

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

NÍCOLLAS SOUZA ALMEIDA NICODEMOS

NANOPARTÍCULAS NO TRATAMENTO DE SEMENTES DE TRIGO

UBERLÂNDIA

2021

NÍCOLLAS SOUZA ALMEIDA NICODEMOS

NANOPARTÍCULAS NO TRATAMENTO DE SEMENTES DE TRIGO

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado à Universidade Federal de Uberlândia como parte das exigências à obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Nilvanira Donizete Tebaldi

UBERLÂNDIA

2021

NÍCOLLAS SOUZA ALMEIDA NICODEMOS

NANOPARTÍCULAS NO TRATAMENTO DE SEMENTES DE TRIGO

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado à
Universidade Federal de Uberlândia como parte das
exigências à obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia, 13 de Outubro de 2021
Banca Examinadora:

Profª Drª Nilvaniza Donizete Tebaldi.

(Orientadora)

Profª Dr Hugo Cesar R. M. Catão.

(Membro da banca)

Lucas Couto Duarte

(Membro da banca)

RESUMO

O trigo é o segundo cereal mais cultivado no mundo e sua propagação é via sementes. As sementes podem abrigar e transportar diversos fitopatógenos, especialmente os fungos, sendo o tratamento de sementes indispensável para o seu controle. A nanotecnologia surge como uma inovação na área agrônômica no tratamento de sementes. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a eficácia das nanopartículas no tratamento de sementes de trigo, naturalmente contaminadas com *Alternaria alternata*. As sementes de trigo foram tratadas com nanopartículas ZnO, ZnO:1K, ZnO:1Mg, ZnO:1Mo, a 5 mg/mL, fungicida Vitavax© e água destilada e submetidas ao teste de sanidade, teste de germinação e teste de emergência de plântulas. Em todos os testes utilizou-se 200 sementes de trigo por tratamento. Os tratamentos com nanopartículas não foram eficientes para o controle de *Alternaria alternata* presentes nas sementes de trigo. As nanopartículas não interferiram na germinação das sementes, na emergência de plântulas e no índice de velocidade de emergência.

Palavras-chave: *Alternaria alternata*, doenças, óxido de zinco, patógenos, *Triticum aestivum*

SUMÁRIO

1	RESUMO	1
2	INTRODUÇÃO	3
3	MATERIAL E MÉTODOS	6
3.1	Condução do experimento, obtenção das nanopartículas e das sementes de trigo	6
3.2	Tratamento de sementes	6
3.3	Teste de sanidade de sementes	7
3.4	Teste de germinação	7
3.5	Teste de emergência e índice de velocidade de emergência (IVE)	7
3.6	Análise estatística	8
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	8
4.1	Teste de sanidade das sementes	8
4.2	Avaliação das nanopartículas sobre a germinação, índice de velocidade de emergência e emergência de plântulas de trigo	10
5	CONCLUSÃO	11
	REFERÊNCIAS	11

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é o segundo cereal mais produzido no mundo, depois do milho, segundo o departamento de agricultura dos Estados Unidos (Usda, 2021) a produção mundial de trigo alcançou 775 milhões de toneladas em 2021, desses, 6,2 milhões de toneladas foram produzidos no Brasil, com maior destaque para a região Sul (Conab, 2021).

Atualmente, a região do cerrado brasileiro vem se destacando como uma espécie de nova “fronteira agrícola” da triticultura. A expansão do trigo para a região do cerrado se deve principalmente as ótimas condições edafoclimáticas, posição estratégica de mercado e capacidade de industrialização (Albrecht et al. 2007).

A região de Minas Gerais é privilegiada no que se refere ao processamento de cereais. Atualmente a região conta com quatro moinhos, totalizando uma capacidade de processamento de 600 mil toneladas por ano (Souza, 2009). Um desses moinhos está localizado na cidade de Uberlândia (Moinho Sete Irmãos), demonstrando a importância da região para o setor triticultor.

Cerca de 90% das culturas de interesse agrônomo são propagadas por sementes (Henning, 2005).

As sementes de modo geral podem abrigar e transportar microrganismos ou agentes patogênicos de todos os grupos taxonômicos, causadores e não causadores de doenças. Os fungos englobam o maior número de espécies associadas às sementes, seguidos pelas bactérias, com um número expressivo de representantes e os vírus e nematoides, em menor número (Brasil, 2009).

