântula.

REFERÊNCIAS

ABBA, E.J.; LOVATO, A. Effect of seed storage temperature and relative humidity on maize (*Zea mays* L.) seed viability and vigour. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 1, p. 101-114, 1999.

ABDALLA, S.R.S.; PROCHNOW, L.I.; FANCELLI, A.L. **Simpósio discute como utilizar insumos e recursos para otimizar a produtividade do milho**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute – Brasil, 2008. (Informações Agronômicas, 122).

ABDULRAHMANI, B.; GHASSEMI-GOLEZANI, K.; VALIZADEH, M.; FEIZI, V.A.S.L. Seed *priming* and seedling establishment of barley (*Hordeum vulgare* L.). **Journal o Food, Agriculture & Environment**, Helsinki, v.5, p. 179-184, 2007.

ALMEIDA, L.G. de.; BRANDÃO, A.S.; ROSSETTO, C.A.R. Embebição e qualidade fisiológica de sementes de tremoço branco tratadas com micronutrientes. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 45, n. 4, p. 612-618, 2015.

ALVARENGA, R.O.; MARCOS-FILHO, J.; GOMES-JUNIOR, F.G. Avaliação do vigor de sementes de milho superdoce por meio da análise computadorizada de imagens de plântulas. **Revista Brasileira de sementes**, Brasília, v. 34, n. 3, p. 488-494, 2012.

ARIF, M.; JAN, M.T.; MIAN, I.A.; KHAN, S.A.; HOLLINGTON, P.; HARRIS, D. Evaluating the impact of osmo*priming* varying polyethylene concentrations and durations on soybeans. **International Journal of Agriculture & Biology**, Faisalabad, v.16, n. 2, p. 359-364, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Estadísticas/trigo. resultado - ano 2014**. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/site/estatisticas/>>. Acesso em 18 maio 2016.

BARBOSA FILHO, M.P. Fontes de zinco e modos de aplicação sobre a produção de arroz em solos do cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.12, p.1713-1719, 1982.

_____. Arroz, milho e trigo. In: BINOVA. **Micronutrientes**. Ribeirão Preto, 2002. 3 p. (Informativo Técnico).

BASRA, S.M.A.; FAROOQ, M.; TABASSAM, R.; AHMAD, N. Physiological and biochemical aspects of seed vigor enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 33, n. 3, p. 623-628, 2005.

BENOME, L.T.S.; GUIMARÃES, R.M.; OLIVEIRA, J.A.; ANDRADE, V.C.; CABRAL, P.S. Efeito do condicionamento osmótico em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 422-428, 2005.

BEWLEY, J.D., BLACK, M. Environmental control of germination. In: _____. **Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination**. New York: Springer-Verlag, 1982. v. 2, p. 276-339.

_____. **Seeds: physiology of development and germination**. 2nd ed. New York; London: Plenum Press, 1994. 367 p.

BRADFORD, K.J. Manipulation of seed water relations via osmotic *priming* to improve germination under stress conditions. **HortScience**, Alexandria, v. 21, n. 5, p. 1105-1112, 1986.

BRAGA, G.N.M. **Adubação foliar: micronutrientes na cultura da soja e do milho**. 2009. Disponível em: <<http://agronomiacomgismonti.blogspot.com/search/label/cobre>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, 2009. 399 p.

BRAUNER, J.L.; SARRUGE, J.R. Tolerância de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) ao alumínio e ao manganês. II Determinação da tolerância ao Manganês. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 37, n. 2, p. 825-835, 1980.

CAMARGO, C.E.O.; FERRERIRA, A.W.P. Tolerância de cultivares de trigo a diferentes níveis de manganês em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 417-422, 1992.

CARVALHO, L.F.; MADEIROS-FILHO, S.M.; ROSSETTI, A.G.; TEÓFILO, E.M. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 185-192, 2000.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

_____. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 625 p.

CHANG, S.S. Micronutrients in crop production of Taiwan. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON MICRONUTRIENTS IN CROP PRODUCTION, 1999, Taipei. **Proceedings...** Taipei: National Taiwan University, 1999. p. 35-43.

