UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UNB
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA – FAV
CAMPUS DARCY RIBEIRO

UTILIZAÇÃO DO OZÔNIO NO CONDICIONAMENTO DE SEMENTES DE MILHO

CAIO CÉSAR ROSA

BRASÍLIA, DF

DEZEMBRO DE 2017

Universidade de Brasília – UNB
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – FAV
Campus Darcy Ribeiro

CAIO CÉSAR ROSA

UTILIZAÇÃO DO OZÔNIO NO CONDICIONAMENTO DE SEMENTES DE MILHO

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.

ORIENTADOR: PROF. ERNANDES RODRIGUES DE ALENCAR

Brasília, DF

Dezembro de 2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Rosa, Caio César
UTILIZAÇAO DO OZÔNIO NO CONDICIONAMENTO DE SEMENTES DE MILHO Caio César Rosa;
Orientador Ernandes Rodrigues Alencar; Co-orientador Nara Oliveira Silva Souza. -- Brasília, 2017.
42 p.

Monografia (Graduação - Agronomia) -- Universidade de Brasília, 2017.

1. Ozônio. 2. Zea mays. 3. Germinação. 4. Vigor.
I.Alencar, Ernandes Rodrigues, orient. II. Souza, Nara Oliveira Silva, co-orient.

Cessão de direitos

Nome do Autor: Caio César Rosa

Título: Utilização do ozônio gasoso no condicionamento de sementes de milho com diferentes padrões de qualidade fisiológica.

Ano: 2017

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desse relatório e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva - se a outros direitos de publicação, e nenhuma parte desse relatório pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

CAIO CÉSAR ROSA

UTILIZAÇAO DO OZÔNIO NO CONDICIONAMENTO DE SEMENTES DE MILHO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, como parte das exigências do curso de Graduação em Agronomia, para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em 07de Dezembro de 2017.

COMISSÃO EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Ernandes Rodrigues de Alencar
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília
Orientador

_____

Profª Drª. Nara Oliveira Silva Souza
Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília
Examinador

_____

Prof. Dr. Anderson Marcos de Souza
Faculdade de Engenharia Florestal –
Universidade de Brasília
Examinador

Ao Santíssimo Deus, onipresença de força e misericórdia. À meus pais, Eduardo Antônio Rosa e Cátia Cilene Rodovalho Rosa. À minha irmã Ana Laura Rosa. À minha família. Aos meus amigos. À minha avó, *Astrogilda Ribeiro Rosa* e à minha prima, *Sofia Rosa Silva (In memoriam).*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À **Deus**, todo poderoso e benevolente, que me guia e ilumina as minhas escolhas e ao meu caminho, me livra de todo o mau do mundo. Ele quem possibilitou a minha vida. À ele toda minha gratidão.

Aos meus pais**, Cátia Cilene Rodovalho Rosa** e **Eduardo Antônio Rosa**, por todo o amor e confiança depositados em mim. Pela educação e moldura do meu caráter, pelo apoio incondicional, e por construírem um exemplo de família que levarei comigo ao longo de toda a minha vida.

À minha irmã, **Ana Laura Rosa**, pela amizade fraterna e apoio, desde as nossas infâncias, por reconhecer nela o verdadeiro sentido da expressão "amor ao próximo".

À toda minha **Família**, base de toda a vida, à eles a minha devoção de amor.

Aos meus amigos de vida, em especial **Augusto Rollemberg** e **Danilo Borges**, pelos conselhos, por toda irmandade construída ao longo de muitos anos e por partilharem comigo as alegrias e tristezas, à quais estamos sujeitos.

À **Vivian Larrat e família**, por todo o acolhimento que me deram, pelos conselhos e por toda a forma de carinho com que me tratam. À eles, a minha afetuosa lembrança.

Às amizades feitas durante o período de graduação, em especial **Ewerton Vieira; Gabriel Ribeiro; Giuseppe Aquila; Gustavo Cezar; Hyan Canales; Larissa Martins; Lucas Rodrigues; Pedro Araujo; Reinaldo Coleone**, por estarem presente durante todo o curso, pelo incentivo e ajuda sem a qual não seria possível a conclusão deste trabalho.

Ao **corpo Docente da Faculdade de Agronomia**, pelos ensinamentos, auxílio e disponibilidade. Por sonharem com um futuro promissor por nós e por serem espelhos de profissionais.

Aos orientadores **Ernandes Alencar** e **Nara Souza**, pela disponibilidade e prontidão com que me auxiliaram. Pela inspiração que transmitem pelo entusiasmo com a ciência e pesquisa. Por serem excelentes profissionais e possibilitarem a minha formação, meu muitíssimo obrigado.

À **Todos** que de alguma forma possibilitaram o meu êxito na conclusão desta monografia.

"*Então disse Deus: ' Cubra-se a terra de vegetação: plantas que dêem sementes e árvores cujos frutos produzam sementes de acordo com sua espécie. ' E assim foi. A terra fez brotar a vegetação: plantas que dão sementes de acordo com suas espécies e árvores cujos frutos produzem sementes de acordo com as suas espécies. E Deus viu que ficou bom. "*

(Gênesis, 1:11-12)

RESUMO

Utilização do ozônio no condicionamento de sementes de milho

A aplicação de ozônio como agente sanitário é uma técnica já consolidada para o controle de microrganismos, em especial em sementes de plantas cultivadas. Além de sua utilização como sanitizantes, outros propósitos estão sendo estudados. Nesse viés, trabalhos que estudam o efeito do ozônio na qualidade fisiológica de sementes ainda são incipientes. Com esse propósito, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da ozonização na qualidade de sementes de milho. Dois lotes de sementes foram submetidos ao gás ozônio na concentração de 10mg L^{-1} e 30mg L^{-3}. Adotou-se cinco períodos de exposição, 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 horas, compondo um fatorial 2x5 – duas condições de concentração e cinco períodos de exposição. Sementes sem exposição ao ozônio foram consideradas testemunhas. Foram avaliados como parâmetros de qualidade: Germinação; Comprimento de plântula, Comprimento de raiz, Comprimento de parte aérea; Índice de Velocidade de germinação e Condutividade elétrica. O delineamento estatístico adotado às análises foi o inteiramente casualizado. Verificou-se efeito benéfico da ozonização quando se adotou menores períodos de exposição na qualidade fisiológica de sementes de milho. O condicionamento de sementes foi maior pronunciado nas sementes de qualidade inferior. A concentração de 10 mg L^{-1} apresentou melhores resultados em detrimento da concentração de 30 mg L^{-1} do gás.

Palavras-chave: Ozônização; *Zea mays*; germinação; vigor

ABSTRACT

Effeects of ozone's appliance on corn seeds

Ozone's aplliance as sanitizer had already been a strenghthen technique for microorganism control, in particular for cultivated plants' seeds. Beyond it's use as means of sanitizer, other applications have been studied. Under the current perspective, studies conducted about the effects of ozone's aplliance over physiological quality are yet incipent. For this reason, the following study intended to evaluate the effects of ozone's appliance over the physiological quality on corn seeds. Two corn batches were exposed to ozone on 10mg L^{-1} e 30mg L^{-3} gas' concentration.Embraced five exposure time periods, 0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 hours, on a factorial design 2x5, over two ozone concentration and five exposure time periods.The control treatment were exposed to oxygen gas.The quality parameters of the corn seeds evaluated were, germination; germination's speed rate; root length; seedlings lenght; aerial seedlings lenght and electrical conductivity.The trial design were fully casualty.Positive outcomes were observed on corn seeds physiological quality over shortened exposured time periods.Low quality corn seeds pronounced more significant seeds conditioner.10mg L^{-1} ozone gas' concentration seemed to outcome better results in comparison with 30mg L^{-3}.

