



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO
SUBMETIDAS A TRATAMENTO QUÍMICO E BIOESTIMULANTES

CAIO CÉSAR ROSA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

BRASÍLIA/DF
OUTUBRO/ 2020



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO
SUBMETIDAS A TRATAMENTO QUÍMICO E BIOESTIMULANTES

CAIO CÉSAR ROSA

ORIENTADORA: NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA
COORIENTADORA: ALESSANDRA MONTEIRO DE PAULA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

PUBLICAÇÃO: -- /2020

BRASÍLIA/DF
OUTUBRO/ 2020

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO
SUBMETIDAS A TRATAMENTO QUÍMICO E BIOESTIMULANTES

CAIO CÉSAR ROSA

DISSERTAÇÃO DE Mestrado submetida à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília – UnB, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia.

APROVADO POR:

Orientadora

Dr^a. Nara Oliveira Silva Souza

CPF: 033.300.726-36 E-mail: arasouza@unb.br

Membro interno

Dr^a. Patrícia Pereira da Silva

CPF: 828.966.901-15 E-mail: patricia.silva@unb.br

Membro externo

Dr^a. Flívia Fernandes de Jesus Souza

CPF: 024.621.961-02 E-mail: fliviafdejesus@gmail.com

BRASÍLIA/DF, 26 DE OUTUBRO DE 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

ROSA, C. C.

Qualidade fisiológica de sementes de milho submetidas a tratamento químico e bioestimulantes/ Caio César Rosa; orientação: Nara Oliveira Silva Souza. – Brasília, 2020. 51 páginas f.:il.

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília – UnB/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2020.

1. Sementes. 2. Milho. 3. Qualidade Fisiológica. 4. Micronutrientes. 5. Germinação. 6. Vigor.

I. Souza, N. II. Doutora.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ROSA, C.C. **Qualidade fisiológica de sementes de milho submetidas a tratamento químico e bioestimulantes**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2020, 51 p. Dissertação de Mestrado

CESSÃO DE DIREITOS

Nome do Autor: Caio César Rosa

Título da Dissertação de Mestrado: **Qualidade fisiológica de sementes de milho submetidas a tratamento químico e bioestimulantes.**

Grau: Mestre **Ano:** 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Citações são estimuladas, desde que citada à fonte.

Caio César Rosa – CPF: 051.987.241-06 E-mail: caiocr1109@gmail.com

À Deus, pela capacitação e resiliência durante os momentos de dificuldades ao longo deste trabalho e por sempre ser companheiro fiel durante a vida.

Aos meus pais, Cátia Cilene Rodovalho Rosa e Eduardo Antônio Rosa, pelo amor e apoio incondicional.

À minha irmã, Ana Laura Rosa, por amor fraterno e por ser espelho de dedicação aos estudos e as causas ambientais.

Aos amigos, sobretudo àqueles que desempenharam papel fundamental para a conclusão deste trabalho.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à Deus, pelo privilégio da vida, pelos momentos que me aconselhou, sobretudo naqueles em que mais precisei, nesta caminhada acadêmica.

À minha família, por ser base para todos os momentos. Por compartilharem comigo felicidades e tristezas, por todo o suporte que tive, tanto nos estudos, quanto na minha vida pessoal. Por representarem fielmente o conceito de família, em todos os aspectos. Amo vocês. Muito obrigado!

À minha orientadora, Dra. Nara Oliveira Silva Souza, pelos ensinamentos, lições, incentivo e sobretudo, por aceitar um desafio novo e principalmente pela contribuição ímpar para a realização deste trabalho, sem a qual não seria possível. Parabéns por ser uma profissional de destaque e um exemplo aos alunos.

À coorientadora Alessandra Monteiro de Paula, pelas contribuições essenciais ao longo da realização deste trabalho.

Aos pesquisadores Tairone Leão, Vinícius Buffon e Cícero Célio, por toda experiência compartilhada, conselho e por terem feito parte dessa caminhada.

À Roberta Delgado, pelo suporte prestado para a realização deste trabalho e por ser fundamental para a condução dos experimentos em laboratório. Desejo que você tenha todo o sucesso que procura.

À Faculdade de Agronomia e Veterinária, ao programa de Pós-Graduação em Agronomia e à Universidade de Brasília, pelo aprendizado acadêmico e profissional que levarei comigo sempre. Pela oportunidade de buscar aprendizado e fazer ciência, para contribuir ao desenvolvimento do Brasil de forma sustentável.

À CAPES, pelo apoio financeiro à pesquisa e desenvolvimento.

A todos que contribuíram para que eu atingisse os meus objetivos.

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO SUBMETIDAS A TRATAMENTO QUÍMICO E BIOESTIMULANTES

Resumo Geral

O milho é uma importante cultura no cenário mundial e brasileiro de produção agrícola. Tecnologias como o tratamento de sementes de milho com recobrimento de produtos químicos, micronutrientes, bioestimulantes orgânicos e *Azospirillum sp.*, têm como objetivo mitigar efeitos de estresses nas fases iniciais de desenvolvimento e aumentar o rendimento de grãos. Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho avaliar o efeito destes tratamentos sobre a qualidade fisiológica de sementes de milho em função do tratamento com fertilizante foliar Zn-10®, bioestimulante Rootmax®, inoculante Masterfix-gramíneas®, inseticida Cropstar® e fungicida Vitavax-Thiram®, seguindo a dose recomendada de bula para a cultura do milho em diferentes associações entre eles, para uma densidade de plantio de 60.000 sementes por hectare. O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV), da Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília – Distrito Federal, no período de outubro de 2019 até maio de 2020, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, e tratamentos dispostos em esquema fatorial 2x17 com uma testemunha adicional. O tratamento de sementes de milho com produtos bioestimulantes e micronutrientes, na dose comercial indicada, não reduz a taxa de germinação de sementes. Sementes de milho tratadas com produtos químicos, fungicida e inseticida, na dose comercial indicada, reduziu a qualidade fisiológica de sementes. O tratamento de sementes utilizando produtos bioestimulantes foi eficaz em produzir plântulas mais vigorosas. O recobrimento de sementes com estes produtos se constitui em uma alternativa viável e eficiente para o fornecimento de nutrientes essenciais para plantas de milho.

Palavras Chave: Tratamento de Sementes; Germinação; Vigor; Zinco, *Azospirillum sp.*; Bioestimulação.

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO SUBMETIDAS A TRATAMENTO QUÍMICO E BIOESTIMULANTES

General Abstract

Importance of maize crop production is well known worldwide, especially on Brazil. Treatment with micronutrients, microorganisms, biostimulants, pesticides and fungicides has become an increasingly important technology to alleviate abiotic stresses conditions during the earlier stages of plant growth and improve crop yield. On this matter, this study aimed to evaluate the effect of micronutrient treatment Zn-10®, biostimulant treatment Rootmax®, inoculation treatment Masterfix-gramíneas®, insecticide treatment Cropstar®, fungicide Vitavax-Thiram® and different combinations among them over physiological quality of maize seeds. The experiment was carried out on Laboratório de Tecnologia de Sementes in Brasilia University (UnB), Darcy Ribeiro Campus, Brasília-Distrito Federal. Maize seeds treated with biostimulants and microtutrients do not reduce maize seedling rate. Insecticide and fungicide treatments, on this experiment's conditions was prejudicial to physiological quality, with negative effects on germination and vigor. Application of biostimulants trough seed treatment can be considered an interesting option to produce vigorous plants. Seed treatment can be adopted to carry out nutrients, benefic microorganisms and biostimulants in crop fields, becoming an economic and feasible way to provide nutritional elements.

Keywords: Seed treatments; Germination; Vigor; Zinc; *Azospirillum* sp.; Biostimulation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características Agronômicas do milho variedade BR 106	15
Tabela 2. Relação entre os tratamentos e produtos comerciais utilizados.....	17
Tabela 3. Produtos, doses e composição	17
Tabela 4- Resumo da análise de variância referente ao percentual de germinação (GER), comprimento de parte aérea (CA), comprimento de raiz (CR), comprimento de plântula (CP), teste de frio alternativo (TFa), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de milho do lote 1.Brasília, DF, 2020	21
Tabela 5- Resumo da análise de variância referente ao percentual de germinação (GER), comprimento de parte aérea (CA), comprimento de raiz (CR), comprimento de plântula (CP), teste de frio alternativo (TFa), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de milho do lote 2.Brasília, DF, 2020	21
Tabela 6 - Valores médios dos teste de qualidade fisiológica dos lotes 1 e 2 referente as variáveis germinação (GER), comprimento de parte aérea (CA), comprimento de raiz (CR), comprimento de plântula (CP), teste de frio alternativo (TFa), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE). Brasília, DF, 2020	23
Tabela 7- Porcentagem de plântulas normais germinadas referente aos lotes 1 e 2 após tratamentos com produtos bioestimulantes e químicos. Brasília, DF, 2020	24
Tabela 8- Comprimento de plântulas, comprimento de parte aérea e comprimento de radícula de plântulas normais germinadas, em centímetros, referente aos lotes 1 e 2 após tratamentos com produtos bioestimulantes e químicos. Brasília, DF, 2020.....	26
Tabela 9- Percentual de plântulas normais após submissão ao teste de frio alternativo referente aos lotes 1 e 2 após tratamentos com produtos bioestimulantes e químicos. Brasília, DF, 2020.....	29
Tabela 10- Percentual de plântulas normais após submissão ao teste de envelhecimento acelerado referente aos lotes 1 e 2 após tratamentos com produtos bioestimulantes e químicos. Brasília, DF, 2020.....	30
Tabela 11- Valores médios de condutividade elétrica referente aos lotes 1 e 2 após tratamentos com produtos bioestimulantes e químicos. Brasília, DF, 2020.....	31

Sumário

1. Introdução	1
2. Objetivos	3
2.1 Objetivo geral.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3. Hipótese	3
4. Revisão de literatura.....	4
4.1 Qualidade fisiológica de sementes.....	4
4.1.1 Germinação de Sementes	4
4.1.2 Vigor de Sementes	6
4.2 Tratamento de sementes	7
4.2.1 Tratamento químico de sementes.....	8
4.2.2 Tratamento de sementes com fertilizantes.....	9
4.2.3 Tratamento de sementes com zinco	10
4.2.4 Tratamento de sementes com bactérias diazotróficas	12
4.2.5 Tratamento de sementes com bioestimulantes	13
5. MATERIAL E MÉTODOS	14
5.1 Local do desenvolvimento do experimento	14
5.2 Caracterização do genótipo e lotes de sementes.....	15
5.3 Doses e tratamentos adotados.....	16
5.4 Determinação inicial de teor de água (TA)	18
5.5 Avaliações de qualidade fisiológica das sementes.....	18
5.5.1 Teste de Germinação (GER)	18
5.5.2 Comprimento de Parte aérea (CA) e Radícula (CR)	18
5.5.3 Envelhecimento acelerado (EA).....	19
5.5.4 Teste de Frio Alternativo – com solo (TFa)	19
5.5.5 Condutividade elétrica (CE)	19

5.6	Análises estatísticas.....	20
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6.1.	Germinação (GER)	23
6.2	Comprimento de Plântula (CP), Comprimento da Parte Aérea (CA) e Comprimento de Raiz (CR).....	26
6.3	Teste de Frio Alternativo (TFa)	29
6.4	Envelhecimento Acelerado (EA)	30
6.5	Condutividade Elétrica (CE)	31
7.	Conclusões.....	33
8.	Referências bibliográficas.....	34

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das espécies de plantas cultivadas que figura em posição mundial de destaque à nível de produção e área cultivada, (BORÉM et al., 2015). Segundo as projeções do departamento de agricultura norte americano (USDA), o Brasil contempla o terceiro lugar na lista de maiores produtores de milho, ficando atrás, somente de Estados Unidos da América e China, respectivamente (USDA, 2019).