Diversas doenças que causam prejuízos a cultura do trigo podem ser disseminadas por sementes portadoras de seus agentes etiológicos. Além de danos diretos a cultura no campo, sementes portadoras de patógenos constituem focos primários para a cultura em fases posteriores de desenvolvimento. As plantas doentes produzem sementes infectadas, que por sua vez garantem a sobrevivência de diversos patógenos por várias gerações (Reis et al., 2001).

Segundo Reis (1987) os principais fungos fitopatogênicos relacionados a sementes de trigo são *Alternaria* spp., *Fusarium graminearum*, *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera tritici-*

repentis, *Septoria nodorum*, *Tilletia carie*, *Tilletia foetida* e *Ustilago tritici*. Reis et al (1997) também citaram *Septoria tritici* e *Pyricularia grisea* como fungos de importância, que podem ser disseminados por sementes de trigo.

A utilização de sementes sadias, e o tratamento químico com fungicidas, são alternativas para diminuir a incidência desses fungos e a sua infecção (Reis & Casa, 2007).

O tratamento de sementes é uma forma de controle de patógenos associados a sementes, que podem estar localizados tanto internamente, quanto externamente. Esses tratamentos agem protegendo as sementes e as plântulas de patógenos do solo, impedindo a transmissão dos microrganismos da semente para a plântula; protegendo-as nos estágios iniciais de seu desenvolvimento; reduzindo a fonte de inóculo, evitando assim, o surgimento de epidemias no campo e reduzindo os custos com defensivos da parte aérea das plantas (Dhingra et al., 1980)

O êxito do tratamento de sementes visando o manejo de doenças depende do tipo de patógeno, em qual local ele está alocado na semente, de fatores inerentes à semente como o seu vigor, da disponibilidade de produtos e de processos adequados para o tratamento (Mentem & Moraes, 2010).

Segundo Machado (2010) a parcela de colaboração da semente em um sistema de produção, em consequência da sua qualidade pode chegar a 20%, desde que sejam mantidas favoráveis as demais condições para tal cultivo. O tratamento de sementes consiste numa medida de controle de baixo custo, que varia de 0,5 a 1% do custo de produção das culturas. (Menten & Moraes, 2010)

Nos últimos anos houve um aumento na comercialização de fungicidas, demonstrando a importância do controle de fitopatógenos, bem como a necessidade de desenvolvimento e introdução de alternativas de manejo (Morandi et al., 2009) como o desenvolvimento de produtos biológicos, biodegradáveis e mais seguros para o homem e o meio ambiente (Gonzalez et al, 2014) como é o caso recente do uso da nanotecnologia.

As nanopartículas constituem na manipulação de átomos e moléculas de forma individual para a confecção de materiais em escala nanométrica, visando a aplicação em diversas áreas de interesse (Miller, 2005), como no tratamento de sementes.

Segundo Furlaneto (2011) a nanotecnologia é uma das grandes inovações desse século, e vem revolucionando diversas áreas, e mais recentemente a área Biológica. Atualmente já é utilizada de diversas formas na agricultura, como na produção de

nanofertilizantes, nanocidas ou pesticidas encapsulados em nanopartículas para liberação lenta, além de nanosensores na agricultura de precisão.

Portanto, os nanocristais surgem como uma inovação na agricultura, no controle de fitopatógenos (Kim et al. 2009; Kim et al. 2012; Rai 2013), por apresentarem um tamanho inferior a 100 nm, baixa genotoxicidade e elevada capacidade biocida em função do tamanho, da relação superfície/volume e da interação com as membranas dos microrganismos (Morones et al. 2005; Allaker 2010).

Alguns fatores influenciam na atividade das nanopartículas como formato, tamanho e concentração. Formato de fio ou bastão apresentou maior penetração em células bacterianas que o formato esférico (Yang et al., 2009). Quanto menor for a nanopartícula, maior é a sua capacidade de penetração na parede celular. (Zhang et al., 2007; Yamamoto, 2001) e, quanto mais concentrada for, maior será sua atividade antimicrobiana (Yamamoto, 2001).

As nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) apresentam propriedades bactericidas, capazes de inibir os microrganismos (Sawai et al., 1996), esse efeito bactericida se dá através da elevação do nível intracelular de espécies reativas de oxigênio (EROs) na superfície do óxido de zinco, que ocasionam vazamento da membrana plasmática, danos celulares e morte (Wang et al., 2014); pela liberação de íons antimicrobianos, principalmente Zn^{2+} (Kasemets et al., 2009; Li et al., 2011) ou contato direto de nanopartículas de ZnO com a parede celular da bactéria, levando a destruição da integridade da célula bacteriana (Brayner et al., 2006; Zhang et al., 2007; Adams et al., 2006)

As nanopartículas são menos tóxicas que seus sulfatos. No caso, a nanopartícula de óxido de zinco chega a ser 30 vezes menos tóxica que o sulfato correspondente (Adamoskaya et al., 2005).

