



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS DARCY RIBEIRO

MARIA FERNANDA BEIRIZ SILVA

AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO
TRATADAS COM ÁGUA OZONIZADA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BRASÍLIA/DF
DEZEMBRO/2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS DARCY RIBEIRO

AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO
TRATADAS COM ÁGUA OZONIZADA

MARIA FERNANDA BEIRIZ SILVA

ORIENTADORA: NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
SUBMETIDO À FACULDADE DE AGRONOMIA
E MEDICINA VETERINÁRIA DA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO
DO TÍTULO DE ENGENHEIRO AGRÔNOMO.

BRASÍLIA/DF
DEZEMBRO/2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS DARCY RIBEIRO

AVALIAÇÃO DA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE MILHO
TRATADAS COM ÁGUA OZONIZADA

MARIA FERNANDA BEIRIZ SILVA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO À FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE ENGENHEIRO AGRÔNOMO.

APROVADA POR:

NARA OLIVEIRA SILVA SOUZA, UnB – FAV
(ORIENTADORA)

ERNANDES RODRIGUES ALENCAR, UnB – FAV
(EXAMINADOR)

NAYARA CARVALHO, UnB – FAV
(EXAMINADORA)

BRASÍLIA/DF
DEZEMBRO/2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Silva, Maria Fernanda Beiriz

Avaliação da germinação de sementes de milho tratadas com água ozonizada. / Maria Fernanda Beiriz Silva; orientação de Nara Oliveira Silva Souza - Brasília, 2017.

46p.

Trabalho de Conclusão de Curso Agronomia – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2017.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA. MF. B. **Avaliação da germinação de sementes de milho tratadas com água ozonizada.** Trabalho de Conclusão de Curso Agronomia – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília, 2017. 46p.

CESSÃO DE CRÉDITOS

NOME DO AUTOR: Maria Fernanda Beiriz Silva

TÍTULO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (GRADUAÇÃO):

Avaliação da germinação de sementes de milho tratadas com água ozonizada.

ANO:2017

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia de graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos.

Maria Fernanda Beiriz Silva

CPF: 046.066.651-73

E-mail: fernanda.beiriz@hotmail.com

“Mantenha seus pensamentos positivos,
porque seus pensamentos tornam-se suas palavras.

Mantenha suas palavras positivas, porque suas
palavras tornam-se suas atitudes. Mantenha suas
atitudes positivas, porque suas atitudes tornam-se
seus hábitos. Mantenha seus hábitos positivos,
porque seus hábitos tornam-se seus valores.
Mantenha seus valores positivos, porque seus
valores.... Tornam-se seu destino. ”

Mahatma Gandhi

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, pois é nele que encontro toda minha fé, determinação, força e foco.

Aos meus pais, Wilmar Luis da Silva e Sandra de Barros Beiriz Silva, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando durante toda a minha vida e com toda persistência, dedicação sempre me incentivaram, orientaram e mostraram o melhor caminho.

Às minhas irmãs e companheiras de vivências, Maria Carolina e Maria Paula, que compartilharam comigo durante toda minha vida momentos felizes e inesquecíveis. Sempre me apoiando na busca da minha felicidade.

Aos meus amigos, que sempre estiveram comigo, me apoiando e dando força.

AGRADECIMENTOS

Á Deus, por sempre abençoar e iluminar minha vida. É nele que busco inspiração de como ser cada dia uma pessoa melhor, que encontro toda minha fé e determinação. É minha maior e principal fonte de paz, esperança, é quem me tranquiliza quando estou agitada, ansiosa e agoniada. É com ele que busco forças quando não acredito mais em mim, é ele minha inesgotável fonte de luz.

A minha mãe, Sandra, que é a base do meu ser e parte fundamental da minha felicidade. Exemplo de mãe, companheira, amiga, guerreira, de amor, alegria, dedicação. Uma mulher iluminada que com sua dedicação incondicional me mostrou o quanto a fé, a perseverança, o amor, o carinho e entrega fazem a outra pessoa se tornar forte e segura. Agradeço também por todo amor, por todos os colos e consolos, por moldar meu caráter para o bem, pelas sábias conversas e conselhos, pelas atitudes de apoio, preocupação, por nunca deixar eu desistir dos meus sonhos, pelas orações diárias, por fazer parte das minhas conquistas e por toda a paciência que teve e tem comigo durante a minha caminhada.

Ao meu pai, Wilmar, que também é a base do meu ser e parte fundamental da minha felicidade. Sinônimo de fortaleza, guerreiro, alegria, inteligência, honestidade, sabedoria, exemplo de força interior. Meu pai que me inspira todos os dias e me mostra, na sua forma de viver, que com sabedoria, vontade e esforço diário, é possível alcançar o que eu quiser e ser sempre uma pessoa melhor. Agradeço também pelas poucas conversas, mas que foram fundamentais para mim; agradeço por todo apoio, preocupação, por nunca deixar que o medo de errar fosse maior que os meus sonhos, por fazer parte das minhas conquistas, por todo carinho, por todo amor e por ser minha inspiração e parte fundamental na escolha da minha profissão. Pessoa íntegra, com a qual eu desejo me parecer. Admiração é a palavra que me remete a ele.

Ás minhas Irmãs e melhores amigas, Maria Carolina e Maria Paula, por compartilhar cada momento e fase da minha vida, por me compreender, me apoiar, me incentivar, sempre me ajudar, me aconselhar, me orientar, por todo amor, carinho e por sempre serem meu braço direito me ajudando com toda paciência, amor e sabedoria a enfrentar cada batalha na busca da minha felicidade. Amor incondicional, para sempre as Três Marias.

A toda a minha família, que sempre acreditaram e se orgulharam de mim. Pessoas que sempre estiveram ao meu lado, juntos nessa longa caminhada, ajudando sempre como podiam e torcendo pelo meu sucesso.

A todos os meus amigos, que tiveram paciência e sabedoria de aceitar minha ausência nos últimos meses. Que sempre me incentivaram, me ajudaram, me escutaram, me apoiaram, dando-me força, ajudando-me nos momentos difíceis e compartilhando conquistas e momentos felizes.

Aos meus amigos de curso, que batalharam dia após dia ao meu lado, lutando e vencendo juntos etapas muitas vezes bastante complicadas. Agradeço pela força, por todas as ajudas, pelas conquistas, pelos sorrisos e abraços, pelas inúmeras companhias; vocês tornavam os dias mais tranquilos e agradáveis. Amigos e momentos que sempre levarei na memória e dentro do coração.

A minha amiga Juliana, que no instante em que precisei esteve disposta a me ajudar.

À professora Nara, primeiro por sua educação, que me faz admirá-la e respeitá-la cada vez mais. Pela oportunidade de trabalhar com ela, compartilhando de todo seu conhecimento, com muita paciência e amorosidade. Por toda a ajuda e dedicação oferecida e por ter importância determinante nas minhas escolhas acadêmicas. Sempre serei grata e terei um grande carinho.

A todos os professores da Agronomia, que me proporcionaram o conhecimento necessário nesta jornada; por terem feito eu me apaixonar mais ainda por esta profissão e despertaram em mim grande entusiasmo profissional.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo geral.....	3
2.2 Objetivos específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Sementes de milho.....	4
3.2 Gás Ozônio	5
3.3 Qualidade Fisiológica de Sementes de Milho	8
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1 Semente Utilizada.....	12
4.2 Tratamentos	12
4.2.1 Exposição das sementes ao gás ozônio diluído em água.....	13
4.2.2 Testes de qualidade fisiológica.....	15
4.2.2.1 Teste de germinação (GN).....	15
4.2.2.2 Teste de crescimento de plântulas (Medição manual)	16
4.2.2.3 Índice de velocidade de germinação (IVG)	16
4.2.2.4 Primeira contagem (PC).....	16
4.3 Delineamento experimental e análise estatística	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5.1 Resultados dos testes de qualidade fisiológica do “lote bom”	18
5.2 Resultados dos testes de qualidade fisiológica do “lote ruim”	21
6. CONCLUSÃO	25
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Equipamento gerador de ozônio e exposição das sementes a água ozonizada, UNB, Brasília, DF, Brasil, 2017.13
- Figura 2 - Exposição das sementes submetidas a concentrações de gás ozônio diluído em água destilada, UNB, Brasília, DF, Brasil, 2017. 15
- Figura 3 - Teste padrão de germinação, UNB, Brasília, DF, Brasil, 2017. 15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resumo da análise variância referente ao percentual de germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG) e primeira contagem (PC) de sementes de milho (**lote bom**) submetidas ao pré-condicionamento em água ozonizada nas concentrações (CO) de 0, 10 e 30 mg/L⁻¹ e períodos de exposição (PE) de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos. Brasília-DF, 2017. 18