Keywords: Ozone's appliance; *Zea mays*; germination; vigor

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da análise de variância referente ao percentual de germinação (GER), comprimento da parte área (CA), comprimento de raiz (CR), comprimento da plântula (CP), índice de velocidade de germinação (IVG) e condutividade elétrica (CE) de sementes de milho (genótipo inferior) ozonizadas nas concentrações (CO) de 10 e 30 mg L^{-1} e períodos de exposição (PE) de 0, 30, 60, 90 e 120 min**Erro! Indicador não definido.**3

Tabela 2 - Resumo da análise de variância referente ao percentual de germinação (GER), comprimento da parte área (CA), comprimento de raiz (CR), comprimento da plântula (CP), índice de velocidade de germinação (IVG) e condutividade elétrica (CE) de sementes de milho (genótipo superior) ozonizadas nas concentrações (CO) de 10 e 30 mg L^{-1} e períodos de exposição (PE) de 0, 30, 60, 90 e 120 min 24

Tabela 3. Valores médios de percentual de germinação, comprimento da parte aérea (cm), comprimento da plântula (cm) e índice de velocidade de geminação em sementes de milho (genótipo inferior) submetidas à ozonização nas concentrações de 10 e 30 mg L^{-1}, por até 120 min 25

Tabela 4. Valores médios de comprimento de raiz e de condutividade elétrica em sementes de milho (genótipo inferior) submetidas a ozonização por até 120 min..... 26

Tabela 5. Valores médios de índice de velocidade de geminação em sementes de milho (genótipo superior) submetidas à ozonização nas concentrações de 10 e 30 mg L^{-1}, por até 120 min 27

Tabela 6. Valores médios de percentual de germinação, comprimento da parte aérea (cm), comprimento da plântula (cm) e de condutividade elétrica (µS cm^{-1} g^{-1}) em sementes de milho (genótipo superior) submetidas a ozonização por até 120 min..... 27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
2. OBJETIVOS 13
2.1 Objetivo Geral 13
2.2 Objetivos Específicos 13
3. REVISÃO DE LITERATURA 14
3.1 Aspectos de Economia e Contextualização do Cenário do Milho 14
3.2 Qualidade fisiológica de sementes de milho 15
3.2.1. Germinação de sementes 16
3.2.2 Vigor de sementes 17
3.3 Condicionamento de Sementes 17
3.4 Características e uso do gás ozônio 18
4. MATERIAL E MÉTODOS 19
4.1 Características das sementes utilizadas 19
4.2 Local de realização do experimento 20
4.3 Obtenção do gás Ozônio 20
4.4 Exposição de Sementes ao gás Ozônio 20
4.5 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes 21
4.5.1 Teste de Germinação (TPG) 21
4.5.2 Comprimento de Plântula (CP), Comprimento de parte aérea (CA) e Comprimento de Radícula (CR) 21
4.5.3 Índice de Velocidade de Germinação (IVG 21
4.5.4 Condutividade Elétrica 22
4.6 Procedimento Estatístico 22
5. RESULTADOS 23
6. DISCUSSÃO 28
7. CONCLUSÕES 31
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 32

1. INTRODUÇÃO

Sendo um dos cereais mais tradicionais cultivados mundialmente, o milho ocupa posição de destaque nesse cenário em nível de produção, especialmente no Brasil. Segundo estimativa da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) para a safra 2017/2018, a produção total de milho será de 93 milhões de toneladas. (CONAB, 2017).

O milho é um dos alimentos mais importantes do mundo, o uso direto na alimentação, humana ou animal, e indireto em outras formas de consumo, ratifica a essencialidade de boas práticas agrícolas no seu manejo, para que seja possível obter grandes volumes de produção e dar sequência em processos da cadeia alimentar deste grão. Um dos componentes necessários à ótima produtividade e, por conseguinte, produção é a qualidade de sementes no momento de estabelecimento do campo (BORÉM et.al, 2015).

A qualidade de sementes pode ser definida pela soma de particularidades qualitativas que conferem à semente características de desempenho elevado que tem como finalidade obter o maior rendimento possível condicionado por sua composição genética (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Sementes provenientes de boa formação, de boa qualidade, demonstram em campo um potencial produtivo uniforme. Características que expressam o valor fisiológico da semente, como o vigor, estão relacionadas também a diversos outros fatores principalmente abióticos, como condições do clima no fim do estágio fenológico da maturação de sementes, condições de armazenagem, níveis de danos mecânicos. (CARVALHO; NAKAGAWA, 2010). Uma vez que sementes são expostas a fatores que não podem ser controlados pelo homem, é possível que haja deterioração e redução de aspectos de interesse agronômico. Desta forma, é fundamental a adoção de técnicas que possibilitem a restauração de parâmetros qualitativos de sementes que se encontram em baixos níveis de potencial fisiológico e/ou medidas que melhorem esse potencial à nível de planta e campo como tecnologia em prol da conservação da fonte de propágulo sadio.

Técnicas de condicionamento fisiológico tem como objetivo reduzir o tempo de germinação de sementes, bem como evoluir a emergência de plantas por meio da submissão de sementes a determinados tratamentos (CASTRO; HILHORST, 2004). De acordo com Maximiano (2017) a embebição de sementes de milho em água com

concentrações de ozônio até 30 mg L^{-1} de ozônio não afetou a germinação de plântulas e ainda reduziu a perda de conteúdo celular das sementes, evidenciando uma alternativa de condicionamento às sementes sem deterioração de aspectos qualitativos. Ainda que seja uma prática meticulosa, requerendo ajustes de concentrações e tempo de exposição, percebe-se ozonização como condicionador de sementes pode ser uma técnica promissora.

O gás ozônio (O_3) tem como característica ser um excelente veículo oxidante gerado facilmente *in loco* por meio de descargas elétricas (KIM et al., 1999). Sua utilização é atrativa, principalmente pela indústria alimentícia, por ser um forte agente antimicrobiano com aplicações principalmente contra: bactérias, fungos, bolores, parasitas, vírus, leveduras entre outros contaminantes. Outra aplicação de interesse é no controle de insetos e fungos de grãos armazenados, pela facilidade e eficácia de controle, além de desprezar a manipulação com recipientes de produtos químicos, pela particularidade do gás, que em razão de uma meia vida curta e o produto, não tóxico, espontâneo de sua decomposição ser o oxigênio (KELLS et al., 2001; MENDEZ et al., 2003).

Ainda assim, a aplicação do gás ozônio como condicionador de sementes surge como uma tecnologia ainda pouco estudada, que precisa ser aprimorada como forma alternativa de revigoramento. Desta forma, o intuito do trabalho é avaliar o efeito do ozônio gasoso no condicionamento de sementes de milho com diferentes padrões de qualidade fisiológica.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito do ozônio gasoso no condicionamento de sementes de milho com diferentes padrões de qualidade fisiológica.

2.2 Objetivos Específicos

1). Verificar os efeitos das duas concentrações de ozônio adotadas sobre os parâmetros qualitativos avaliados

2). Avaliar o efeito da combinação de diferentes combinações de concentração do ozônio e período de exposição na qualidade fisiológica de sementes de milho com baixo percentual de germinação inicial.
3). Avaliar o efeito da combinação de diferentes combinações de concentração do ozônio e período de exposição na qualidade fisiológica de sementes de milho com alto percentual de germinação inicial.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Aspectos de Economia e Contextualização do Cenário do Milho

A cultura do milho (*Zea mays L.*) tem grande relevância no cenário nacional e mundial. Está entre os cereais que sempre figura na ponta da escala de volume de produção, devido à sua composição, de alto valor energético e custo baixo, além das diversas formas de utilização e consumo (BORÉM; et.al, 2015).

Muito embora seja cultivado em uma amplitude latitudinal expressiva, a produção de milho é concentrada em alguns países principais: Argentina, Brasil, China e Estados Unidos, que juntos tem a representatividade em torno de 70% do volume total de produção deste cereal (USDA, 2017). Ainda que a necessidade pelo milho não tenha diminuído, as áreas de produção tendem a reduzir nas próximas safras, em virtude dos estoques mundiais se encontrarem em níveis elevados, desta forma, diminuindo o preço pago pela *commodity* num comparativo com o mesmo período da safra passada 2016/2017 (USDA, 2017).