Uma maneira de ajustar as propriedades dos óxidos de zinco é modificar sua estrutura física e eletrônica por meio da dopagem, permitindo a inserção de novos elementos na estrutura, modificando assim suas características químicas (Callister Júnior, 2002). Os nanocristais de ZnO dopados apresentam alta estabilidade diferentemente dos produtos tradicionais utilizados. A incorporação pode ser feita com íons metálicos como: cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), níquel (Ni), cobalto (Co), cromo (Cr), molibdênio (Mo), nióbio (Nb), vanádio (V), rutênio (Ru), prata (Ag), platina (Pt) e ouro (Au) na estrutura do material (Zaleska, 2008.).

A aplicação de nanoformulado de óxido de zinco (ZnO) em citros levou à redução do cancro bacteriano causado por *Xanthomonas citri* (Graham et al., 2016) e, demonstraram redução da severidade da mancha branca do milho causada por *Pantoea ananatis*. (Mamede, 2018; Mota, 2019). Nanopartículas de prata inibiram os fungos *Alternaria alternata*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Macrophomina phaseolina*, *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea* e *Curvularia lunata in vitro* (Krishnaraj et al., 2012). Thakur et al. (2020) demonstraram que nanopartículas de ferrita de bário ($BaFe_{12}O_{19}$) inibiram o crescimento micelial *in vitro* de *Fusarium oxysporum*, *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides* e *Marssonina rosae*.

Poucos são os trabalhos sobre o efeito de nanopartículas no tratamento de sementes, portanto o objetivo desse trabalho foi avaliar o uso das nanopartículas no tratamento de sementes de trigo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Condução do experimento, obtenção das nanopartículas e das sementes de trigo

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Bacteriologia Vegetal (LABAC), no Laboratório de Sementes (LASEM) e na Casa de Vegetação, do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG), da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Umuarama, em Uberlândia, Minas Gerais.

As nanopartículas de ZnO puras e dopadas foram sintetizadas no Laboratório de Novos Materiais Isolantes e Semicondutores, do Instituto de Física, da Universidade Federal de Uberlândia.

As sementes de trigo, cultivar TBio Toruk, foram produzidas na safra de 2019 e colhidas em outubro na área experimental da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Dracena (21°46'18''S, 51°55'47''W, 421 m) no município de Dracena, SP.

2.2 Tratamento de sementes

Para avaliação dos tratamentos, as sementes de trigo foram tratadas com nanopartículas de óxido de zinco: ZnO, ZnO:1K, ZnO:1Mg, ZnO:1Mo, com o fungicida Tiram + Carboxina (Vitavax[®]) e água destilada (testemunha). As nanopartículas foram

diluídas na proporção de 5 mg/mL de água destilada. Para o tratamento químico, foi utilizada a dose recomendada (300 mL/100kg de sementes). As sementes foram submergidas em seu respectivo tratamento por 30 minutos e secas sobre papel filtro, em auxílio do fluxo laminar.

2.3 Teste de sanidade de sementes

Para avaliação da sanidade das sementes utilizou-se o método do papel filtro (*blotter test*) em caixas tipo gerbox. Foram utilizadas 200 sementes por tratamento, divididas em quatro repetições (50 sementes por caixa). As sementes utilizadas no teste não passaram por assepsia superficial e, foram colocadas sob duas folhas de papel mata borrão previamente umedecido com água destilada.

As caixas foram incubadas em B.O.D (demanda bioquímica de oxigênio) à temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24 horas, para a embebição das sementes, posteriormente foram transferidas para um freezer a -20°C por 24 horas, em seguida incubadas a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ por 7 dias, alternância de 12 horas de luz e 12 horas de escuro.

Após o período de incubação, as sementes foram examinadas com o auxílio de um microscópio estereoscópico (aumento de até 60 vezes) e em um microscópio óptico comum (aumento de até 200 vezes) para a identificação e quantificação dos fungos.