Tabela 2. Valores médios da primeira contagem no teste de germinação em sementes de milho (**lote bom**) submetidas ao pré-condicionamento em água ozonizada nas concentrações (CO) de 0, 10 e 30 mg/L⁻¹ e períodos de exposição (PE) de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos. Brasília-DF, 2017. 20

Tabela 3. Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de milho (**lote bom**) submetidas ao pré-condicionamento em água ozonizada nas concentrações (CO) de 0, 10 e 30 mg/L⁻¹. Brasília-DF, 2017. 20

Tabela 4. Resumo da análise variância referente ao percentual de germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG) e primeira contagem (PC) de sementes de milho (**lote ruim**) submetidas ao pré-condicionamento em água ozonizada nas concentrações (CO) de 0, 10 e 30 mg/L⁻¹ e períodos de exposição (PE) de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos. Brasília-DF, 2017. 21

Tabela 5. Valores médios do percentual de germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG) e primeira contagem (PC) em sementes de milho (**lote ruim**) submetidas ao pré-condicionamento em água ozonizada nas concentrações (CO) de 0, 10 e 30 mg/L⁻¹ e períodos de exposição (PE) de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos. Brasília-DF, 2017. 22

RESUMO

O ozônio (O_3) é uma molécula instável formada pela adição de um átomo de oxigênio à molécula diatômica de oxigênio (O_2), é também um poderoso agente oxidante que pode ser gerado no local por meio do processo de descarga elétrica. Estudos com a água ozonizada tem se mostrado uma alternativa promissora em substituição aos agentes químicos no controle de microrganismos, apresentando eficiência a baixas concentrações e sem formação de produtos tóxicos, pois é reativa e não deixa resíduos na semente. Entretanto, ainda não há informações se esse tipo de tratamento compromete a qualidade fisiológica de sementes de milho. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a qualidade fisiológica de sementes de milho submetidas ao tratamento com água ozonizada. As sementes, foram submetidas a três concentrações de gás ozônio diluído em água destilada, 0 mg/L (H), 10 mg/L (A) e 30 mg/L (B) e em quatro períodos de exposição de 30, 60, 90, 120 minutos. Compondo um fatorial simples, 3 (concentração) x 5 (período de exposição), no total de 15 tratamentos. As sementes foram avaliadas através dos seguintes testes: Teste de Germinação (GN), Teste de Crescimento de Plântulas, Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Primeira Contagem (PC). Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado nas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observou-se que a concentração que favoreceu a germinação de sementes de milho foi a de 10mg/L e que o melhor período de exposição das sementes de milho em água ozonizada é na faixa entre 30 e 60 minutos. Concluiu-se que ocorre uma elevação da germinação das sementes em lote com baixa qualidade após serem submetidos ao tratamento com água ozonizada e que a qualidade das sementes é mantida em lotes com elevada germinação após o tratamento. O uso da água ozonizada em tratamento de sementes de milho não prejudicou a germinação dessas sementes.

Palavras-Chave: *Zea mays* L, qualidade fisiológica, ozonização.

ABSTRACT

Ozone (O₃) is an unstable molecule formed by the addition of an oxygen atom to a diatomic oxygen (O₂) molecule. It is also a powerful oxidizing agent that can be generated locally by the process of electric discharge. Studies with ozonated water have shown to be a promising alternative to chemical agents for controlling microorganisms, besides ozone is efficient at low concentrations and without generating toxic products, since it is reactive and leaves no residues in the seed. However, there is no information until this moment, whether this type of treatment compromises the physiological quality of corn seeds. Hence, the goal of this research was to evaluate the physiological quality of corn seeds that were submitted to ozonized water, that is, to investigate how ozonated water affects the germination of corn seeds. Corn seeds were submitted to three concentrations of ozone gas, 0 mg/L (H), 10 mg/L (A) e 30 mg/L (B) and four exposure periods, 30, 60, 90, 120 minutes, composing a factorial 3 (concentrations) x 5 (periods of exposure), totalizing 15 treatments together including the control that does not have any type of treatment. The seeds were evaluated through germination test (GN), Test of seedling growth, Index of germination speed (IVG) and First Count (PC). The statistical design adopted in the analyzes was completely randomized and we compared the treatment's means with a Tukey test with 5% probability. Most of the seeds germinated at 10 mg/L and at the period of 30 to 60 minutes to exposure to ozonized water. Hence, we conclude that the treatment with ozonized water improved the germination of low quality corn seeds and maintained the quality of those seeds with great germination.

Keywords: *Zea mays* L, physiological quality, ozonization.

1. INTRODUÇÃO

O milho é uma monocotiledônea da família das gramíneas, *Poaceae*, pertencente ao gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. A teoria mais aceita de sua origem, é que ele descende do ancestral conhecido como Teosinto encontrado na América Central, o qual possui um formato semelhante a uma gramínea com várias espigas sem sabugo (LERAYER; VILLARI, 2010). Outro parente geneticamente mais distante do milho encontrado na América Latina, inclusive no Brasil, é o *Tripsacum* (LERAYER; VILLARI, 2010).

O milho é o único cereal nativo do Novo Mundo, é o terceiro cereal mais cultivado no planeta (LERAYER; VILLARI, 2010) e é produzido em quase todos os continentes, sendo sua importância econômica caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vão desde a alimentação animal, humana até a indústria de alta tecnologia, como a produção de filmes e embalagens biodegradáveis (PAES, 2006). No Brasil ele está entre os cereais mais produzidos no país e se destaca no panorama econômico Brasileiro. O fato dos sistemas de produção serem extremamente competitivos, o produto final tem um alto valor agregado e elevada qualidade.

Um dos princípios para obtenção de elevadas produtividades na cultura do milho é a utilização de sementes de qualidade. Cícero (1987) indica que a utilização de sementes de boa qualidade por parte dos agricultores será fundamental para o sucesso no estabelecimento da cultura a campo, pois reflete diretamente na uniformidade da cultura, na baixa incidência de doenças transmitidas pela semente, no elevado vigor de plantas e, certamente, resultará em melhores produtividades. As sementes de boa qualidade são aquelas que agregam os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, sendo que essas características afetam sua capacidade de originar plantas e lavouras de maior produtividade (POPINIGIS, 1985).

O uso de fungicidas para tratamento de sementes de milho tem sido ainda, a prática mais empregada pelos agricultores para o controle de patógenos de sementes. Entretanto novas tecnologias vêm sendo apresentadas e adotadas no controle de fungos em sementes, como o uso do gás ozônio ou água ozonizada (ROZADO, 2008). Porém, faltam pesquisas com o uso deste gás no tratamento de sementes e se o seu efeito afeta a qualidade fisiológica das sementes bem como o desenvolvimento da cultura.

O ozônio é um poderoso agente oxidante que pode ser gerado no local, através de um processo de descarga elétrica (KIM, 1999a); conseqüentemente, sua utilização se torna atraente no controle de insetos e fungos em grãos armazenados, pelo fato de descartar a necessidade de manipulação, armazenamento ou eliminação dos recipientes de produtos químicos e, ainda, em virtude de possuir uma meia vida curta e de seu produto de degradação ser o oxigênio (KELLS, 2001; MENDEZ, 2003).

Ozônio dissolvido em água apresenta-se como outra opção promissora no controle de microrganismos, sendo relativamente instável e decompondo-se facilmente na forma do oxigênio molecular (KHADRE, 2001). A água ozonizada é utilizada para desinfestação e desinfecção de alimentos e superfícies (MENDEZ, 2003). Portanto, o uso da água ozonizada tem se mostrado uma alternativa em substituição aos agentes químicos tradicionais, apresentando alta eficiência a baixas concentrações, em um período curto de contato e sem formação de produtos tóxicos, pois é altamente reativo e não deixa resíduos na semente.

Nos últimos anos, a utilização do ozônio tem-se expandido de forma considerável, nacionalmente e internacionalmente, em diferentes áreas de aplicação (KIM, 1999a). Porém, na literatura ainda não são encontradas descrições e informações sobre a influência da água com ozônio na qualidade fisiológica de sementes de milho.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O trabalho tem por objetivo avaliar a germinação de sementes de milho após o tratamento com água ozonizada.