No Brasil, o cultivo de milho se estende em quase todo o território em diversos níveis de tecnologias, fazendo com que se obtenham dados discrepantes de produção, em que, àqueles mais tecnificados obtém as maiores médias, enquanto a agricultura de milho de subsistência com médias menores. O escoamento dessa produção ainda apresenta problemas de logística e administração, verifica-se uma grande barreira, por essa larga amplitude de plantio, a distância entre a lavoura e os portos, e as péssimas condições das rodovias, que ainda são os principais meios de acesso da fazenda às centrais de abastecimento e exportações (CARDOSO; BORÉM; PIMENTEL, 2015).

No mercado interno brasileiro, assim como acontece em nível mundial, a previsão é de redução de área total de milho cultivada, primeira e segunda safra, nos principais polos produtivos do país. Algumas causas são apontadas como motivo desta

redução, dentre elas: a janela de chuvas que tem se reduzido cada vez mais, o ataque de cigarrinhas (*Dalbulus maidis* , praga-chave da cultura) e o cultivo da soja em detrimento ao semeio de milho verão (CONAB, 2017).

Mesmo que a supremacia do cultivo de milho seja o milho verão, ou milho de primeira safra, observa-se, novamente para este ano-safra, a conjuntura encontrada na colheita de 2016/2017, baixos estímulos de preços e a preferência pela cultura da soja assim, a estimativa de novembro levantada pela Conab para a intenção do primeiro plantio de milho para o ano de 2017/2018 é uma redução de 7,5% a 11,5% em relação à safra anterior (CONAB, 2017).

3.2 Qualidade fisiológica de sementes de milho

O efetivo retorno da produção de sementes é dependente da correlação com atributos definidos por Popinigis (1977), no que se refere à qualidade de sementes: i) atributos Genéticos, que se caracteriza por relacionar semente à pureza varietal, potencial de produção (capacidade de expressar genes associados à produção), resistência a pragas (microrganismos e insetos), homogeneidade; ii) Atributos Físicos: expressa os danos mecânicos, pureza física do lote/amostra, teor de água na semente entre outros; iii) Atributos Fisiológicos: potencial da semente em realizar suas atividades metabólicas, expressas, principalmente, pela germinação, vigor e longevidade; iv) Atributos Sanitários: combinação de fitopatógenos à semente.

Ainda nesse sentido, todos os atributos que expressam como resultado final a qualidade de semente de excelência têm o mesmo peso, ou seja, são equiparadas em grau de importância para atingir-se o objetivo que é a geração de uma nova planta produtiva. Considerando-se, entretanto, uma vez que o potencial germinativo e vigor de semente sejam insuficientes em exercer seu papel, todos os outros atributos tornam-se desprezíveis, logo, pesquisadores têm-se atentado, majoritariamente, na ciência de parâmetros qualitativos da fisiologia de sementes (POPINIGIS, 1977).

O parâmetro fisiológico recebe esse destaque em razão dos diversos processos destrutivos inerentes a sementes, dos mais variados tipos, bioquímico, fisiológicos e físicos que ocasionam perda de vigor após a maturação (MARCOS FILHO, 2005). Durante todas as etapas do processo de obtenção de semente, desde o plantio, manejo em campo, colheita, secagem, até a armazenagem e comercialização, as características,

uma vez conferida de seus progenitores, estão sujeitas a deterioração; incapacitando, assim, o campo a obter a máxima lucratividade (ANDRADE et al., 2001).

A qualidade de sementes postas a campo determinará o potencial produtivo de uma lavoura comercial. Boas características fisiológicas em sementes resultam em melhor eficiência de desempenho metabólico, maior área foliar e níveis de crescimento — que implicam em maior taxa de matéria seca e rendimento da cultura. (KOLCHINSKI, 2006). Isso denota a importância que a descrição dos efeitos da qualidade de sementes em geral tem papel significativo no agronegócio brasileiro.

A aptidão fisiológica de sementes possui efeito indireto no rendimento de campo por impactar negativamente a velocidade de emergência de plântulas e por sucessão o estande inicial, tal como a produção de grãos (TEKRONY; EGLI, 1991). Trabalhos realizados a partir de combinações de populações de sementes em vários níveis de qualidade demonstram que plantas oriundas de lotes com qualidade fisiológica superior 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, e como consequência, maior rendimento (SCHUCH, 2000; KOLCHINSKI, 2003).

3.2.1. Germinação de sementes

A germinação de sementes pode ser entendida como a continuidade de processos do metabolismo que tem como resultado o desenvolvimento do embrião e formação de uma plântula. O desencadeamento dos processos enzimáticos responsáveis pelo prolongamento da raiz e formação da plântula requer energia, proveniente do material de reserva intrínseco a semente, responsáveis pelo surgimento de novos tecidos (MARCOS FILHO, 1986; MARCOS FILHO 2005).

Para que o processo germinativo ocorra é indispensável que se garanta o teor mínimo de água podendo variar conforme a espécie (SÁ, 1987). A água, então, tem papel importantíssimo para o conjunto de transformações químicas que ocorrem nas células, funcionando como ativador de enzimas e como transportador de reagentes. Confere-se a embebição, em elevado grau de importância, papel fundamental à germinação pelo umedecimento dos tecidos superficiais (tegumentos), marcando o início da retomada das atividades metabólicas e trocas gasosas (MARCOS FILHO, 2005).

3.2.2 Vigor de sementes

A definição de vigor de sementes, ainda que haja divergências na sua formulação, 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). O atributo vigor pode ser modificado pela incidência de fatores sobre a semente, tais quais, ataque de pragas ou microrganismos, condições de armazenagem, interação do genótipo com o ambiente, durante o ciclo de desenvolvimento, e ainda de fatores anteriores à sua formação, como a qualidade nutricional de seus progenitores durante ciclo vital (MARCOS FILHO, 2005). Vigor é situação e pujança inerente a semente que viabiliza a germinação rápida sob condições climáticas e de ambiente variadas. (WOODSTOCK, 1986). Particularidades que quantificam a capacidade germinativa e emergência de plantas em campo, de forma veloz e padrão, independente das condições encontradas, determinam o vigor (AOSA, 1983). Diversas características influenciam o máximo potencial das sementes, todavia, o genótipo, ou a base de genes constituinte da semente, é a de maior essencialidade (PRETE; GUERRA, 1999).

Testes de vigor são propostos pela literatura como forma de avaliar os diferentes níveis deste atributo de maneira a classificar lotes de sementes. Com as condições encontradas em campo, hoje, a preocupação com a qualidade de insumo que é adquirida, principalmente pelo alto valor pago, obriga cada vez mais a indústria sementeira a ser compromissada e rigorosa com os processos de produção de sementes. Existem métodos diretos de avaliação de vigor, àqueles que procuram simular as condições de campo; e indiretos, àqueles a partir de avaliações de atributos que se relacionam com vigor — físicos, bioquímicos e fisiológicos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012)

3.3 Condicionamento de Sementes

A qualidade de sementes pode ser caracterizada pela taxa de germinação e vigor. O vigor pode ser quantificado pela soma de particularidades que concede a semente o potencial de germinação, emergência e capacidade em gerar plântulas normais sob

influência de distintas condições abióticas encontradas no campo (AOSA, 1983; SIADAT et al., 2012)

O condicionamento fisiológico consiste na técnica onde sementes que se encontram em elevado nível de deterioração são submetidas a tratamento, que possibilita a restauração de alguns atributos da qualidade fisiológica que são importantes para o uso dessas sementes e as capacitam, uma vez que 'revigoradas', a gerar uma planta (LANTERI et al., 1996).

Tratamentos que possibilitam o condicionamento fisiológico atuam, com maior expressão, sobre o vigor de sementes. Tal parâmetro tem como peculiaridade, ser contrariamente proporcional ao processo de deterioração, processo este que reduz a viabilidade, longevidade e qualidade de modo geral, seja pelo envelhecimento ou condições desfavoráveis a estabilidade das sementes (SIADAT et al., 2012). Por consequência desses aspectos, usa-se o termo revigoramento de sementes para técnicas que possibilitam a restauração do vigor de sementes em sementes degradas, de acordo com a literatura (SILVA et. al., 2016).

