

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

VITOR CABRAL ARAÚJO

EFICÁCIA DA ÁGUA OZONIZADA NO CONTROLE DA CERCOPORIOSE DO
CAFEIEIRO

UBERLÂNDIA-MG

MAIO DE 2017

VITOR CABRAL ARAÚJO

**EFICÁCIA DA ÁGUA OZONIZADA NO CONTROLE DA CERCOSPORIOSE DO
CAFEIEIRO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agronomia da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do Título de “Engenheiro
Agrônomo”.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti

UBERLÂNDIA-MG

MAIO DE 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

EFICÁCIA DA ÁGUA OZONIZADA NO CONTROLE DA CERCOPORIOSE DO
CAFEIEIRO

VITOR CABRAL ARAÚJO

Aprovado pela banca examinadora em 17 de Maio de 2017.

Nota: 100

Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti

Presidente da banca examinadora

UBERLÂNDIA-MG

MAIO DE 2017

DEDICATÓRIA

À Deus,

que estive sempre ao meu lado, me guiando,
fortalecendo e abrindo as portas
para novas oportunidades.

Aos meus pais,

Vicente e Elaine, quem amo muito, e que compartilhei meus sofrimentos,
angústias, ideais e incondicionalmente apoiaram-me,
ouviram-me e estiveram com seus pensamentos
em mim nas noites em claro.

Hoje, é com muita gratidão e felicidade que
compartilho com vocês o fruto da nossa batalha!

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, pela vida, saúde, sabedoria e proteção.

Aos meus pais, pelos exemplos de cidadãos que são, pelo sacrifício, amor, apoio, companheirismo e conselhos.

A todos os meus familiares que sempre me apoiaram, se importaram e contribuíram.

À minha namorada Daniela, pela parceria, amor, carinho, atenção, compreensão e inestimável apoio durante toda a graduação.

À Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade.

Ao curso de graduação em Agronomia do Instituto de Ciências Agrárias por contribuir na minha formação como profissional e principalmente como cidadão.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos.

Aos professores Fernando Cezar Juliatti e Regina Maria Quintão Lana, pela orientação, confiança, oportunidades e ensinamentos.

Aos professores fitopatologistas que contribuíram para o meu conhecimento.

Aos demais professores que através de suas experiências e ensinamentos ajudaram a me tornar Engenheiro Agrônomo.

Aos amigos de grupo de pesquisa, Ana Karine, Carlos, Caroline, Daniela, Fillipe, Gislaine, Helton, Lucas e Maria Clara que apoiaram a ideia e auxiliaram na condução do trabalho.

Aos amigos da 54ª turma de Agronomia.

A todos os servidores técnico-administrativos do Instituto de Ciências Agrárias.

A todos os graduandos e pós-graduandos, pela orientação e ensinamentos.

A todos os amigos que estiveram ao meu lado e me apoiaram.

E a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta etapa extremamente importante da minha vida.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

RESUMO	i
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. A cultura do cafeeiro.....	3
2.2. Problemas da cafeicultura nacional	3
2.3. Cercosporiose do cafeeiro.....	4
2.3.1. O agente etiológico.....	4
2.3.2. A doença.....	4
2.3.3. Controle	6
2.4. O ozônio.....	6
2.4.1. Propriedades	6
2.4.2. Aplicações	7
3. MATERIAL E MÉTODOS	9
3.1. Descrição da área de estudo.....	9
3.2. Delineamento experimental	9
3.3. Geração da água ozonizada.....	10
3.4. Monitoramento e avaliações	11
3.5. Análise estatística	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
5. CONCLUSÕES.....	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

RESUMO

A migração dos cafeeiros para o bioma cerrado favoreceu o aparecimento da cercosporiose, que por consequência agravou as perdas quantitativas e qualitativas na cafeicultura moderna. Esta doença é ocasionada pelo fungo *Cercospora coffeicola* e sua principal alternativa de controle é o uso de químicos, no entanto devido aos prejuízos causados pelo uso desassistido destes, pesquisadores tem buscado medidas de controle alternativas, que sejam eficazes e de baixo impacto ambiental. Portanto, a água ozonizada pode ser uma interessante ferramenta no controle da doença, já que seu principal constituinte, o ozônio, é um forte oxidante, que não gera resíduos após sua degradação e age de forma variada sobre os micro-organismos. Por isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia da água ozonizada no controle da *Cercospora coffeicola* e os efeitos de sua aplicação em plantas de café. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC), com 5 tratamentos (piraclostrobina 0,8 L ha⁻¹; piraclostrobina + oxiclreto de cobre 0,8 L ha⁻¹ + 2000 g ha⁻¹; piraclostrobina + epoxiconazol 1,5 L ha⁻¹; água ozonizada 0,875 g ha⁻¹; testemunha) e 4 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância (Teste F<0,05) e as médias comparadas através do teste de Tukey a 5%. Foram avaliadas a incidência de cercosporiose no 3º ou 4º par de folhas, o número de lesões por folha, o percentual de frutos sadios, a densidade dos frutos e a partir das médias de incidência, foi calculada a área abaixo da curva de progresso. A água ozonizada e os demais fungicidas quando comparados à testemunha, melhoraram estatisticamente as variáveis citadas anteriormente e protegeram o potencial produtivo das plantas de café, possibilitando maiores produtividades. A água ozonizada foi eficaz no controle de *Cercospora coffeicola* e não causou nenhuma alteração visual nas folhas ou nos frutos. Logo, ela demonstrou ser uma alternativa no manejo da cercosporiose do cafeeiro no cerrado brasileiro.

Palavras-chave: Cafeeiro; *Cercospora coffeicola*; Manejo; Ozônio; Produtividade.

1. INTRODUÇÃO

A demanda de alimentos tem crescido frequentemente e para atendê-la, obrigatoriamente os campos agrícolas mundiais terão que produzir com maior eficiência a partir da mesma quantidade, ou até menos, de terra (GODFRAY et al., 2010). Para isso, o desenvolvimento de novas tecnologias, como para a proteção de plantas, é indispensável (TILMAN et al., 2011).

Segundo a estimativa do IBGE para a safra nacional de 2017, a produção agrícola de cereais, leguminosas e oleaginosas totalizará 230,3 milhões de toneladas, 25,1% superior à de 2016, que foi de 184 milhões de toneladas. O Brasil é o terceiro maior exportador agrícola (LANDIN, 2010) e o maior produtor e exportador de café do mundo (CONAB, 2017). Devido a isto, a atividade cafeicultura brasileira é de grande importância não só econômica, mas também social para o país (FRAGOSO, 2000; CONCEIÇÃO, 2005; MOREIRA et al., 2013).

Dentre as grandes regiões brasileiras produtoras de café, o bioma Cerrado Mineiro foi a que teve a maior expansão devido à comercialização da produção sob as premissas da marca “Café do Cerrado” (JULIATTI, 2000). Segundo Matiello (1991) *apud* Juliatti (2001) nessas áreas, houve o aperfeiçoamento da tecnologia para melhor conduzir a cultura do cafeeiro. No entanto, devido à reforma das lavouras, esqueletamentos, decotes, recepas e arranquios ocasionado pelo pequeno crescimento vegetativo, baixa produção, bienalidade negativa e variação das intempéries climáticas é que houve uma queda de 13,20% na primeira estimativa de produção para a safra 2015 quando comparado a 2014 (CONAB, 2015).

De forma geral, as condições que influenciam a produtividade podem ser distribuídas em três categorias, sendo eles, fatores econômico-conjunturais, fatores climáticos e manejo cultural (RENA et al., 1986). Neste último, o controle de doenças é de extrema importância e indispensável, pois estes agentes ocasionam perdas no desenvolvimento, na produtividade e levam a redução da vida produtiva e até ao acometimento do cafeeiro. Além disso, a deficiência do manejo fitossanitário pode ocasionar a perda do investimento em outras práticas (MALAVOLTA et al., 1993).

A migração dos cafezais das áreas tradicionais para o cerrado, com solos ácidos de baixa fertilidade e deficiência hídrica no outono e inverno, favoreceu o aparecimento das doenças como a ferrugem (*Hemileia vastatrix*, Berk e Br.) e a cercosporiose (*Cercospora coffeicola*, Berk e Cook) que, conseqüentemente, agravaram as perdas quantitativas e qualitativas na cafeicultura moderna (JULIATTI, 2001).

Dentre as doenças do cafeeiro, as citadas acima estão entre os principais agentes causais da perda de produtividade e qualidade final do produto (RENA et al., 1986; CUNHA, 2003). Para o controle destes, o tratamento químico e cultural são os mais utilizados (SOUZA et al., 2013). Segundo o Agrianual (1999) *apud* Pereira (2006), a atividade cafeeicultora é uma das que mais utilizam defensivos para o controle de pragas e doenças.

Devido ao uso intensivo e indiscriminado dos agroquímicos, diversos problemas de caráter ambiental e alimentar têm aparecido, além de onerar os custos e inviabilizar a produção e a exportação de café (CARVALHO; CUNHA; SILVA, 2012). Para que estes entraves sejam solucionados, é necessária a adoção de práticas alternativas associadas ao uso seguro e cuidadoso destes químicos, quando estritamente necessários (PERES; MOREIRA, 2007). Como novos meios tem-se testado a utilização de óleos vegetais, biofertilizantes, extratos de plantas e o emprego de cultivares resistentes a doenças e pragas (CARVALHO; CUNHA; SILVA, 2012; ALKIMIM et al., 2013).

Dentre as novas opções de controle, de acordo com Várzea et al. (2002), o melhoramento genético por si só não se sustenta, pois com o surgimento de indivíduos resistentes, cultivares que eram consideradas totalmente resistentes tornaram-se susceptíveis, consequentemente, descartando todo o trabalho feito anteriormente. Assim, apesar da dependência do tratamento fitossanitário do cafeeiro com produtos químicos, avaliar novas formas de controle menos tóxicas ao homem e ao ambiente é de extrema importância (CARVALHO; CUNHA; SILVA, 2012).