2.2 Objetivos específicos

Verificar o efeito da água ozonizada na germinação de sementes de milho.

Observar o efeito de diferentes concentrações do gás ozônio na germinação de sementes de milho.

Determinar o efeito de diferentes períodos de exposição das sementes de milho à água ozonizada.

Verificar o efeito da água ozonizada sobre a germinação de sementes de milho comparando lotes de diferentes padrões de germinação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sementes de milho

A semente é o insumo fundamental para o desenvolvimento da agricultura, pois é um veículo compacto, resistente e prático, por meio do qual as cultivares são propagadas no tempo e no espaço (ARAUJO; LOPES, 2009). É provável que seja o insumo com maior valor agregado, pois carrega a constituição genética da cultivar, fruto de muitos anos de trabalho de pesquisa (ARAUJO; LOPES, 2009).

Ao utilizar sementes de boa qualidade o agricultor terá maiores possibilidades de sucesso na lavoura e, conseqüentemente, na produção (ARAUJO; LOPES, 2009). Sendo assim, sabe-se que as sementes de boa qualidade são aquelas que agregam os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, sendo que essas características afetam sua capacidade de originar plantas e lavouras de alta produtividade (MARTIN, 2007).

A semente do milho é classificada botanicamente como cariopse e apresenta três principais estruturas físicas: o pericarpo, o endosperma e o embrião (BARROS; CALADO, 2014). O pericarpo é uma camada fina e resistente, constituindo a parte mais externa da semente, já o endosperma é a parte da semente que está envolvida pelo pericarpo e a que apresenta maior volume, sendo constituída por amido e outros carboidratos (BARROS; CALADO, 2014). À parte mais externa do endosperma e que está em contato com o pericarpo, denomina-se de camada de aleurona, a qual é rica em proteínas e enzimas e cujo papel no processo de germinação, é determinante (BARROS; CALADO, 2014). O embrião, que se encontra ao lado do endosperma, possui primórdios de todos os órgãos da planta desenvolvida, ou seja, não é mais do que a própria planta em miniatura (BARROS; CALADO, 2014).

O endosperma tem seu crescimento e desenvolvimento simultâneo ao embrião da semente (SERGIPANO, 2007) e a maior parte da semente é constituída pelo endosperma onde se encontram depositados as reservas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Já o embrião, possui em uma extremidade a plúmula, com quatro a cinco folhas já diferenciadas e recobertas pelo coleóptilo e, na extremidade, a radícula e ele é protegido por um apêndice em forma de escudo denominado escutelo (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012)

O pericarpo representa, em média, 5% do grão, sendo a estrutura que protege as outras estruturas do grão da elevada umidade do ambiente, insetos e microrganismos (PAES, 2006). As camadas de células que compõem essa fração são constituídas de polissacarídeos do tipo hemicelulose (67%) e celulose (23%), embora também contenha lignina (0,1%) (PAES, 2006).

Durante a germinação, o crescimento do embrião se inicia pelo ponto vegetativo da raiz, primeira estrutura a ser exposta da semente, seguindo das raízes seminais emergida do nó cotiledonar (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). A seguir, desenvolvem-se raízes secundárias laterais, constituindo o sistema radicular primário em forma de cone, responsável pela nutrição da plântula (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

Sementes de milho não apresentam qualquer grau de dormência, germinando após atingirem a maturidade fisiológica, se tiverem à disposição umidade e temperaturas adequadas (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Como suas sementes não se desprendem espontaneamente da espiga, em condições naturais germinam formando um aglomerado de plântulas, onde é grande a competição (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

A produção de sementes de milho é um processo que requer inúmeros cuidados na sua execução e esses cuidados devem começar desde a escolha da área para o plantio, no beneficiamento, armazenamento e disponibilização das sementes no comércio, passando pela semeadura, tratamentos culturais, manejo de plantas invasoras, colheita, etc (MARTIN, 2007). Se estas operações não forem efetuadas adequadamente, poderão causar inconvenientes na produção e afetar a qualidade final das sementes (MARTIN, 2007).

Tornou-se imprescindível a utilização de sementes para todas as culturas e é nesse sentido que a mesma desponta, hoje, como o principal veículo de tecnologia e inovação no setor agrícola (SANTOS, 2014).

3.2 Gás Ozônio

Os primeiros registros sobre o ozônio são de 1783 quando um físico holandês chamado Van Marum observou que a descarga elétrica em ar, através de sua máquina de

eletrostática, gerava um odor irritante bastante característico (RIDEAL, 1920). Mais tarde, no ano de 1840, o pesquisador químico alemão Schönbein que estudava a decomposição eletrolítica da água, descobriu o ozônio e o denominou assim, visto a palavra derivada do grego "*ozein*" que significa "cheiro" (SCHÖNBEIN, 1840). No ano 1906, na França, ocorreu a primeira desinfecção de água com a utilização do ozônio e em 1936, no mesmo país, havia 100 estações de tratamento de água e aproximadamente 40 no mundo (GRAHAM, 1997). Já no Brasil, iniciou-se os primeiros experimentos com ozônio em 1983, quando surgiu a necessidade de algumas estações de tratamento de água buscar formas alternativas de métodos de tratamento, substituindo os convencionais como o de pré-cloração e pré-aeração de águas superficiais (SANTOS, 2008).

Ozônio (O_3), ou oxigênio triatômico, é uma molécula instável formada pela adição de um átomo de oxigênio à molécula diatômica de oxigênio (O_2) e pode ser produzido naturalmente como resultado de relâmpagos ou radiação ultravioleta (KIM, 1999a). Comercialmente a forma mais utilizada na geração do gás ozônio é a de descarga elétrica no gás oxigênio (GLAZE, 1987; BALAKRISHNAN, 2002; HARRISON, 2000), sendo que um dos primeiros equipamentos destinados à produção de ozônio, baseado no efeito corona, foi desenvolvido por Siemens em 1857 na Alemanha (RUBIN, 2003; OLIVEIRA; WOSHC, 2012).

Em relação ao sistema Corona, ele produz sinteticamente o ozônio e o processo consiste na passagem de fluxo de ar atmosférico ou enriquecido com até 92% de oxigênio molecular (O_2), no interior do equipamento (FALCÃO, 2009). A tensão elétrica deve ser controlada (~10.000 V) para que a energia gerada por essa descarga seja suficiente para romper a molécula de oxigênio, resultando em dois átomos de oxigênio livre (FALCÃO, 2009).

A produção do ozônio ocorre quando se aplica uma descarga elétrica em um gás contendo oxigênio, e esse é dissociado pela energia recebida pelos átomos e subsequentemente colide com um oxigênio molecular e forma o gás instável, ozônio (USEPA, 1999). Os sistemas de ozonização geralmente são baseados no conceito CT (concentração x tempo), ou seja, o produto da concentração pelo tempo de detenção hidráulico (LAZAROVA, 1999).

O ozônio é um gás instável, dispõe de um tempo de meia vida curto (20 min em água a 20°C), podendo ser produzido no local em que será utilizado, *in loco*,

consequentemente eliminando gastos com estocagem e/ou transporte até o local de uso (KIM, 1999b; GRAHAM, 1997; NOVAK; YUAN, 2007). Ele é um poderoso oxidante, 1,5 vezes mais forte que o cloro, e destaca-se por apresentar segundo maior potencial de oxidação ($E_0 = 2,1 \text{ V}$), sendo superado apenas pelo flúor ($E_0 = 3,0 \text{ V}$) (ATKINS, 2002; GÜZEL-SYDIM, 2004; MAHMOUND; FREIRE, 2007). O elevado potencial oxidante confere ao ozônio alto poder de desinfecção e esterilização, sendo um poderoso desinfetante, capaz de atuar em várias reações com compostos orgânicos e inorgânicos (KUNZ; PERALTA-ZAMORA, 2002; ALMEIDA, 2004).

Como dito anteriormente, o ozônio é um forte agente oxidante, e uma de suas principais e vantajosas propriedades é o seu produto de degradação, o oxigênio, um produto não poluente, que não gera resíduos tóxicos ou eliminação de recipientes de produtos químicos (MAHMOUND; FREIRE, 2007). Desta forma, sua utilização se torna atraente no controle de bactérias, insetos e fungos em grãos armazenados, além de não prejudicar a saúde humana e animal (KIM, 2003; KELLS, 2001; MENDEZ, 2003; YOUNG, 2006).