Assim, agricultores têm adotado tecnologias pertinentes à produção sustentável que vislumbram o assertivo estabelecimento da cultura que, por sua vez, implica em maiores rendimentos. Nessa vertente, um dos componentes fundamentais ao cultivo de alta produtividade é a qualidade de sementes nos momentos iniciais de cultivo (MARCOS FILHO, 2005; BORÉM et al., 2015). É por isto que, a tecnologia embarcada nas sementes comerciais, por via de práticas agrícolas industriais, tal como o tratamento de sementes industriais (TSI), torna-se frequente no mercado comercial do agronegócio.

Especificamente para o milho, o tratamento de sementes tornou-se tecnologia consolidada entre os produtores e imprescindível ao sucesso deste cultivo à campo. Na atualidade, grande parcela de sementes comercializadas chega ao produtor rural contemplada com produtos tais como inseticidas, fungicidas, nutrientes e outros polímeros fornecidos pela indústria. Contudo, no caso particular do tratamento de semente com nutrientes, objetiva-se propiciar condições satisfatórias de micronutrientes às plantas, especialmente em situações em que o conteúdo destes nos solos é insuficiente (FAROOQ; WAHID; SIDDIQUE, 2012). Embora seja grande o potencial de rendimento encontrado nas sementes de milho, nas regiões produtoras do norte e nordeste do Brasil, a problemática do cultivo ainda tange a baixa produtividade.

Diversas variáveis explicam as baixas produções média por área, que segundo a Companhia Nacional de Abastecimento no 11º Boletim de Levantamento da safra de grãos é de 5.730 kg/ha (CONAB, 2019), que têm suas causas atreladas nas variações climáticas, em função de restrições hídricas, nos problemas de controle de patógenos e, principalmente, no gradativo

esgotamento dos níveis de fertilidade do solo, fundamentado no desbalanço nutricional, dada a relação de extração pela cultura e reposição ao solo.

A situação se torna mais crítica, quando a análise é realizada sob a perspectiva do milho safrinha, onde além de restrições ambientais como cessamento do período chuvoso e esgotamento nutricional dos solos, os produtores, corriqueiramente, por dificuldades operacionais, realizam o plantio em meados de março, fora da janela adequada para o milho de segunda safra (CONAB, 2019),

Assim, o manejo nutricional de culturas, sobretudo à cultura do milho, torna-se ferramenta de importância a fim de reduzir estresses e potencializar colheita. Lopes e Carvalho (1988) apontaram em estudo realizado em diferentes regiões agricultáveis a deficiência de micronutrientes essenciais ao desenvolvimento de culturas. Galrão e Mesquita (1981) relataram que, especialmente nos solos contemplados pelo bioma Cerrado, zinco, cobre e o boro são micronutrientes com maior probabilidade de apresentarem sintomas de deficiência. Ainda que, mesmo em pequenas proporções, micronutrientes são elementos químicos fundamentais ao desenvolvimento de culturas, sobretudo, a falta de um destes pode acarretar em significativas perdas de produção (BARBOSA FILHO et al., 2002). Portanto, a adoção de tecnologias que visam garantir o equilíbrio nutricional em sementes são fundamentais para assegurar o desenvolvimento de plântulas, sobretudo, em solos de baixa fertilidade (RENGEL; GRAHAM, 1995; CAKMAK, 2008; BOONCHUAY et. al., 2013).

Outra possibilidade que garante a produção com baixos impactos ambientais e econômicos é a utilização de recursos biológicos e a sua interação com plantas gramíneas, como bactérias potencializadoras de crescimento vegetal, como as bactérias do gênero *Azospirillum sp.* (MOREIRA, 2010).

Da mesma forma, destaca-se a aplicação de biorreguladores e bioestimulantes vegetais como uma alternativa que visa aprimorar a produtividade. Vieira e Castro (2002) constataram que a utilização de bioestimulantes incrementam o desenvolvimento vegetal, pelo estímulo a divisão, diferenciação e alongamento celular, favorecendo o equilíbrio hormonal e melhor absorção de água e nutrientes pelas plantas.

Levando em consideração os potenciais efeitos benéficos inerentes aos tratamentos de sementes com micronutriente, bioestimulante e *Azospirillum*

spp., ainda se faz indispensável estudos do uso desses tratamentos sobre os efeitos no desenvolvimento inicial de plântulas e qualidade fisiológica de sementes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar dois lotes de sementes de milho quanto à qualidade fisiológica após o tratamento com zinco, bioestimulante, *Azospirillum brasilense.*, inseticida e fungicida, e as combinações desses produtos.

2.2 Objetivos Específicos

- i. Avaliar o efeito de zinco sobre a qualidade fisiológica das sementes de milho;
- ii. Avaliar o efeito de bioestimulante sobre a qualidade fisiológica de sementes de milho;
- iii. Avaliar o efeito de *Azospirillum brasilense.* sobre a qualidade fisiológica de sementes de milho.

3. HIPÓTESE

A qualidade fisiológica de sementes de milho é favorecida pelos tratamentos de sementes com zinco, bioestimulante e *Azospirillum brasilense.*

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Qualidade fisiológica de sementes

A qualidade de sementes resulta da soma de atributos, que implica na capacidade de um determinado lote em gerar estande uniforme e plantas vigorosas: i) Atributos Genéticos, se relaciona ao potencial de produção (capacidade de expressar genes associados à produção); ii) Atributos Físicos: expressa a pureza física do lote/amostra; iii) Atributos Fisiológicos: potencial da semente em realizar suas atividades metabólicas, indicadas, principalmente, pela germinação e vigor de sementes; iv) Atributos Sanitários: combinação de fitopatógenos à semente (POPINIGIS,1985).

O parâmetro fisiológico de qualidade de semente fica em evidência, pois torna-se responsável pelo potencial da semente em gerar uma plântula normal e vigorosa (POPINIGIS, 1985), de tal modo que, o sucesso do cultivo de plantas se faz dependente da expressão de elevada germinação e vigor.

A capacidade fisiológica de sementes, em função o vigor de sementes, determina o rendimento de produção à campo, pelo estabelecimento de estande e, posteriormente, a produção de grãos (TEKRONY; EGLI, 1991). Trabalhos realizados a partir de combinações de populações de sementes em vários níveis de qualidade demonstram que àquelas com maior qualidade fisiológica apresentaram os melhores índices de produção e produtividade. Associa-se o melhor desempenho em função do maior tamanho de plântulas na fase emergencial, consequência de maior crescimento na fase inicial (SCHUCH, 2000; KOLCHINSKI, 2003). Desta forma, é imprescindível a avaliação deste atributo da qualidade de sementes em práticas de manejo nas quais são submetidas às sementes agrícolas.

4.1.1 Germinação de Sementes

A germinação é o primeiro parâmetro da qualidade fisiológica de sementes a ser levado em consideração na avaliação de um lote. O teste de germinação representa a qualidade do lote em expressar uma plântula de

desenvolvimento normal em condições adequadas (BRASIL, 1999). A germinação de sementes é compreendida como a retomada de processos metabólicos que tem como resultado o desenvolvimento do embrião e formação de uma plântula (COPELAND; McDONALD, 1995; MARCOS FILHO, 2015).

O processo da germinação tem início com a absorção de água pela semente e termina com o alongamento do eixo embrionário, após uma série de eventos metabólicos ordenados que resulta na ruptura do tegumento, conforme explicam Bewley e Black (1994).

No aspecto dos processos da fisiologia de semente verificam-se três etapas bem definidas, o denominado padrão trifásico de germinação que rege a absorção de água e hidratação de sementes sob condições ideais: embebição; indução do crescimento e emergência da plântula (MARCOS FILHO, 2005).

Na fase I, fase da embebição, acontece rápida absorção de água pela semente em razão do gradiente de potencial hídrico entre a semente e o ambiente no qual foi inserida (BEWLEY; BLACK, 1994; FERREIRA; BORGHETTI, 2004; MARCOS FILHO, 2005).

Na fase II, denominada fase de preparação ou intervalo de ativação do metabolismo germinativo, observa-se redução na absorção de água, em função da equiparação entre o potencial hídrico do substrato e da semente. Ainda, ocorre organização de diversas reações metabólicas que visam preparar a semente à protusão da raiz primária. Nesta fase, as sementes mantêm-se tolerantes à perda d'água em garantir a conclusão do processo iniciado e desenvolvimento embrionário (FERREIRA; BORGHETTI, 2004; MARCOS FILHO, 2005).

Por fim, na fase III, ocorre a retomada no conteúdo de água absorvido pela semente à medida que se têm o desenvolvimento do embrião. O conteúdo de água absorvido nesta fase é explicado pela produção de substâncias osmoticamente ativas que reduzem o potencial osmótico da semente, gerando um gradiente em relação ao substrato. Verifica-se nesta etapa que, após a emergência da radícula, a semente estará vinculada a garantir o processo germinativo e o desenvolvimento inicial da plântula (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

4.1.2 Vigor de Sementes

A definição de vigor de sementes, é amplamente discutida na literatura, mas em essência, sugerem o mesmo conceito. O vigor é assimilado como congruência de aspectos da semente que desenvolvam com velocidade e uniformidade o estande de plantas a campo (DELOUCHE; CALDWELL, 1960).

De acordo com a *Association of Official Seed Analysts* (AOSA, 2009), o vigor é a manifestação de um agrupamento de propriedades inerentes a sementes, determinando o seu potencial para emergência rápida e homogênea, que resultam em plântulas normais nas mais variadas condições ambientais. Marcos Filho (2015) relata a importância de se avaliar o vigor de sementes na identificação de diferenças importantes, no que se refere à qualidade fisiológica de sementes, que possuem o mesmo potencial germinativo.

Identifica-se no parâmetro qualitativo da fisiologia de sementes – vigor- é de fundamental importância à avaliação de sementes em relacionar a expressão do genótipo na capacidade em originar uma nova geração de sua espécie. Consoante ao que representa o vigor em sementes, um aglomerado de propriedades são determinantes para aferir esse atributo, tal qual a qualidade fisiológica desse em particular e o seu grau de deterioração e outros fatores externos (temperatura, oxigênio, ação de patógenos) (KRYZANOWSKI; FRANÇA NETO, 2011; MARCOS FILHO, 2015)

A fim de determinar o vigor de sementes é necessário a aplicação de metodologias que verifiquem aspectos bioquímicos, fisiológicos e de tolerância aos estresses, melhor representado em comparativo entre lotes de sementes de mesma espécie e cultivar (MARCOS FILHO, 2015). Deve-se optar por àqueles cuja facilidade, acessibilidade e confiabilidade dos resultados são assegurados, de acordo com o que relata Marcos Filho (2011).