O ozônio, além de não ser carcinogênico e mutagênico (KECHINSKI, 2007), pode ser sintetizado através de equipamentos, que utilizam o ar ou oxigênio no próprio local de aplicação através do sistema corona (FALCÃO, 2009 *apud* BRANDÃO, 2014), descartando a necessidade de manipulação, armazenamento ou uso de embalagens (SANTOS, 2008), o que, por sua vez, viabiliza economicamente o controle fitossanitário, tornando-se uma possibilidade de tratamento alternativo (ALWI; ALI, 2014).

Ante ao exposto, a meta deste trabalho foi avaliar a eficácia da água ozonizada no controle da *Cercospora coffeicola* e os efeitos de sua aplicação em plantas de café.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura do cafeeiro

Dentre mais de 100 espécies conhecidas do gênero *Coffea*, as duas espécies mais cultivadas em regiões subtropicais e tropicais são *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre. Apesar disso, a espécie *C. arabica* é aquela que predomina na produção mundial, ocupando mais de 60% das áreas cultivadas, enquanto que o restante corresponde a *Coffea canephora* (MÔNACO, 1977; CONAB, 2014).

A espécie *C. arabica* é originária do continente africano, mais precisamente, das regiões de elevada altitude na Etiópia (OLIVEIRA; OLIVEIRA; MOURA, 2012). Esta é uma planta pertencente à família *Rubiaceae*, perene de clima tropical, adaptada à sombra, arbustiva, de caule lenhoso, lignificado, reto e com sistema radicular tipo pivotante (BRIDSON, 1994; MATIELLO et al., 1981).

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo e, atualmente, 80% da produção é derivada de cultivares arábica. A produção colhida, na safra de 2016, foi de mais de 43,3 milhões de sacas e para a safra de 2017 já foi estimada uma produção em torno de 37,8 milhões de sacas de 60 kg de café beneficiado (CONAB, 2017). O estado de Minas Gerais possui a maior produção nacional e é responsável por mais de 50% do café produzido no Brasil. No entanto, para a safra de 2017, foi estimado que a área em produção deverá ser de 964.625 hectares, 3,2% menor que a safra anterior que foi de 996.749 hectares, uma vez que é ano de bienalidade negativa e os produtores optam por manejar as áreas mais velhas, onde a produtividade é menor (CONAB, 2017).

2.2. Problemas da cafeicultura nacional

Ao longo da existência da cafeicultura brasileira, diversos problemas têm sido enfrentados em diferentes setores da cadeia produtiva. Como exemplo disso, entre os anos de 1990 e 2000, esta enfrentou sérios problemas relacionados à qualidade do café produzido no país, o que ocasionou quedas nas cotas de exportações. Em consequência disso, nos demais países como Colômbia e outros concorrentes da América Central, estas cotas foram elevadas para atender a demanda de café com melhor qualidade (AGRIANUAL, 2004 *apud* PEREIRA, 2006).

A procura pela qualidade do café no mercado internacional, fez com que o Brasil modernizasse sua produção através do desenvolvimento e uso de cultivares melhores, pelo emprego do controle fitossanitário e também por meio de maiores cuidados no período de

pós-colheita. Por esses motivos é que os cafés produzidos no país têm-se tornado cada vez mais competitivos (NOJOSA, 2003).

Outro obstáculo são os inúmeros fatores bióticos e abióticos que ameaçam esta atividade, que por sua grande escala de produção frente ao mundo, podem ocasionar danos significativos para a cafeicultura e economia do país. Dentre os fatores bióticos que podem causar problemas de tamanha grandeza, inclui-se a cercosporiose do cafeeiro, causada pelo fungo *Cercospora coffeicola* (SOUZA et al., 2015).

2.3. Cercosporiose do cafeeiro

2.3.1. O agente etiológico

O organismo responsável por ocasionar a doença é o fungo *Cercospora coffeicola*. Este por sua vez, é hemibiotrófico, mitospórico, pertencente à classe dos *Hyphomycetes*, da ordem *Moniliales* e família *Dematiaceae* (AGRIOS, 1998; BARNET; HUNTER, 1998; ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005; LIMA; POZZA; SANTOS, 2012).

Este patógeno tem como característica produzir um emaranhado de conidióforos e conídios no centro das lesões em ambas as faces das folhas, denominado esporodóquio, de coloração escura (VALE; ZAMBOLIM, 1997; BARNETT; HUNTER, 1998). Os conidióforos possuem formato cilíndrico, são septados e, em sua extremidade, formam-se conídios hialinos, multisseptados e com extremidade afilada (CHUPP, 1953; GODOY; BERGAMIM FILHO; SALGADO, 1997).

2.3.2. A doença

A doença ocasionada pelo fungo *Cercospora coffeicola* é denominada vulgarmente de diversas formas ao longo do mundo, como cercosporiose, olho de pombo, mancha de olho pardo, mancha do fruto do café, *mancha de hierro*, *chasparria* e *brown eye spot* (LOMBARDI, 2002). Esta é uma das doenças mais antigas da cultura do cafeeiro e foi relatada a primeira vez na Jamaica, em 1881. Apesar disso, nos cultivos brasileiros localizados na região de Araraquara e Campinas, no estado São Paulo, a doença já podia ser encontrada (NOACK, 1901).

Somente no ano de 1971 houve a identificação da primeira ocorrência de uma epidemia severa da doença no Brasil, no estado do Espírito Santo (CARVALHO; CHALFOUN, 1998). A partir daí, até então, esta é uma ameaça frequente para os cafeicultores de todas as regiões

produtoras, mesmo sendo uma doença antiga, mas que cada vez mais tem se relatado epidemias nas principais regiões produtoras (SOUZA et al., 2011).

A cercosporiose já foi classificada como doença secundária relacionada a deficiências nutricionais. De fato, com a migração dos cafezais para o cerrado ou áreas de baixa fertilidade natural, os prejuízos econômicos aumentaram e, conseqüentemente, a doença tem ganhado maior importância (POZZA et al., 2000; TALAMINI et al., 2001; RICCI; ARAÚJO; FRANCH, 2002). Além disso, um grande agravante é sua ocorrência desde as mudas no viveiro até os plantios no campo, ocasionando desfolha prematura, queda de produção e prejudicando a qualidade da bebida (CHALFOUN, 1997; GODOY; BERGAMIM FILHO; SALGADO, 1997; VALE; ZAMBOLIM, L, 1997).

O fungo coloniza tanto folhas quanto frutos. Seu sintoma nas folhas são manchas circulares, com coloração castanho claro a escuro, com centro acinzentado e normalmente envolvidas por um halo amarelo. Já nos frutos, as lesões são escuras e com aspecto seco (SOUZA et al., 2011). As lesões foliares formam regiões necróticas que ocasionam a desfolha precoce da planta. Nos frutos, estas lesões aparecem próximas à maturação, com pequenas manchas necróticas, de aspecto deprimido, coloração marrom ou roxa, dando uma aparência de ressecamento (CASTAÑO, 1956; ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005).

De acordo com o desenvolvimento da planta, a doença pode ocasionar danos de diferentes formas. Nos viveiros, causa queda de folhas e raquitismo das mudas; após o plantio, desfolha e atraso no crescimento das plantas; nas lavouras novas, queda de folhas e seca de ramos produtivos; e em lavouras adultas, queda de folhas, amadurecimento precoce, queda prematura e chochamento dos frutos (MADEIRA, 2016).

As condições que favorecem o desenvolvimento da cercosporiose são umidade relativa alta em torno de 80%; período de molhamento foliar de 6 a 12 horas, resultando em máxima severidade da doença com período de incubação médio de 16 dias; temperaturas amenas entre 18 e 24 °C; excesso de insolação associado ao déficit hídrico; deficiência de nitrogênio; desequilíbrio da relação K/N/Mg/Ca e sistema radicular pouco desenvolvido (FERNANDES; PELOSO; MAFFIA, 1991; GODOY; BERGAMIN FILHO; SALGADO, 1997; CARVALHO; CHALFOUN, 2000; JULIATTI; SILVA; GOULART FILHO, 2000; POZZA; ALVES, 2008).

Além disso, os conídios do fungo podem ser encontrados viáveis nos restos culturais, por um período de quase nove meses, apenas aguardando condições favoráveis para germinarem e darem origem a novas infecções (FERNANDES, 1988). Portanto, se não

houver um manejo correto, a doença, sob condições ideais para seu desenvolvimento, pode causar perdas na produção de café de até 50% (ZAMBOLIM; VALE; ZAMBOLIM, 2005).

2.3.3. Controle

As alternativas para controle da doença são praticamente o uso de químicos e algumas práticas culturais desde a formação das mudas, como o uso de substratos balanceados nutricionalmente, controle da irrigação e do excesso de insolação. No entanto, a medida mais empregada é o controle químico, através de fungicidas de contato ou sistêmicos como cúpricos, benzimidazóis, estrobilurinas e estrobilurinas associadas aos triazóis, sendo que este último permite simultaneamente o controle de ferrugem (GODOY; BERGAMIN FILHO; SALGADO, 1997; PATRICIO et al., 2008; PATRICIO; BRAGHINI, 2011).

Visando manter a conservação do produto, muitos agricultores optam pelo aumento da quantidade de defensivos aplicados e da frequência das pulverizações (LEITE, 2004), constituindo um risco para a população devido à possibilidade da presença de resíduos (BORGUINI; TORRES, 2006). Ainda, a aplicação de defensivos de forma preventiva pode ser um problema para a agricultura, pois possibilita o aumento da resistência dos organismos alvos e obriga a utilização de novos produtos e misturas, elevando os custos e as perdas na produção (ARAÚJO; NOGUEIRA; AUGUSTO, 2000).

Devido aos prejuízos ocasionados pelo uso desassistido dos fungicidas, pesquisadores têm buscado medidas de controle alternativas, que sejam eficazes e que causem baixo impacto ambiental, preservando a microbiota e garantindo a qualidade final do produto (LABORDE, 2014; GUIMARÃES, 2016). Portanto, o controle alternativo pode ser uma interessante ferramenta no controle e no manejo de resistência de doenças.