2.4 Teste de germinação

Para avaliação da germinação das sementes de trigo tratadas, foram utilizadas 200 sementes de cada tratamento, divididas em 4 rolos de 50 sementes cada. Os rolos foram alocados no germinador com luz constante e temperatura de 20°C , de acordo com a RAS (Brasil, 2009). A primeira contagem de plântulas foi feita aos 4 dias e a contagem final aos 8 dias. Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de germinação.

2.5 Teste de emergência e índice de velocidade de emergência (IVE)

Para a avaliação da emergência e do índice de velocidade de emergência (IVE) as sementes de trigo tratadas foram semeadas em canteiros na casa de vegetação, com substrato de areia. Foram utilizadas 200 sementes de cada tratamento, divididas em 4 repetições de 50 sementes. Em cada canteiro foram feitos sulcos de 3 cm de profundidade e espaçamento de 5 centímetros entre sulcos e 50 sementes por sulco. A primeira avaliação foi realizada aos 4 dias

e a avaliação final aos 8 dias. Para calcular o índice de velocidade de emergência utilizou-se a fórmula de Maguire (1962): $IVE = G1/N1 + G2/N2 + \dots + Gn/Nn$. Onde: G: número de plântulas na primeira contagem, segunda e última contagem;

N: números de dias a primeira, segunda e última contagem.

2.6 Análise estatística

Quando necessário, os dados foram transformados em $Y = \arcsin\sqrt{(Y/100)}$ para atender as pressuposições de homocedasticidade, normalidade de resíduos e aditividade. Para o teste de sanidade de sementes utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 6 tratamentos e 4 repetições. Para os testes de germinação e emergência, utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso (DBC) composto por 6 tratamentos e 4 repetições.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância no programa SISVAR (Ferreira, 2019).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teste de sanidade das sementes

No teste de sanidade constatou-se uma incidência de 48% do fungo *Alternaria alternata*, os fungos *Cladosporium cladosporioides*, *Bipolaris sorokiniana*, *Epicoccum* spp. e *Fusarium* spp. tiveram uma incidência de 4%, 2,5%, 2% e 5,5% respectivamente, e por terem tido uma baixa incidência não foram utilizados como base para avaliação da efetividade do tratamento de sementes.

O tratamento de sementes com nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) não foi eficiente para a redução do fungo *A. alternata*. As quatro nanopartículas ZnO, ZnO:1K, ZnO:1Mg e ZnO:1Mo não diferiram estatisticamente da testemunha (água destilada), com uma incidência do fungo de 44 a 48%, enquanto no tratamento químico Tiram+Carboxin foi detectado somente 1% das sementes com a presença do fungo, ou seja uma eliminação de 99% do patógeno (Tabela 1).

O fungo *Alternaria alternata* é considerado agente causal da ponta negra em sementes de trigo (Agarwal et al., 1993; Bhowmik, 1969) e bastante comum em análises de sementes de trigo no Brasil (Reis e Casa, 1998).

Espécies do gênero *Alternaria* são frequentemente associadas à sementes de outras culturas (Rotem, 1994; Simmons, 2007). *A. alternata* foi identificada em sementes de culturas importantes como soja (Baird et al., 2005), algodão (Pizzinatto et al., 2005) e feijão (Moraes e Menten, 2006).

As nanopartículas de óxido de zinco (ZnOs) atuam principalmente de três formas: elevação do nível intracelular de espécies reativas de oxigênio (EROs) na superfície do óxido de zinco, (Wang et al., 2014); pela liberação de íons antimicrobianos, principalmente Zn^{2+} (Kasemets et al., 2009; Li et al., 2011) ou contato direto de nanopartículas de ZnO com a parede celular da bactéria (Brayner et al., 2006; Zhang et al., 2007; Adams et al., 2006)

O Fungicida Vitavax é a união do Thiram e da Carboxina. O thiram é do grupo químico dos ditiocarbamatos, e é um protetor multissítio que não tem seu modo de ação totalmente definido. Já a carboxina, é do grupo químico das carboxanilidas que agem inibindo a cadeia respiratória, bloqueando o transporte de elétrons através da inibição do complexo II, a succinato-UQ redutase.

Zancan (2008) utilizando nanopartícula de óxido de zinco dopada com prata (ZnO:11Ag) no tratamento de sementes de canola, não obteve êxito no controle de *Alternaria* spp.

Tabela 1. Porcentagem de incidência de *Alternaria alternata* em sementes trigo naturalmente contaminada, tratadas com diferentes nanopartículas. Uberlândia MG, 2021.