São testes que atendem ao descrito por Marcos Filho (2011; 2015) o teste de primeira contagem, comprimento de parte aérea e radícula, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, teste de frio e teste de frio alternativo e índice de velocidade de emergência em campo.

4.2 Tratamento de sementes

O tratamento de sementes é uma prática amplamente difundida que representa importante papel na construção da produtividade das culturas e sobretudo na cultura do milho, mitigação de custos e redução de impacto ambiental, resultado de uma boa cobertura da semente.

A técnica consiste no revestimento do propágulo vegetal com ingrediente ativo de interesse agrônômico, que busque propiciar melhores condições de desenvolvimento em nível de campo, sendo uma das práticas já consolidadas nas unidades de beneficiamento de sementes (TAYLOR; SALANENKA, 2012). Neste sentido, busca-se com a aplicação de produtos às sementes preservar e/ou potencializar o desempenho destas, habilitando-as a expressar, por completo, sua capacidade genética. De acordo com Scott (1989), o tratamento de semente é fundamentado pela aplicação de sólidos ou líquidos que recobrem o tegumento das sementes.

A aplicação de produtos para a prevenção de fitopatógenos e pragas de solo representam grande parcela dos tratamentos aos quais são submetidas as sementes. Contudo, a prática se estende não somente à aplicação de inseticidas e fungicidas, mas também, à aplicação de inoculantes, estimulantes de raiz, micronutrientes e outros polímeros de interesse (TAYLOR, 2003).

No tangente ao revestimento de sementes com produtos químicos, estes podem ser realizados com variados tipos de produtos e ingredientes ativos, com a finalidade comum de aumentar o desempenho inicial de plântulas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000), principalmente, àquelas de alto valor agregado (PESKE, BAUDET, 2006).

Deve-se salientar, porém, que haja vista a incompatibilidade de produtos, aplicados sozinhos ou em conjunto, sobre a semente, é possível o desencadeamento de uma série de processos danosos à, principalmente, qualidade fisiológica de sementes (WENDLING; NUNES, 2009). Scott (1998) correlacionou o efeito osmótico, provocado pelas altas concentrações de íons nutrientes, à ocorrência de fitotoxidez em plântulas, uma vez que aqueles implicam em estresse fisiológico provocado pela indisponibilidade hídrica. Efeitos nocivos de importância que refletem em redução de crescimento de

plântulas, após o revestimento de sementes com fontes de zinco são explicados por Ohse *et al.* (2012) em trabalho com trigo, e por Zhang *et al.* (2015), em milho.

Via de regra, os produtos utilizados no tratamento de sementes não devem acarretar problemas de fitotoxidez em sementes e plântulas e devem ser capazes de garantir bom estande inicial, plantas com alto nível de vigor e prolongar o período de sanidade até a ocorrência de epidemias (VAZQUEZ; CARDOSO; PERES, 2014).

4.2.1 Tratamento químico de sementes

O tratamento químico de sementes remete-se, em sentido limitado, à aplicação de produtos de natureza química eficientes no controle de patógenos (MENTEN; MORAES, 2010). Somado a isso, é importante a ressalva que o controle eficaz de patógenos, também, é dependente da localização deste na semente e da qualidade do propágulo.

A combinação de alternativas químicas de controle de patógenos em sementes têm-se consolidado prática eficiente no combate a doenças e pragas de solo que afetam o desenvolvimento inicial de sementes em campo. Dentre estas práticas, a aplicação de fungicida é a mais difundida entre os agricultores, pela sua facilidade operacional e vantagens comparativas com outras formas de aplicação do produto (MACHADO, et al. 2006).

A aplicação deste tratamento assegura que o estande inicial não sofra impacto negativo pela incidência de doenças e pragas de início de ciclo, de forma que ocorra, com êxito, a emergência de plântulas de forma uniforme. No que tange a instalação da lavoura, o tratamento de sementes implica em menos de 0,5% do custo, além de assegurar que o valor fisiológico expresse o seu potencial (HENNING, 2005), ao passo que o custo com replantio significa 13,36% do custo de produção (CULTIVAR, 2000).

A área comercial do agronegócio de produtos químicos apresenta variada gama de produtos, de diferentes ingredientes ativos, aptos a serem aplicados no tratamento de sementes. O mecanismo de ação desses produtos é aspecto relevante a ser observado quando na escolha do produto a ser utilizado. Este pode ser de contato, quando delimita a ação de patógenos superficialmente no pericarpo/ tegumento da semente, ou logo abaixo; e sistêmico, quando sua

molécula é absorvida pela semente na fase de embebição e translocada pela plântula conferindo-lhe proteção (LUCCA FILHO, 2003).

Carvalho e Nakagawa (2015) relatam que a utilização de produtos químicos no tratamento de sementes pode ser realizada de formas diversas, desde que, não afetem o desempenho germinativo destas.

A utilização de fungicidas e inseticidas no revestimento de sementes aprimora o seu desempenho inicial, especialmente daquelas que possuem alto valor tecnológico (PESKE; BAUDET, 2006). Todavia, a prática requer cuidados, pois, pode aumentar os riscos de deterioração de membranas, logo, risco à qualidade fisiológica (TONIN, et al., 2014).

A aplicação de produtos químicos fitossanitários inseticidas (Imidacloprido, Tiodicarbe, Fipronil, Tiofanato-metílico, Piraclostrobina) e fungicidas (Tiram, Carboxina, Difeconazole, Metalaxil) via tratamento de sementes de milho é tecnologia comumente empregada no meio agrícola, porém, mesmo que ressaltados os cuidados durante a manipulação dos produtos, faz-se necessário a observância da interação destes componentes associados a outras substâncias sobre o aspecto da qualidade fisiológica das sementes.

4.2.2 Tratamento de sementes com fertilizantes

O tratamento de semente com a utilização de fertilizantes visa condicionar um ambiente propício ao desenvolvimento adequado de plântulas. A aplicação de nutrientes permite, mesmo em situações de solo nas quais os elementos nutricionais encontram-se em níveis a baixo do requerido pelas plantas, um desenvolvimento regular (FAROOQ; WAHID; SIDDIQUE, 2012). Assim, o desbalanço de qualquer elemento nutriente é um fator de redução ou supressão das atividades fisiológicas das plantas (MENGEL et. al., 2001).

Os micronutrientes são elementos essenciais ao desenvolvimento de plantas. As aplicações desses nutrientes são em sua grande maioria, via solo e via folha, porém, a aplicação de micronutrientes via tratamento de sementes pode ser uma alternativa viável para mitigação de custos operacionais (FAROOQ; WAHID; SIDDIQUE, 2012). Além disso, as técnicas via solo e foliar

apresentam características intrínsecas ao processo de aplicação que resultam em má distribuição espacial dos nutrientes a campo, traduzindo em redução da eficiência do fertilizante (MORTVEDT, 1994).

A baixa eficiência do uso de micronutrientes está relacionada com sua distribuição na área de cultivo, lixiviação de nutrientes e reações no solo que limitam a sua absorção, como baixa mobilidade e competição interespecífica com outros nutrientes (MARSCHNER, 2012), nesse aspecto, medidas que corroborem com a aplicação e disponibilidade de nutrientes próximas as zonas de absorção de raízes são eficientes para a correção de deficiências (CHENG, 1985; PARDUCCI et. al., 1989)

Aumentar os níveis de micronutrientes nas plantas em ambientes nos quais o fornecimento via solo é restringido, pela falta ou pela indisponibilidade, resulta em maiores rendimentos de colheita. Singh et al (2003) conclui que a aplicação de micronutrientes na preparação da semente torna-se uma prática de maior economia devido a facilidade de manejo e disponibilidade do nutriente no momento adequado, frente as aplicações via solo e foliar.

Trabalhos como o de Tunes et. al. (2013), Tunes (2015) avaliando a aplicação de Zinco na cultura do trigo e Tavares (2015) avaliando o recobrimento de sementes de milho com zinco, boro e molibidênio corroboram o efeito positivo do tratamento de sementes com nutrientes em parâmetros da qualidade fisiológica de sementes, sobretudo germinação.

4.2.3 Tratamento de sementes com zinco

O Zinco está presente em várias etapas de processos fisiológicos vegetais de importância, como exemplo: a fotossíntese, respiração, regulação hormonal, metabolismo de carboidratos e proteínas, redução do nitrato e degradação de radicais livres (BORKET, 1989; MALAVOLTA, 2006; MASCHENER, 2012). Assim como outros micronutrientes, o Zn figura como ativador enzimático, que catalisa a sintetização do fito-hormônio ácido indolilacético (AIA) em vegetais, fundamental à expansão celular e desenvolvimento apical (EPSTEIN; BLOOM, 2004).

Estudos apontam que mais de 50% das áreas cultivadas no mundo são deficientes em zinco, em algum nível (CAKMAK, 2000; 2002; QUIJANO-

GUERTA et al., 2002; FAGERIA; BALIGAR; CLARK, 2002; ALLOWAY, 2009). Alguns fatores relacionados aos solos são citados como causa à deficiência de zinco, fatores estes como o pH, potencial de oxi-redução e concentração de Zn, P e Fe na solução do solo afetam a disponibilidade de Zn em áreas agrícolas (ALLOWAY, 2009; FAGERIA et al., 2011).

A deficiência nutricional em micronutrientes de maior frequência nas principais plantas cultivadas está atrelada ao zinco (MALAVOLTA, 2006), sendo que no Brasil é o micronutriente que mais limita a produção (PRADO et al., 2008). O baixo conteúdo de Zn, torna-se no geral, característica intrínseca ao processo de intemperização em solos tropicais, agravado pela adoção de práticas agrícolas como a aplicação de calcário em superfície e, em alguns casos, aplicação localizada de fontes de P solúveis (FAGERIA, 2000).

Em geral, a aplicação de calcário reduz a disponibilidade de zinco (CAMARGO; VALADARES; DECHEN, 1982) e reduz o acúmulo de zinco nas partes apicais da planta (ABREU; Van RAIJ, 1996). Contudo, a calagem é tecnologia fundamental para o desenvolvimento da agricultura em solos tropicais, requerendo, no tangente à nutrição com zinco, o emprego de formas eficientes para suprir a demanda pelo micronutriente.

A cultura do milho é altamente responsiva ao zinco (GALRÃO; MESQUITA FILHO, 1981), isto implica que, a sensibilidade à deficiência deste nutriente é acentuada ao longo do cultivo. Desta forma, o fornecimento de micronutrientes no tratamento de sementes faz-se uma tecnologia de maior eficiência, quanto ao aproveitamento de Zinco, comparado ao fornecimento do elemento via solo (SLATON et al., 2001), uma vez que requerer-se-ia maiores quantidades de fertilizantes para o suprimento da exigência por zinco.