2.4. O ozônio

2.4.1. Propriedades

O gás ozônio (O_3) é uma molécula triatômica de oxigênio, altamente instável, parcialmente solúvel em água (WEAVERS; WICKRAMANAYAKE, 2001; SILVA et al., 2011), que, segundo a Lei de Henry, pode aumentar de acordo com a pressão e a diminuição da temperatura. É um forte oxidante, que gera apenas oxigênio após sua degradação, consequentemente, não poluente e que não gera resíduos (MANAHAN, 2005).

Além disso, o ozônio é um gás que possui forte odor, como citado por PEZZI (2009) *apud* BRANDÃO (2014), tempo de meia-vida de 12 horas à pressão atmosférica e em fase

aquosa varia de 2 a 65 minutos em água destilada à temperatura de 20°C (WEAVERS; WICKRAMANAYAKE, 2001).

Este gás age na parede celular dos organismos, ocasionando a ruptura da membrana através da oxidação de glicolípídeos, glicoproteínas e aminoácidos (CHIATONNE, 2008 *apud* BRANDÃO, 2014) e nas enzimas e ácidos nucleicos no citoplasma (HUNT; MARÍÑAS, 1999; KIM; YOUSEF; CHISM, 1999), ocasionando a morte em menor tempo de contato, evitando a recuperação dos mesmos (CHIATONNE, 2008 *apud* BRANDÃO, 2014) e o surgimento de organismos resistentes.

Diferentemente do cloro, que em sua degradação produz subprodutos tóxicos, e do peróxido de hidrogênio (H_2O_2), que causa a diminuição da condução estomática e o aumento da resposta do sistema de defesa da planta, o ozônio se mostra menos agressivo ao homem e ao meio ambiente, principalmente às plantas, já que não desencadeia nenhum dano ou reações no mecanismo de defesa quando utilizado em baixas concentrações (DEUNER et al., 2008; SILVA et al., 2011).

2.4.2. Aplicações

Em países da Europa e nos Estados Unidos o ozônio já tem sido utilizado sem nenhuma restrição (GRAHAM, 1997 *apud* KECHINSKI, 2007). Este, tem sido empregado em diferentes áreas (NASCIMENTO et al., 2008), já que foi reconhecido pela FDA (United States Food and Drugs Administration) como seguro para o tratamento da água engarrafada em 1982. Posteriormente, em 1997, reconhecido “Generally Reconized as Safe” (GRAS) como sanificante de alimentos (GRAHAM, 1997 *apud* KECHINSKI, 2007) e certificado como seguro para uso direto em alimentos pelo Departamento de Agricultura do Estados Unidos (USDA) em 2001 (KECHINSKI, 2007).

Devido à sua potência como oxidante, o ozônio tem sido empregado como agente sanificante, já que possui um amplo espectro de ação, incluindo todas as formas de micro-organismos (KHADRE; YOUSEF; KIM, 2001) e até mesmo insetos (PEREIRA et al., 2008; ROZADO et al., 2008; KEIVANLOO; NAMAGHI; KHODAPARAST, 2014).

Tem sido utilizado em procedimentos e no tratamento de utensílios médicos (PEREIRA et al., 2005; SOUSA et al., 2011), no tratamento de água (ARAÚJO, 2012) e efluentes (KUNZ; PERALTA-ZAMORA, 2002; LIMA et al., 2015), no de lixiviado de aterros sanitários (SCANDELAI et al., 2015), na sanificação de galões de água (CARDOSO et al.,

2003) e no tratamento de alimentos (SAVI et al., 2014; YEOH; ALI; FORNEY, 2014; COELHO et al., 2015a; ONG; ALI, 2015).

Na agricultura, trabalhos têm mostrado o grande potencial da água ozonizada no controle de doenças de plantas, não só em ambiente controlado, mas também em sistemas de cultivo. PIERRON et al. (2015) demonstraram que com 0,0045 g L⁻¹ foi possível controlar o fungo *Phaeoacremonium aleophilum*, em videira, sem ocasionar danos às plantas. Ainda, GUO; WANG (2017), também demonstraram esse potencial, ao conseguirem o controle da bactéria *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* com 0,0005 g L⁻¹, em Brassica, também sem ocasionar danos às plantas.

Assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia da água ozonizada no controle da *Cercospora coffeicola* e os efeitos de sua aplicação em plantas de café.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área de estudo

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2015/2016 em uma lavoura de 12 hectares de café em formação da cultivar Mundo Novo, com 4 anos de idade, plantado em renque com espaçamento de 4 x 0,70 m. A área está localizada a 35 km do município de Araguari-MG, a latitude de 18°32'95,1''S, longitude de 48°26'75,3''W e altitude de 878 m. O clima é classificado pelo método de Köppen, como Aw, tropical quente e úmido, com inverno frio e seco. A precipitação anual é de 1606 mm e a temperatura média anual é de 21,9°C.

A adubação realizada na área foi a padrão de formação do cafeeiro, via solo. Já o controle de plantas infestantes foi realizado com roçadeira no verão e com glifosato + metsulfurom, próximo a época de colheita.

3.2. Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições, sendo cada parcela constituída de 3 linhas de 80 plantas, úteis as 50 plantas centrais. Os tratamentos empregados foram baseados na pulverização com fungicidas (piraclostrobina; piraclostrobina + oxicleto de cobre; piraclostrobina + epoxiconazol), água ozonizada e a testemunha onde não houve nenhuma aplicação, como estão representados na Tabela 1. O volume de calda encontrado na calibração para a aplicação dos produtos foi de 500 L ha⁻¹.

Tabela 1. Tratamentos utilizados para controle da cercosporiose do cafeeiro (*Cercospora coffeicola*). Araguari - MG, 2016.

Tratamentos	Dose ¹	Ingrediente ativo	Concentração
Comet	800	piraclostrobina	250 g L ⁻¹
Comet + Recop	800 + 2000	piraclostrobina + oxicleto de cobre	250 g L ⁻¹ + 840 g kg ⁻¹
Opera	1500	piraclostrobina + epoxiconazol	133 g L ⁻¹ + 50 g L ⁻¹
Água ozonizada	0,875	ozônio	0,00175 g L ⁻¹
Testemunha	-	-	-

¹Produto comercial por hectare (mL ou g ha⁻¹).

3.3. Geração da água ozonizada

Como o oxigênio é o principal produto para a produção do ozônio, o mesmo foi produzido na própria propriedade através de um ozonizador, nominalmente com capacidade de produção de 70 g m^{-3} de ozônio, acoplado a um concentrador de oxigênio. O gás foi injetado e misturado no tanque do pulverizador, o que possibilitou a maior eficiência de geração e aplicação do produto (Figura 1).



Figura 1. Aparelho concentrador de O_2 em cima do aparelho ozonizador. Fonte: ARAÚJO, 2015.

A concentração de $0,00175\text{ g L}^{-1}$ de ozônio foi gerada de forma constante, como observado pelo medidor analítico CHEMets K-7404 com método de detecção DPD da empresa CHEMetrics (Figura 2).



Figura 2. Kit medidor da concentração de ozônio. Fonte: ARAÚJO, 2016.

3.4. Monitoramento e avaliações

A partir do mês de janeiro, houve, semanalmente, o monitoramento das plantas, antes e depois das aplicações, até o final do experimento no mês de abril. Para avaliação da incidência e do controle da cercosporiose, foram coletadas 10 folhas do 3º ou 4º par de folhas por planta, dos ramos plagiotrópicos do terço inferior, médio e superior, em 10 plantas, totalizando 100 folhas por parcela (Figura 3). Após a coleta, as folhas foram acondicionadas em sacos de papel identificados e posteriormente avaliadas pela contagem do número de folhas com cercosporiose (CARDOSO, 2014). Ao constatar incidência igual a 5%, no dia 19/03/2016, foi realizada a aplicação com o auxílio de um turboatomizador.

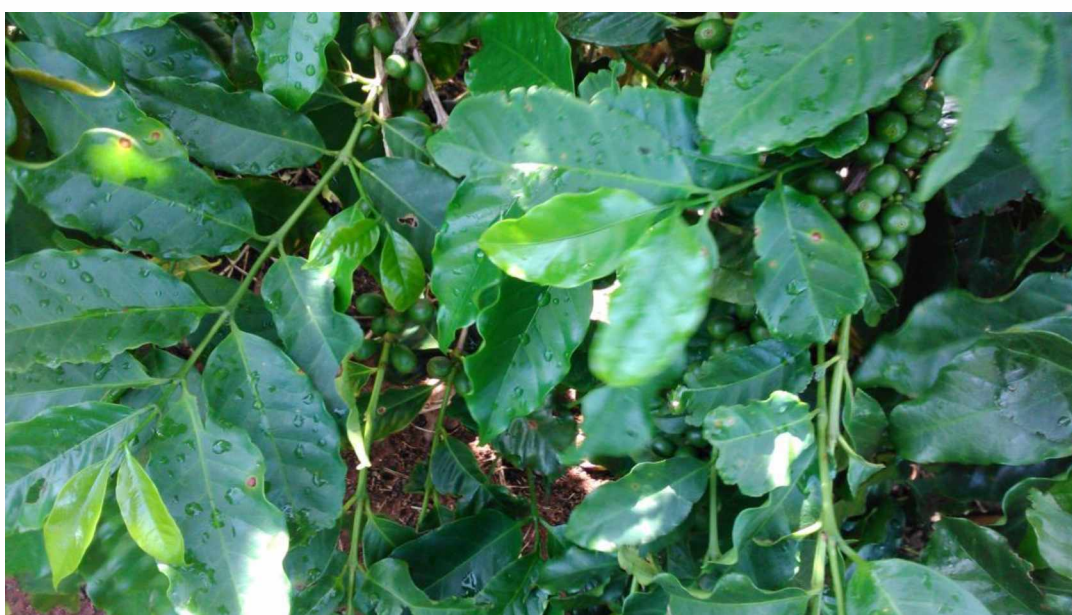


Figura 3. Ramos plagiotrópicos de café com sintomas de cercosporiose nas folhas. Fonte: ARAÚJO, 2016.