CHEN, K.; ARORA, R. *Priming* memory invokes seeds stress-tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v. 94, n. 10, p. 33-45, 2013.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos (safra 2015/16)**. Brasília, 2016. 178 p.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. Massachusetts: Kluwer Academic, 2001. 488 p.

DALMOLIN, R.S.D. **Fontes de zinco aplicadas nas sementes de milho cultivado em solução nutritiva com diferentes doses de zinco**. 1992. 84 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1992.

DAN, E.L.; MELLO, V.D.C.; WETZEL, C.T.; POPINIGIS, F.; ZONTA, E.P. Transferência de matéria seca como método de avaliação de vigor de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 45-55, 1987.

DECHEN, A.R.; HAAG, H.P.; CARMELLO, Q.AC. Funções dos micronutrientes nas plantas. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., 1988. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: UNESP, 1988. p. 65-75.

DELL'ÁQUILA, A.; TRITTO, V. Ageing and osmotic *priming* in wheat seeds: effects upon certain components of seed quality. **Annals of Botany**, London, v. 65, n. 1, p. 21-26, 1990.

DIAS, M.A.N. **Tratamento de sementes de milho com zinco e cobre**. 2013. 61 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade São Paulo, Piracicaba, 2013.

DIAS, M.A.N.; CICERO, S.M.; NOVEMBRE, A.D.L.C. Uptake of seed-applied copper by maize and the effects on seed vigor. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 3, p.241-246, 2015.

DIAS, M.A.N.; MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M. Vigor de sementes de milho associado à matocompetição. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, p. 93-101, 2010.

ELKOCA, E.; HALILOGLU, K.; ESITKEN, A.; ERCISLI, S. Hydro and osmo*priming* improve chickpea germination. **Acta Agriculturae Scandinavica section B-Soil and Plant Science**, Copenhagen, v. 57, n. 3, p. 193-200, 2007.

ENTERASI, M.; SHARIFZADEH, F.; AHMADZADEH, M.; FARHANGFAR, M. Seed bi*priming* with *Trichoderma* species and *Pseudomonas fluorescent* on growth parameters, enzymes activity and nutritional status of soybean. **International Journal of Agronomy and Plant Production**, London, v. 4, n. 4, p. 610-619, 2013.

FAGERIA, V.D. Nutrient interactions in crop plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 24, n. 6, p. 1269-1290, 2001.

FAO. **FAOSTAT analysis**. 2014. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index/html>>. Acesso em: 10 maio 2016.

FAROOQ, M.; WAHID, A.; SIDDIQUE, K.H.M. Micronutrient application through seed treatments a review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, Temuco, v. 12, n. 1, p. 125-142, 2012.

FAROOQ, M.; REHMAN, A.; AZIZ, T.; HABIB, M.. Boron *nutripriming* improves the germination and early seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 34, p. 1507–1515, 2011.

FAROOQ, M.; BASRA S.M.A.; WAHID, A.; KHALIQ A.; KOBAYASHI N. Rice seed invigoration. In: LICHTFOUSE, E. (Ed.). **Sustainable agriculture reviews**. Amsterdam: Springer, 2009. p. 137-175.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do trigo**. Jaboticabal: FUNEP, 2008. 338 p.

FOTI, R.; ABURENI, K.; TIGERE, A.; GOTOSA, J.; GERE, J. The efficacy of different seed *priming* osmotic on the establishment of maize (*Zea mays* L.) caryopses. **Journal of Arid Environments**, London, v. 72, p. 1127-1130, 2004.

FRANZIN, S.M.; MENEZES, N.L. de.; GARCIA, D.C.; TILLMANN, M.A.A. Pré-germinação de sementes de arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 29, n. 1, p. 68-75, 2007.

GALRÃO, E.Z. Resposta do trigo á aplicação de cobre em um solo orgânico de várzea. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 12, p. 275-279, 1988.