O fornecimento de Zn pelas sementes está condicionado à capacidade de absorção do elemento pela planta (CAKMAK, 2008). A absorção do nutriente nos tecidos vegetais, via de regra, se dá de três formas: 1- absorção via semente na etapa de embebição; 2- absorção radicular; 3- absorção via coleóptilo (QUEROU; EUVRAD; GAUVRIT, 1997; TAYLOR; SALENKA, 2012), posteriormente, segue para os tecidos de maior requerimento, tecidos novos da parte aérea (dreno).

A preparação de sementes com Zn pode melhorar a emergência de plântulas, estabelecimento inicial de estande, e por conseguinte, melhora no

desenvolvimento e rendimento de plantas (FAROOQ; WAHID; SIDDIQUE, 2012).

Tavares et al. (2015) observaram incremento de 16,26%, em comparativo ao tratamento testemunha, do tratamento de sementes com zinco, boro e molibidênio no crescimento relativo de plântulas de milho e, ao mesmo tempo, constataram que o preparo de sementes com micronutrientes não afetou a germinação e parte aérea das sementes.

4.2.4 Tratamento de sementes com bactérias diazotróficas

Os efeitos de microrganismos sobre o desenvolvimento e rendimento de culturas podem ser considerados alternativas sustentáveis de produção frente ao elevado custo ambiental e econômico, no que tange a fertilização nitrogenada (ROESCH et. al., 2005). Objetiva-se, com o uso de bactérias, principalmente, manter o potencial de rendimento de plantas reduzindo a aplicação de adubação nitrogenada sem que haja redução na produção.

Bactérias diazotróficas são aquelas capazes de fixar nitrogênio atmosférico e disponibilizá-lo para a planta e sintetizar fito-hormônios (DOBBELARE, et. al., 2002). A sua utilização na agricultura, possibilita a progressão para manejos de menor impacto ambiental, por explorar o potencial da relação entre as plantas e esses microrganismos. Estas bactérias também são reconhecidas por estimular o desenvolvimento radicular e incrementar a captação de água e nutrientes do solo. A utilização de *Azospirillum* brasileiro mostrou-se benéfico em matéria de nutrição foliar e rendimento de grãos de milho, mesmo em condições de elevado aporte de nitrogênio em sistema de manejo sem revolvimento de solo, como mostra o trabalho de Galindo et. al., (2016).

Dentre as bactérias diazotróficas, destacam-se as do gênero *Azospirillum*, que se associam no interior do tecido de plantas gramíneas de interesse agrícola, como milho, trigo e arroz (DOBEREINER, 1991). Permitem o crescimento de plantas e aumentam a produtividade (DOBBELAERE; OKON, 2007).

Lista-se como efeitos diretos da associação de *Azospirillum* e plantas a síntese de hormônios vegetais promotores de crescimento, como auxinas,

giberelinas e citocininas e reguladores de crescimento, a solubilização de fósforo inorgânico e a fixação biológica de nitrogênio (FBN). Outros efeitos podem ser condicionados pela atividade da bactéria na rizosfera, como a indução de resistência e produção de substâncias correlacionadas ao estresse (CASÁN; VANDERLEYDEN; SPAEPEN, 2013)

Fora a fixação biológica do nitrogênio desempenhada pelo *Azospirillum*, Zaied et al. (2003) sugerem a participação destas bactérias na biossíntese de hormônios vegetais e conseqüente crescimento de plantas e morfologia de raízes. Os fito-hormônios são substâncias orgânicas que atuam na regulação do desenvolvimento vegetal (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2001).

Substâncias promotoras do crescimento, exsudadas por bactérias diazotróficas, provocaram significativo aumento de matéria seca e incremento de acúmulo de nutrientes em plantas de milho tratados com *Azospirillum* spp. (REIS JÚNIOR et al., 2008).

Estudos recentes, no que diz respeito à produtividade, são conduzidos associando a interação entre *Azospirillum* e plantas de milho (HUNGRIA et al., 2010; MULLER et al., 2016). Coelho et. al. (2016) sugeriram que o estímulo ao desenvolvimento radicular, provocado pela associação da bactéria com milho, pela maior capacidade de absorção de água e nutrientes, seja fator preponderante no incremento de produção.

Fundamentado pelos efeitos benéficos da interação entre *Azospirillum* e sementes de milho, externa-se a necessidade de estudos que avaliem os efeitos da associação da bactéria no tratamento de sementes juntamente com outros produtos sobre atributos de qualidade fisiológica.

4.2.5 Tratamento de sementes com bioestimulantes

A aplicação de bioreguladores, sobretudo em regiões onde as culturas estão em elevado patamar de produtividade, tecnologia e manejo, tem apresentado resultados expressivos sobre produtividade (VIERA; CASTRO, 2004). De acordo com Castro e Vieira (2001), reconhecem-se como reguladores vegetais as auxinas, giberelinas, etileno, retardadores e inibidores de crescimento, que a depender das condições ambientais, características genéticas do material poderão apresentar variadas respostas.

Estes compostos possuem efeitos sobre plantas cultivadas. Em abrangência ampla de pesquisas, os benefícios desta técnica têm sido estudados com a finalidade de aprimorar o sistema de produção e melhorar quantitativamente e qualitativamente a produtividade em culturas (VIEIRA; CASTRO, 2004).

A mistura de dois ou mais reguladores vegetais ou reguladores vegetais com outras substâncias é designada bioestimulantes. Os bioestimulantes são produtos com diversos compostos, principalmente orgânicos, que em baixas concentrações (CASSILAS, *et al.*, 1986) capazes de inibir, promover ou modificar processos da fisiologia vegetal. Nesse contexto, cita-se o produto Rootmax: 3,6% de Nitrogênio; 18% de P₂O₅; 5% de K₂O; 3% de Carbono Orgânico; 25% de extrato de algas vegetais (*Ascophyllum nodosum*) que contém precursores de hormônios vegetais – citocinina, auxina e giberelina; 3% de aminoácidos.

Os bioestimulantes, sintéticos ou naturais, têm aplicação direta nas plantas – folhas, frutos, sementes-, à depender da estratégia de manejo pretendida, capazes de modificar processos vitais e estruturais, com o intuito de aumentar a produção, melhorar a qualidade do fruto ou, até mesmo, facilitar a colheita (VIERA; CASTRO, 2004).

Produtos bioestimulantes, em razão de sua própria composição, concentração e proporção de substâncias objetiva crescimento e desenvolvimento vegetal; promove a divisão celular, diferenciação e alongamento das células; favorecem o equilíbrio hormonal da planta e pode aumentar a absorção e utilização de água e nutrientes disponibilizado às plantas, sobretudo quando aplicado às sementes (VIEIRA; CASTRO, 2002).

Estudos que visam verificar o efeito dos tratamentos e a combinação entre eles sobre a qualidade fisiológica das sementes são essenciais para fornecer informações aos agricultores e produtores de sementes de milho.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Local do desenvolvimento do experimento

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária (FAV), da Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília – Distrito Federal, no período de outubro de 2019 até maio de 2020.

5.2 Caracterização do genótipo e lotes de sementes

As sementes de milho utilizadas na pesquisa foram as da variedade BR 106, fornecidas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), sem tratamento químico. O genótipo apresenta características agrônômicas desejáveis ao cultivo (Tabela 1), como uniformidade de plantas, empalhamento de espigas e, principalmente, produtividade de grãos. O milho BR 106 apresenta características de rusticidade, estabilidade produtiva e adaptabilidade às regiões brasileiras de cultivo.

O genótipo foi subdividido em dois lotes de sementes, de qualidade fisiológica distinta, denominados: Lote 1 e Lote 2.

O Lote 1 apresentou percentual de germinação inicial de 97%. E o Lote 2 apresentou percentual de germinação de 73%, ambos provenientes da safra 2017/2018.

O Lote 2 foi obtido a partir de sementes do lote 1, as quais foram submetidas à condição forçada de estresse, que objetivou reduzir a germinação simulando condição de armazenamento inadequado. As sementes do Lote 2 foram distribuídas sobre tela de arame no interior de uma caixa de poliestireno cristal transparente (caixa plástica gerbox), de dimensões 11x11x3,5, contendo 70 mL de água destilada. As caixas foram acondicionadas em câmara BOD a 42°C durante o período de 120 horas, a fim de simular as condições adversas à qualidade fisiológica de sementes.

Tabela 1. Características Agrônômicas do milho variedade BR 106

Ciclo	
Florescimento	65 dias
Maturação	130 dias
Altura de planta	240 cm
Altura da espiga	135 cm

Grãos

Cor	Amarelo-ouro
Tipo	Sedimentado
Empalhamento	Muito bom
Tolerância ao acamamento	Muito bom
Tolerância ao quebramento	Muito bom
Produtividade média	5.500 kg/ha
Adaptação	todas as regiões do País

Fonte: Adaptado de Embrapa (2004)

5.3 Doses e tratamentos adotados

Procedeu-se ao tratamento das sementes de forma manual. Por conseguinte, utilizou-se de caixas gerbox, onde foram misturadas as sementes e aplicados os produtos até a completa homogeneização do pericarpo.

Os lotes foram submetidos aos diferentes tratamentos de sementes (Tabela 2) com fertilizante líquido Zn10®; bioestimulante Rootmax®; inoculante Masterfix®; fungicida Vitavax-Thiram®; e inseticida Cropstar® e as combinações entre eles, na dose de bula recomendada de cada produto comercial: 1mL por quilo de semente de Zn10®; 2mL por quilo de semente do bioestimulante Rootmax®; 100 mL por hectare de inoculante Masterfix®; 3mL por quilo de semente do fungicida Vitavax-Thiram®; e 5mL por quilo de semente do inseticida Cropstar®.

Tabela 2. Relação entre os tratamentos e produtos comerciais utilizados.

Tratamento	Produto Comercial	
T0	Testemunha (semente sem tratamento)	--
T1	Zn	Zn10®
T2	Rootmax	Rootmax®
T3	Masterfix	Masterfix®
T4	Zn+Rootmax+Masterfix	Zn10®+Rootmax®+Masterfix®
T5	F	Vitavax-Thiram®
T6	F+Zn	Vitavax-Thiram®+Zn10®
T7	F+Rootmax	Vitavax-Thiram®+Rootmax®
T8	F+Masterfix	Vitavax-Thiram®+Masterfix®
T9	I	Cropstar®
T10	I+Zn	Cropstar® + Zn10®
T11	I+Rootmax	Cropstar® + Rootmax®
T12	I+Masterfix	Cropstar® + Masterfix®
T13	F+I	Vitavax-Thiram®+Cropstar®
T4	F+I+Zn	Vitavax-Thiram®+Cropstar®+Zn10®
T15	F+I+Rootmax	Vitavax-Thiram®+Cropstar®+Rootmax®
T16	F+I+Masterfix	Vitavax-Thiram®+Cropstar®+Masterfix®
T17	F+I+Zn+Rootmax+Masterfix	Thiram®+Cropstar®+Zn10®+Rootmax®+Masterfix®

Zn: zinco; F: fungicida; I: inseticida.

Após tratamento, as sementes foram dispostas em folha de papel, sob condição ambiental até a secagem do produto, e em caso de necessidade, acondicionou-se em saco de papel e armazenou-se em câmara climatizada de temperatura constante a 13°C.

Tabela 3. Produtos, doses e composição.