São encontrados na literatura vários exemplos do uso do ozônio, tanto na utilização em laboratório quanto em aplicações industriais (OLIVEIRA; WOSHC, 2012). Um exemplo é o do Violleau (2007) que trabalhando com sementes de milho, realizaram o tratamento com oxigênio puro ($[\text{O}_2] = 0 \text{ g / m}^3$) e ozônio ($[\text{O}_3] = 20 \text{ g / m}^3$) durante 6, 8 e 20,5 minutos. Avaliou-se comprimento de plântula e raiz, após 3, 4 e 5 dias. Observou-se que as sementes tratadas com ozônio apresentaram maiores médias e teve um início mais rápido de germinação e com comprimento maior de raiz. No entanto, um tempo maior de exposição ao ozônio reduziu a taxa de germinação.

Outro exemplo é o do trabalho com sementes de trigo, ervilha e cevada, em que foi aplicado ozônio (3% por peso) em três períodos de exposição 1, 1,5 e 3 minutos para desinfecção das sementes e foi observado que o maior período de exposição foi mais eficiente na desinfecção de sementes sem influenciar na germinação (CICCARESE, 2007).

Outra opção promissora no controle de microrganismos é o ozônio dissolvido em água, sendo parcialmente solúvel em água, relativamente instável e decompondo-se facilmente na forma de oxigênio molecular, onde como a maioria dos outros gases,

aumenta a sua solubilidade à medida que a temperatura decresce ou a mistura é pressurizada (Lei de Henry) (HSIEH, 1998).

O ozônio já é reconhecido desde 1997 pela FDA (Food and Drug Administration) como uma substância segura (FDA, 2013). Nos últimos anos, a utilização do ozônio tem-se expandido de forma considerável, nacional e internacionalmente, em diferentes áreas de aplicação; principalmente nas áreas das indústrias e pesquisas, como no tratamento de água para consumo, que ocorre na Europa desde o século passado, além da indústria de alimentos, que vem passando a optar pelo tratamento com ozônio, principalmente por manter inalterados sabor e odor dos alimentos que servirão para o consumo (KIM, 1999a; TORRES, 1996).

3.3 Qualidade Fisiológica de Sementes de Milho

As sementes de qualquer cultura são resultados das mais diversas combinações genéticas elucidadas pelos melhoristas, sendo assim, constituem um dos principais, senão, o principal fator da cadeia produtiva de determinada cultura (MARCOS FILHO, 2015). O árduo trabalho de anos dos melhoristas são expressos em pequenas partículas que são as sementes e se caracterizam por ser o mecanismo mais eficaz de disseminação de cultivos. Percebe-se então que o fator primordial de sucesso da semente está intrinsecamente ligado à sua qualidade, expressão esta ampla, que abrange outros conceitos, como a qualidade fisiológica, qualidade física, qualidade genética que por si só e isoladamente não são capazes de determinar o desempenho de um lote. Com isso a expressão “qualidade de sementes” é a mais adequada, pois engloba o valor como um todo de um lote de sementes para atender o principal objetivo de sua utilização (MARCOS FILHO, 2015).

Popinigis (1977) caracteriza a qualidade de sementes como sendo um conjunto de características que determinam seu valor para semeadura, isto é, para a sua expressão em campo, indicando que o potencial de desempenho das sementes somente pode ser identificado quando é considerada a interação dos atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária, ou seja, a qualidade é caracterizada pelo conjunto de atributos que pertencem a categorias distintas, mas que se busca a melhor interação possível entre os mesmos para que sejam expressos no produto final, a semente.

Os principais componentes básicos da qualidade de sementes (genética, física, fisiológica e sanidade) são equivalentes, porém, o potencial fisiológico desempenha um papel de maior atenção nas pesquisas, visto que sem uma boa germinação e sem um bom vigor, as outras características se tornam irrelevantes (POPINIGS, 1977). Com isso a qualidade da semente é traduzida exatamente no fim a que ela se compromete, ou seja, no resultado da cultura que ela gera (POPINIGS, 1977). Essa qualidade é facilmente observada na uniformidade do estande, em um material sadio que não é veículo de transmissão de patógenos, com alto vigor, plântula perfeita, capaz de superar as mais diversas condições adversas e a capacidade de manter a sua vitalidade por um período de tempo, isto é, a sua longevidade (POPINIGS, 1977).

Em relação a qualidade fisiológica, Abdul-baki & Anderson (1972) menciona que ela ganhou destaque nas pesquisas nos últimos tempos em virtude de as sementes serem facilmente atacadas por uma série de mudanças degenerativas de diversas origens, como a bioquímica, fisiologia e física que acarretam em uma redução do vigor e que ocorrem após a maturação fisiológica da semente. Deste modo, é de suma importância preservar ao máximo a qualidade fisiológica das sementes.

A qualidade fisiológica da semente é avaliada por duas características principais: germinação e vigor (POPINIGS, 1985). A germinação envolve os processos iniciais como: embebição da semente e ativação do metabolismo, em seguida o rompimento do tegumento, emissão da radícula e por fim, crescimento da plântula (VIEIRA; CARVALHO, 1994). O vigor compreende um conjunto de características que determinam o potencial fisiológico das sementes, sofrendo influências das condições de ambientais e do manejo durante as etapas de pré e pós-colheita (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

Em tecnologia de sementes, o conceito de germinação é definido como a emergência e desenvolvimento das estruturas essenciais do embrião, dando origem a uma plântula normal, em condições ambientais favoráveis de campo, por meio de plântulas com todas as suas estruturas essenciais bem desenvolvidas, completas, proporcionais e sadias (BRASIL, 2009; COIMBRA, 2007). Para avaliar a máxima germinação da semente, faz-se o teste de germinação, que é feito obrigatoriamente em laboratório e é o teste que tem sido amplamente utilizado para avaliar a qualidade de sementes, em conjunto com outros testes (COIMBRA, 2007).

Com relação ao teste de germinação, ele é o principal teste feito para a avaliação de qualidade fisiológica das sementes (MARCOS FILHO, 1999). Esse teste, segundo McDonald (1993), nos tempos atuais, apresenta uma grande evolução de vários anos de pesquisa e pode ser usado seguramente para ser um dos critérios de avaliação de qualidade fisiológica em semente, gerando dados de aceitável reprodutibilidade e de alta confiabilidade nos resultados obtidos. O teste de germinação tem um status tão elevado de confiança, que há muitos anos serve de parâmetro para regulamentar o comércio de sementes (KRZYZANOWSKI, 1999). Porém, apesar da alta confiabilidade de um teste de germinação, deve-se levar em conta que ele é realizado no âmbito de um laboratório, isto é, conduzido em condições favoráveis de temperatura, umidade e de luz, permitindo ao lote expressar o seu potencial máximo, sendo, portanto, pouco eficiente para indicar o desempenho no campo, onde as condições ambientais nem sempre são ideais (MARCOS FILHO, 1999).

O objetivo do teste de germinação é determinar o potencial máximo de germinação de um lote de sementes, para a comparação da qualidade fisiológica de diferentes lotes, para estimar e determinar o valor para semeadura em campo e servir como parâmetro de comercialização de sementes (BRASIL, 2009).

Os testes são feitos seguindo uma metodologia padronizada, para que haja uma uniformidade no procedimento, sob condições artificiais favoráveis controladas em laboratório, de forma que se obtenha a maior porcentagem de germinação em menor tempo possível, de acordo com as características de cada planta (McDONALD, 1975). Como os testes são realizados em condições ótimas para a germinação, podem ocorrer discrepâncias quando comparado aos resultados obtidos em campo, visto que as condições climáticas e qualidade de solo podem variar (McDONALD, 1975). Portanto, esse teste, aplicado isoladamente, muitas vezes não é eficiente para prever o comportamento das sementes no campo (BYRUM; COPELAND, 1995).

Por isso, para análise da qualidade de sementes, há necessidade de complementar as informações fornecidas pelo teste de germinação com testes de vigor, os quais possibilitam selecionar os melhores lotes para comercialização (DIAS, 2010).

Atualmente, o teste padrão de germinação é exigido pela Legislação Brasileira para comercialização de sementes, sendo que para híbridos de milho, categorias de sementes C1, C2, S1 e S2, o valor mínimo de germinação é 85% (BRASIL, 2013). E nos testes de laboratório a porcentagem de germinação de sementes corresponde à proporção do número de sementes que produziu plântulas classificadas como normais, em condições

e períodos especificados, ou seja, vai depender de cada laboratório e análise (BRASIL, 2009).