GALRÃO, E.Z.; SOUZA, D.M.D. de. Resposta do trigo á aplicação de cobre em um solo orgânico. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, Viçosa, v. 9, p. 149-153, 1985.

GOMES-JUNIOR, F.G.; MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M.; McDONALD, M.B.; BENNETT, M.A. Evaluation of *priming* effects on sweet corn by SVIS. **Seed Technology**, Washington, v. 31, n. 1, p. 95-100, 2009.

GRAHAM, R.D. Male sterility in wheat plants deficiente in copper. **Nature**, London, v. 254, p. 514-515, 1975.

GRAHAM, R.D.; NAMBIAR, E.K.S. Advances in research on copper deficiency in cereals. **Australian Journal of Agricultural Resarch**, Victoria, v. 32, p. 1009-1037, 1981.

GRAHAM, R.D.; WEBB, M.J. Micronutrients and disease resistance and tolerance in plants. In: MORTVEDT, J.J. (Ed.). **Micronutrients in agriculture**. Madison: SSSA, 1991. chap. 2, p. 329- 369.

GRUPTA, U.C. Cooper in crop and pant nutrition. In: RICHARDSON, W.H. (Ed.). **Handbook of copper compounds and applications**. New York: Marcel Dekker, 1997. chap. 2, p. 203-292.

HAMAYUN, M.; KHAN S.A.; KHAN A.L.; TANG D. S.; HUSSAIN J.; AHMAD, B.; ANWAR Y.; LEE, I.J. Growth promotion of cucumber by pure cultures of gibberellin-producing *Phoma* sp.GAH7. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, Oxford, v. 26, p.889–894, 2010.

HAMPTON, J.G. O que é qualidade de sementes?. **Seed News**, Pelotas, v. 5, n. 5, 2001. Disponível em: <http://www.seednews.inf.br/portugues/seed55/artigocapa55.shtml>>. Acesso em: 23 mar. 2016.

HAQUE, I.; ADUAYI, E.A.; SIBANDA, S. Copper in soil, plants, and ruminant animal nutrition with special reference to sub-Saharan Africa. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 16, n. 11, p. 2149-2212, 1993.

HARRIS, D.; RAGHUWANSHI, B.S.; GANGWAR, J.S.; SINGH, S.C.; JOSHI, K.D.; RASHID, A.; HOLLINGTON, P.A. Participatory evaluation by farmers of on-farm seed *priming* in wheat in India, Nepal and Pakistan. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 37, p. 403-415, 2001.

HEYDECKER, W.; COOLBEAR, P. Seed treatments for improved performance-survey and attempted prognosis. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 5, p. 353-425, 1977.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; TURNER, Y.J. Invigoration of seed? **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 3, n. 3/4, p. 881-888, 1975.

HUANG, Y.M.; WANG, H.H.; CHEN, K.H.; Application of seed *priming* treatments in spinach (*Spinacia oleracea* L.) production. **Journal of the Chinese Society for Horticultural Science**, Pekin, v. 48, p. 117–123, 2002.

JISHA, K.C.; VIJAYAKUMARI, K.; PUTHUR, J.T. Seed *priming* for abiotic stress tolerance: an overview. **Acta Physiologiae Plantarum**, Warszawa, v. 35, p.1381–1396, 2013.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 4th ed. Boca Raton: CRC Press, 2000. 413 p.

KHAH, E.M. Sodium hypochlorite concentration, temperature, and seed age influence germination of sweet pepper. **Horticultural Science**, Budapest, v. 27, p. 821–823, 1992.

KHALID, B.Y.; MALIK, N.S.A. Pre sowing soaking of wheat seeds in copper and manganese solutions. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**. New York, v. 13, n. 11, p. 981–986, 1982.

KHALIL, S.; MOURSY, H.A.; SALEH, S.A. Wheat plant reactions to pre sowing heat hardening of grains. II. Changes in photosynthetic pigments, nitrogen and carbohydrate metabolism. **Bulletin of Egyptian Society for Physiological Sciences**, Cairo, v. 3, p. 161–175, 1983.