Tratamento	<i>Alternaria alternata</i> (%)
Testemunha	48 B
ZnO	46 B
ZnO:1K	45 B
ZnO:1Mg	44 B
ZnO:1Mo	44 B
Tiram+Carboxin	1 A
C.V.(%)	17.22

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Sardella, Gatt e Valdramidis (2018) estudando os efeitos nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) por meio de uma avaliação turbidimétrica, demonstraram que as nanopartículas

de óxido de zinco foram eficazes na inibição do crescimento de *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea* e *Rhizopus stolonifer*.

Krishnaraj et al. (2012) e Thakur et al. (2020) utilizando nanopartículas de prata e ferrita de bário respectivamente, demonstraram a inibição do crescimento *in vitro* de diversos fungos, incluindo *Alternaria alternata*.

A maioria dos trabalhos com nanopartículas metálicas que obtiveram êxito no controle de diversos fungos fitopatogênicos foram realizados *in vitro*. Portanto, é necessário mais estudos, a fim de observar se, quais nanopartículas podem ser eficientes no controle de fungos, tanto no tratamento de sementes, quanto na aplicação na parte aérea da planta.

3.2 Avaliação das nanopartículas sobre a germinação, índice de velocidade de emergência e emergência de plântulas de trigo

As nanopartículas de ZnO, ZnO:1K, ZnO:1Mg e ZnO:1Mo não influenciaram a germinação de sementes, o IVE e emergência de plântulas de trigo (Tabela 2), não houve diferença significativa entre as nanopartículas e a testemunha (água destilada), ou seja as nanopartículas não apresentaram efeito negativo na germinação das sementes, ao IVE e a emergência das plântulas.

Já o tratamento químico Tiram+Carboxin diferiu negativamente em cerca de 15 pontos percentuais de todos os tratamentos, o que pode indicar um possível efeito fitotóxico para as sementes, por parte de seus ingredientes ativos.

Tabela 2. Porcentagem de germinação de sementes, índice de velocidade de emergência de plântulas e porcentagem de emergência de sementes de trigo, tratadas com nanopartículas.

Tratamento	Germinação (%)	IVE	Emergência(%)
ZnO	100 A	19,27 A	99 A
ZnO:1Mg	100 A	17,13 A	99 A
ZnO:1K	100 A	18,70 A	98 A
ZnO:1Mo	99 A	17,98 A	98 A
Testemunha	99 A	16,32 A	97 A
Tiram+Carboxin	85 B	12,73 B	93 B
C.V.(%)	2,71	11,29	2,59

Médias seguidas por letras distintas maiúsculas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Venturoso et al. (2015) a presença de fungos nas sementes pode não levar a queda na qualidade fisiológica, mas favorece à sobrevivência e disseminação dos microrganismos

O fato de o tratamento químico ter apresentado uma redução na germinação das sementes, no IVE e na emergência de plântulas, em relação as nanopartículas e a testemunha na qualidade fisiológica das sementes, podem ser explicados por Silva (1989), onde as doses recomendadas para o tratamento de sementes, são provenientes de testes realizados em campo, no qual em condições naturais (solo, água e temperatura) uma parte dos ingredientes ativos do fungicida seriam absorvidos pela semente, adsorvidos pelos colóides do solo ou lixiviados, isso não ocorre no laboratório. No substrato papel os fungicidas ficam mais concentrados ao redor da semente podendo gerar um possível efeito fitotóxico, que se reflete nos testes em laboratório. Cícero et al. (1990) observaram efeitos fitotóxicos do produto Vitavax-Thiram em sementes de milho, quando o substrato utilizado foi o papel, o mesmo não ocorreu em teste de emergência em campo.

4 CONCLUSÃO

As nanopartículas de óxido de zinco (ZnO) não controlaram *Alternaria alternata* presentes nas sementes de trigo e também não interferiram na qualidade fisiológica das sementes.

REFERÊNCIAS

ADAMOVSKAYA, V.G; LINCHEVSKIY, A.A; MOLODCHENKOVA, O.O; TSISELSKAYA, L.I. Lectins of the cell walls of barley seedlings at Fusarium culmorum infection and influence of salicylic acid. *Physiol Biochem Cultivated Plants*, [S. l.], v. 3, p. 267-274, 1 jan. 2005.

ADAMS, L. K.; LYON, D. Y.; ALVAREZ, P. J. Comparative eco-toxicity of nanoscale TiO₂, SiO₂, and ZnO water suspensions. **Water Research**, New York, v. 40, p. 3527– 3532, 2006.