A utilização de sementes que apresentem um elevado potencial fisiológico (vigor e germinação) traz vários benefícios para o agricultor, como uma melhor germinação do lote, sendo esta rápida e uniforme, plântulas que suportam uma gama variada de adversidades ambientais, tais como, estresses hídricos e apresenta uma maturidade mais uniforme da colheita, o que traz um enorme benefício por ocasião da colheita, evitando que se realize uma colheita desuniforme (MARCOS FILHO, 1999).

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nos Laboratórios de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas e no Laboratório de Sementes, ambos da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, da Universidade de Brasília (UnB), Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, Distrito Federal.

4.1 Semente Utilizada

O experimento foi conduzido com dois lotes de sementes de milho, um com qualidade inicial boa, “**lote bom**”, com germinação (GN) inicial de 100% e outro com qualidade inicial ruim, “**lote ruim**”, com germinação (GN) inicial média de 53%, abaixo de 85% exigido na Legislação Brasileira (BRASIL, 2013). As sementes do lote bom (safra 2017) e as sementes do lote ruim (safra 2014/2015) eram do híbrido Maximus, fornecidas pela empresa Syngenta®. A cultivar empregada possui as seguintes características: grão duro, alaranjado, adequado para grão ou silagem, ciclo precoce, moderadamente resistente a doenças e tolerância a herbicidas.

Foram pesadas 13 amostras (saquinhos) de cada lote, totalizando 26 amostras. No lote ruim, para a testemunha coletou-se +/- 450g e para as outras amostras cerca de 150g. Já no lote bom, para a testemunha coletou-se em torno 500g e para as outras amostras cerca de 200g. No lote bom o peso das amostras foi um pouco maior, pois elas não estavam classificadas.

4.2 Tratamentos

O gás ozônio foi obtido por meio de um gerador de ozônio baseado no método de Descarga por Barreira Dielétrica (Figura 1). Este tipo de descarga é produzido ao aplicar uma alta tensão entre dois eletrodos paralelos, tendo entre eles um dielétrico (vidro) e um espaço livre por onde flui o ar seco. Neste espaço livre, é produzida uma descarga em forma de filamentos, em que são gerados elétrons com energia suficiente para produzir a quebra das moléculas de oxigênio, formando o ozônio (O₃). No processo de geração do

ozônio, foi utilizado como insumo oxigênio (O₂) com grau de pureza de aproximadamente 90%, isento de umidade, obtido do concentrador de oxigênio acoplado ao gerador de ozônio.



Figura 1 – Equipamento gerador de ozônio e exposição das sementes a água ozonizada, UNB, Brasília, DF, 2017.

4.2.1 Exposição das sementes ao gás ozônio diluído em água

As sementes foram submetidas a três concentrações de gás ozônio diluído em 300 ml de água destilada, 0 mg/L (H), 10 mg/L (A) e 30 mg/L (B) e em quatro períodos de exposição de 30, 60, 90, 120 minutos. Compondo um fatorial simples, 3 (concentração) x 5 (período de exposição), no total de 15 tratamentos:

H 0 - Concentração de 0 mg/L no período de exposição de 0 hora, Testemunha;
H 30 - Concentração de 0 mg/L no período de exposição de 30 minutos, borbulhada com ar atmosférico;
H 60 - Concentração de 0 mg/L no período de exposição de 60 minutos, borbulhada com ar atmosférico;
H 90 - Concentração de 0 mg/L no período de exposição de 90 minutos, borbulhada com ar atmosférico;
H 120 - Concentração de 0 mg/L no período de exposição de 120 minutos, borbulhada com ar atmosférico.

A 0 - Concentração de 10 mg/L no período de exposição de 0 hora;
A 30 - Concentração de 10 mg/L no período de exposição de 30 minutos;
A 60 - Concentração de 10 mg/L no período de exposição de 60 minutos;
A 90 - Concentração de 10 mg/L no período de exposição de 90 minutos;
A 120 - Concentração de 10 mg/L no período de exposição de 120 minutos;

B 0 - Concentração de 30 mg/L no período de exposição de 0 hora;
B 30 - Concentração de 30 mg/L no período de exposição de 30 minutos;
B 60 - Concentração de 30 mg/L no período de exposição de 60 minutos;
B 90 - Concentração de 30 mg/L no período de exposição de 90 minutos;
B 120 - Concentração de 30 mg/L no período de exposição de 120 minutos;

Após submeter as sementes aos tratamentos com ozônio diluído em água (Figura 2), a qualidade fisiológica foi avaliada de acordo com os seguintes testes.



Figura 2 - Exposição das sementes submetidas a concentrações de gás ozônio diluído em água destilada, UNB, Brasília, DF, 2017.

4.2.2 Testes de qualidade fisiológica

4.2.2.1 Teste de germinação (GN)

Foram realizadas três repetições de 25 sementes por tratamento, totalizando 36 amostras (rolos) para cada concentração. As sementes foram colocadas para germinar em substrato papel “germitest” na forma de rolo. O papel foi umedecido com água destilada na quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco e colocadas em germinador regulado a 25°C, por sete dias, segundo critérios descritos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Ao final do teste (sete dias), avaliou-se o número de plântulas normais (figura 3). Os resultados foram expressos em porcentagem.



Figura 3 - Teste de germinação, UNB, Brasília, DF, 2017.

4.2.2.2 Teste de crescimento de plântulas (medição manual)

A medição foi realizada nas plântulas normais oriundas do teste de germinação, após sete dias de instalação do mesmo. Para efetuar as medições foi utilizada uma régua fixada na mesa por fita crepe (leitura em cm). As medições manuais das plântulas foram realizadas para determinar o comprimento de plântula (CP) e de radícula (CR) (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

4.2.2.3 Índice de velocidade de germinação (IVG)

Os testes foram estabelecidos conjuntamente com o teste padrão de germinação. As contagens das plântulas normais foram realizadas diariamente após a instalação do teste. A partir dos dados do número de plântulas normais, foi calculado o índice de velocidade de germinação e o tempo médio de germinação, empregando-se a fórmula de Maguire (1962) e Labouriau (1983), respectivamente:

$$IVG = G_1/N_1 + G_2/N_2 + \dots + G_n/N_n ; \text{ onde:}$$

IVG = Índice de velocidade de germinação;

G_1, G_2, G_n = número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem;

N_1, N_2, N_n = número de dias de semeadura à primeira, segunda e última contagens.

TMG: $\sum(n_i t_i) / \sum n_i$, em que:

TMG: tempo médio de germinação (dias);

n_i : número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem;

t_i : tempo decorrido entre o início da germinação e a i -ésima contagem.

4.2.2.4 Primeira contagem (PC)

Aproveitou-se o próprio teste de germinação conduzido de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). No segundo dia após instalação do teste, contou-se o número de plântulas que apresentavam radícula acima de dois centímetros. Os resultados foram expressos em porcentagem.

4.3 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial de 3 (concentração) x 5 (períodos de exposição), com três repetições. Foi realizada análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados obtidos foram analisados com o auxílio do Software Assistat 7.5 (SILVA; AZEVEDO, 2002).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados dos testes de qualidade fisiológica do “lote bom”

Na Tabela 1 estão apresentados o resumo das análises de variância do “lote bom”, ou seja, com germinação inicial de 100%. Obteve-se variação significativa ($p < 0,01$) pela interação entre concentração do ozônio e período de exposição das sementes na água ozonizada apenas para a variável primeira contagem (PC). A variável índice de velocidade de germinação (IVG) variou significativamente ($p < 0,01$) apenas com relação a concentração do ozônio adotada. Em relação a germinação não houve diferença significativa para as fontes de variação estudadas.

Como o lote já estava com uma qualidade muito alta (100%) os valores de germinação não sofreram alteração com os tratamentos adotados, ou seja, o tratamento com água ozonizada não afetou a germinação das sementes.

Os valores dos coeficientes de variação são baixos e estão de acordo com os que são encontrados na literatura para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho (ANDRADE, 2001; DIAS, 2016).