KHAN, A.A.; PECK, N.H.; SAMIMY, C. Seed osmoconditioning, physiological and biochemical changes. **Israel Journal of Botany**, Jerusalem, v. 29, n. 1/4, p. 133-144, 1980.

KOPITTKE, P.M.; MENZIES, N.W. Effect of Cu toxicity on growth of cowpea (*Vigna unguiculata*). **Plant and Soil**, The Hague, v. 279, p. 287–296, 2006.

LI, J.; YIN, L.Y.; JONGSMAC, M.A.; WANG, C.Y. Effects of light, hidropriming and abiotic stress on seed germination, and shoot and root growth of pyrethrum (*Tanacetum cinerariifolium*). **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 34, n. 3, p. 1543-1549, 2011.

LIMA, T.C.; MEDINA, P.F.; FANAN, S. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 28, n.1, p.106-113, 2006.

LOPES, A.S. **Micronutrientes**: filosofias de aplicação e eficiência agronômica. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1997. 64 p. (Boletim Técnico, 8).

LUCHESE, A.; GOÇALVES, A. C.; LUCHESE, E.B.; BRACCINI, M.C.L. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1949-1952, 2004.

MACHADO, J.C. **Tratamento de sementes no controle de doenças**. Lavras: LAPS; FAEPE, 2000. 138 p.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, p. 176-177, 1962.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 1980. 251 p.

_____. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MALAVOLTA, E.; KLEIMANN, H.J. **Desordenes nutricionais no cerrado**. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional de plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 201 p.

MALHI, S.S. Effectiveness of seed-soaked Cu, autumn- versus spring-applied Cu, and Cu treated P fertilizer on seed yield of wheat and residual nitrate- N for a Cu- deficiente soil. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 89, p. 1017-1030, 2009.

MALHI, S.S.; LEACH, D. Reducing toxic effect of seed-soaked Cu fertilizer on germination of wheat. **Agricultural Science**, Irvine, v. 3, n. 5, p. 644-677, 2012.

MARCAR, N.E.; GRAHAM, R.D. Effect of seed manganese content on the growth of wheat (*Triticum aestivum*) under manganese deficiency. **Plant and Soil**, The Hague, v. 96, p. 165-173, 1986.

MARSCHENER, H. Mechanisms of manganese acquisition by roots from soils. In: GRAHAM, R.D.; HANNAM, R.J.; UREN, N.C. (Ed.). **Manganese in soils and plants**. Melbourne: Kluwer Academic, 1988. p. 191-204.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889 p.

McDONALD, M.B. Seed *priming*. In: BLACK, M.; BEWLEY, J.D. (Ed.). **Seed technology and its biological basis**. Sheffield: Sheffield Academic Press, 2000. p. 287–325.

MELARATO, M.; PANOBIANCO, M.; VITTI, G.C.; VIEIRA, R.D. Manganês e potencial fisiológico de sementes de soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 1069-1071, 2002.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 5th ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 849 p.

MICHAUD, A.M.; CHAPPELLAZ, C. HINSINGER, P. Copper phytotoxicity affects root elongation and iron nutrition in durum wheat (*Triticum turgidum durum* L.). **Plant and Soil**, The Hague, v. 310, p. 151-165, 2008.

MICHAUD, A.M.; BRAVIN, M.N.; GALLEGUILLOS, M.; HINSINGER, P. Copper uptake and phytotoxicity as assessed in situ for durum wheat (*Triticum turgidum durum* L.) cultivated in Cu-contaminated, former vineyard soils. **Plant and Soil**, The Hague, v. 298, p. 99-111, 2007.

MOCQUOT, B.; VANGRONSVELD, J.; CLIJSTERS, H.; MENCH, M. Copper toxicity in young maize (*Zea mays* L.) plants: effects on growth, mineral and chlorophyll contents, and enzyme activities. **Plants and Soil**, The Hague, v. 182, n. 2, p. 287-300, 1996.