Os resultados referentes à incidência da cercosporiose foram utilizados para se obter o cálculo da área abaixo da curva de progresso da incidência (AACPI) de acordo com a equação proposta por SHANER e FINNEY (1977).

$$AACPI = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) \cdot (t_{i+1} - t_i)$$

onde:

y_i e y_{i+1} : valores de incidência observados em duas avaliações consecutivas;

$t_{i+1} - t_i$: intervalo entre duas avaliações.

No fim do mês de abril, quando mais de 70% dos frutos estavam maduros, foi realizada a colheita manual para todos os tratamentos, colhendo-se 5 plantas por parcela, totalizando 100 plantas ao todo (Figura 4). Foram determinados o percentual de frutos sadios (%), a

densidade dos frutos (g L^{-1}) e massa de frutos produzida por planta (kg). Neste mesmo período foi realizada uma amostragem final de folhas para se calcular o número de lesões da doença por folha (NL F^{-1}).



Figura 4. Colheita dos frutos. Fonte: ARAÚJO, 2016.

Através da massa de frutos produzida por planta, foi feita a conversão para a produtividade (sacas de 60 kg de café beneficiado ha^{-1}), utilizando-se a seguinte equação: $\text{Produtividade} = ([(\text{kg/planta} \times 0,2) \times \text{número de plantas/ha}] / 60 \text{ kg})$, em que se considera que 10 kg de café cereja equivalem a 2 kg de café beneficiado (CARVALHO et al., 2006).

3.5. Análise estatística

Após a coleta dos dados e cálculos, os mesmos foram submetidos à análise de variância (Teste $F < 0,05$), e tiveram as médias comparadas através do teste de Tukey a 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A água ozonizada (ozônio), assim como Comet (piraclostrobina), Opera (piraclostrobina + epoxiconazol) e Comet + Recop (piraclostrobina + oxiclóreto de cobre), apresentou controle satisfatório da doença, reduzindo a curva de progresso da incidência de cercosporiose (CPIC) quando comparado com a testemunha que atingiu incidência próxima a 11% (Figura 5).

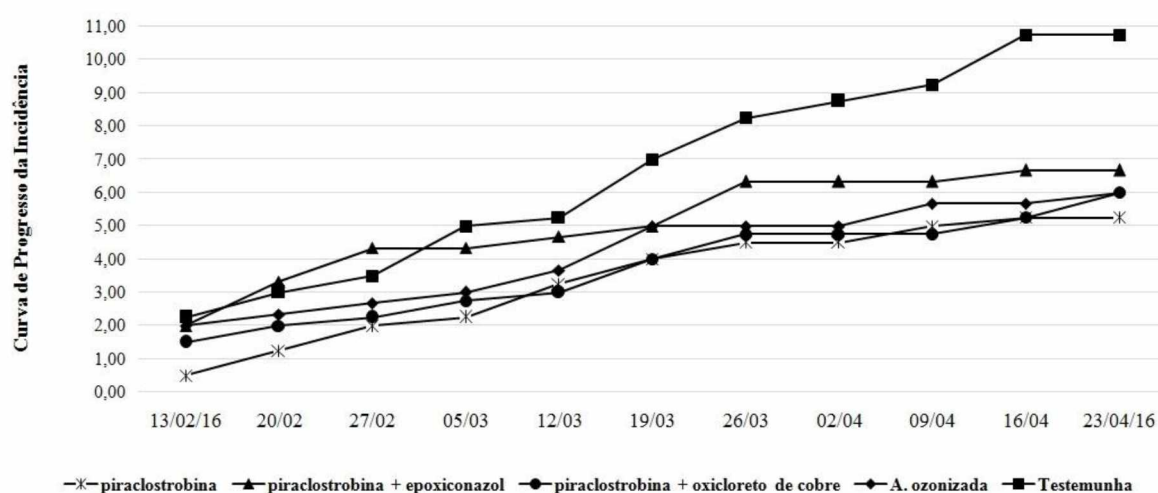


Figura 5. Curva de progresso da incidência de cercosporiose do cafeeiro (CPIC). Araguari - MG, 2016.

Corroborando com os dados mostrados anteriormente, como pode ser observado na Tabela 2, todos os fungicidas testados demonstraram eficácia no controle da cercosporiose do cafeeiro, protegendo o potencial produtivo da cultura.

Tabela 2. Área abaixo da curva de progresso da incidência de cercosporiose do cafeeiro (AACPIC), percentual de controle (C), número de lesões por folha (NL F⁻¹), percentual de frutos sadios (FS) e densidade dos frutos (DS). Araguari - MG, 2016.

Tratamentos ¹	AACPIC	C (%)	NL F ⁻¹	FS (%)	DS (g L ⁻¹)
piraclostrobina	244,13 a	48	1,13 a	88,50 a	787,50 a
piraclostrobina + oxicloreto de cobre	260,75 a	45	1,21 a	86,25 a	767,50 a
piraclostrobina + epoxiconazol	358,24 b	24	1,19 a	80,83 a	774,15 a
Água ozonizada	290,57 a	38	1,03 a	77,83 a	754,98 a
Testemunha	470,75 c	0	1,82 b	56,25 b	668,25 b
CV (%)	7,37	-	12,32	6,70	3,89

¹Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Todos os produtos testados reduziram significativamente a AACPIC (Figura 6), o número de lesões por folha (Figura 7) e, conseqüentemente, permitiram maior percentual de frutos sadios (Figura 8) e densidade dos frutos (Figura 9) em relação à testemunha. Apesar disso, o Opera foi relativamente menos eficaz quando comparado com os demais tratamentos, apresentando controle de 24% ao passo que os demais produtos apresentaram controle igual ou superior a 38%.

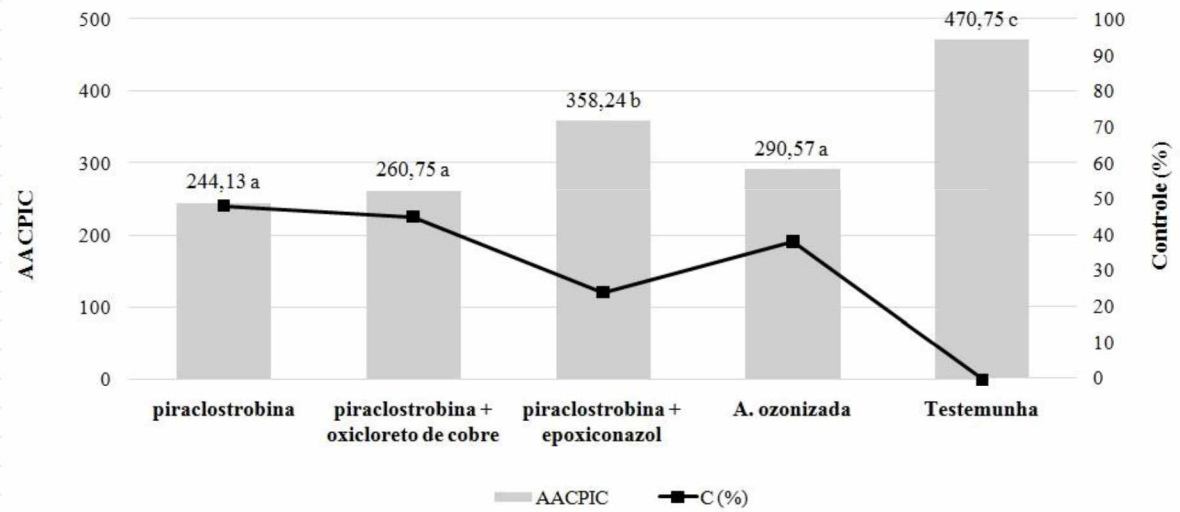


Figura 6. Área abaixo da curva de progresso da incidência de cercosporiose do cafeeiro (AACPIC) e percentual de controle. Araguari - MG, 2016.

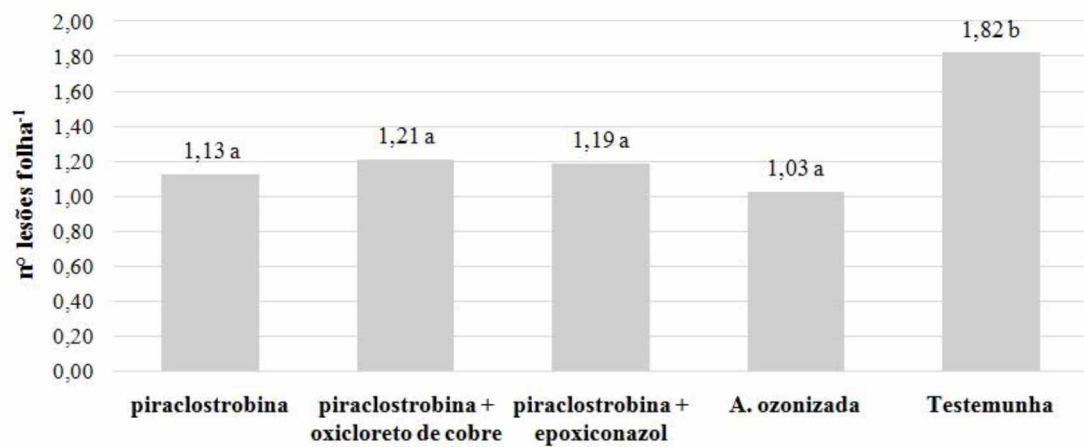


Figura 7. Número de lesões de cercosporiose por folha do cafeeiro em função do emprego dos tratamentos. Araguari - MG, 2016.