Produto comercial	Classe	Dose comercial (sementes)	Composição
Zn10®	Fertilizante Foliar	0,1L/ha	10% Zn; 4% S
Rootmax®	Bioestimulante	0,1L/ha	3,6% N; 18% P ₂ O ₅ ; 5%K ₂ O; 3% C.O; 25% <i>Ascophyllum nodosum</i> ; 2,3% Aminoácidos
Masterfix®	Inoculante	0,1L/ha	<i>Azospirillum brasiliense</i> (5,0.10 ⁶ bac/mL)
Vitavax-Thiram®	Fungicida	0,3L/100kg	Carboxina + Thiram (200g/L)
Cropstar®	Inseticida	1,5L/100kg	Tiodicarbe (450g/L) + Imidacloprido (150g/L)

Fonte: Elaborado pelo Autor

5.4 Determinação inicial de teor de água (TA)

Determinado conforme metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando o método da estufa, a 105 ± 3 °C, por 24 horas, com duas repetições de 50 sementes, sendo os resultados expressos em porcentagem (%) de teor de água.

5.5 Avaliações de qualidade fisiológica das sementes

5.5.1 Teste de Germinação (GER)

Foram realizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento para cada lote de semente, colocadas para germinar no substrato papel germitest em formato de rolo. O substrato foi umidificado com água destilada na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel seco e então levou-se à câmara de germinação regulada em 25 °C, durante o período de sete dias. Decorrido o período de duração do teste, realizou-se a avaliação das plântulas em uma única contagem, de plântulas classificadas como normais e os resultados obtidos foram expressos em porcentagem, em consonância com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

5.5.2 Comprimento de Parte aérea (CA) e Radícula (CR)

Passados sete dias após a instalação do teste padrão de germinação, realizou-se a medição do comprimento da parte aérea e comprimento de radícula das plântulas classificadas com normais. As medições foram realizadas com auxílio de régua milimetrada afixada em uma mesa de superfície plana (leitura em centímetro). Medições manuais foram feitas para determinar o comprimento de plântula (CP) do coleóptilo até a ponta da raiz principal, e de comprimento de radícula (CR), medição da radícula maior (NAKAGAWA, 1994).

5.5.3 Envelhecimento acelerado (EA)

O teste de envelhecimento acelerado foi realizado a partir de duas repetições de 150 sementes, sendo distribuídas sobre a tela de arame no interior da caixa gerbox, em camada única, contendo 40mL de água destilada. As caixas foram submetidas à câmara BOD a 42°C durante período de 120 horas. Transcorrido o período de acondicionamento em BOD, as sementes foram submetidas ao teste de germinação padrão anteriormente descrito, utilizando-se de quatro repetições de 50 sementes por tratamento (MARCOS FILHO, 1999). Por fim, realizou-se a determinação do teor de água após o EA, seguindo a metodologia descrita no item 5.4 a fim de averiguar as condições do teste.

5.5.4 Teste de Frio Alternativo – com solo (TFa)

O teste de frio alternativo foi instalado em bandejas contendo substrato de 20g de solo de área cultivada com milho por repetição, sendo aplicado diretamente sob a semente, sendo semeadas 50 sementes por bandeja em quatro repetições. O substrato foi umedecido a 70% da capacidade de retenção e as bandejas levadas em câmara fria 10°C, durante período de sete dias. Transcorrido este período, as sementes foram levadas à câmara BOD de crescimento constante à temperatura de 25°C e no final de sete dias avaliou-se o número de plântulas normais emersas.

5.5.5 Condutividade elétrica (CE)

Foram utilizadas duas repetições de 50 sementes para cada tratamento. As sementes foram pesadas em balança com precisão de duas casas decimais e, em seguida, colocadas em copos plásticos de 200 mL, com 75 mL de água destilada e mantidas em câmara de germinação, com temperatura regulada de 25 °C. Após o período de 24 horas de embebição, as amostras procederam-se à homogeneização dos exsudatos liberados na água e a condutividade elétrica da solução de embebição foi determinada em condutímetro digital modelo Tec-

4MP, marca Tecnal. Os resultados são expressos em $\mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1}$, de acordo com metodologia descrita por Vieira (1994) e Vieira e Krzyzanowski (1999).

5.6 Análises estatísticas

O experimento foi instalado em esquema fatorial 2x17, com dois lotes de sementes e 17 combinações de produtos aplicados em sementes, totalizando 34 tratamentos, com uma testemunha adicional. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições. As análises estatísticas foram executadas no programa Sisvar® (FERREIRA, 2000). Foram realizadas análises de variância, e as médias comparadas pelo teste de Scott Knott em nível de 5% de probabilidade.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se a partir da análise da variância que as médias obtidas foram influenciadas pelos tratamentos fisiológicos propostos, conforme a Tabela 4 e 5, para os Lotes 1 e 2 respectivamente. Para o Lote 1, foram encontrados coeficientes de variação abaixo de 13,5% (Tabela 1) para germinação (GER), comprimento de parte aérea (CA), comprimento de raiz (CR), comprimento da plântula (CP), teste de frio alternativo (TFa), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE), que demonstra a confiabilidade dos resultados obtidos, de acordo com a literatura encontrada para experimentos que avaliam a qualidade fisiológica de sementes em milho (BORBA et al., 1995; RODRIGUES, 2007; PERES, 2010). Para o lote 2 (Tabela 2), foram encontrados coeficientes de variação abaixo de 11% para os mesmos testes, exceto envelhecimento acelerado (EA), que foi de 13,23%.

Tabela 4- Resumo da análise de variância referente ao percentual de germinação (GER), comprimento de parte aérea (CA), comprimento de raiz (CR), comprimento da plântula (CP), teste de frio alternativo (TFa), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de milho do Lote 1. Brasília, DF, 2020.

Fonte de variação	Teor de água (%)	GL	Quadrados Médios						
			GER (%)	CP (cm)	CA (cm)	CR (%)	TFa (%)	EA (%)	CE ($\mu\text{S.cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)
Tratamentos		17	355,16*	155,21*	31,41*	60,78*	556,21*	5502,73*	910,46*
Resíduo	12,1	54	17*	2,08*	0,65*	1,03*	35,35*	26,98*	9,64*
CV (%)			4,85	8,2	9,33	11,41	7,3	13,23	7,85
Média			85,05	17,58	8,64	8,93	81,41	39,25	39,57

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott

Tabela 5- Resumo da análise de variância referente ao percentual de germinação (GER), comprimento de parte aérea (CA), comprimento de raiz (CR), comprimento da plântula (CP), teste de frio alternativo (TFa), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE) de sementes de milho do Lote 2. Brasília, DF, 2020.

Fonte de variação	Teor de água (%)	GL	Quadrados Médios						
			GER (%)	CP (cm)	CA (cm)	CR (%)	TFa (%)	EA (%)	CE ($\mu\text{S.cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)
Tratamentos		17	2357,79*	145,21*	36,66*	63,91*	376,61*	1194,47*	852*
Resíduo	13,1	54	35,72*	1,97*	0,86*	0,71*	37,13*	34,18*	10,48*
CV (%)			9,04	7,57	8,8	10,6	9,46	35,08	7,38
Média			66,08	18,56	10,55	8	64,42	16,67	43,89

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste Scott Knott

Ainda de acordo com as Tabelas 4 e 5, é possível observar variação quanto ao teor de água das sementes. O lote 1 apresentou teor de água médio de 12,1%, que é 8% inferior ao lote 2, 13,1%. Isto pode ser explicado devido ao processo de obtenção de sementes do lote 2, o qual foi submetido à câmara de temperatura elevada (42°C) o que pode ter provocado maior hidratação das células. Marcos Filho (1994) relatou intensificação de efeitos deletérios em função do estresse artificial em lotes de sementes com maior teor de água inicial, em razão do aumento da atividade metabólica.

Quando analisaram-se os valores médios para o lote 1 (Tabela 4), é possível afirmar, comparado ao lote 2 (Tabela 5) que para os tratamentos propostos obteve-se melhores resultados nas variáveis: percentual de germinação, comprimento de radícula, teste de frio alternativo, envelhecimento

acelerado e condutividade elétrica, os quais houve diferença a 5% de significância para o teste de Scott Knott.

Quanto as variáveis, comprimento de plântula e comprimento de parte aérea, observou-se (Tabela 6) maiores resultados para o lote de qualidade inferior. É possível levantar a hipótese de que eventos metabólicos provocados pelo acúmulo de água na semente tenha desencadeado um crescimento de parte aérea superior nessas condições, o que não necessariamente representa melhor vigor de semente. A integridade do conteúdo celular, incluídos tecidos de reserva energética, são fatores de importância na fisiologia da germinação. Ericson (1995) observou maior acúmulo de matéria seca na parte aérea, em comparação à massa de raiz.

Tabela 6 - Valores médios dos teste de qualidade fisiológica referente aos lotes 1 e 2 de sementes de milho variedade BRS 106 referente as variáveis germinação (GER), comprimento de plântula (CP), comprimento de parte aérea (CA), comprimento de radícula (CR), teste de frio alternativo (TFa), envelhecimento acelerado (EA) e condutividade elétrica (CE). Brasília, DF, 2020

	GER (%)	CP (cm)	CA (cm)	CR (%)	TFa (%)	EA (%)	CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}\text{.g}^{-1}$)
Lote 1	85,05 A	17,58 B	8,65 B	8,93 A	81,5 A	39,25 A	39,51 B
Lote2	66,08 B	18,56 A	10,55 A	8 B	64,42 B	16,66 B	43,89 A
CV (%)	8,35	7,88	9,06	11,07	8,25	19,78	7,6

*Valores médios seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na coluna, para o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

6.1. Germinação (GER)

Na tabela 6, observa-se o percentual de germinação médio das sementes de milho dos lotes 1 e 2, para os tratamentos propostos. Pode-se observar neste trabalho que o lote 1 apresentou porcentagens de germinação acima do padrão estabelecido para a comercialização da espécie de milho que é de 85% (BRASIL, 2013). Para o lote 2, percebeu-se redução de 22,18% no percentual de germinação médio, evidenciando que o tratamento adotado foi eficaz em simular condições adversas ao lote de sementes (PADILHA; VIEIRA; VON PINHO, 2001).

Verificou-se (Tabela 7) que as sementes do Lote 2, submetidas a condição de estresse, foram responsivas aos tratamentos com micronutriente, inoculante e na combinação dos tratamentos testados, em comparação ao tratamento testemunha.

Tabela 7- Porcentagem de plântulas normais de milho variedade BRS 106 germinadas referente aos lotes 1 e 2 após tratamentos com produtos bioestimulantes e químicos. Brasília, DF, 2020.

Tratamentos	GER (%)	
	Lote1	Lote 2
Testemunha	97aA	7eB
Zinco	90bA	85aB
Rootmax	94aA	22dB
Masterfix	91bA	89aB
Zinco+ Rootmax + Masterfix	95aA	80,5aB
F	73cA	81,5aB
F + Zn	91bA	79,5aB
F+ Rootmax	87bA	77,5aB
F + Masterfix	88,5bA	70,5bB
I	88,5bA	75,5aB
I + Zinco	90,5bA	81,5aB
I + Rootmax	85bA	76aB
I + Masterfix	87,5bA	83aB
F + I	85,5bA	74aB
F + I + Zinco	64dA	56cB
F + I + Rootmax	78cA	62bB
F + I + Masterfix	71,5cA	68bB
F + I + Zinco+ Rootmax + Masterfix	74cA	21dB

*Valores médios seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna para o teste de Scott Knott 5% de probabilidade.