MONDO, V.H.V.; DIAS, M.A.N.; McDONALD, M.B. Seed vigor imaging system for two-day-old corn seedling evaluation. **Seed Technology**, Washington, v. 33, n. 2, p. 191-196, 2011.

MORI, C. de. Aspectos econômicos da produção e utilização. In: BORÉM, A; SCHEEREN, P.L. **Trigo do plantio á colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. cap. 1, p. 11-34.

MUNAWAR, M.; IKRAM, M.; IQBAL, M.; RAZA M.M.; HABIB, S.; HAMMAD, G.; NAJEEBULLAH, M.; SALEEM, M.; ASHRAF, R. Effect of seed *priming* with zinc, boron and manganese on seedling health in carrot (*Daucus carota* L.). **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, Londres, v. 5, n. 22, p. 2697-2702, 2013.

NAMBIAR, E.K.S. Genetic differences in the copper nutrition of cereals. II. Genotypic differences in response to copper in relation to copper, nitrogen, and other mineral contents of plants. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v. 27, n. 4, p. 465-477, 1975.

NASCIMENTO, W.M; COSTA, C.J. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças. In: NASCIMENTO, W.M. (Ed.). **Tecnologia de sementes de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. cap. 10, p. 345-396.

OLIVEIRA, A.B. de.; GOMES-FILHO, E. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e vigor de sementes de sorgo com diferentes qualidades fisiológicas. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 25-34, 2010.

PANDITA, V.K.; ANAND, A.; NAGARAJAN, S. Enhancement of seed germination in hot pepper following presowing treatments. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 35, n. 3, p. 665-674, 2010.

PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R.D.; KRZYZANOWSKI, F.C.; FRANÇA NETO, J.B.F. Electrical conductivity of soybean seed and correlation with seed coat lignin content. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 27, n. 3, p. 945-949, 1999.

PAPARELLA, S.; ARAÚJO, S.S.; ROSSI, G.; WIJAYASINGHE, M.; CARBONERA, D.; BALESTRAZZI, A. Seed *priming*: state of art and new perspectives. **Plant Cell Reports**, Berlin, v. 34, n. 8, p. 1281-1293, 2015.

PARDUCCI, S.; SANTOS, O.S.; CAMARGO, R.P. **Micronutrientes Biocrop**. Campinas: Microquímica, 1989. 101 p.

PARERA, C.A, CANTLIFFE, D.J. Pre-sowing seed *priming*. **Horticultura Reviews**, New York, v. 16, p. 109–141, 1994.

PEREIRA, V.A.; LIMA, J.P.S.; LOPES, G.F.; PELÁ, A. Aplicação de micronutrientes via sementes na cultura do milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 932- 937.

PESSOA, A.C.S.; LUCHESE, E.B.; LUCHESE, A.V. Germinação e desenvolvimento inicial de plantas de milho, em resposta ao tratamento de sementes com boro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 939-945, 2000.

PESSOA, A.C.S.; LUCHESE, E.B.; CAVALLET, L.E.; GRIS, E.P.; Produtividade de soja em resposta à adubação foliar, tratamento das sementes com molibdênio e inoculação com *Bradyrhizobium japonicum*. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 21, n. 3, p. 531-535, 1999.

PRADO, R.D.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: UNESP, 2008. 407 p.

R CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 09 jan. 2016.

RADHAKRISHNAN, R.; KHAN, A.L.; LEE, I.J. Endophytic fungal pre treatments of seeds alleviates salinity stress effects in soybean plants. **Journal of Microbiology**, London, v. 51, n. 6, p. 850–857, 2013

RIBEIRO, N.D.; SANTOS, O.S. Aproveitamento do zinco aplicado na semente na nutrição da planta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 159-165, 1996.

ROSOLEM, C.A.; FERRARI, L.F. Crescimento inicial e absorção de zinco pelo milho em função do modo de aplicação e fontes do nutriente. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Vicosa, v. 22, n. 1, p. 151-157, 1998.