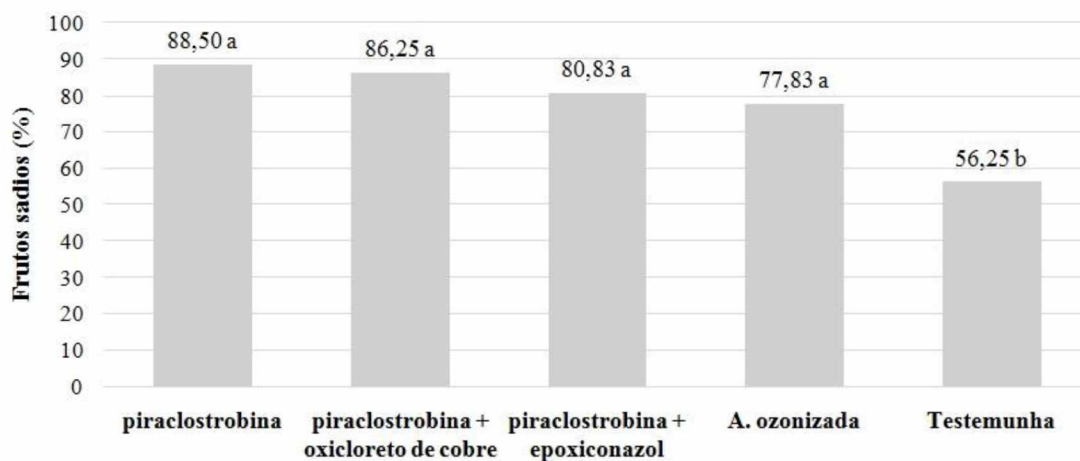


Figura 8. Percentual de frutos sadios de café em função do emprego dos tratamentos. Araguari - MG, 2016.

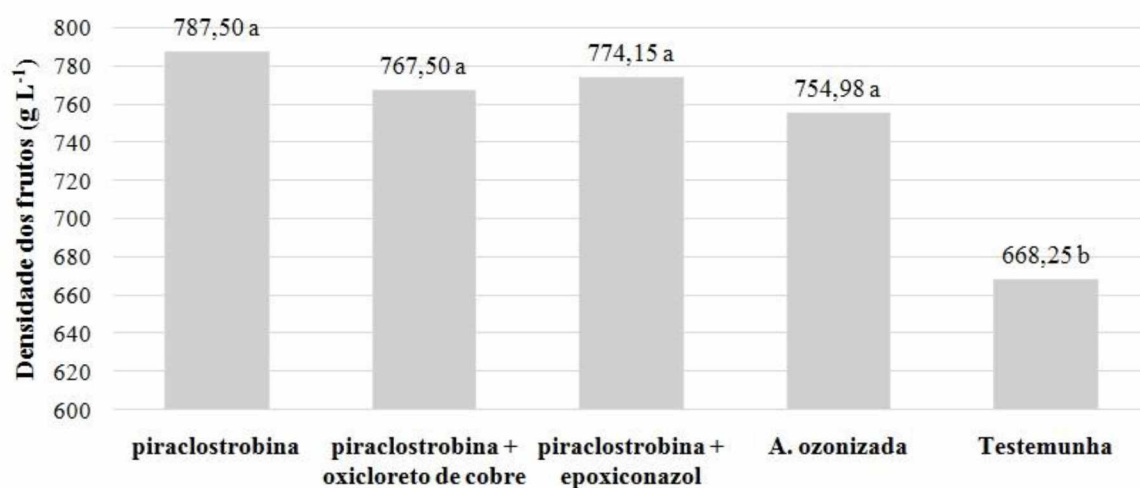


Figura 9. Densidade dos frutos de café em função do emprego dos tratamentos. Araguari - MG, 2016.

Devido à proteção proporcionada pelos fungicidas e pela água ozonizada, as plantas de café expressaram melhor seu potencial produtivo, através de produções mais elevadas quando comparadas àquelas que não foram tratadas (Tabela 3).

Tabela 3. Produtividade de grãos beneficiados de café, percentual da redução do potencial produtivo (RPP) e relação da produtividade em função da água ozonizada. Araguari - MG, 2016.

Tratamentos	Prod. (sc ha ⁻¹) ¹	RPP (%)	Trat./A ozonizada (sc ha ⁻¹)
piraclostrobina	39,22 a	0	+ 6,10
piraclostrobina + oxicleto de cobre	38,09 a	3	+ 4,97
piraclostrobina + epoxiconazol	31,81 a	19	- 1,31
Água ozonizada	33,12 a	16	0,00
Testemunha	22,86 b	42	- 10,26
CV (%)	10,39	-	-

¹Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

A aplicação de Comet, Comet + Recop, Opera e água ozonizada, possibilitaram significativamente maiores produtividades, quando comparadas à testemunha. Sem a aplicação da água ozonizada e dos demais tratamentos, observou-se redução da produtividade de grãos de até 42%, o que corresponde a 16,36 sacas a menos de café beneficiado por hectare (Figura 10). Com a aplicação da água ozonizada, evitou-se a perda de 10,26 sacas de café beneficiado por hectare, mais do que o evitado pelo Opera (Figura 11).

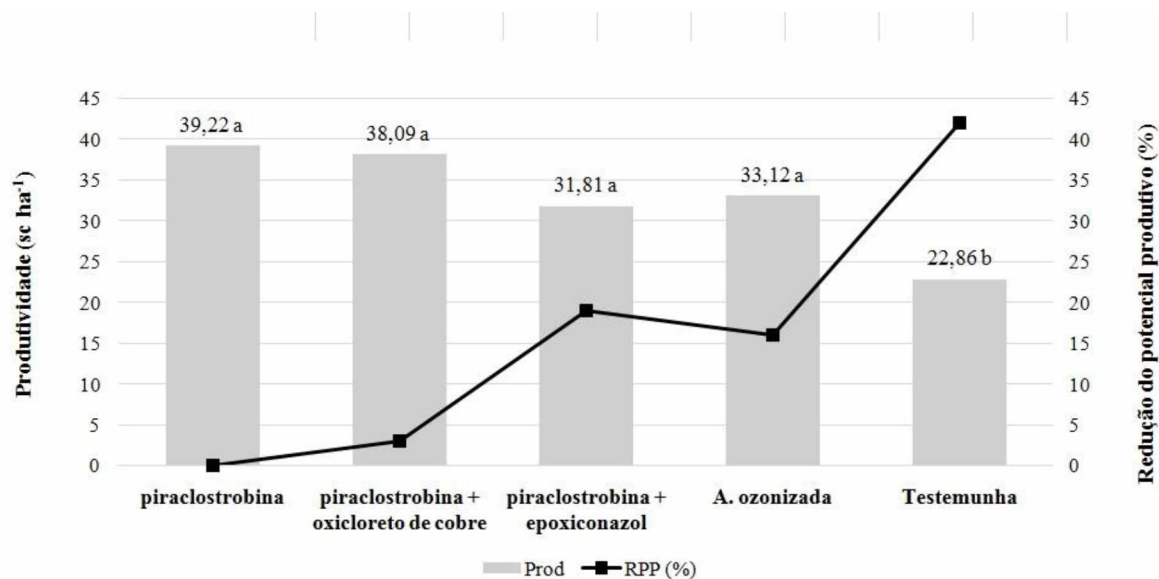


Figura 10. Produtividade de grãos beneficiados de café e percentual de redução do potencial produtivo em função do emprego dos tratamentos. Araguari - MG, 2016.

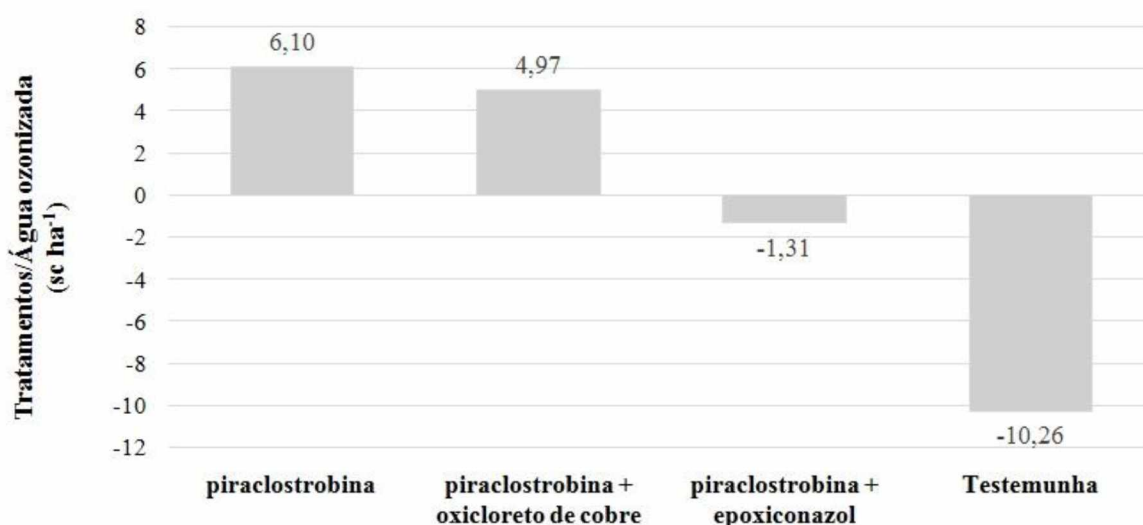


Figura 11. Relação da produtividade de grãos beneficiados de café em função da água ozonizada. Araguari - MG, 2016.

A aplicação de fungicidas à base de triazóis, estrobilurinas, cobre e de suas associações é muito comum na cultura do cafeeiro. Normalmente, há preferência pelos fungicidas que contêm triazóis + estrobilurinas em sua formulação, já que permitem o controle eficiente e simultâneo da ferrugem (*Hemileia vastatrix*) e da cercosporiose (*Cercospora coffeicola*). Além disso, a associação de outros grupos químicos com cúpricos é de extrema importância para o manejo da cercosporiose (MATOS et al., 2016).