Verificou-se diferença significativa ao avaliar os efeitos do tratamento de condicionamento fisiológico de sementes, em comparação à testemunha, no experimento que avaliou sementes de soja no desempenho de plantas e componentes produtivos, número de vagens (MOHAMMADI, 2009).

3.4 Características e uso do gás ozônio

A molécula de oxigênio (O_2) adicionada de um átomo de oxigênio da origem a uma nova molécula, instável, o ozônio – oxigênio triatômico – (O_3). O gás de três átomos é gerado naturalmente resultado de relâmpagos ou radiação ultravioleta (KIM et al., 1999).

O ozônio em sua forma gasosa tem cheiro forte característico, de pouca estabilidade e solubilidade parcial em água e destaque para ação sanitária sobre alimentos. Os produtos gerados a partir de sua degradação não formam compostos halogenados à matéria orgânica. (SILVA et al., 2011). A peculiaridade verificada nesse gás é a eficácia da sanitização mesmo em concentrações baixas e pouco tempo de contato do gás com o produto (KIM et al., 1999; PRESTES, 2007).

O gás ozônio atualmente vem sendo estudado como alternativa a agentes sanitizantes como o cloro e possui um grande espectro de ação, atuando sobre

microrganismos, leveduras, bolores e esporos de patógenos (ÖZTEKIN et al., 2006; WHANGCHAI et al., 2006; ALENCAR et al., 2012).

O controle de microrganismos por via da ozonização acontece pela oxidação de alguns componentes vitais. A princípio, o gás atua na membrana celular oxidando lipídeos, proteínas e aminoácidos essenciais da parede celular tornando-a permeável e promovendo sua rápida lise. Estes processos desencadeiam uma série de processos destrutivos, como o ataque a complexos enzimáticos podendo provocar alteração até mesmo no material nuclear, como ocorre em alguns vírus (SILVEIRA, 2004).

Uma das vantagens em utilizar este gás em detrimento a outros agentes sanitizantes similares está na possibilidade em gerar ozônio em escala comercial em loco da utilização. Considerado um dos mais fortes veículos de oxidação, o produto de sua degradação é o próprio oxigênio, produto não tóxico ao meio ambiente, sem efeito residual e sem impactos na composição dos alimentos (KIM et al., 1999; YOUNG et al., 2004; MENDEZ, 2003).

Outra opção para a utilização de ozônio é a dissolução em água, favorável ao controle de fungos, bactérias, bolores, protozoários entre outros microrganismos num comparativo ao hipoclorito ou cloro. A desinfecção de alimentos por meio da água ozonizada é justificada principalmente quando no processamento do alimento é requerido uma etapa de lavagem, de tal forma que, com a aplicação dessa tecnologia será atingido a meta de limpeza e sanitização (KECHINSKI, 2007).

Violleau et al. (2007), em experimento com sementes de milho sob tratamento com oxigênio puro ($[O_3]$ = 0 g / m^3) e ozônio ($[O_3]$ = 20 g / m^3) durante 6, 8 e 20,5 minutos avaliou comprimento de plântula e raiz, após 3, 4 e 5 dias. Foi observado nas sementes sob tratamento com ozônio maiores médias, mais ainda, um início mais rápido de germinação e com maior comprimento de raiz. Embora, a medida que a exposição ao ozônio foi incrementada reduziu-se a taxa de germinação.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Características das sementes utilizadas

Os experimentos foram conduzidos com sementes de milho híbrido, SupremoViptera (Lote 1) e AG7098 (Lote 2), adquiridas através da empresa DuPont Pioneer e Sementes Agroceres, respectivamente. O Lote 1 de sementes apresentava

percentual de germinação inicial de 54,0%, enquanto que para o Lote 2 o percentual de germinação inicial era de 86,0%, a partir de análise feita no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade de Brasília.

Os híbridos apresentam características agronômicas desejáveis, tais como porte de planta e inserção de espigas alto, excelente desenvolvimento do sistema radicular e boa qualidade de colmo com a finalidade à produção de grãos.

4.2 Local de realização do experimento

As análises referentes à ozonização foram realizadas no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas e àquelas referentes a qualidade fisiológica das sementes foram realizadas 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.

4.3 Obtenção do gás Ozônio

O gás ozônio foi obtido através de um gerador de ozônio (Modelo O&L 5.0 RM) baseado no método de Descarga por Barreira Dielétrica (DBD). Durante o processo, utilizou-se como insumo oxigênio (O_2) com grau de pureza de 90% obtido através do concentrador de oxigênio junto ao gerador de ozônio.

4.4 Exposição de Sementes ao gás Ozônio

As sementes de milho foram acondicionadas em recipientes de vidro com tubulações de injeção e exaustão na tampa do recipiente. Para cada lote de milho, amostras de 120 g das sementes foram expostas a duas concentrações do gás ozônio, 10 mg L^{-1} e 30 mg L^{-1}, com fluxo contínuo de 1,0 L min^{-1}, em cinco tempos de exposição, 0, 30, 60, 90, 120 minutos, com três repetições.

Depois do processo de ozonização, as sementes foram embaladas em sacos plásticos com a devida identificação e acondicionadas em refrigeração, em temperatura controlada de 5 ºC até o momento da avaliação da qualidade fisiológica.

4.5 Avaliação da qualidade fisiológica das sementes

4.5.1 Teste de Germinação (TPG)

Foram realizadas três repetições de 25 sementes por tratamento da ozonização, 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 levado à câmara de germinação regulada em 25 ºC, durante o período de sete dias, em consonância com as normas descritas nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Decorridos sete dias de duração do teste, realizou-se uma única contagem de plântulas classificadas como normais. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem.

4.5.2 Comprimento de Plântula (CP), Comprimento de parte aérea (CA) e Comprimento de Radícula (CR)

As medições foram realizadas a partir das plântulas classificadas como normais decorrido sete dias do teste padrão de germinação. Para a realização das medições foi afixada régua milimetrada 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 (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

4.5.3 Índice de Velocidade de Germinação (IVG)

Foram realizadas medições de 25 sementes por tratamento da ozonização durante o teste de germinação. As contagens de 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, adotando-se a fórmula proposta por Maguire (1962):

$$IVG= (G^1/N^1) + (G^2/N^2) + (Gn/Nn)$$

Em que:

IVG = Índice de Velocidade de Germinação;

G^1, G^2, Gn = Número de plantas contabilizadas na primeira, segunda...enésima contagem

N^1, N^2, Nn= Número de dias da instalação do teste até o dia da primeira, segunda... enésima contagem

4.5.4 Condutividade Elétrica

Foram utilizadas duas repetições de 50 sementes para cada amostra, anteriormente pesadas em recipiente de plástico (200 mL), submetidas a embebição em água (75 mL) destilada durante um período de 24 horas mantidas a 25ºC (VIEIRA e CARVALHO, 1994). Transcorrido o período de embebição, realizou-se a leitura da condutividade elétrica, por meio do condutivímetro DIGIMED, modelo CD 21, acoplado de eletrodo de constante 1.0. Os resultados foram expressos em $\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$ (VIEIRA; CARVALHO, 1994).

4.6 Procedimento Estatístico

O experimento foi instalado em esquema fatorial 2x5, com duas concentrações do gás ozônio e 5 períodos de exposição, resultando em 10 tratamentos submetidos à cada lote de milho. O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. As análises estatísticas foram executadas no programa Assistat 7.5 (SILVA; AZEVEDO, 2009). Fez-se análise de variância e posteriormente teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS

No que se refere ao Lote 1, que apresentava baixo percentual de germinação inicial (54,0%), obteve-se variação significativa ($p<0,01$) pela interação entre concentração do ozônio (CO) e período de exposição (P) para as variáveis percentual de germinação (GER), comprimento da parte área (CA) e comprimento da plântula (CP), conforme apresentado na Tabela 1. A variável comprimento da raiz (CR) variou significativamente ($p<0,01$) somente em decorrência do período de exposição. Por outro lado, a condutividade elétrica variou significativamente em decorrência da concentração do gás ($p<0,01$) e do período de exposição ($p<0,05$) isoladamente. O índice de velocidade de germinação (IVG) não foi influenciado significativamente ($p>0,05$) pela ozonização.