AGARWAL, P.C.; ANITHA, K.; USHA, D.; BALESHWAR, S.; RAM, N. Alternaria alternata, real cause of black point and differentiating symptoms of two other pathogens associated with wheat (Triticum aestivum) seeds. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, [S. l.], v. 63, p. 451-453, 1993.

ALBRECHT, J.C.; VIEIRA, E.A.; SÓ E SILVA, M.; ANDRADE, J.M.V.; SCHEEREN, P.L.; SOBRINHO, J.S.; TRINDADE, M.G.; SOUSA, C.N.A.S.; REIS, W.P.; JUNIOR, W.Q.R.J; FRONZA, V.; CARGNIN, A.; YAMANAKA, C.H. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de trigo irrigado no Cerrado do Brasil Central. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 42, n. 12, p. 1727-1734, 1 dez. 2007.

ALLAKER, R. P. The use of nanoparticles to control oral biofilm formation. **Jornal of Dental Research**, [S.l.], v. 89, p. 1175-1186, 2010.

BAIRD, R.E; MULLINIX, B.G.; PEERY, A.B.; LANG, M.L. Diversity and longevity of the soybean debris mycobiota in a no-tillage system. **Plant Disease**, [S. l.], v. 81, p. 530-534, 1997.

BHOWMIK, T.P. Alternaria seed infection of wheat. **Plant Disease**, [S. l.], v. 53, p. 77-80, 1969.

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

BRASIL. Ministérios da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Análise Sanitária de Sementes/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009. 200 p.

BRAYNER, R.; FERRARI-ILIOU, R.; BRIVOIS, N.; DJEDIAT, S.; BENEDETTI, M. F.; FIÉVET, F. Toxicological impact studies based on Escherichia coli bacteria in ultrafine ZnO nanoparticles colloidal medium. **Nano Letters**, Washington v. 6, p. 866– 870, 2006.

CALLISTER JÚNIOR, W. D. **Ciência e Engenharia dos Materiais: Uma introdução**. 9th ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 912 p.

CICERO, S.M.; NOVENBRE, A.D.L.C.; CHAMMA, H.M.C.P.; MORAES, M.H.D. **Efeitos da aplicação de alguns produtos fungicidas sobre a qualidade fisiológica e sanitária de sementes de milho**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de agricultura, 1990. 21 p. Relatório técnico.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Grãos**, v. 8 – Safra 2020/21 – Sexto levantamento, Mar. 2021. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br> >. Acesso em 18 Mai. 2021.

DHINGRA, O. D.; MUCHOVEJ, J. J.; CRUZ FILHO, J. **Tratamento de sementes (controle de patógenos)**. UFV, Viçosa, p. 4-8, 1980.

ESTADOS UNIDOS. USDA - United States Department Of Agriculture. **Grain: World Markets and Trade**, Junho, 2021. Disponível em:

<<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>>. Acesso em: 18 jun. 2021.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FURLANETO, F.P.B. NANOTECNOLOGIA NO SETOR AGROPECUÁRIO. **Pesquisa & Tecnologia**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 1-4, 25 out. 2011.

GONZALEZ, M. S.; LIMA, B. G.; OLIVEIRA, A. F. R.; NUNES, D. D.; FERNANDES, C. P.; SANTOS, M. G.; TIETBOHL, L. A. C.; MELLO, C. B.; ROCHA, L.; FEDER, D. Effects of essential oil from leaves of *Eugenia sulcata* on the development of agricultural pest insects. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, São Paulo, v. 24, n. 4, p. 413–418, 2014.

<https://doi.org/10.1016/j.bjp.2014.05.003>

GRAHAM, J.H.; JOHNSON, E.G.; MYERS, M.E.; RAJASEKARAN, P.; DAS, S.; SANTRA, S. Potential of Nano-Formulated Zinc Oxide for Control of Citrus Canker on Grapefruit Trees. **Plant Disease**, [s. l.], v. 100, n. 12, p. 2442-2447, 2016.

<https://doi.org/10.1094/PDIS-05-16-0598-RE>

HENNING, A.A. **Documentos 264**: Patologia e tratamento de sementes: noções gerais.. 2. ed. Londrina, PR: Embrapa, Setembro 2005. 51 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO-2009/09/26692/1/documento264.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2021.

KASEMETS, K.; IVASK, A.; DUBOURGUIER, H. C.; KAHRU, A. Toxicity of nanoparticles of ZnO, CuO and TiO₂ to yeast *Saccharomyces cerevisiae*. **Toxicol In Vitro**, Oxford, v. 23, p. 1116–1122, 2009.