SÁ, M.E. Importância da adubação na qualidade de semente. In: SÁ, M.E.; BUZZETI, S. (Ed.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994. p. 65-98.

SANTOS, H. C.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; BRUNO, R. L. A.; FRAGA, V. S. Qualidade fisiológica de sementes de sorgo em resposta a adubação com zinco. **Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 1, p. 64-74, 2008.

SCOTT, J.M. Seed coatings and treatments and their effects on plant establishment. **Advances in Agronomy**, Phyladelphia, v.42, p. 43-83, 1989.

SILVA, T.S.; VASCONCELOS, A.C.P. de.; NASCIMENTO, A.F.; SILVA, A.A. de.; LANA, R.M.Q. Resposta do milho cultivado com sulfato de cobre e quelatado com cobre EDTA em casa de vegetação. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. p. 2453- 2457.

SILVA, V.N.; GOMES JUNIOR, F.G.; CICERO, S.M. Computerized imaging analysis of seedlings for assessment of physiological potencial of wheat seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 589–596, 2012.

SINGH, D.K.; BHARTI, S. Seed manganese content and its relationship with the growth characteristics of wheat cultivars. **New Phytologist**, Cambridge, v. 101, n. 3, p. 387–391, 1985

SINGH, P.K.; PANDITA, V.K.; TOMAR, B.S.; SETH, R. Germination and field emergence in osmotic and solid matrix *priming* in onion (*Allium cepa*). **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 84, n. 12, p. 1561-1564, 2014.

SLIWINSKA, E.; BASSEL. G.W.; BEWEL, J.D. Germination of *Arabidopsis thaliana* seeds is not completed as a result of elongation of the radicle but of the adjacent transition zone and lower hypocotyls. **Journal of Experimental Botany**, Oxfrod, v. 60, n. 12, p. 3587-3594, 2009.

TAIZ, L., ZEIGER, E. 2013. **Plant physiology**. 6th ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2013. 980 p.

TALLOWIN, J.R.B.; ROOK, A.J.; BROOKMAN, S.K.E. The effects of osmotic pre-sowing treatment on laboratory germination in a range of wild flowers species. **Annals of Applied Biology**, Berlin, v. 124, n. 2, p. 363-370, 1994.

TAYLOR, A.G.; SALANENKA, Y.A. Seed treatments: phytotoxicity amelioration and tracer uptake. **Seed Science Research**, Wallingford, v. 22, n. 1, p. 86-90, 2012.

TEIXEIRA, I.R.; BOREM, A.; ARAÚJO, G.A.A.; ANDRADE, M.J.B. de. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão em resposta à adubação foliar com manganês e zinco. **Bragantia**, Campinas v. 64, n. 1, p.83-88, 2005.

THOMAS, C.A. Permeability measurements of castor bean seed indicative of cold-test performance. **Science**, Washington, v. 131, n. 355, p. 1045- 1046, 1960.

TILDEN, R.L.; WEST, S.H. Reserval of the effects aging in soybean sedes. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 77, n.3, p. 584-586, 1985.

TIMÓTEO, T.S; VON PINHO, R.É.V. de.; VON PINHO, R.G.; GUIMARÃES, R.M.; CHALFUN, M.Z.H.; TIMÓTEO, T.J. Condicionamento, qualidade de sementes e sincronismo do florescimento em campo de produção de sementes. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 3, p.719-726, 2010.

TUNES, L.M. de; PEDROSO, D.C.; TAVARES, L.C.; BARBIERI, A.P.P.; BARROS, A.C.S.A.; MUNIZ, M.F.B. Tratamento de sementes de trigo com zinco: armazenabilidade, componentes do rendimento e teor do elemento nas sementes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p.1141-1146, 2012

VAN DER WOLF, J.M.; BIRNBAUM, Y.; VAN DER ZOUWEN, P.S.; GRROT S.P.C. Disinfection of vegetable seed by treatment with essential oils, organic acids and plant extracts. **Seed Science and Techology**, Zurich, v. 36, n. 1, p. 76–88, 2008.