Tabela 1 - Resumo da análise variância referente ao percentual de germinação (GER), comprimento da parte área (CA), comprimento de raiz (CR), comprimento da plântula (CP), índice de velocidade de germinação (IVG) e condutividade elétrica (CE) de sementes de milho do Lote 1 ozonizadas nas concentrações do ozônio (CO) de 10 e 30 mg L^{-1} e períodos de exposição (PE) de 0, 30, 60, 90 e 120 min

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		GER	CA	CR	CP	IVG	CE
Concentração (CO)	1	4.966,53**	0,42^{ns}	0,28^{ns}	589,64**	0,02^{ns}	20,71**
Período de exposição (P)	4	759,47**	9,83**	6,78**	5,78**	1,26^{ns}	17,91*
CO x P	4	391,87**	1,81**	0,15^{ns}	38,14**	0,86^{ns}	2,18^{ns}
Resíduo	20	34,80	0,28	0,67	0,90	2,78	6,21
CV (%)		8,19	4,69	5,00	3,44	22,93	4,27

^{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 valores médios referentes à qualidade fisiológica das sementes de milho Lote 1 submetidas ao gás ozônio nas concentrações de 10 e 30 mg L^{-1}, por até 120 min. Quando se analisou o percentual de germinação, observou-se incremento mais acentuado para a concentração de 10 mg L^{-1}, com percentual de germinação superior a 90,0% depois de 120 min de exposição ao gás. Destaca-se ainda o expressivo aumento no percentual de germinação depois de 30 min de exposição ao gás com valor médio equivalente a 96,0%. No que se refere ao percentual de

germinação das sementes expostas ao ozônio na concentração de 30 mg L^{-1}, apesar de ocorrido incremento, tal comportamento foi menos expressivo que o observado na concentração de 10 mg L^{-1}. É importante salientar que houve tendência de redução do percentual de germinação depois de 30 min de exposição ao gás. Decorridos 120 min de ozonização na concentração de 30 mg L^{-1}, o percentual de germinação das sementes foi de 52,0%.

Tabela 2. Valores médios de percentual de germinação (GER), comprimento da parte aérea (CA) (cm), comprimento da plântula (CP) (cm) em sementes de milho (genótipo inferior) submetidas à ozonização nas concentrações de 10 e 30 mg L^{-1}, por até 120 min

Concentração (mg L^{-1})	Período de ozonização (min)				
	0	30	60	90	120
	Germinação (%)				
10	54,0±6,0 aB	96,0±4,0 aA	90,7±2,3 aA	89,3±6,1 aA	94,7±6,1 aA
30	54,0±6,0 aB	74,0±2,0 bA	60,0±6,9 bAB	56,0±8,0 bB	52,0±8,0 bB
	Comprimento da parte aérea (cm)				
10	9,3±0,4 aB	12,0±0,1 aA	11,7±0,4 bA	11,2±0,2 bA	11,3±0,7 aA
30	9,3±0,4 aB	12,0±0,7 aA	13,0±0,5 aA	12,5±1,0 aA	9,89±0,3 bB
	Comprimento da plântula (cm)				
10	23,9±0,2 aB	29,3±1,1 aA	29,1±0,8 aA	27,7±0,4 aA	28,0±0,9 aA
30	23,9±0,2 aA	17,5±0,8 bB	18,8±0,41 bB	17,9±0,7 bB	15,4±1,6 bC

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.

O comprimento da parte aérea (CA) nas plântulas do Lote 1 aumentou significativamente quando se adotou a concentração de 10 mg L^{-1}, permanecendo entre 11,2 e 12,0 cm, para período de exposição ao gás na faixa entre 30 e 120 min (Tabela 2), na linha. Todavia, quando se utilizou a concentração de 30 mg L^{-1}, apesar de ter ocorrido incremento do CA para período de exposição entre 30 e 90 min, houve redução para período de exposição de 120 min. Salienta-se que o valor médio obtido para CA referente as sementes ozonizadas na concentração de 30 mg L^{-1} e período de exposição de 120 min foi igual ao valor obtido nas sementes não ozonizada ($p>0,05$). No que se refere ao comprimento da plântula (CP), houve incremento somente quando se adotou a concentração de 10 mg L^{-1}, para períodos de exposição de até 120 min. Entretanto, houve redução do comprimento da plântulas nas sementes ozonizadas na concentração

de 30 mg L^{-1}, por até 120 min. Os valores médios de IVG permaneceram entre 6,7 e 7,8 para período de exposição na faixa entre 30 e 120 min, na concentração de 10 mg L^{-1}. Quando se adotou a concentração de 30 mg L^{-1}, os valores médios permaneceram entre 6,8 e 8,6.

Apresentam-se na Tabela 3, os valores médios de comprimento de raiz (CR) e condutividade elétrica (CE) referentes às sementes de milho do Lote 1 submetidas a ozonização por até 120 min, independentemente da concentração do gás. Houve incremento de CR à medida que se elevou o período de exposição ao gás. O valor médio de CR nas sementes não ozonizadas foi de 14,6 cm, enquanto que nas sementes ozonizadas os valores variaram entre 16,4 e 17,4 cm. Quanto à condutividade elétrica, apesar de ter ocorrido variação significativa em decorrência do período de exposição do ozônio, as diferenças obtidas podem ser consideradas inexpressivas com os valores médios variando entre 31,2 e 33,8 µS cm^{-1} g^{-1}. Comportamento semelhante foi observado quando se comparou os valores médios de condutividade elétrica obtidos para as sementes ozonizadas nas concentrações de 10 e 30 mg L^{-1}, independentemente do período de exposição. Foram obtidos valores médios equivalentes a 33,3 e 31,6 µS cm^{-1} g^{-1} quando se adotaram as concentrações de 10 e 30 mg L^{-1}, respectivamente.

Tabela 3. Valores médios de comprimento de raiz e de condutividade elétrica em sementes de milho (genótipo inferior) submetidas a ozonização por até 120 min

Variável	Período de exposição (min)				
	0	30	60	90	120
CR (cm)	14,6±0,2 b	17,0±1,0 a	17,4±0,7 a	16,5±0,5 a	16,4±1,0 a
CE (µS cm^{-1} g^{-1})	31,8±1,9 ab	31,2±1,9 b	32,6±1,5 ab	33,8±1,7 a	31,3±1,5 b

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.

Com relação ao Lote 2, que apresentava alto percentual de germinação inicial (86,0%), somente para a variável índice de velocidade de germinação (IVG) houve variação significativa ($p<0,01$) em decorrência da interação entre concentração do ozônio (CO) e período de exposição (P) (Tabela 4). A concentração do gás e o período de exposição influenciaram isoladamente as variáveis percentual de germinação (GER), comprimento da parte aérea (CA) e comprimento da plântula (CP). Por outro lado, a variável comprimento da raiz variou significativamente ($p<0,01$) somente em

decorrência da concentração do ozônio. A condutividade elétrica não foi influenciada significativamente (p>0,05) pelo processo de ozonização por até 120 min.

Tabela 4 - Resumo da análise variância referente ao percentual de germinação (GER), comprimento da parte área (CA), comprimento de raiz (CR), comprimento da plântula (CP), índice de velocidade de germinação (IVG) e condutividade elétrica (CE) de sementes do Lote 2 ozonizadas nas concentrações do ozônio (CO) de 10 e 30 mg L^{-1} e períodos de exposição (PE) de 0, 30, 60, 90 e 120 min

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios					
		GER	CA	CR	CP	IVG	CE
Concentração (CO)	1	148,15*	0,82*	17,61**	10,84**	23,92**	$3,79^{ns}$
Período de exposição (P)	4	91,76**	4,09**	$0,72^{ns}$	8,23**	7,19**	$37,33^{ns}$
CO x P	4	$55,26^{ns}$	$0,14^{ns}$	$1,56^{ns}$	$1,39^{ns}$	7,72**	$23,49^{ns}$
Resíduo	20	20,15	0,19	0,69	1,07	1,35	$13,68^{ns}$
CV (%)		5,12	3,78	5,23	3,78	5,94	7,24

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

No que se refere ao IVG das sementes do Lote 2, verificou-se valores médios superiores quando se adotou a concentração de 10 mg L^{-1}, por até 120 min. O valor médio de IVG antes da ozonização foi de 18,2, enquanto que nas sementes ozonizadas variaram entre 20,2 e 21,8. Destaca-se que o valor médio de IVG na concentração de 10 mg L^{-1}, equivalente a 21,8, foi superior ao obtido na concentração de 30 mg L^{-1}, que foi de 16,1, quando se adotou período de exposição de 120 min.