KIM, S. W.; JUNG, J. H.; LAMSAL, K.; KIM, Y. S.; MIN, J. S.; LEE, Y. S. Antifungal effects of silver nanoparticles (AgNPs) against various plant pathogenic fungi. **Mycobiology**, [S.I.], v. 40, n. 1, p. 53-58, 2012.

KIM, S. W.; KIM, K. S.; LAMSAL, K.; KIM, Y. J.; KIM, S. B.; JUNG, M.; SIM, S. J.; KIM, H. S.; CHANG, S. J.; KIM, J. K.; LEE, Y. S. An in vitro study of the antifungal effect of silver nanoparticles on oak wilt pathogen *Raffaelea* sp. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, New York, v. 19, n. 8, p. 760-764, 2009.

KRISHNARAJ, C.; RAMACHADRAN, R.; MOHAN, K.; KALAICHELVAN, P.T. Optimization for rapid synthesis of silver nanoparticles and its effect on phytopathogenic fungi. **Spectrochimica Acta, Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, [S. l.], v. 93, p. 95-99, 3 jul. 2012.

LI, M.; ZHU, L.; LIN, D. Toxicity of ZnO nanoparticles to *Escherichia coli*: mechanism and the influence of medium components. **Environmental Science & Technology**, Washington, v. 45, p. 1977–1983, 2011.

MACHADO, J. da C. Benefícios da sanidade na qualidade de sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 20, n. 3, 2010.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

MAMEDE, M.C. **Detecção de *Pantoea ananatis* em sementes de milho e nanopartículas no controle da bactéria in vitro**. 2018. Dissertação (Mestrado) (Mestrado em fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

- MENTEN, J. O.; MORAES, M. H. D. Avanços no Tratamento e recobrimento de sementes. Tratamento de sementes: histórico, tipos, características e benefícios. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 20, n. 3, p. 52-69, 2010.
- MILLER, JOHN C., SERRATO, R., KUNDAHL, G., The Handbook of Nanotechnology: Business, Policy and Intellectual Property Law. **First Edition**, New Jersey, Wiley, 2005.
- MORAES, M.H.D.; MENTEN, J.O.M. Transmissão de *Alternaria* spp. através de sementes de feijão e seu efeito sobre a qualidade fisiológica das sementes. **Summa Phytopathologica**, [S. l.], v. 32, n. 4, p. 381-383, 1 set. 2006.
- MORANDI, M.A.B.; JÚNIOR, T.J.P.; BETTIOL, W.; TEIXEIRA, H.. Controle biológico de fungos fitopatogênicos. Informe agropecuário: **Controle biológico de pragas doenças e plantas invasoras**, Belo Horizonte, v. 30, ed. 251, p. 73, jul./ago 2009.
- MORONES, J.B; ELCHIGUERRA, J.L.; CAMACHO, A.; HOLT, K.; KOURI, J.B.; RAMÍREZ, J.T; YACAMAN, M.J. The bactericidal effect of silver nanoparticles. **Nanotechnology**, [S. l.], v. 16, p. 2346-2353, 26 jun. 2005.
- MOTA, R.P. DA. **Agressividade, caracterização molecular de isolados de *Pantoea ananatis* e nanoparticulas no controle da bactéria na cultura do milho**. 2019. Dissertação (Mestrado) (Mestrado em fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.
- PIZZINATTO, M.A.; CIA, E.; PARISI, J.J.D.; MEDINA, P.F.; FUZATTO, M.G. Associação de *Alternaria macrospora* e *A. alternata* a sementes de algodoeiro e sua ação patogênica. **Summa Phytopathologica**, [S. l.], v. 31, p. 311-318, 2005.
- RAI, M. Nanobiotecnologia verde: biossínteses de nanopartículas metálicas e suas aplicações como nanoantimicrobianos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 65, n. 3, p. 44-48, jul. 2013. <http://dx.doi.org/10.21800/S0009-67252013000300014>
- REIS, E.M. **Patologia de sementes de cereais de inverno**. [S. l.: s. n.], 1987. 32 p.
- REIS, E.M.; CASA, R.T. **Patologia de sementes de cereais de inverno**. Passo Fundo: ALDEIA NORTE, 1998. 88 p.
- REIS, E.M.; CASA, R.T. **Doenças dos cereais de inverno: diagnose, epidemiologia e controle**. 2. ed. atual. Lages: Berthier, 2007. 174 p. ISBN 978-85-98548-08-1
- REIS, E.M.; CASA, R.T.; FORCELINI, C.A. Doenças do trigo (*Triticum aestivum* L.). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; FILHO, A.B.; CARVALHO, L.E.A. **Manual de fitopatologia Vol 2. Doenças de plantas cultivadas**. 3. ed. São Paulo: CERES, 1997. v. 2, p. 675-683. ISBN 85-318-0008-0.
- REIS, E.M.; CASA, R.T.; MEDEIROS, C.A. **Diagnose, patometria e controle de doenças de cereais de inverno**. 2. ed. Londrina: ES Comunicação S/C Ltda, 2007. 94 p.
- ROTEM, J. The Genus *Alternaria*: Biology, Epidemiology, and Pathogenicity. St. Paul: **Amer Phytopathological Society**, 1/Fev 1994. ISBN 978-0890541524.
- SARDELLA, D.; GATT, R.; VALDRAMIDIS, V.P. Turbidimetric Assessment of the growth of filamentous Fungi and the Antigungal Activity of Zinc Oxide Nanoparticles. **Journal of food protection**, [S. l.], v. 81, n. 6, p. 934-941, 10 maio 2018.
- SAWAI, J.; KAWADA. E.; KANOU. F.; IGARASHI. H.; HASHIMOTO. A.; KOKUGAN. T.; SHIMIZU. M. Detection of active oxygen generated from ceramic powders having