VIEIRA, R.D.; PANOBIANCO, M.; LEMOS, L.B.; FORNASIERI FILHO, D. Efeitos de genótipos de feijão e de soja sobre os resultados da condutividade elétrica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 18, n. 2, p. 220-224, 1996.

WATERWORTH, W.M.; DRURY, G.E.; BRAY, C.M.; WEST, C.E. Repairing breaks in the plant genome: the importance of keeping it together. **New Phytologist**, Cambridge, v. 192, n. 4, p. 805-822, 2011.

YUAN-YUAN, S.; YONG-JIAN, S.; MING-TIAN, W.; XU-YI, L.; XIANG, G.; RONG, H.; JUN, M. Effects of seed *priming* on germination and seedling growth under water strees in rice. **Acta Agronomica Sinica**. Beijing, v. 36, n. 11, p. 1931-1940, 2010.

ANEXOS

Anexo A – Resultados de plântulas anormais (PA, %) e sementes mortas (SM,%), sementes de trigo, cultivares Quartzo e Supera, avaliadas em cinco épocas (inicial, 45, 90, 135 e 180 dias), tratadas com cobre, *sem priming* (SP) e com *nutripriming* (CN)

Tratamentos	Inicial		45		90		135		180											
	Quartzo																			
	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN	SP	CN										
	PA	SM	PA	SM	PA	SM	PA	SM	PA	SM	PA	SM	PA	SM	PA	SM	PA	SM	PA	SM
Controle	4	3	5	6	9	4	13	7	17	6	14	5	14	7	27	5	13	8	14	6
10 mg/kg	7	5	7	5	12	4	11	3	9	7	15	5	12	7	18	7	13	7	17	4
33 mg/kg	5	5	6	3	11	6	13	5	11	5	8	5	14	4	17	5	9	5	11	6
100 mg/kg	3	1	4	5	8	4	16	3	16	6	11	5	12	6	11	6	9	7	18	3
333 mg/kg	6	2	3	6	16	5	14	4	14	4	13	9	23	7	30	4	16	11	12	5
1.000 mg/kg	18	3	5	2	36	10	9	5	39	12	14	7	29	25	20	6	35	20	9	5
3.333 mg/kg	26	33	8	5	21	46	35	2	15	56	49	7	14	60	49	9	14	60	70	7
	Supera																			
Controle	3	2	3	3	2	3	7	5	8	4	10	3	4	5	2	5	5	8	9	6
10 mg/kg	2	2	3	2	6	3	5	4	6	4	3	7	2	3	3	4	11	3	9	7
33 mg/kg	1	2	0	3	6	3	8	3	5	2	6	4	4	5	4	2	9	3	5	3
100 mg/kg	2	5	3	2	5	2	4	3	4	1	7	2	3	4	4	3	8	6	4	7
333 mg/kg	4	4	4	4	8	4	9	4	9	4	9	3	11	9	9	4	35	5	16	4
1.000 mg/kg	8	4	8	4	33	9	12	5	47	9	14	9	37	11	27	5	50	14	36	8
3.333 mg/kg	28	40	17	3	26	47	38	3	21	65	56	6	14	75	46	7	26	67	75	9

Anexo B - Dados de temperaturas (°C) e umidade relativa (%) medias registradas durante as avaliações em condições de ambiente. Período de março a novembro, 2015

Meses	Temperaturas (°C)			UR(%)
	Máxima	Mínima	Media	
Março	30,1	19,9	25,0	86
Abril	29,7	17,5	23,6	79
Maio	26,3	14,9	20,6	83
Junho	26,5	13,7	20,1	78
Julho	25,6	13,9	19,7	81
Agosto	29,1	12,6	20,9	64
Setembro	30,4	16,7	23,6	80
Outubro	32,1	18,7	25,4	73
Novembro	30,5	20,7	25,6	85