Tabela 5. Valores médios de índice de velocidade de geminação em sementes de milho (genótipo superior) submetidas à ozonização nas concentrações de 10 e 30 mg L^{-1}, por até 120 min

Concentração	Período de ozonização (min)				
(mg L^{-1})	0	30	60	90	120
	Índice de velocidade de germinação				
10	18,2±1,0 aB	21,3±0,9 aA	20,2±0,7 aAB	20,9±0,7 aAB	21,8±0,4 aA
30	18,2±1,0 aAB	20,1±1,9 aA	18,7±0,3 aAB	20,4±0,4 aA	16,1±2,4 bB

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.

Apresentam-se na Tabela 6, os valores médios de GER, CA, CP e CE em função do período de ozonização, independentemente da concentração do gás. Com relação a variável GER, destaca-se que houve decréscimo depois de 90 min de ozonização. No que se refere a CA, houve aumento quando se adotou período de exposição de 30 min, com valor médio de 12,3 cm. Período de exposição de 120 min acarretou em decréscimo de CA, quando se comparou o valor médio obtidos com aquele obtido para período de exposição de 30 min. É importante salientar que o menor valor médio de CA foi obtido nas sementes não ozonizadas. A ozonização também influenciou positivamente a variável CP, sendo que os valores médios variaram entre 27,2 e 28,5 cm, para períodos de exposição entre 30 e 120 min, enquanto que nas sementes não ozonizadas, o valor médio foi de 25,4 cm. No que tange a condutividade elétrica, não houve variação significativa em decorrência da ozonização, para período de exposição de até 120 min.

Tabela 6. Valores médios de percentual de germinação (GER), comprimento da parte aérea (CA) (cm), comprimento da plântula (CP) (cm) e de condutividade elétrica (CE) ($\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$) em sementes de milho (genótipo superior) submetidas a ozonização por até 120 min

Variável	Período de exposição (min)				
	0	30	60	90	120
GER (%)	86,7±2,1 ab	89,8±6,5 a	88,9±3,7 ab	91,8±5,6 a	81,5±8,0 b
CA (cm)	10,1±0,5 c	12,3±0,7 a	11,8±0,6 ab	11,6±0,5 ab	11,4±1,0 b
CP (cm)	25,4±1,3 b	28,5±1,2 a	27,9±1,4 a	27,5±1,0 a	27,2±1,2 a
CE ($\mu S\ cm^{-1}\ g^{-1}$)	49,7±0,5 a	55,5±5,8 a	49,4±4,2 a	50,6±2,7 a	50,4±2,2 a

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.

Na Figura 1 são apresentados os valores médios de GER (%), CA (cm), CR (cm) e CP (cm) das sementes ozonizadas, independentemente do período de exposição. Observou-se maiores valores médios de GER, CR e CP nas sementes ozonizadas na concentração de 10 mg L^{-1}, sendo equivalentes a 90%, 16,6 cm e 27,9 cm, respectivamente. Para a concentração de 30 mg L^{-1}, os valores médios de GER, CR e CP foram 85,5%, 15,1 cm e 26,7 cm, respectivamente. Com relação a variável CA, o maior valor médio foi obtido quando se adotou a concentração de 30 mg L^{-1}, sendo

equivalente a 11,6 cm, enquanto que para a concentração de 10 mg L^{-1}, obteve-se CA médio igual a 11,3 cm.

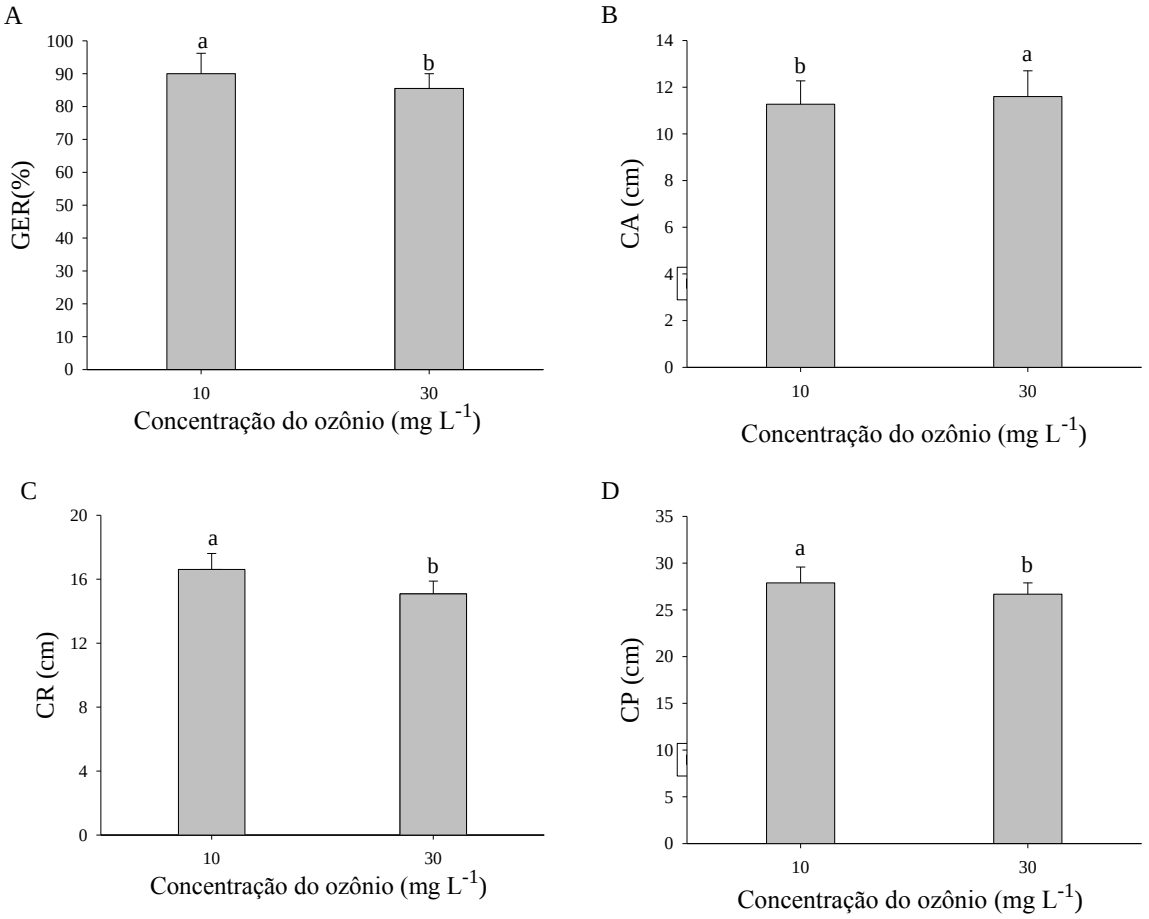

Figura 1. Valores médios de percentual de germinação (A), comprimento da parte aérea (B), comprimento da raiz (C) e comprimento da plântula (D) em sementes de milho (genótipo superior) ozonizadas nas concentrações de 10 e 30 mg L^{-1}.