antibacterial activity. **Journal of chemical engineering of Japan, Tokyo**, v. 29, n. 4, p. 627-633, 1996.

SILVA, W.R. **Relações entre disponibilidade de água, tratamento fungicida e germinação de sementes de milho (*Zea mays* L.)**. 1989. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1989.

SIMMONS, E.G. *Alternaria: An Identification Manual: Fully Illustrated and with Catalogue*. Utrecht, Netherlands: **Amer Society for Microbiology**, 2008. 775 p. ISBN 978-9070351687.

SOUZA, M. A., 2009. Trigo Irrigado no Brasil central: realidade e perspectiva. **Revista da Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem**, Rio Grande do Sul, n. 81, p. 26, 2009.

THAKUR, A.; SHARMA, N.; BHATTI, M.; SHARMA, M.; TRUKHANOV, A.V.; TRUKHANOV, S.V.; PANINA, L.V.; ASTAPOVICH, K.A.; THAKUR, P. Synthesis of barium ferrite nanoparticles using rhizome extract of acorus calamus: Characterization and its efficacy against different plant phytopathogenic fungi. **Nano-Structures & Nano-Objects**, [S. l.], v. 24, p. 100-599, 16 jun. 2021.

VENTUROSOS, L. R.; BACCHI, L. M. A.; GAVASSONI, W. L.; VENTUROSOS, L. A. C.; PONTIM, B. C. A.; REIS, G. F. Inoculação de *Sclerotinia sclerotiorum* em sementes de oleaginosas: transmissão e seus efeitos sobre a emergência de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.5, p.788-793, mai, 2015

WANG, B.; ZHANG, Y.; MAO, Z.; YU, D.; GAO, C. Toxicity of ZnO nanoparticles to macrophages due to cell uptake and intracellular release of zinc ions. **Journal of Nanoscience and Nanotechnology**, Stevenson Ranch, v. 14, n. 8, p. 5688-5696, 2014.

YAMAMOTO, O. Influence of particle size on the antibacterial activity of zinc oxide. **Internacional Journal of Inorganic Materials**, [S.1], v.3, n. 7, p. 643-646, 2001.

ZALESKA, A. Doped-TiO₂: A Review. **Recent Patents on Engineering**, Adelaide, v.2, n. 3, p. 157-164, 2008. <https://doi.org/10.2174/187221208786306289>

ZANCAN, N.L.B. **TERAPIA FOTODINÂMICA E NANOPARTÍCULAS NO CONTROLE DE *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* IN VITRO E EM SEMENTES DE CANOLA NATURALMENTE CONTAMINADAS**. Orientador: Nilvanira Donizete Tebaldi. 2018. Dissertação de mestrado (Mestrado em fitotecnia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Mg, 2018.

ZHANG, L.L.; JIANG, Y.H.; DING, Y.L.; POVEY, M.; YORK, D. Investigation into the antibacterial behavior of suspensions of ZnO nanoparticles (ZnO nanofluids). **Journal of Nanoparticle Research**, Dordrecht, v. 9, n. 3, p. 479-489, 2007. <https://doi.org/10.1007/s11051-006-9150-1>