No teste de germinação, observou-se menor porcentagem de plântulas normais no lote 2 em comparação ao lote 1, Tabelas 6 e 7. O lote com envelhecimento artificial teve a germinação mais afetada, em função do aumento da taxa de deterioração de membranas quando em níveis elevados de temperatura e umidade, razão pela qual é esperado maior decréscimo da taxa germinativa de plântulas comparativamente ao lote de maior qualidade fisiológica.

Ainda sobre o caráter de germinação de sementes, para o lote 1, verificou-se que o tratamento F + I + Zinco reduziu em 34% o número de plântulas normais em comparação ao tratamento Testemunha, tratamento de germinação superior no lote avaliado. Roman e Pinto (2003) e Rosenthal et. al. (2006) explicam que substâncias químicas usadas no combate de patógenos de sementes exercem

interferência no processo germinativo. Sementes revestidas com produtos químicos semelhantes, sobretudo em associação de inseticidas e fungicidas, restringiram a embebição de água e início do processo fisiológico ligado à germinação provocando redução de parâmetros da germinação e vigor (BONI et. al., 2006).

Verificou-se que os tratamentos com bioestimulante (Rootmax; Zinco + Rootmax+ Masterfix) não diferiram estatisticamente da testemunha. Por apresentarem valores absolutos inferiores de germinação, faz-se necessário outros estudos para melhor identificar o efeito destes tratamentos sobre o aspecto germinativo. Baudet e Peres (2006) verificaram em experimento com sementes de cenoura recobridas com produtos à base de ingrediente ativo Thiram + Carbendazim, aplicados às sementes, a possibilidade de redução do percentual de germinação, por modificarem a utilização das reservas energéticas das sementes.

6.2 Comprimento de Plântula (CP), Comprimento da Parte Aérea (CA) e Comprimento de Raiz (CR)

Tabela 8- Comprimento de plântulas, comprimento de parte aérea e comprimento de radícula de plântulas normais de milho variedade BRS 106 germinadas, em centímetros, referente aos lotes 1 e 2 após tratamentos com produtos bioestimulantes e químicos. Brasília, DF, 2020.

Tratamentos	CP (cm)		CA (cm)		CR (cm)	
	Lote1	Lote 2	Lote1	Lote 2	Lote1	Lote 2
Testemunha	19,3eA	4,8gB	8,1dA	3,06fB	11,2cA	1,72iB
Zinco	20,38dB	25,33bA	9,42cB	11,76cA	10,95cB	13,57bA
Rootmax	24,08cA	13,66fB	10,29cA	5,84eB	13,8bA	7,82eB
Masterfix	30,1aA	29,28aA	13,51aA	13,09bA	16,89aA	16,23aA
Zinco+ Rootmax + Masterfix	26,63bA	26,34bA	11,59bA	11,04cA	15,04bA	15,3aA
F	8,12hB	20,75dA	2,85fB	11,04cA	5,27eB	9,7dA
F + Zn	19,6eA	17,98eB	7,28dB	8,98dA	12,32cA	9dB
F+ Rootmax	15,74fB	17,84eA	6,91dB	10,7dA	8,83dA	7,77eA
F + Masterfix	18,07eB	23,66cA	9,71cB	13,09bB	8,36dB	10,57cA
I	19,1eB	23,39cA	11cB	14,36bA	8,09cA	9,02dA
I + Zinco	21,84dA	16,18eB	12,4bA	9,23dB	9,43cA	6,26fB
I + Rootmax	17,52eA	14,9fB	10,3cA	10,14dA	7,21dA	4,76gB
I + Masterfix	21,66dB	25,03bA	10,81cB	17aA	10,84cA	8,02eB
F + I	8,62hB	14,36fA	4,87eB	10,53cA	3,75eA	3,82hA
F + I + Zinco	11,13gB	15,07fA	6,69dB	11,3cA	4,43eA	1,72hB
F + I + Rootmax	10,69gB	14,4 efgfA	6,26dB	9,43dA	4,42eA	4,98gA
F + I + Masterfix	12,25gB	16,3dA	7,27dB	9,53dA	4,98eB	6,76fA
F + I + Zinco+ Rootmax + Masterfix	11,58gB	14,82fA	6,36dB	9,83dA	5,23eA	4,93gA

*Valores médios seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna para o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Nos testes de vigor de sementes que expressam o desenvolvimento inicial de plântulas: comprimento de plântula, comprimento de parte aérea e radícula verificou-se superioridade significativa ($p \leq 0,05$) de CP do lote 2 comparativamente ao lote 1, influenciado pela variável CA que, do mesmo modo, foi superior pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. Entretanto, verificou-se superioridade do lote 1 ($p \leq 0,05$), para a média de todos os tratamentos, quando analisado o comprimento de radícula, no valor de 11,62%.

Em vista dos resultados obtidos, levanta-se a hipótese de que a utilização de tratamento químico – fungicida, inseticida e associação de inseticida e fungicida, nas condições deste trabalho, foram prejudiciais ao desenvolvimento inicial de plântulas (Tabelas 7 e 8), avaliadas por CP, tendo em vista que é esperado que lotes de sementes que possuem maior qualidade fisiológica apresentem maior capacidade de suprimento de reservas energéticas e, por conseguinte, maior incorporação destes pelo eixo embrionário (DAN et. al., 1987) produzindo, conseqüentemente, maior comprimento de plântula.

Os resultados superiores encontrados para CP e CA (Tabela 6) no lote 2 não refletem superioridade na qualidade de sementes, visto que reduziu o parâmetro germinativo, evidenciado nos tratamentos com fungicida, inseticida + fungicida e parcialmente no tratamento com inseticida, sobretudo, evidenciam efeito negativo do tratamento químico no desempenho fisiológico inicial de milho, podendo acarretar em diminuição do número de plântulas normais contabilizadas, no teste padrão de germinação, que leva em consideração a proporcionalidade entre área foliar e sistema radicular (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Ao ressaltar que o tratamento testemunha alcançou valores superiores de germinação (Tabela 7) este trabalho vai ao encontro dos resultados obtidos por Pereira et. al. (2019), que indica existência de efeito adverso do tratamento com fungicida e inseticida sobre o potencial fisiológico de sementes.

No que tange o tratamento Zinco, o resultado mostrou resultados iguais ou superiores à testemunha, em ambos os lotes de sementes avaliados, sendo mais expressivo naquele lote cujo vigor era inferior, alcançando valores 5,27, 3,84 e 7,84 vezes superior à testemunha para CP, CA e CR, respectivamente. O revestimento de sementes com micronutrientes, sobretudo o zinco na cultura do

milho, pode promover maior desenvolvimento de plantas, alongamento de entrenós com efeitos positivos no comprimento de plantas (MALAVOLTA; BOARETO; PAULINO, 1991). Em estudo que avaliou o crescimento inicial e matéria seca de milho, verificou-se que a aplicação de zinco via tratamento de semente foi igualmente equiparada à aplicação via solo para atender o requerimento nutricional da cultura, sendo considerada uma prática agronomicamente eficiente e economicamente viável (MEHTA, et al., 2011) Com estes resultados (Tabela 8), é plausível inferir que o tratamento de sementes com zinco é capaz de aprimorar o vigor de sementes, sem, contudo, melhorar sua germinação.

Consoante os dados obtidos do tratamento Rootmax (Tabela 8), verificou-se valores superiores nos dois lotes, em comparativo ao tratamento testemunha, para as variáveis CP, CA e CR, independentemente do lote avaliado, evidenciando a eficácia dos bioestimulantes em aumentar o vigor de sementes. Estes resultados podem ser decorrentes da ação de fitormônios: citocinina, que atua na divisão celular; auxina, que atua na regulação, desenvolvimento celular e gravitropismo; e giberelina, que atua no alongamento celular das plantas, potencializados pelo produto comercial Rootmax®.

Segundo Ferreira et. al. (2007) e Santos et. al. (2013) em experimentos com bioestimulantes similares em sementes, constataram efeitos positivos para parâmetros de vigor de sementes relacionados à área foliar e radículas. Contudo, apesar dos indicativos positivos, os estudos relacionados à aplicação de bioestimulantes em sementes não implica necessariamente em incremento de produção ou rendimento de grãos (CASTRO; KLUGE, 1999).

O tratamento Zinco+ Rootmax + Masterfix não apresentou diferença significativa entre os lotes de sementes avaliados para CP, CA ou CR (Tabela 8), o que corrobora o efeito de recuperação de vigor para sementes de qualidade fisiológica inferior (Tabela 6). Verificou-se, no que tange o lote 1, valores 38%, 43% e 34% superiores em relação à testemunha para CP, CA e CR, respectivamente. No que tange o lote 2, verificou-se valores 5,48; 3,6; e 8,89 vezes superiores à testemunha para CP, CA e CR (Tabela 8).

6.3 Teste de Frio Alternativo (TFa)

No teste de frio alternativo, verificou-se diferença estatística entre os lotes avaliados, sendo o lote 1 superior ao lote 2 a 5% de probabilidade no teste de Scott Knott (Tabela 6). Este resultado era esperado, uma vez que, o tratamento ao qual as sementes do Lote 2 foram submetidas, composto de sementes de germinação reduzida (Tabelas 5 e 6) reduziu a qualidade fisiológica do lote 2.

Tabela 9- Percentual de plântulas normais após submissão ao teste de frio alternativo referente aos lotes 1 e 2 após tratamentos com produtos bioestimulantes e químicos. Brasília, DF, 2020.

Tratamentos	TFa (%)	
	Lote1	Lote 2
Testemunha	85,5aA	51cB
Zinco	83aA	60,5cB
Rootmax	56,5cA	53cB
Masterfix	65,5cA	54cB
Zinco+ Rootmax + Masterfix	72bA	57,5cB
F	94aA	58,5cB
F + Zn	91aA	76aB
F+ Rootmax	93,5aA	79,5aB
F + Masterfix	78bA	80aB
I	79bA	63,5cB
I + Zinco	72,5bA	75,5cB
I + Rootmax	61,5cA	57cB
I + Masterfix	78bA	55cB
F + I	91aA	72,5aB
F + I + Zinco	92,4aA	58cB
F + I + Rootmax	91,5aA	74aB
F + I + Masterfix	88aA	67bB
F + I + Zinco+ Rootmax + Masterfix	92,5aA	67bB

*Valores médios seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna para o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

Os tratamentos com a presença de fungicida (F; F+Zinco; F+Rootmax; F+Masterfix; F+ I; F +I +Zinco; F+ I +Rootmax; F +I +Masterfix; F +I +Zinco +Rootmax +Masterfix), para o lote 1, apresentaram maior percentual médio de plântulas normais, variando de 88% a 94%, de plântulas normais germinadas (Tabela 9).