Tabela 1. Resumo da análise variância referente ao percentual de germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG) e primeira contagem (PC) de sementes de milho (**lote bom**) submetidas ao pré-condicionamento em água ozonizada nas concentrações (CO) de 0, 10 e 30 mg/L⁻¹ e períodos de exposição (PE) de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos. Brasília-DF, 2017.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		GER	IVG	PC
Concentração do ozônio (CO)	2	5,85 ^{ns}	0,38**	104,16**
Período de exposição (PE)	4	3,20 ^{ns}	0,06 ^{ns}	95,14**
CO x PE	8	1,45 ^{ns}	0,08 ^{ns}	20,63**
Resíduo	30	1,90	0,04	6,04
CV (%)		1,39	1,63	2,78

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F;

*Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Apresentam-se na Tabela 2 os resultados do teste de média para a variável primeira contagem realizada no teste de germinação no “**lote bom**”. Verifica-se que na concentração 0 mg/L, ou seja, ausência do gás ozônio, não foi observado diferença entre os períodos de exposição. Na concentração de 10 mg/L, os períodos 0, 30, 60 e 90 minutos tiveram o mesmo comportamento, havendo um decréscimo no tempo de 120 minutos. Já na concentração de 30 mg/L, os valores mais elevados de sementes germinadas na primeira avaliação, foram vistos nos períodos de 60 e 90 minutos. Comparando as concentrações, verifica-se no período de 0 minuto, uma redução no percentual de sementes germinadas na concentração de 30 mg/L. Nos períodos de 30 e 120 minutos o maior percentual é verificado apenas na concentração de zero.

No trabalho de Sudhakar (2011) com *Lycopersicon esculentum*, visando quebra de dormência das sementes com o uso do ozônio, observaram que alta concentração e longo período de exposição das sementes ao gás é prejudicial à germinação.

Podem-se observar alguns trabalhos onde vem-se tentando evidenciar o efeito do gás ozônio sobre a germinação das sementes e sobre o controle de fungos em sementes (YVIN; COSTE, 1995; HSIEH, 1998; VIOLLEAU, 2007; ABDEL-WAHHAB, 2011; EL-DESOUKY, 2012; MARIQUE, 2012; BEBER-RODRIGUES, 2013; LUO, 2014; SAVI, 2014) em várias espécies. Além disso, tem sido observado o efeito de outras formas reativas de oxigênio, como o peróxido de hidrogênio na germinação de sementes. Um efeito positivo de peróxido de hidrogênio no crescimento de raízes em plântulas de trigo foi demonstrado no trabalho de Hameed (2004). Para as sementes de arroz (SAZAKI, 2005), o aumento da germinação de sementes e o crescimento das plântulas foram relacionados com a expressão de gene que codifica a oxidase ascorbato (APX) e catalase (CAT).

Tabela 2. Valores médios da primeira contagem no teste de germinação em sementes de milho (**lote bom**) submetidas ao pré-condicionamento em água ozonizada nas concentrações (CO) de 0, 10 e 30 mg/L⁻¹ e períodos de exposição (PE) de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos. Brasília-DF, 2017.

Primeira contagem (%)					
Concentração (mg/L ⁻¹)	Período de ozonização (min)				
	0	30	60	90	120
0	91,00aA	93,00aA	91,33aA	91,67aA	88,33aA
10	91,00aA	87,33bA	91,00aA	93,00aA	80,67bB
30	82,00bB	86,00bAB	89,00aA	91,00aA	81,00bB

Valores médios seguidos de mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) verificados na Tabela 3 demonstram que na concentração de 30 mg/L, tem-se um maior índice, permitindo inferir que nessa concentração existe uma aceleração da germinação, comparado com as outras duas concentrações.

Tabela 3. Valores médios do índice de velocidade de germinação (IVG) em sementes de milho (**lote bom**) submetidas ao pré-condicionamento em água ozonizada nas concentrações (CO) de 0, 10 e 30 mg/L⁻¹. Brasília-DF, 2017.

Concentração (mg/L ⁻¹)	IVG
0	12,13b
10	12,01b
30	12,33a
dms	0,18

Valores médios seguidos de mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.2 Resultados dos testes de qualidade fisiológica do “lote ruim”

Nas análises de variância do lote ruim observa-se variação significativa ($p < 0,01$) na interação entre as concentrações do ozônio (CO) e períodos de exposição (PE) para todas as avaliações, germinação, índice de velocidade de germinação e primeira contagem. Todas as outras fontes de variação apresentaram variação significativa ($p < 0,01$) em todas as avaliações. Os valores dos coeficientes de variação foram baixos, de acordo com a classificação de Pimentel Gomes (1985), demonstrando boa precisão experimental (Tabela 4).

Tabela 4. Resumo da análise variância referente ao percentual de germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG) e primeira contagem (PC) de sementes de milho (**lote ruim**) submetidas ao pré-condicionamento em água ozonizada nas concentrações (CO) de 0, 10 e 30 mg L⁻¹ e períodos de exposição (PE) de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos. Brasília-DF, 2017.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		GER	IVG	PC
Concentração do ozônio (CO)	2	115,40**	7,95**	478,02**
Período de exposição (PE)	4	1450,98**	32,51**	1929,91**
CO x PE	8	52,26**	2,66**	116,58**
Resíduo	30	4,93	0,27	8,73
CV (%)		3,05	4,65	6,32

^{ns} Não significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

Apresentam-se na Tabela 5, os valores médios referentes ao percentual de germinação, índice de velocidade de germinação e primeira contagem em sementes de milho do lote ruim submetidas aos pré-condicionamento em água ozonizada. Quando se analisou o percentual de germinação, observou-se que a melhor condição foi observada na concentração de 10 mg/L na exposição de 60 minutos.

Tabela 5. Valores médios do percentual de germinação (GER), índice de velocidade de germinação (IVG) e primeira contagem (PC) em sementes de milho (**lote ruim**) submetidas ao pré-condicionamento em água ozonizada nas concentrações (CO) de 0, 10 e 30 mg/L⁻¹ e períodos de exposição (PE) de 0, 30, 60, 90 e 120 minutos. Brasília-DF, 2017.

Concentração (mg/L ⁻¹)	Período de ozonização (min)				
	0	30	60	90	120
Germinação (GN - %)					
0	52,67aC	75,00aB	84,33bA	83,67aA	71,67aB
10	55,00aD	78,00aB	93,33aA	76,67bBC	72,33aC
30	53,33aE	76,67aB	86,67bA	69,33cC	62,33bD
Índice de velocidade de germinação (IVG)					
0	8,57aD	11,23aC	12,50bB	14,47aA	12,13aBC
10	7,83aD	11,60aBC	14,43aA	11,91bB	10,64bC
30	7,76aB	10,61aA	11,61bA	11,30bA	10,46bA
Primeira contagem (PC - %)					
0	25,00aC	31,00cC	48,67cB	57,00bA	45,00bB
10	25,33aC	55,33aB	67,33aA	62,67abA	52,33aB
30	24,67aC	44,00bB	60,67bA	65,33aA	37,00cB

Valores médios seguidos de mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verifica-se que os piores resultados de germinação são vistos no período de exposição de 0 minutos (Tabela 5), ou seja, com a semente sem tratamento nenhum, o que é explicado por se tratar de um lote com qualidade ruim, da safra 2015.

Na concentração 0 mg/L, ausência do gás ozônio, quando foi exposta a semente apenas na água nos períodos de 30, 60, 90 e 120 minutos é observado uma elevação da

taxa germinativa, de 52,67% para 83,67% no período de 90 minutos (Tabela 5). Isso pode ser explicado pelo condicionamento osmótico da semente.

Na literatura existem relatos de trabalhos em que a técnica do hidrocondicionamento de sementes promoveu aumento significativo na qualidade fisiológica dos lotes condicionados e não apenas na uniformização da qualidade dos mesmos.

Perez & Negreiros (2001) avaliaram o efeito do pré-condicionamento na qualidade fisiológica de *Peltophorum dubium* em condições de estresse.

Em trabalhos realizados por Giurizatto (2008) com sementes de soja e por Marcos Filho & Kikuti (2008) em sementes de couve-flor, observou-se aumento da expressão do vigor pela velocidade de germinação e de emergência de plântulas, indicando vantagem do tratamento por hidrocondicionamento de sementes.