6. DISCUSSÃO

O gás ozônio se destaca por apresentar o segundo maior potencial de oxidação (2,07 mV) dentre as substâncias geralmente utilizadas, sendo superado somente pelo flúor (GUZEL-SEYDIM et al., 2004). Em razão disso, tem sido utilizado, por exemplo, na inativação de microrganismos e degradação de pesticidas em alimentos e controle de insetos-praga de grãos armazenados (ROZADO et al., 2008; ALENCAR et. al. 2012; SOUSA et al., 2016). Existem também relatos na literatura nos quais foi avaliado o efeito do ozônio na quebra de dormência de sementes (SUDHAKAR et al., 2011; RAMOS, 2015; VÁSQUEZ et al., 2017) ou no pre-condicionamento de sementes

(MAXIMIANO, 2017). De acordo com VIOLLEAU et al. (2008), estresse oxidativo, que ocorre quando se utiliza compostos como ozônio, ou peróxido de hidrogênio, ocasionam várias reações em cascata e acelera atividades metabolicas nas células, especialmente nas mitocôndrias. HAMEED et al. (2004) observaram efeito positivo da aplicação de peróxido de hidrogênio no desenvolvimento de sementes de trigo. SASAKI et al. (2005) relacionaram o aumento do percentual de germinação de sementes de arroz expostas e peróxido de hidrogênio a expressão do gene que codifica ascorbato peroxidase e catalase. É importante mencionar que essas enzimas fazem parte de um sistema antioxidante, que é fundamental para a germinação completa das sementes, tendo em vista a necessidade de proteção contra ação de diversas substâncias indutoras de estresse oxidativo (CHEN e ARORA, 2011).

Nesse contexto, tem-se que o ozônio foi capaz de provocar aumento no percentual de germinação das sementes do Lote 1, que apresentava percentual de geminação inicial de 54,0%, quando se adotou a concentração de 10 mg L^{-1}, conforme apresentado na Tabela 3. Por outro lado, houve incremento menos acentuado quando se utilizou a concentração de 30 mg L^{-1}, com redução depois de 30 min de ozonização. Pode-se inferir que a concentração de 30 mg L^{-1} não seja adequada para o condicionamento de sementes de milho com baixo percentual de germinação, tendo em vista possíveis danos oxidativos. No que se refere ao percentual de germinação do Lote 2, que apresentava percentual de geminação inicial de 86,0%, obteve-se menor valor médio quando se adotou a concentração de 30 mg L^{-1}, independemente do período de exposição (Figura 1A). Ainda com relação às sementes do Lote 2, houve redução do percentual de germinação quando se utilizou período de exposição de 120 min (Tabela 6). Resultados semelhantes foram obtidos por SUDHAKAR et al. (2011), que ozonizaram sementes de tomate e observaram redução no percentual de germinação para concentrações elevadas de gás ozônio, quando adotaram maiores períodos de exposição. Outros autores afirmaram que ao se elevar a concentração do ozônio ou o período de exposição, tem-se o desencadeamento de danos ao produto testado (KIM et al., 2003; GÜZEL-SEYDIM et al., 2004; NOVAK e YUAN, 2007; MAHMOUND e FREIRE, 2007).

É importante ressaltar que os dados obtidos para as variáveis CA e CP (Tabela 3) estão coerentes com aqueles obtidos para a variável percentual de germinação. Verificou-se incremento de CA e CP quando se adotou a concentração de 10 mg L^{-1}, não sendo observado decréscimo por até por até 120 min de exposição, no Lote 1. Por

outro lado, na concentração de 30 mg L^{-1} houve redução de CA depois de 90 min e de CP a partir de 30 min. No que se refere ao Lote 2, os maiores valores de CR e CP foram obtidos quando se adotou a concentração de 10 mg L^{-1} (Figuras 1C e 1 D). Porém para a variável CA, a adoção de concentração equivalente a 30 mg L^{-1} acarretou em maiores valores médios (Figura 1 B). De acordo com HAMEED (2004), estresse oxidativo, como o ocasionado quando se utiliza ozônio, é capaz de provocar estímulos que beneficiam a germinação e estimular o desenvolvimento de outras partes das plantas, como raízes, semelhante aos resultados obtidos no presente trabalho. Os resultados estão de acordo com obtidos por VIOLLEAU et al. (2008), que observaram maiores valores médios de comprimento de plântula e comprimento de raiz nas sementes de milho ozonizadas na concentração de 20 g m^{-3}. Esses autores ainda mencionaram que períodos de ozonização longos podem não ser adequados. Salienta-se, entretanto, que devem sempre ser considerado a combinação concentração do gás e período de exposição.

É possível correlacionar o melhor desenvolvimento inicial de plântulas com maior vigor, sobretudo, índice de velocidade de germinação (IVG) a partir do maior comprimento de plântula, maior quantidade de massa seca (NAKAGAWA, 1994, 1999). Apesar de ter sido observado incremento mais acentuado do percentual de germinação, do CA e do CP nas sementes do Lote 1, a ozonização não afetou significativamente ($p>0,05$) o IVG. Todavia, o IVG foi favorecido nas sementes do Lote 2, que se caracterizava por percentual de germinação inicial de 86,0% (Tabela 5). Esses resultados obtidos diferem da tendência observada por BITTENCOURT et al. (2004), que avaliaram o efeito do condicionamento osmótico na qualidade de sementes de aspargo, e o efeito mais pronunciado foram nas sementes com qualidade fisiológica inferior.

No que se refere a variável condutividade elétrica, que está intimamente relacionada à porção de íons lixiviados do interior das sementes e a integridade da membrana celular (VIEIRA e CARVALHO, 1994), pode-se afirmar que a ozonização não afeta esse parâmetro, nas condições adotadas no presente trabalho. Essa informação é válida para lotes de sementes caracterizados por baixo e por alto percentual de germinação inicial.

De modo geral, a ozonização ocasionou efeitos positivos nas sementes de milho. Para ambos os Lotes de sementes, a concentração do ozônio equivalente a 10 mg L^{-1} foi a mais adequada, verificando-se aumento expressivo em variáveis tais como percentual

de geminação, CA, CP e IVG. É fundamental que sejam realizadas pesquisas intuito da melhor elucidação do mecanismo de ação do gás ozônio em sementes com diferentes padrões de qualidade fisiológica. Além disso, faz-se necessário a análise do desempenho dessas sementes no campo, de tal forma a verificar se essas alterações observadas em análises laboratoriais serão expressadas durante o cultivo.

7. CONCLUSÕES

- A aplicação de ozônio em sementes de milho não afetou negativamente, nas condições empregadas, nenhum parâmetro qualitativo avaliado, quando se adotou a concentração de 10 mg L^{-1}.
- O tratamento com gás ozônio possivelmente desencadeou reações que implicaram na melhoria de algumas variáveis da qualidade fisiológica em sementes que apresentavam alto grau de deterioração, provocando o seu revigoramento.
- A ozonização na concentração de 10 mg L^{-1} por até 120 min provoca aumento do Índice de Velocidade de Germinação (IVG) em sementes com elevado percentual de germinação inicial.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R.; SOARES, N. F. F.; SILVA, W.A.; SILVA M. C. C. Efficacy of ozone as a fungicidal and detoxifying agent of aflatoxins in peanuts. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, p. 899-905, 2012

ANDRADE, RV.; AUZZA, S.A.Z.; ANDREOLI, C.; MARTINS NETTO, D.A & OLIVEIRA, A.C. Qualidade fisiológica das sementes do milho hibrido simples HS 200 em relação ao tamanho, **Ciencia e Agrotecnologia**, v.25, n.3, p 576-582, 2001

ASSOCIATION OF OFFlCIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing: AOSA, 1983. 93p.

BITTENCOURT, M.L.C.; DIAS, D.C.F.S.; DIAS, L.A.S..; ARAÚJO, E.F. Efeito do condicionamento osmótico das sementes na germinação e no crescimento das plântulas de aspargo. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, vol. 26, nº 1, p.50-56, 2004.

BORBA, C.S.; ANDRADE, R.V.; AZEVEDO, J.T.; ANDREOLI, C.; PURCINO, A.A.C. Germinação de sementes de diversos genótipos de milho tropical (*Zea mays* L.) em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 17, n. 2, p.141-144, 1995.

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

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.