Embora os tratamentos com fungicida não tenha apresentado diferença significativa ao tratamento Testemunha (Tabela 9), observa-se a eficácia no uso do fungicida no controle de patógenos para o estabelecimento do stand de plantas à nível de campo, pois, em valores absolutos, o tratamento Testemunha beira o limite mínimo necessário de índice de germinação, de acordo com Brasil (2009).

Gomez-Munõz et. al (2018) verificaram em estudo, conduzido com plantas de milho, que a adição de fertilizantes (Mn/Zn) associado com estirpes de *Penicillium* foram capazes de reduzir estresses abióticos ocasionados pelo frio nos estágios iniciais de desenvolvimento fisiológico.

6.4 Envelhecimento Acelerado (EA)

Quanto à variável envelhecimento acelerado, observou-se valor-p significativo ($p < 0,05$) do lote 1 sobre o lote 2.

Observa-se valores superiores nos tratamentos com a presença de zinco, dentro das categorias de tratamentos (Zinco; I+ Zinco; F+I+Zinco). É possível concluir que o micronutriente em questão assume um papel importante em mitigar a ação de radicais livres provocados por estresses metabólicos durante o processo germinativo. Khaliq *et al.* (2013) relatou que o objetivo primário do recobrimento de sementes com micronutrientes é auxiliar no processo de germinação mesmo sob condições desfavoráveis de ambiente, assim como, auxiliar no equilíbrio metabólico e processos secundários da germinação.

Tabela 10- Percentual de plântulas normais após submissão ao teste de envelhecimento acelerado referente aos lotes 1 e 2 após tratamentos com produtos bioestimulantes e químicos. Brasília, DF, 2020.

Tratamentos	EA (%)	
	Lote1	Lote 2
Testemunha	84aA	31,5bB
Zinco	84,5aA	44,5aB
Rootmax	70cA	31,5bB
Masterfix	62,5dA	32bB
		30

Zinco+ Rootmax + Masterfix	73,5cA	33bB
F	0gA	0dA
F + Zn	0gA	0dA
F+ Rootmax	0gA	0dA
F + Masterfix	0gA	0dA
I	77bA	35bA
I + Zinco	89,5aA	35,5bA
I + Rootmax	71,5cA	32,5bA
I + Masterfix	56dA	22cA
F + I	0gA	0dA
F + I + Zinco	18eA	0dB
F + I + Rootmax	0gA	0dA
F + I + Masterfix	10,5fA	0dB
F + I + Zinco+ Rootmax + Masterfix	9,5fA	0dB

*Valores médios seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna para o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

6.5 Condutividade Elétrica (CE)

Para a condutividade elétrica, observou-se diferença estatística entre os lotes avaliados ($p \leq 0,05$) (Tabela 6). Observa-se que o lote 1 apresenta valor médio de $39,51 (\mu\text{S} / \text{cm}^{-1} / \text{g}^{-1})$ cerca de 10% inferior ao lote 2, que apresentou valor médio de $43,89 (\mu\text{S} / \text{cm}^{-1} / \text{g}^{-1})$.

Tabela 11-Valores médios de condutividade elétrica referente aos lotes 1 e 2 após tratamentos com produtos bioestimulantes e químicos. Brasília, DF, 2020.

Tratamentos	CE ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$)	
	Lote1	Lote 2
Testemunha	24,44eA	15,89fB
Zinco	52,59cA	49,83dA
Rootmax	46,86dA	49,04dA
Masterfix	18,64fA	19,33fA
Zinco+ Rootmax + Masterfix	78,6bA	76,61aA
F	20,65fA	24,57fA
F + Zn	55,1cA	55,12dA
F+ Rootmax	40,8dB	62,76cA
F + Masterfix	25,96eA	21,29fA
I	14,1fA	20,07fA
I + Zinco	47,8dA	51,44dA
I + Rootmax	44,33fB	51,04dA
I + Masterfix	18fB	22,64fA
F + I	18,66fB	33,57eA

F + I + Zinco	54,82cA	60,32cA
F + I + Rootmax	48,11dB	65,38bA
F + I + Masterfix	17,37fB	31,97eA
F + I + Zinco+ Rootmax + Masterfix	85,39aA	79,25aA

*Valores médios seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente entre si, maiúscula na linha e minúscula na coluna para o teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

O teste de condutividade elétrica avalia a permeabilidade seletiva de membranas celulares de tal forma que, para esta avaliação, quando menor o resultado obtido, pressupõe que maior seja o nível de organização das membranas. Isto implica que menor é a extrusão de solutos de conteúdo celular interno das sementes ao meio de embebição das sementes. O nível de deterioração das sementes está relacionado com a concentração de exsudatos das sementes na solução de embebição (WILSON; MCDONALD, 1986).

Verificou-se a partir da Tabela 10, que o tratamento F + I + Zinco+ Rootmax + Masterfix apresentou valores superiores de condutividade elétrica em ambos os lotes, ou seja, maior nível de deterioração.

Os resultados obtidos com esta avaliação de vigor (Tabela 10) corroboram os dados encontrados para germinação do lote 1 (Tabela 7), visto que lotes de sementes que apresentam menor lixiviação de conteúdo celular, possuem maior capacidade de organização de membrana e maior capacidade para reparação de eventuais danos, sendo, desta forma, de qualidade superior.

7. CONCLUSÕES

O tratamento de sementes de milho com produtos bioestimulantes e micronutrientes, na dose comercial indicada, não reduz a taxa de germinação de sementes.

Sementes de milho tratadas com produtos químicos, fungicida e inseticida, na dose comercial indicada, reduziu a qualidade fisiológica de sementes.

O tratamento de sementes utilizando produtos bioestimulantes foi eficaz em produzir plântulas mais vigorosas. O recobrimento de sementes com estes produtos se constitui em uma alternativa viável e eficiente para o fornecimento de nutrientes essenciais para plantas de milho.

8. Referências bibliográficas

ABREU, C.A. VAN RAIJ, B. Soil reaction effect on DTPA and Melich-1 extractable zinc. **Bragantia**, v. 55, p. 357-363, 1996.

ALLOWAY, W.P. Soils factors associated with zinc deficiency in crops and humans. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 31, p. 537-548, 2009.

AOSA. ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. **Seed vigor testing handbook**. Lincoln: AOSA, 2009. 105 p.

BARBOSA FILHO, M. P.; Arroz, milho e trigo. In: BINOVA. **Micronutrientes**. Ribeirão Preto: Binova, 2002. 3p. (Informativo Técnico)

BAUDET, L.; W.B. PERES. Recobrimento de sementes. **Seed News**, v. 8, n.1, p. 20-23, 2006.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds, physiology of development and germination**. 2ed. New York: Plenum Press, p.445, 1994.

BONI, F. B.; CARVALHO, I. R., NARDINO, M.; FERRARI, M.; DEMARI, G. H.; SZARESKI, V. J.; PELEGRIN, A. J.; SALTOS, N. L.; SANTOS, O. P.; SOUZA, V. Q. Qualidade fisiológica de sementes e rendimento de grãos da cultivar puita inta cl. **Revista Sodebras**, v. 11, n.126, p. 93-98, 2016.

BOONCHUAY, P.; CAKMAK, I.; RERKASEM, B.; PROM-U-THAI, C. Effect of different foliar zinc application at different growth stages on seed zinc concentration and its impact on seedling vigor in rice. **Soil Science and Plant Nutrition**, v.59, n.2, p. 180-188, 2013.

BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015.

BRASIL, **Regras para análises de sementes**, 2009. 398p.

CAKMAK, I. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification? **Plant Soil**, v. 302, p.1-17, 2008

CAKMAK, I. Plant nutrition research: priorities to meet human needs for food in sustainable ways. **Plant Soil**, v. 247, p. 3-24. 2002

CAKMAK, I. Possible roles of zinc protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. **New Phytologist**, v. 146, p. 185-205. 2000.

CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S.; DECHEN, A.R. The effect of pH and incubation in the extractable manganese, zinc, copper and iron contents of the soil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 6, p. 83-88, 1982.

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

CASÁN, F.; VANDERLEYDEN, J.; SPAEPEN, S. Physiological and agronomical aspects of phytohormone production by model plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) belonging to the genus *Azospirillum*. **Journal of Plant Growth Regulators**, v. 32, n. 3, p. 440-459, 2013.

CASSILAS, V.J.C.; LONDONO, I.J.; GUERRERO, A.H., BUITRAGO, G.L.A. Analisis cuantitativo de la aplicacion de cuatro boestimulantes em el cutivo del rabano (*Raphanus sativus* L.). **Acta Agronomica**, v.36, n.2, p.185-195, 1986.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. **Ecofisiologia de cultivos anuais**. São Paulo, Nobel, 1996

CASTRO, P.R.C.; VIEIRA, E.L. **Aplicações de reguladores vegetais na agricultura tropical**. Guaíba: Agropecuária, 2001. 132p

CASTRO, R.D.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. **Germinação: do básico ao aplicado**. São Paulo: Artmed, p. 323, 2004.

CHENG, T. The effect of the seed treatment with microelements upon the germination and early growth of wheat. **Scintia Sinica**, v. 44, p. 129-135, 1985.

COELHO, A.E.; TOCHETTO, C.; TUREK, T.L.; MICHELON, L.H.; FIOREZE, S.L. Inoculação de sementes com *Azospirillum brasilense* em plantas de milho

submetidas à restrição hídrica. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 16, n. 2, p. 186-192, 2017.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: safra 2018/2019: décimo primeiro levantamento**. Brasília, 2019. v. 6, p. 1-104.

COPELAND, L.O.; McDONALD, M.B. **Principles of seed science and technology**. 3.ed. New York: British Library, 1995. 409p.

DELOUCHE, J.C.; CALDEWELL, W.P. Seed vigor and vigor tests. **Proceedings of Association of Official Seed Analysts**, v. 50, p. 124-129, 1960.

DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; OKON, Y.; VANDERLEYDEN, J. Effect of inoculation with wild type *Azospirillum brasilense* and *A. irakense* strains on development and nitrogen uptake of spring wheat and grain corn. **Biology and Fertility of Soils**, v. 36, p. 284-297, 2002.

DOBBELAERE, S.; OKON, Y. The plant growth-promoting effect and plant responses. In: ELMERICH, C.; NEWTON, W.E. (Ed.) **Associative and Endophytic Nitrogen-Fixing Bacteria and Cyanobacterial Associations**. p. 145-170, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2007.

DOBEREINER, J. The genera *Azospirillum* and *Herbaspirillum*. In: BALLOWS, A.; TRUPPER, H.G.; DWORKING, M.; HARDER, W. (Eds.) **The Prokaryotes**. 2 ed. Vol III. p. 2236-3353, Springer-Verlag, 1991.

ERICSON, T. Growth and shoot: root ratio of seedlings in relation to nutrient availability. **Plant and Soil**, v. 168, p. 169-205, 1995.

FAGERIA, N.K., DOS SANTOS, A.B., COBUCCI, T. Zinc nutrition of lowland rice. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 42, p. 1719-1727, 2011.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; CLARK, R.B. Micronutrients in crop production. **Advances in Agronomy**, v. 77, p. 185-268, 2002.