O condicionamento fisiológico é uma técnica de embebição controlada das sementes, que permite a ativação dos processos metabólicos da germinação, evitando a emissão da raiz primária, propiciando uniformização e melhor desempenho das plantas em campo (MacDONALD; LADA, 2009). Essa técnica permite o desdobramento de reservas e a síntese de metabólitos necessários à germinação, fazendo com que ocorra uma germinação mais rápida das sementes, diminuindo o seu tempo de exposição às condições desfavoráveis, tais como ataques por microrganismos e deficiência hídrica, dentre outras (MARCOS FILHO, 2015).

Apesar dessa técnica ter sido proposta inicialmente para sementes de hortaliças, alguns trabalhos têm mostrado efeitos benéficos do osmocondicionamento na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial de plântulas de outras importantes culturas sob condições ideais ou adversas, conforme observado por Murungu (2005) em milho e algodão e Oliveira (2007) em milho doce.

Nas concentrações de 10 e 30 mg/L observa-se que houve um acréscimo na germinação com a exposição das sementes na água ozonizada com 30 e 60 minutos. A partir daí houve uma redução (Tabela 5).

Observando-se o comportamento da germinação desse lote de semente em relação à germinação, percebe-se que não houve diferença nas três concentrações nos tempos 0 e 30 minutos de exposição. Nos períodos de 60, 90 e 120 minutos, as piores germinações foram na concentração de 30 mg/L (Tabela 5).

Com relação ao índice de velocidade de germinação, o valor mais elevado foi verificado na condição de concentração 10 mg/L e período de 60 minutos. É possível

visualizar um aumento do índice em todas as concentrações, a partir de 30 até 90 minutos. Quando no período de 120 minutos, verifica-se um decréscimo novamente. Comparando as concentrações com relação a esta avaliação, observa-se o mesmo comportamento da germinação, ou seja, sempre uma redução na concentração de 30 mg/L (Tabela 5).

Relativo a avaliação de primeira contagem (PC) feita no teste de germinação, observa-se que a melhor condição está em torno da concentração de 10 mg/L em 60 minutos de exposição. Em todas as concentrações, observa-se que existe uma elevação percentual a partir de 30 até 90 minutos. Sendo que no período de 120 minutos existe uma redução do valor. No tempo zero, não houve diferença entre as concentrações. Nos períodos de 30, 60 e 120 minutos foi observado o mesmo comportamento, isto é, a melhor porcentagem na concentração de 10 mg/L (Tabela 5).

6. CONCLUSÃO

O uso da água ozonizada em tratamento de sementes de milho não prejudica a germinação das sementes de milho.

A concentração que favoreceu a germinação de sementes de milho foi a de 10 mg/L.

O período de exposição das sementes de milho em água ozonizada é interessante na faixa entre 30 e 60 minutos.

A qualidade de semente de milho é mantida em lotes com elevada germinação após o tratamento com água ozonizada.

Ocorre uma elevação da germinação das sementes em lote com baixa qualidade após serem submetidos ao tratamento com água ozonizada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL-WAHHAB, M.A.; SEHAB, A.F.; HASSANIEN, F.R.; EL-NEMR, Sh., E., AMRA, H.A.; ABDEL-ALIM, H.A. Efficacy of ozone to reduce fungal spoilage and aflatoxin contamination in peanuts. **International Journal of Nuts and Related Sciences**, v.2, n.4, p. 01-14, 2011.
- ABDUL-BAKI, A.A; ANDERSON, J.D. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: KOSLOWSKI, T.T., (Ed.) **Seed Biology**, 1972. p. 283-309.
- ALMEIDA, E.; ASSALIN, M.R.; ROSA, M.A. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. **Química Nova**, v. 27, n. 5, p. 818-824, 2004.
- ANDRADE, R.V.; AUZZA, S.A.Z.; MARTINS NETTO, C.A.; OLIVEIRA, A.C. Qualidade fisiológica das sementes do milho híbrido simples HS 200 em relação ao tamanho. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.3, p.576-582, 2001.
- ARAÚJO, J. S. D. P.; LOPES, C. A. Niterói-RJ abril de 2009. **Produção de Sementes de Milho Variedade**. p. 1–17, 2009.
- ATKINS, P. W.; **Atkins' Physical chemistry**, 7th ed., 2002.
- BARROS, J.; CALADO, J. **A Cultura do Milho**. p. 1–52, 2014.
- BALAKRISHNANA, P. A., ARUNAGIRIA, A., RAO, P. G., 2002 “Ozone Generation by Silent Electric Discharge and its Application in Tertiary Treatment of Tannery Effluent”. **Journal of Electrostatics**, v. 56, pp. 77–86.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Equipe Técnica de Sementes e Mudanças. **Regras para análise de sementes**,398p. 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa N° 45, de 17 de setembro de 2013. Diário Oficial da União, DF, 20 set. 2013. p. 25, Seção 1.
- BEBER-RODRIGUES, M. **Efeito do gás ozônio na qualidade micotoxicológica de arroz (*Oryza sativa* L.) em casca durante a armazenagem**. 2013. 123p. Dissertação

(Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

BYRUM, J. R.; COPELAND, L. O. Variability in vigour testing of maize (*Zea mays* L.) seed. **Seed Science and Technology**, v. 23, n. 2, p. 543-549, 1995.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012, 590p.

CICCARESE, F.; SASANELLI, N.; CICCARESE, A.; ZIADI, T.; AMBRICO, A.; MANCINI, L. Seed disinfection by ozone treatments. **IOA Conference and Exhibition Valencia**, Spain - October 29 – 31, 2007, p.4.6 – 1.

CICERO, S.M. **Mistura de lotes de diferentes idades e sua relação com a qualidade fisiológica e sanidade das sementes e desempenho das plantas de milho (*Zea mays* L.)**. An.ESALQ, Piracicaba, 1987.119p.

COIMBRA, R.A. et al. Teste de germinação com acondicionamento dos rolos de papel em sacos plásticos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 29, n. 1, p. 92-97, 2007.

DIAS, M.A.N.; MONDO, V.H.; CICERO, M.S.M. Vigor de sementes de milho associado à mato competição. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n.2, p.93-101, 2010.

DIAS, L.W.; BRUNES, A.P.; MARTINS, B.N.; GEHLING, V.M.; FIN, S.S.; VILLELA, F.A. Qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas com ácido butírico. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v.10, n.5, p.58-62, 2016.

EL-DESOUKY, T.A., SHAROBA, A.M.A., EL-DESOUKY A.I., EL-MANSY, H.A., NAGUIB K. Effect of Ozone Gas on Degradation of Aflatoxin B1 and *Aspergillus Flavus* Fungal. **J Environment Analytic Toxicol**, v.2, p.128, 2012.

FDA (Food and Drug Administration). Revised, 2013. **Direct Food Substances Affirmed as Generally Recognized as Safe**. Disponível em: <<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?fr=184.1563>>. Acesso em: 19/11/2017.

FALCÃO, H.L. **Ozonium Systems Ltda.** Divulgação da empresa, folder explicativo e imagens de produtos, 2009.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho.** 2.ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360p.

GIURIZZATO, M.I.K.; ROBAINA, A.D.; GONÇALVES, M.C.; MARCHETTI, M.E. Qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas ao hidrocondicionamento. Maringá, **Acta Scientiarum Agronomy**, v.30, n.5, p.711-717, 2008.

GLAZE, W. H., KANG, J.-W., CHAPIN, D. H “The Chemistry of Water Treatment Processes Involving Ozone, Hydrogen Peroxide and Ultraviolet Radiation” **Ozone Science & Engineering**, v. 9, p. 335-352, 1987.

GRAHAM, D. M, Use of ozone for food processing. **Food Technol.** p.72-75, 1997.

GÜZEL-SEYDIM, Z.; GREENE, A. K.; SEYDIM, A. C. Use of ozone in the food industry. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, v.37, p.453-460, 2004.

HAMEED, A., FAROOQ, S., IQBAL, N.; ARSHAD, R. Influence of exogenous application of hydrogen peroxide on root and seedling growth on wheat (*Triticum aestivum* L.). **International Journal of Agriculture & Biology**, v.6, n.2, p.366 – 369, 2004.

HARRISSON, J. F. “Ozone for Point-of Use, Point-of-Entry, and Small Water System Water Treatment Applications – **A Reference Manual, Water Quality Association**, 86pp, 2000.

HSIEH, S. P. Y., NINQ, S. S., and TZENG D. D. Control of turf grass seedborne pathogenic fungi by ozone. **Plant Pathol. Bull.** v.7, p.105-112, 1998.