CARVALHO, N.M. **Vigor de sementes.** In: CÍCERO, S.M.; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. (coord). **Atualização em produção de sementes.** Campinas. Fundação Cargil, 1986. p. 207-223.

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

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

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

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira:** grãos, segundo levantamento, novembro 2017. Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_11_23_15_06_58_boletim_de_grao_-_2o_lev_2017.pdf>. Acesso em: 27 nov 2017.

COSTA, P.R.; CUSTÓDIO, C.C.; NETO, N.B.M.; MARUBAYASHI, O.M.M. Estresse hídrico induzido por manitol em sementes de soja de diferentes tamanhos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, vol. 26, nº 1, p.105-113, 2004.

DA SILVA, T. A., DA SILVA, P. B., DA SILVA, E. A. A., NAKAGAWA, J., CAVARIANI, C. Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. **Ciência Rural**, v 46,n 2, p.227-232, 2016

DE ALENCAR, E. R., FARONI, L. R. D. A., SOARES, N. D. F. F., DA SILVA, W. A., & DA SILVA CARVALHO, M. C. Efficacy of ozone as a fungicidal and detoxifying agent of aflatoxins in peanuts. **Journal of the Science of Food and Agriculture**,v 92, n 4, p 899-905, 2012.

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

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.

GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A. ;PIMENTEL, M. A. **Milho**: do plantio a colheita. Viçosa, Editora UFV, p. 382, 2017

GRAHAM, I. A. Seed storage oil mobilization. **Annual Review of Plant Biology**, United Kingdom, v.59, n. 1, p.115-142, 2008.

HAMEED, A. M. J. A. D., FAROOQ, S. H. A. F. Q. A. T., IQBAL, N. A. Y. Y. E. R., & ARSHAD, R. U. B. I. N. A. Influence of exogenous application of hydrogen peroxide on root and seedling growth on wheat (*Triticum aestivum* L.) **J. Agric. Biol**,v.6 n 2, p366-369. 2004

KECHINSKI, C.P. **Avaliação do uso de ozônio sobre a conservação do mamão papaia (*Carica papaya* L.)**.Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. 125 páginas, Dissertação de Mestrado

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.

KETING CHEN, RAJEEV ARORA, Dynamics of the antioxidant system during seed osmopriming, post-priming germination, and seedling establishment in Spinach (*Spinacia oleracea*), **Plant Science** v 180, p 212–220, 2011

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

KOLCHINSKI, E. M. **Vigor de sementes de soja e aspectos do desempenho em campo**. 2003. 44f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” da Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. . Crescimento inicial de soja em função do vigor de sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, p. 163-166, 2006.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1248-1256, 2005.

LANTERI, S. et al. Effects of controlled deterioration and osmoconditioning on germination and nuclear replication in seeds of pepper (*Capsicum annuum* L.). **Annals of Botany**, v.77, n.66, p.591-597, 1996.

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005. 495p.

MARCOS FILHO, J. Germinação de sementes. In: **SEMANA DE ATUALIZAÇÃO EM PRODUÇÃO DE SEMENTES**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p.11-39.

MARTINS, G.N.; SILVA, R.F.; ARAÚJO, E.F.; POSSE, S.C.P. Influencia do repouso pós-colheita de frutos na qualidade fisiológica de sementes de mamão. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, vol. 28, nº 2, p. 142-146, 2006.

MAXIMIANO, C.V. **Pré-condicionamento de sementes de milho em água com diferentes concentrações de ozônio no desenvolvimento inicial da plântula e no controle de *Fusarium* spp.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2017, 55 páginas. Dissertação de Mestrado.

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 perfomance. **Journal of Stored Products Research**, v. 39, n. 1, p. 33-44, 2003.

MOHAMMADI, G.R. The effect of seed primming on plant traits of late-spring seeded soybean (Glycine max L.). **Journal of Agriculture and Environmental Science**, v.5, n.3, p.322- 326, 2009

MONROY VÁZQUEZ, M. E., PEÑA-VALDIVIA, C. B., GARCÍA, J. R., SOLANO, E., CAMPOS, H., & GARCÍA, E. Chemical Scarification and Ozone in Seed Dormancy Alleviation of Wild and Domesticated Opuntia, Cactaceae. **Ozone: Science e Engineering**, v 39, n 2, p 104-114, 2017.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes**: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.2:1- 2:21.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no crescimento de plântulas. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. de. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164p.

ÖZTEKIN, S.; ZORLUGENC, B.; ZORLUGENC, F.K. Effects of ozone treatment on microflora of dried figs. **Journal of Food Engineering**, v.75, p.396–399, 2006.

PERES, W.R.L. **Teste de vigor em sementes de milho**. Jaboticabal: Universidade Estadual de São Paulo, 2010, 61páginas, Dissertação de Mestrado.

PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Produção de sementes. In: PESKE, S.T. et al. **Sementes**: fundamentos científicos e tecnológicos. Pelotas: UFPel, 2003. 418p

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. Brasília, DF: AGIPLAN, 1977.

PRESTES, E. B. **Avaliação da eficiência do ozônio como sanitizante em hortaliças folhosas minimamente processadas.** 2007. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) -Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

PRETE, C.E.C.; GUERRA, E.P. Qualidade fisiológica de sementes**.** In: Destro D & Montalvan R (Eds.) **Melhoramento genético de plantas**, 1999. p. 659-674

RAMOS, K. M. O, **Caracterização da qualidade fisiológica e otimização do processo de ozonização em sementes leguminosas arbóreas do cerrado**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília.

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. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.12, n.3, p.282–285, 2008.

SASAKI, K., S. KISHITANI, F. ABE, AND T. SATO**, Promotion of Seedling Growth of Seeds of Rice (*Oryza sativa* L. cv Hitomabore) by Treatment with H2O2 Before Sowing**,v.8, n.5, p.:509–514 (2005

SBRUSSI, C.A.; ZUCARELI, C. Germinação sob altas temperaturas para avaliação do potencial fisiológico de sementes de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.45, n.10, p.1736-1741, outubro, 2015.

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.

SIADAT, S. A., MOOSAVI, A., & ZADEH, M. S. Effect of seed priming on antioxidant activity and germination characteristics of Maize seeds under different aging treatments. Research **Journals of Seed Science**, v.5, n.2, p.51-62, 2012.

SILVA, S. B., LUVIELMO, M. M., GEYER, M. C. **Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos.** Ciências Agrárias., [s.l.], v. 32, n. 2, p.659-682, 12 jul. 2011.

SILVEIRA, I. C. T. **Cloro e ozônio aplicados a desinfecção de efluente hospitalar tratado em contadores biológicos rotatórios, com avaliação de efeitos tóxicos em DAPHNIA SIMILIS**. Dissertação (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2004.

SOUSA, A. H., FARONI, L. R. A., & GUEDES, R. N. C. Locomotor behavior of *Sitophilus zeamais* populations under sublethal ozone exposure. **Journal of Pest Science**,v 90, n 1, p 239-247, 2017.

SUDHAKAR, N., NAGENDRA-PRASAD, D., MOHAN, N., HILL, B., GUNASEKARAN, M., & MURUGESAN, K.. Assessing influence of ozone in tomato seed dormancy alleviation. **American Journal of Plant Sciences**, v.2 n.3, p442-448, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, p.719, 2004.

TANAKA, M. A. S.; BALMER, E. Efeito da temperatura e dos microrganismos associados ao tombamento na germinação de sementes de milho (*Zea mays* L.). **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.5, n.1, p.87-93, 1980.

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

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). Disponível em: **https://www.usda.gov**/. Acesso em: 2017.

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. Effect of oxidative treatment on corn seed germination kinetics. **Ozone: Science and Engineering**, v 30,n 6,p. 418-422, 2008.

WHANGCHAI, K., SAENGNIL, K., & UTHAIBUTRA, J. Effect of ozone in combination with some organic acids on the control of postharvest decay and pericarp browning of longan fruit. **Crop Protection**, v 25,n 8, p.821-825, 2006.

WOODSTOCK, L.W. **Seed vigor.** Seed World, v.97, 1965. p. 6.