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

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In... REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000. **Anais...** São Carlos, SP: SIB, p. 255-258, 2000.

FERREIRA, L.A.; OLIVEIRA, J.A.; VON PINHO, É.V.R.; QUEIROZ, D.L. Bioestimulante e fertilizante associados ao tratamento de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.29, n.2, p. 80-89, 2007.

GALRÃO, E. Z.; SUHET, A.R.; SOUZA, D.M.G. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 1981. v. 5, p. 167-170.

GALRÃO, E.Z.; MESQUITA FILHO, M.V. Efeito de fontes de zinco na produção de matéria seca do milho em um solo sob Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 5, p. 167-170, 1981.

GALINDO, F. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; SANTINI, J. M. K.; ALVES, C.J.; NOGUEIRA, L. M.; LUDIKIEWICZ, M. G. Z.; ANDREOTI, M.; BELLOTE, J. L. M. Corn yield and foliar diagnosis affected by nitrogen fertilization and inoculation with *Azospirillum brasilense*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 40, 2016.

GOMEZ-MUNÓZ, B; LEKFELDET J. D. S.; MAGID, J.; JENSEN, L. S.; DE NEERGAARD, A. A seed treatment with *Penicillium* sp. or Mn/Zn can alleviate the negative effects of cold stress in maize grown in soils dependent on soil fertility. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 00, p. 1-10, 2018

HENNING, A. A.; **Patologia e tratamento de sementes: noções gerais.** Londrina,PR. EMBRAPA – CNPSo. p. 52, 2005.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R.J.; SOUZA, E.M.; PEDROSA, F.O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant Soil**, v. 331, n. 3, p.413-425, 2010.

KHALIQ, A.; MATLOOH, A.; MAHMOOD, S.; WAHID, A. Seed pre-treatments help improve maize performance under sorghum allelopathic stress. **Jornal of Crop Improvement**, v. 27, p. 586-605, 2013.

LOPES, A.S.; CARVALHO, J.G. Micronutrientes: Critérios de diagnose para solo e planta, correção de deficiência e excessos. In: BORKERT, C.M.& LANTMANN, A.F., eds. **Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira**. Londrina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.133-178.

MACHADO, K. C. et al. Tratamento de sementes no controle de fitopatógenos e pragas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 232, p. 7S-S7, maio/jun. 2006.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: dimensão e perspectivas. **Seed News**, Pelotas, n.1, 2011.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3^a ed. Oxford: Elsevier, 2012. 643p.

MEHTA, P.V.; RAMANI, V. P.; PATEL, K. P.; LAKUM, Y. C. Compatibility and feasibility evaluation of zinc application with pesticides and bio-fertilizers as seed treatment in maize. **Asian Journal of Soil Science**, v. 6, n. 1, p. 42-46, 2011.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A.; KOSEGARTEN, H.; APPEL, T. **Principles of plant nutrition**. 5^a ed. Dordrecht: Kluwer Academy Publishers. 849p.

MENTEN, J. O. et al. Evolução dos produtos fitossanitários para tratamento de sementes no Brasil. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Sementes: qualidade fitossanitária**. Viçosa, MG: UFV, 2005. p. 333-374.

MOREIRA, F.M.S.; SILVA, K.; NÓBREGA, R.S.A.; CARVALHO, F. Bactérias diazotróficas associativas: diversidade, ecologia e potencial de aplicações. **Comunicata Scientiae**, v. 1, n. 2, p. 74-99, 2010.

MORTVEDT, J.J. Needs for controlled-availability micronutrient fertilizers. **Fertilizer Research**, Berlin, n. 38, p. 213-221, 1994.

MÜLLER, T.M.; SANDINI, I.E.; RODRIGUES, J.D.; NOVAKOWISKI, J.H.; BASI, S.; KAMINSKI, T.H.; Combination of inoculation methods of *Azospirillum brasilense* with broadcasting of nitrogen fertilizer increases corn yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 2, 2016.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. In: VIEIRA, R.D. CARVALHO, N.M. (Eds.) **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.49-85.

OHSE, S.; CUBIS, J.G.; REZENDE, B.L.A.; CORTEZ, M.G.; OTTO, R.F. Vigor e viabilidade de sementes de trigo tratadas com zinco. **Revista Biotemas**, v. 25, n. 4, p. 49-58, 2012.

PARDUCCI, S.; SANTOS, O. S.; CAMARGO, R. P.; LEÃO, R. M. A.; BATISTA, R. B. **Micronutrientes Biocrop**, 1989. 101p.

PEREIRA, L. C.; CORREIA, L. V.; BRACCINI, A. L.; MARTELI, D. C. V.; MATERA, T. C.; PEREIRA, R. C.; SUZUKAWA, A. K. Tratamento industrial e pré-inoculação do milho com *Azospirillum* spp.: potencial fisiológico das sementes e produtividade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.18, n.2, p. 245-256, 2019

PESKE, S. T.; BAUDET, L. M. Beneficiamento de sementes. In: PESKE, S. T.; ROSENAL, M. D.; ROTA, G. R. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: UFPel, 2006. 472 p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2. ed. Brasília, DF: AGIPLAN, 1985. 289p.

PRADO, R.M.; ROMUALDO, L.M.; ROZANE, D.E.; VIDAL, A.A.; MARCELO, A.V. Modos de aplicação de zinco na nutrição e na produção de matéria seca do milho BRS 1001. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 1, p. 67-74, 2008.

QUEROU, R.; EUVRAD, M.; GAUVRIT, C. Uptake of triticonazole, during inhibition, by wheat caryopses after seed treatment. **Pesticide Science**, v. 49, p. 284-290, 199.

QUIJANO-GUERTA, C.; KIRK, G.J.D.; PORTUGAL, A.M.; BARTOLOME, V.I.; McLAREN, G.C. Tolerance of rice germplasm to zinc deficiency. **Field Crops Research**, v. 76, p. 123-130, 2002.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F. EICHHORN, S.E. Regulando o crescimento e o desenvolvimento: os hormônios vegetais. In: RAVEN, P.H.; EVERT, R.F. EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, p. 646-675, 2001.

REIS JÚNIOR, F.B.; MACHADO, C.T.T.; MACHADO, A.T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 3, p. 1139-1146, 2008.

RENGEL, Z.; GRAHAM R.D. Importance of seed Zn content for wheat growth on Zn-deficient soil. **Plant and Soil**, v. 173, p. 267-274, 1995.

ROESCH, L.F.; CAMARGO, F.O.; SELBACH, P.A.; SÁ, E.S. Reinoculação de bactérias diazotróficas aumentando o crescimento de plantas de trigo. **Ciência Rural**, v. 35, p. 1201-1204, 2005.

ROMAN, E.S.; PINTO, J.J.O. Antídotos para herbicidas e seu modo de ação. **Revista cultivar**, vol.1, p.16-17, 2003.

ROSENTHAL, M.D.A.; MISTURA, C. C.; FREITAS, D. A. C.; BRANCO, J. S. C.; MORAES, D. **Análise da germinação e crescimento de plântulas de arroz sob o efeito do protetor de sementes**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006.

SANTOS, V.M.; MELO, A.V.; CARDOSO, D.P.; GONÇALVES, A.H.; VARANDA, M.A.F.; TAUBINGER, M. Uso de bioestimulantes no de plantas de *Zea mays* L. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n.3, p. 307-318, 2013.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N.; MAIA, M.S. Emergência em campo e crescimento inicial de aveia preta em resposta ao vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, n.2, p. 97-101, 2000.

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

SINGH, B.; NATESAN, S. K. A.; SINGH, B. K.; USHA, K. Improving efficiency of cereals under zinc deficiency. **Current Science**, n. 88, p. 36-44, 2003.

SLATON, N.A.; WILSON-JUNIOR, C.E.; NTAMATUNGIRO, S.; NORMAN, R.J.; BOOTHE, D.L. Evaluation of zinc seed treatment for rice. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 152-157, 2001.

TAVARES, L.C.; OLIVEIRA, S.; LEMES, E.S.; MENEGHELLO, G.E. Qualidade fisiológica e crescimento inicial de sementes de milho recobertas com micronutrientes. **Revista de Agricultura**, v. 90, n.2, p. 156-167, 2015.

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

TAYLOR, A.G.; **Seed treatments**. In: THOMAS, B.; D.J. MURPHY; B.G. MURRAY (Eds.). Encyplodeia of applied plant sciences. Elsevier Acad. Press, Oxford, UK. p. 1291-1298. 2003.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D. B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. **Crop Science**, v.31, p. 816-822, 1991.

TONIN, R. F. B. et al. Potencial fisiológico de sementes de milho híbrido tratadas com inseticidas e armazenadas em duas condições de ambiente. **Scientia Agropecuária**, Trujillo, v. 5, p. 7-16, 2014.

TUNES, L.C.; RUFINO, C.A.; BRUNES, A.P.; FRIEDERICH, F.F.; BARROS, A.C.S.A.; VILLELA, F.A. Physiological performance of wheat seeds coated with micronutrients. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 35, n.1, p. 28-34, 2013.

TUNES, L.M.; MUNIZ, M.F.B.; SALINAS, J.C.T.; CASTELLANOS, C.I.S.; LEMES, E.S. Respuesta de plântulas de trigo (*Triticum aestivum* L.) al zinc aplicado em semillas. **Agrociência**, v. 49, p. 623-636, 2015.

VAZQUEZ, G.H.; CARDOSO, R.D.; PERES, A.R. Tratamento químico de sementes de milho e o teste de condutividade elétrica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 773-781, 2014.

VIEIRA, E.L.; CASTRO, P.R.C. Ação de bioestimulante na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). In: FANCELLI, L.; DOURADO-NETO, D. (Eds.). **Feijão irrigado tecnologia & produtividade**. Piracicaba: Departamento de produção Vegetal-ESALQ-USP, 2003. cap.6. p. 73-100.

VIEIRA, E.L.; MONTEIRO, C.A. Hormônios vegetais. In: CASTRO, P.R.C.; SENA, J.A.; KLUGE, R.A. (Eds.). **Introdução a fisiologia do desenvolvimento**. Maringá: Eduem, 2002. p.79-104.

WENDLING, A. L.; NUNES, J. Efeito do Imidacloprido + tiodicarbe sobre a conservação da qualidade fisiológica das sementes de milho quando armazenadas. **Cultivando o Saber**, v.2, n.3, p.17-22, 2009.

WILSON, D.O.; MCDONALD, M.B. The lipid peroxidation model of seed ageing. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 14, p. 269-300, 1986.

ZAIED, K.A.; EL-HADY, A.H.; AFIFY, A.H.; NASSEF, M.A. Yield and nitrogen assimilation of winter wheat inoculated with new recombinant inoculants of rhizobacteria. **Journal of Biology Science**. v. 4, p. 344-358, 2003.

ZHANG, R.; ZHANG, H.; TU, C.; HU, X.; LI, L.; LUO, Y.; CHRISTIE, P. Phytotoxicity of ZnO nanoparticles and the released Zn(II) ion t corn (*Zea mays* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) during germination. **Enviromental Science and Pollution Research**, 2015.