KELLS, S. A.; MASON, L. J.; MAIER, D. E.; WOLOSHUK, C. P. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. **Journal of Stored Products Research**, v.37, p.371-383, 2001.

KIM, J.G.; YOUSEF, A.E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. **Journal of Food Protection**, v. 62. n.9, p. 1071-1087, 1999a.

KIM, J.G.; YOUSEF, A.E.; CHISM, G.W. Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. **Journal of Food Safety**, v.19, p.17-34, 1999b.

KIM, J.G.; YOUSEF, A.E.; KHADRE, M.A. Ozone and its current and future application in the food industry. In: TAYLOR, S.L (Ed.) **Advances in Food and Nutrition Research**, v.45, pp. 167-218, 2003.

KHADRE, M.A.; YOUSEF, A.E.; KIM, J.G. Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review. **Journal of Food Science**, v.66, n.9, p.1242-1252, 2001.

KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**, 1999. p. 2.1-2.24.

KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P. Novas tendências no tratamento efluentes têxteis. **Química Nova**,v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes: programa regional de desenvolvimento científico e tecnológico**.Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LAZAROVA, V.; SAVOYE, P.; JANEX, M. Advanced wastewater disinfection technologies: state of the art and perspectives. **Water Science Technology**, v. 40, n. 4-5, p. 201-213, 1999.

LERAYER, A.; VILLARI, A. C. **Guia do milho:Tecnologia do campo à mesa**,2010.

LUO, X.; WANG, R.; WANG, L.; LI, Y.; BIAN, YUANYUAN, B.; CHEN, Z. Effect of ozone treatment on aflatoxin B1 and safety evaluation of ozonized corn. **Food Control**, v. 37, p. 171-76, 2014.

MacDonald, M. T.; Lada, R. R. Seed preconditioning with natural and synthetic antioxidants induces drought tolerance in tomato seedlings. **Hortscience**, v.44, p.1323-1329, 2009.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 76-177, 1962.

MARIQUE, T.; ALLARD, O.; SPANOGHE, M. Use of self-organizing map to analyze images of fungi colonies grown from *Triticum aestivum* seeds disinfected by ozone treatment. **International Journal of Microbiology**. 5p. 2012.

McDONALD J.R. A review and evaluation of seed vigor tests. **Proc. Assoc. off Seed Anal.**, 65:109-39. 1975.

McDONALD, M.B. The history of seed vigor testing. **Journal of Seed Technology**, v.17, n.2, 1993. p. 93-100.

MAHMOUND, A.; FREIRE, R. S. Métodos emergentes para aumentar a eficiência do ozônio no tratamento de águas contaminadas. **Química Nova**, v. 30, n. 1, p.198-205, 2007.

MARCOS FILHO, J. **Teste de envelhecimento acelerado**. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes, 1999. cap.3, p. 1-24.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2.ed, 2015. 659p.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, J.A.D. Condicionamento fisiológico de sementes de couve-flor e desempenho das plantas em campo. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.1, p.165-169, 2008.

MARTIN, T. N. et al. Questões relevantes na produção de sementes de milho - primeira parte. **Uruguiana**, v. 14, n. 1, p. 119–138, 2007.

MENDEZ, F.; MAIER, D. E.; MASON, L. J.; WOLOSHUK, C. P. Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and performance. **Journal of Stored Products Research**, v.39, p.33-44, 2003.

MURUNGU, F.S.; NYAMUGAFATA, P.; CHIDUZA, C.; CLARK, L.J.; WHALLEY, W.R. Effects of seed priming and water potential on germination of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.) in laboratory assays. **South African Journal of Plant and Soil**, v.2, p.64-70, 2005.

NOVAK, J.S.; YUAN, J.T.C. The Ozonation Concept: Advantages of ozone Treatment and Commercial Developments. In :Tewari, G.; Juneja, V.K. (Eds.) **Advances in Thermal and Non-Thermal Food Preservation**. Ames: Blackwell Publishing, 2007, . 185-193.

OLIVEIRA, A.S.; SILVA-MANN, R.; SANTOS, M.F.; GOIS, I.B.; BARRETTO, M.C.V. Condicionamento osmótico em sementes de milho doce submetidas ao armazenamento. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.4, p.444-448, 2007.

OLIVEIRA, R.M.; WOSHC, C.L. Ozonólise: A busca por um Mecanismo. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. **Química Nova**. Vol. 35, No. 7, 1482-1485, 2012.

PAES, M. C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **EMBRAPA.Circular Técnica 75**, v. 75, p. 6, 2006.

PEREZ, S.C.J.G.A.; NEGREIROS, G.F. Efeitos do pré-condicionamento na viabilidade e no vigor de sementes de canafístula (*Peltophorum dubium* Spreng. Taub.) em condições de estresse. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.1, p.175-183, 2001.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

POPINIGIS, F. **Fisiologia de sementes**. Brasília: Agiplan, 1977. p. 289.

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

RIDEAL, E. K.; M.B.E; M.A. **The Manufacture of Chemicals by Electrolysis. Ozone, 1920. University of Illinois**. Digitized by the Internet Archive in 2007 with funding form Microsoft Corporation. Disponível em: <<https://archive.org/details/ozonerid00rideuoft>>. Acesso em 19/11/2017

ROZADO, A.F., FARONI, L.R.A., URRUCHI, W.M.I., RAUL GUEDES, R.N., PAES, J.L. Aplicação de ozônio contra *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* em milho armazenado. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.12, n.3, p.282–285, 2008.

RUBIN M. B. (2003). History of Ozone. Part III. C.D. **Harries and the introduction of ozone into organic chemistry**. Helv Chim Acta, 86, 930-940.

SANTOS, J. E. **Difusão e cinética de Decomposição do Ozônio no Processo de**

Fumigação de Grãos de Milho (*Zea mays* L). 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2008.

SANTOS, P.E.C.; SOUZA, P.I.M.; CARMONA, R.; FAGIOLI, M.; SPEHAR, C.R.; VILLAS BÔAS, H.D.C. Especial ABRASEM. Matéria Técnica - Semente é tecnologia. **Revista Agroanalysis**, p. 31-37, março de 2014.

SAVI, G.D.; PIACENTINI, K.C.; BITTENCOURT, K.O.; SCUSSEL, V.M. Ozone treatment efficiency on *Fusarium graminearum* and deoxynivalenol degradation and its effects on whole wheat grains (*Triticum aestivum* L.) quality and germination. **Journal of Stored Products Research**, p.1-9, 2014.

SASAKI, K., KISHITANI, S., ABE, F.; SATO, T., Promotion of seedling growth of seeds of rice (*Oryza sativa* L. cv Hitomabore) by treatment with H₂O₂ before sowing, **Plant Production Science**, v.8, p.509 – 514, 2005.

SERGIPANO, F. **Qualidade de sementes**, p. 9-10, 2007.

SCHÖNBEIN, C. F.; Comptes Rendus Hebd. **Séances Acad. Sci.** v. 10, p. 706, 1840.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. **Principal components analysis in the software assistat-statistical assistance.** In: 7th World Congress on Computers in Agriculture, 2002, Reno. **Proceedings of the 7th World Congress on Computers in Agriculture.** St. Joseph: ASABE, 2002. v. CD-Rom. p.1-5.

SUDHAKAR, N.; NAGENDRA-PRASAD, D.; MORAN, N.; HILL, B.; GUNASEKARAM, M.; MURGESAN, K. Assessing influence of ozone in tomato seed dormancy alleviation. **American Journal of Plant Sciences**, v.2, p. 443-448, 2011.

TORRES, E.A.F.S., et al. Estudo das Propriedades Desinfetantes do Ozônio em Alimentos. **Higiene Alimentar**. v.10, n.42, p.18 – 23, mar.- abr., 1996.

USEPA -United States Environmental Protection Agency. Alternative disinfectants and oxidants guidance manual. 1999.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

VIOLLEAU, F.; HADJEBA, K.; ALBET, J.; CAZALIS, R.; SUREL, O.; Increase of corn seeds germination by oxygen and ozone treatment. **IOA Conference and Exhibition**, Valencia, Spain - October 29 – 31, 2007.

YVIN, J.C.; COSTE, C., Method and system for the treatment of seeds and bulb with ozone, **World Patent**, WO09523, 1995.

YOUNG, J.C.; ZHU, H.; ZHOU, T. Degradation of trichothecene mycotoxins by aqueous ozone. **Food and Chemical Toxicology**, v.44, p.417-424, 2006.