De acordo com MATIELLO; PAIVA; FIGUEIREDO (2012), ao avaliarem o efeito isolado e combinado de triazóis e estrobilurinas no controle da cercosporiose, o Comet (piraclostrobina) e o Opera (piraclostrobina + epoxiconazol) foram igualmente eficazes, estatisticamente. No entanto, numericamente, notou-se leve tendência de que o uso de estrobilurina desacompanhada possibilitou menor percentual de infecção da doença, o que foi observado de forma significativa neste trabalho. Os autores também demonstram que a maior eficiência deste grupo químico era esperada, no entanto, devido à aplicação mais tardia, não foi observada.

Apesar do Opera ter se mostrado inferior no controle da doença quando comparado aos demais fungicidas e a água ozonizada, a população de inóculo da doença não se mostrou alta suficiente para ocasionar a redução, significativa, do percentual de frutos sadios, da densidade dos frutos e da produtividade de grãos beneficiados. Isto pode ter ocorrido devido à carga pendente de frutos que não foi muito alta e às condições ambientais que desfavoreceram o desenvolvimento do patógeno, fazendo com a incidência da doença ocorresse a partir de fevereiro/2016, de forma tardia, da mesma forma que ocorreu com MATIELLO; PAIVA; FIGUEIREDO, no ano de 2012.

Além da sua eficácia no controle de doenças, as estrobilurinas também causam outros benefícios, como aumento no teor de clorofila, aumento da assimilação do nitrogênio via nitrato redutase, alteração no ponto de compensação de CO₂, redução da síntese de etileno e até defesa a estresses abióticos, que, por consequência, melhoram o rendimento das culturas (RODRIGUES, 2009).

Os fungicidas que possuem triazóis em sua composição também possuem inúmeras vantagens, como elevada fungitoxicidade a inúmeros patógenos, efeito residual em longo prazo, rápida penetração e translocação, boa distribuição na planta e ação curativa (LOMBARDI, 2002). Já os cúpricos estão entre os fungicidas mais antigos e menos tóxicos dentre aqueles utilizados na agricultura (CARVALHO; CUNHA; SILVA, 2012). Eles melhoram o enfolhamento, são eficazes no controle de cercosporiose, possuem largo espectro de ação, menor fitotoxicidade, baixa toxicidade aos inimigos naturais e pequenos riscos de danos ao meio ambiente, além de serem indispensáveis no manejo nutricional do cafeeiro (CHALFOUN, 1999; CUNHA, MENDES; CHALFOUN, 2004).

Apesar de não serem conhecidos todos os benefícios que a água ozonizada pode proporcionar às plantas, em particularmente ao cafeeiro, o potencial dessa nova tecnologia no controle da cercosporiose foi parcialmente demonstrado (ARAÚJO et al., 2016). Resultado este que agrega novos conhecimentos em relação ao uso do ozônio, já que sua eficácia no controle de fungos em ambientes controlados já é comprovada (BRANDÃO, 2014; SAVI et al., 2014; COELHO et al., 2015a).

A água ozonizada possui um grande potencial como agente fungicida, pois o ozônio é um potente sanitizante, semelhante ao cloro, que se decompõe de forma rápida devido a sua instabilidade e não forma subprodutos tóxicos, como os produzidos na cloração (SILVA et al., 2011). Além disso, pode ser considerada uma ferramenta muito importante no manejo de resistência a fungicidas, já que seu modo de ação é diversificado (HUNT; MARINÑAS, 1999; KIM; YOUSEF; CHISM, 1999; CHIATONNE, 2008 *apud* BRANDÃO 2014).

De acordo com FARRÉ-ARMENGOL et al. (2015) o ozônio pode degradar essências florais e reduzir a atração de polinizadores. Portanto, *a priori* é de extrema importância que o posicionamento técnico da água ozonizada para controle de doenças seja feito nos períodos que não coincidam com o período de floração do cafeeiro ou de outras culturas potenciais que sejam alógamias, até que novos estudos direcionados sejam feitos.

Nenhum tipo de efeito negativo, como fitotoxicidade, que poderia ter sido ocasionado pela água ozonizada foi observado. Tanto as folhas quanto os frutos não demonstraram anormalidades, de acordo com as condições deste trabalho. Como mostram COELHO et al.

(2015b) a ozonização atende as demandas de alimentos mais seguros, nutritivos e com qualidade sensorial.

Apesar dos resultados positivos encontrados, é extremamente recomendada a realização de novos trabalhos em laboratório, casa de vegetação e campo para melhor avaliar a performance da água ozonizada como fungicida, já que a partir deste primeiro trabalho a campo, foi possível visualizar um grande potencial.

5. CONCLUSÕES

A água ozonizada foi eficaz no controle de *Cercospora coffeicola* e não causou nenhum efeito deletério nas folhas ou nos frutos. Portanto, ela demonstrou ser uma alternativa no manejo da cercosporiose do cafeeiro no cerrado brasileiro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIOS, G. B. **Plant Pathology**, 4 ed. San Diego: Academic Press, 635p., 1998.
- ALKIMIM, E. R.; CAIXETA, E. T.; SOUSA, T. V.; OLIVEIRA, A. C. B. de; PEREIRA, A. A.; ZAMBOLIM, E. M.; ZAMBOLIM, L.; SAKIYAMA, N. S. Seleção Assistida por Marcadores Moleculares para Resistência à Ferrugem do Cafeeiro. **Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, nº 8, 2013, Salvador. Sustentabilidade e Inclusão Social. Brasília, DF: Embrapa Café, 2013.
- ALWI, N. A.; ALI, A. Dose-dependent Effect of Ozone Fumigation on Physiological Characteristics, Ascorbic Acid Content and Disease Development on Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.) During Storage. **Food And Bioprocess Technology**, [s.l.], v. 8, n. 3, p.558-566, 2014.
- ARAÚJO, A. C. P.; NOGUEIRA, D. P.; AUGUSTO, L. G. S. Impacto dos Praguicidas na Saúde: Estudo da Cultura de Tomate. **Revista de Saúde Pública**, [s.l.] v. 34, n. 3, p. 309-313, 2000.
- ARAÚJO, A. P. de; HERNANDES, R. de C.; PIRES, P. A.; MIRANDA, G. di C. Tratamento de Água com Ozônio: Estudo. **Ciências do Ambiente**, UNICAMP, Campinas - SP, 2012. Disponível em: <http://www.ib.unicamp.br/dep_biologia_animal/BE310>. Acesso em: 11 jul. 2017.
- ARAÚJO, V. C.; VALIATTI, D.; PONCE, M. C. R.; SILVA, A. K. C.; DUARTE, L. C.; MARÇAL, C. A.; RODRIGUES, C.; SÁ, G. N. V.; BORGES, H. D.; LANA, R. M. Q.; JULIATTI, F. C. Eficácia da Água Ozonizada no Controle de *Cercopora Coffeicola*. In: Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 49º. **Anais de Evento**. Maceió - AL. 2016.
- BARNETT, H. L.; HUNTER, B. B. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. 4 ed. **The American Phytopathological Society**. St. Paul, Minnesota, 218p., 1998.
- BORGUINI, R. G.; TORRES, E. A. F. S. Alimentos Orgânicos: Qualidade Nutritiva e Segurança do Alimento. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas - SP, v. 13, n. 2, p. 64-75, 2006.
- BRANDÃO, F. J. B. **Aplicação de Água Ozonizada como Agente Sanitizante Durante o Processamento de Café Arábica**. 2014. 70 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Botucatu, 2014.
- BRIDSON, D. M. Additional Notes on *Coffee* (*Rubiaceae*) from Tropical East Africa. **Kew Bulletin**, New York, v. 49, n. 2, p. 331-342, 1994.

- CARDOSO, C. C.; VEIGA, S. M. O. M.; NASCIMENTO, L. C. do; FIORINI, J. E.; AMARAL, L. A. do. Avaliação Microbiológica de um Processo de Sanificação de Galões de Água com a Utilização do Ozônio. **Ciências e Tecnologia dos Alimentos**. Campinas, v. 23, n. 1, p. 59-61, 2003.
- CARDOSO, D. de A. **Seleção de Progenies F4 de Cafeeiros com Resistência à Ferrugem em Machado-MG**. 2014. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- CARVALHO, G. R.; MENDES, A. N. G.; BARTHOLO, G. F.; AMARAL, M. A. Avaliação e Seleção de Progenies Resultantes do Cruzamento de Cultivares de Café Catuaí com Mundo Novo. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.30, n.5, p.838-843, 2006.
- CARVALHO, V.L.; CHALFOUN, S.M. Doenças do Cafeeiro: Diagnose e Controle. Boletim Técnico, 58. **EPAMIG**, Belo Horizonte, 44p., 2000.
- CARVALHO V. L.; CHALFOUN S. M. Manejo Integrado das Principais Doenças do Cafeeiro. **Informe Demográfico**, Belo Horizonte, v.19, p. 27-35, 1998.
- CARVALHO, V. L.; CUNHA, R. L. da; SILVA, N. R. N. Alternativas de Controle de Doenças do Cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 42-49, 2012.
- CASTAÑO, A. J. J. Mancha de Hierro del Cafeto. **Boletín Informativo**, Buenos Aires, v. 82, p. 313-327, 1956.
- CHALFOUN, S. M. Aspectos da Utilização de Fungicidas Cúpricos na Cultura do Cafeeiro: Revisão de Literatura. 2.ed. **Griffin**, Lavras, 88p., 1999.
- CHALFOUN, S.M. Doenças do Cafeeiro: Importância, Identificação e Métodos de Controle. **UFLA/FAEPE**, Lavras, 93p., 1997.
- CHUPP, C. A Monograph of the Fungus Genus *Cercospora*. **Ithaca**. New York. 667p., 1953.
- COELHO, C. C. de S.; FREITAS-SILVA, O.; ALCANTARA, I.; SILVA, J. P. L. da; CABRAL, L. M. C. Ozônio em Morangos Minimamente Processados, uma Alternativa ao Uso do Cloro na Segurança de Alimentos. **Vigilância Sanitária em Debate**, [s.l.] v. 3, n. 1, p. 61-66, 2015a.
- COELHO, C. C. de S.; FREITAS-SILVA, O.; CAMPOS, R. da S.; BEZERRA, V. S.; CABRAL, L. M. C. Ozonização como Tecnologia Pós-colheita na Conservação de Frutas e Hortaliças: Uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v.19, n.4, p.369-375, 2015b.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira, Café**. Safra 2014, Terceira Estimativa, set/2014. Conab, Brasília, 58p., 2014.

- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira, Café**. Safra 2015, Primeira Estimativa, jan/2015. Conab, Brasília, 43p., 2015.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra Brasileira, Café**. Safra 2017, Primeiro Levantamento. Conab, Brasília, v. 4, n. 1, 98p., jan. 2017.
- CONCEIÇÃO, C.H. **Biologia, Dano e Controle do Bicho-mineiro em Cultivares de Café Arábica**. 2005. 86 f. Dissertação (Mestrado - Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agrônomo, Campinas, 2005.
- CUNHA, R. L. da; MENDES, A. N. G.; CHALFOUN, S. M. Controle Químico da Ferrugem do Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) e Seus Efeitos na Produção e Preservação do Enfolhamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n.5, p. 990-996, 2004.
- CUNHA, R. L. da. **Controle Químico de Doenças do Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Como Parte do Programa APPCC**. 2003. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- DEUNER, S.; ALVES, J. D.; FRIES, D. D.; ZANANDREA, I.; LIMA, A. A.; HENRIQUE, P. de C.; GOULART, P. de F. P. Peróxido de Hidrogênio e Ácido Ascórbico Influenciando a Atividade de Enzimas Antioxidantes de Mudanças de Cafeeiro. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 2, p. 135-140, 2008.
- FARRÉ-ARMENGOL, G.; PEÑUELAS, J.; LI, T.; YLI-PIRILÄ, P.; FILELLA, I.; LLUSIA, J.; BLANDE, J. D. Ozone Degrades Floral Scent and Reduces Pollinator Attraction to Flowers. **New Phytologist**, [s.l.], v. 209, n. 1, p.152-160, 2015.
- FERNANDES, C. D. **Efeitos de Fatores do Ambiente e da Concentração de Inóculo Sobre a Cercosporiose do Cafeeiro**. 1988. 37 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.
- FERNANDES, C. D.; PELOSO, M. C. del; MAFFIA, L. A. Influência da Concentração de Inóculo de *Cercospora coffeicola* e do Período de Molhamento Foliar na Intensidade da Cercosporiose do Cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 16, n.1, p. 39-43, 1991.
- FRAGOSO, D. B. **Resistência e Sinergismo a Inseticidas Fosforados em Populações de *Leucoptera coffeella* (Guér-Ménév.) (Lepidoptera: Lyonetiidae)**. 2000. 34 f. (Dissertação - mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.
- GODFRAY, H. C. J.; BEDDINGTON, J. R.; CRUTE, I. R.; HADDAD, L.; LAWRENCE, D.; MUIR, J. F.; PRETTY, J.; ROBINSON, S.; THOMAS, S. M.; TOULMIN, C. Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People. **Science**, [s.l.], v. 327, n. 5967, p.812-818, 2010.

- GODOY, C. V.; BERGAMIN FILHO, A.; SALGADO, C. L. Doenças do Cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: KIMATI, H. et al. (Ed.). Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas. **Agrônômica Ceres**, São Paulo, v. 2, p. 184-200, 1997.
- GUIMARÃES, S. E.; RESENDE, M. L. V.; SANTOS, D. M. dos; MONTEIRO, A. C. A.; VASCONCELOS, V. A. M.; JÚNIOR, M. B. da S. Indutores de Resistência no Controle da Cercosporiose do Cafeeiro: Análise de Genes Relacionados à Defesa. **Coffee Science**, [S.l.], v. 11, n. 3, p. 308 - 317, 2016.
- GUO, Z.; WANG, Q. Efficacy of Ozonated Water Against *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* in *Brassica campestris* ssp. *chinensis*. **Ozone: Science & Engineering**, [s.l.], v. 39, n. 2, p.127-136, 2017.
- HUNT, N. K.; MARÍÑAS, B. J. Inactivation of Escherichia Coli with Ozone: Chemical and Inactivation Kinetics. **Water Research**, Kidlington, v. 33, n. 11, p. 2633-2641, 1999.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (IBGE)**. Pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil. Rio de Janeiro. v.30. n.3. p.1-83. 2017.
- JULIATTI, F. C. Avaliação da Incidência e Severidade da Ferrugem, Incidência da Cercosporiose e Produtividade da Lavoura Cafeeira no Cerrado, Conduzida sob Diferentes Sistemas de Irrigação e Lâminas D'água. Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (2001: Vitória, ES). **Resumos**. Embrapa Café, Brasília, 181p., 2001.
- JULIATTI, F. C.; RAMOS, A. de S.; MENDONÇA, F. C.; SANTOS, C. M. dos. Incidência e Severidade da Cercosporiose em Lavoura Cafeeira Conduzida sob Diferentes Sistemas de Irrigação e Lâminas D'água. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras. **Resumos**. Poços de Caldas, n. 24, 2000.
- JULIATTI, F.C.; SILVA, C. C.N.; GOULART FILHO, L.R. Estudos das Características Fisiológicas de Isolados de *Colletotrichum* spp. Coletados em Lavouras Cafeeiras (*Coffea arabica*) de Minas Gerais. Testes de patogenicidade e análise molecular. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. **Resumos**. Embrapa Café, Poços de Caldas, p. 215-218, 2000.
- KHADRE, M. A.; YOUSEF, A. E.; KIM, J. G. Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 66, n. 9, p.1242-1252, 2001.
- KECHINSKI, K. P. **Avaliação do Uso de Ozônio e de Outros Tratamentos Alternativos para a Conservação do Mamão Papaia (*Carica papaya* L.)**. 2007. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Programa de Pós-graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

- KEIVANLOO, E.; NAMAGHI, H. S.; KHODAPARAST, M. H. H. Effects of Low Ozone Concentrations and Short Exposure Times on the Mortality of Immature Stages of the Indian Meal Moth, *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: *Pyralidae*). **Journal of Plant Protection Research**, [s.l.], v. 54, n. 3, p.267-271, 2014.
- KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; CHISM, G. W. Use of Ozone to Inactivate Microorganisms on Lettuce. **Journal of Food Safety**, [s.l.], v. 19, n. 1, p.17-34, 1999.
- KUNZ, A.; PERALTA-ZAMORA, P. Novas Tendências no Tratamento de Efluentes Têxteis. **Química Nova**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 78-82, 2002.
- LABORDE, M. C. F. **Avaliação de Fungos Sapróbios na Sobrevivência de *Cercospora coffeicola***. 2014. 49 f. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- LANDIM, R. Brasil Já é o Terceiro Maior Exportador Agrícola do Mundo. **O Estado de São Paulo** (Ed.). São Paulo, 2010. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/geral,brasil-ja-e-o-terceiro-maior-exportador-agricola-do-mundo,520500>>. Acesso em: 19 mar. 2017.
- LEITE, G. L. D. Resistência de Tomates a Pragas. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 6, n. 2, p. 129-140, 2004.
- LIMA, A. P. S.; SCARATTI, G.; BAKKAR, J. R.; JOSÉ, H. J.; MOREIRA, R. F. P. Nanopartículas de Óxidos de Manganês, Ferro e Cério como Catalisadores da Ozonização de Efluentes de Refinaria de Petróleo. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 9573-9580, 2015.
- LIMA, L. M.; POZZA, E. A.; SANTOS, F. S. Relationship Between Incidence of Brown Eye Spot of Coffee Cherries and the Chemical Composition of Coffee Beans. **Journal of Phytopathology**, Berlin, v. 160, n. 4, p. 209-211, 2012.
- LOMBARDI, A. P. Z. **Caracterização Patogênica, Morfológica, Fisiológica, Molecular e Sensibilidade a Fungicida de *Cercospora coffeicola***. 2002. 141 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de plantas) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2002.
- MADEIRA, J. A. P. **Reação de Genótipos de Cafeeiro à *Hemileia vastatrix* e à *Cercospora coffeicola***. 2016. 51 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.
- MALAVOLTA, E.; FERNANDES, D. R.; CASALE, H.; ROMERO, J. P. Seja o Doutor do Seu Cafezal: Arquivo do Agrônomo 2ª Ed. **Potafós**, [s. l.], v. 3, n. 64, p. 1-36, 1993.
- MANAHAN, S. E. Environmental Chemistry, 8th ed. **CRC Press**, Boca Raton, 2005.

- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. *Cultura do Café no Brasil: Manual de Recomendações*. **Gráfica Santo Antônio**, Varginha, 1981.
- MATIELLO, J. B.; PAIVA, R. N.; FIGUEIREDO, E. C. Efeito Isolado e Combinado de Triazóis e Estrobilurinas no Controle da Ferrugem e da Cercosporiose em Cafeeiros. **Procafé**, [s. l.], 2012.
- MATOS, G. A.; SOUSA, F. A. de; JÚNIOR, J. P.; LIMA, L. M. de. Avaliação da Mistura de Fungicidas no Controle de Doenças do Cafeeiro. **Getec**, [s. l.], v.5, n.9, p.90-103, 2016.
- MONACO, L.C. Consequences of the Introduction of Coffee Leaf Rust into Brazil. **Annals Academic Science**, New York, v.287, p.57-71, 1977.
- MOREIRA, R. V., CENTURION, L.; MEIRELES, E. J. L.; SOLER, W. R.; VOLPATO, M. M. L.; FERREIRA, A. L. S.; ALVES, R. C. P.; CARVALHO, L. G. de; MIRANDA, W. L. Monitoramento do Ataque de Pragas em Cafeeiros no Município de Lavras, MG, nos Anos Agrícolas 2011-2012 e 2012-2013. Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, n. 8, 2013, Salvador. **Anais**. Embrapa Café, Brasília, 2013.
- NOACK, F. Die Krankheiten des Kaffeebaumes in Brasilien. **Z Pflkrankh Pflschutz**, [s. l.] v. 11, n.4/5 p. 196-203, 1901.
- NASCIMENTO, L. C. do; LIMA, L. C. de O.; PICOLLI, R. H.; FIORINI, J. E.; DUARTE, S. M. da S.; SILVA, J. M. S. F. da; OLIVEIRA, N. de M. S.; VEIGA, S. M. de O. M. Ozônio e Ultra-som: Processos Alternativos para o Tratamento do Café Despolpado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 282-294, 2008.
- NOJOSA, G.B.A. **Efeito de Indutores na Resistência de *Coffea arabica* L. a *Hemileia vastatrix* BERK & BR. e *Phoma costaricensis* ECHANDI**. 2003. 102 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- OLIVEIRA, I. P. D.; OLIVEIRA, L. C.; MOURA, C. S. F. T. D. Cultura de Café: Histórico, Classificação Botânica e Fases de Crescimento. **Revista Eletrônica Faculdade Montes Belos**, Montes Belos, v. 5, n. 3, p. 18-32, 2012.
- ONG, M. K.; ALI, A. Antifungal Action of Ozone Against *Colletotrichum gloeosporioides* and Control of Papaya Anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, [s.l.], v. 100, p.113-119, 2015.
- PATRICIO, F. R. A.; BRAGHINI, M. T. Efeito de Fungicidas Triazóis Sobre o Controle da Cercosporiose em Mudanças de Cafeeiro. **Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 2, p. 241-249, 2011.

- PATRICIO, F. R. A.; ALMEIDA, I. M. G.; BARROS, B. C.; SANTOS, A. S.; FRARE, P. M. Effectiveness of Acibenzolar-S-methyl, Fungicides and Antibiotics for the Control of Brown Eye Spot, Bacterial Blight, Brown Leaf Spot and Coffee Rust in Coffee. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 152, n. 152, p. 29-39, 2008.
- PEREIRA, A. de M.; FARONI, L. R. D.; SOUSA, A. H. de; URRUCHI, W. I.; PAES, J. L. Influência da Temperatura da Massa de Grãos Sobre a Toxicidade do Ozônio a *Tribolium castaneum*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 493-497, 2008.
- PEREIRA, M. M. S.; MIMICA, L. M. J.; NAVARINI, A.; JÚNIOR, A. M. P.; ALTENFELDER, R.. Efeito de Diferentes Gases Sobre o Crescimento Bacteriano: Estudo Experimental. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 1, p. 12-14, 2005.
- PEREIRA, R.B. **Extrato de Casca de Café e Óleo de Tomilho no Controle de *Cercospora coffeicola* Berk & Cooke em Cafeeiro**. 2006. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.
- PERES, F.; MOREIRA, J. C. Saúde e Ambiente em Sua Relação com o Consumo de Agrotóxicos em um Pólo Agrícola do Estado do Rio de Janeiro. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 612-621, 2007.
- PIERRON, R. J. G.; PAGES, M.; COUDERC, C.; COMPANT, S.; JACQUES, A. VIOLLEAU, F. In Vitro and in Planta Fungicide Properties of Ozonated Water Against the Esca-associated Fungus *Phaeoacremonium aleophilum*. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 189, p.184-191, 2015.
- POZZA, A. A. A.; MARTINEZ, H. E. P.; POZZA, E. A.; CAIXETA, S. L.; ZAMBOLIM, L. Intensidade da Mancha de Olho Pardo em Mudas de Cafeeiro em Função de Doses de N e de K em Solução Nutritiva. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.29-33, 2000.
- POZZA, E. A.; ALVES, M. C. Impacto Potencial das Mudanças Climáticas Sobre as Doenças Fúngicas do Cafeeiro no Brasil. In: GHINI, R.; HAMADA, E. (Ed.). Mudanças Climáticas: Impactos Sobre Doenças de Plantas no Brasil. **EMBRAPA**, Brasília, p. 216-233 2008.
- RENA, A. B., et al. Cultura do Cafeeiro: Fatores que Afetam a Produtividade. **Potafós**, Piracicaba, 210p., 1986.
- RICCI, M. S. F.; ARAÚJO, M. C. F.; FRANCH, C. M. C. Cultivo Orgânico do Café: Recomendações Técnicas. **EMBRAPA**, Brasília, 101p., 2002.

- RODRIGUES, M. A.T. **Avaliação do Efeito Fisiológico e do Efeito de Fungicidas na Cultura da Soja**. 2009. 193 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura, ESALQ. Piracicaba, 2009.
- ROZADO, A. F.; FARONI, L. R. A.; URRUCHI, W. M. I.; GUEDES, R. N. C.; PAES, J. L. Aplicação de Ozônio Contra *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* em Milho Armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 282-285, 2008.
- SANTOS, J. E. **Difusão e Cinética da Decomposição do Ozônio no Processo de Fumigação de Grãos de Milho (*Zea mays*)**. 2008. 64 f. Tese em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- 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**, [s. l.], v. 59, p. 245-253, 2014.
- SCANDELAI, A. P. J.; TAVARES, C. R. G.; FRANCO, J. M.; DIAS, P. R. Z.; CORSO, B. L. Tratamento do Liviviado do Aterro Sanitário de Maringa-PR por Processos de Ozonização e Combinação Catalítica com Óxidos Metálicos (O₃/TiO₂ e O₃/ZnO). **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, [s. l.], v. 1, n. 2, p. 6565-6572, 2015.
- SHANER, G.; FINNEY, R. F. The Effects of Nitrogen Fertilization on the Expression of Slow-Mildewing in Know Wheat. **Phytopathology**, St. Paul, v.70, p. 1183-86, 1977.
- SILVA, S. da B.; LUVIELMO, M. de M.; GEYER, M. C.; PRÁ, I. Potencialidades do Uso do Ozônio no Processamento de Alimentos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 659-682, 2011.
- SOUSA, C. S.; TORRES, L. M.; AZEVEDO, M. P. F.; CAMARGO, T. C. de; GRAZIANO, K. U.; LACERDA, R. A.; TURRINI, R. N. T. Ozônio na Esterilização de Produtos para Assistência à Saúde: Revisão Integrativa da Literatura. **Rev Esc Enferm USP**, São Paulo, v. 45, n. 5, p. 1238-1244, 2011.
- SOUZA, A. G. C.; RODRIGUES, A. A.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. G. Infection Process of *Cercospora coffeicola* on Coffee Leaf. **Journal of Phytopathology**, [s. l.], v. 159, n. 1, p. 6-11, 2011.
- SOUZA, A. G. C.; MAFFIA, L. A.; SILVA, F. F.; MIZIBUTI, E. S. G.; TEXEIRA, H. A. Time Series Analysis of Brown Eye Spot Progress in Conventional and Organic Coffee Production Systems. **Plant Pathology**, [s. l.], v. 64, n.1, p.157-166, 2015.

SOUZA, J.C.; REIS, P. R.; SILVA, R. A.; TOLEDO, M. A. de. Cafeicultor: Saiba como Monitorar e Controlar a Broca-do-café com Eficiência. **Epamig**, Belo Horizonte, Circular técnica n.178, 3p., 2013.

TALAMINI, V.; POZZA, R. A.; SOUZA, P. E. de; SILVA, A. M. da. Progresso da Ferrugem e da Cercosporiose do Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Diferentes Lâminas de Irrigação e Diferentes Parcelamentos de Adubação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.1, p.55-62, 2001.

TILMAN, D.; BALZER, C.; HILL, J.; BEFORT, B. L. Global Food Demand and the Sustainable Intensification of Agriculture. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s. l.], v. 108, n. 50, p. 20260-20264, 2011.

VARZEA, V. M. P.; JÚNIOR, C. J. R.; SILVA, M. C. M. L.; GOUVEIA, M.; MARQUES, D. V.; GUERRA-GUIMARÃES, L.; RIBEIRO, A.; ZAMBOLIM, L. Resistência do Cafeeiro a *Hemileia vastatrix*. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café. **Editora UFV**, Viçosa, p. 297-320, 2002.

WEAVERS, L. K.; WICKRAMANAYAKE, G. B. Disinfection and Sterilization Using Ozone. In: Block, S. S. (Ed). Disinfection, Sterilization, and Preservation, 5th ed. **Lippincott Williams e Wilkins**, Philadelphia, 2001. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=3fkPJ17_TYC&oi=fnd&pg=PA205&dq=Disinfection+and+sterilization+using+ozone&ots=KmbQEv3MJ4&sig=8uIQDNLZXKdYlA0NuBgIF6BBkIc#v=onepage&q=Disinfection%20and%20sterilization%20using%20ozone&f=false)

[BR&lr=&id=3fkPJ17_TYC&oi=fnd&pg=PA205&dq=Disinfection+and+sterilization+using+ozone&ots=KmbQEv3MJ4&sig=8uIQDNLZXKdYlA0NuBgIF6BBkIc#v=onepage&q=Disinfection%20and%20sterilization%20using%20ozone&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=3fkPJ17_TYC&oi=fnd&pg=PA205&dq=Disinfection+and+sterilization+using+ozone&ots=KmbQEv3MJ4&sig=8uIQDNLZXKdYlA0NuBgIF6BBkIc#v=onepage&q=Disinfection%20and%20sterilization%20using%20ozone&f=false)>. Acesso em: 11 mar 2015.

YEOH, W. K.; ALI, A.; FORNEY, C. F. Effects of Ozone on Major Antioxidants and Microbial Populations of Fresh-cut Papaya. *Postharvest Biology and Technology*, [s. l.], v. 89, p. 56-58, 2014.

VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. Café (*Coffea arabica* L.): Controle de Doenças. In: VALE, F. X. R. do; ZAMBOLIM, L. (Ed). Controle de Doenças de Plantas: Grandes Culturas. **Editora UFV**, Viçosa, v.1, p. 83-180, 1997.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, E. M. Doenças do Cafeeiro (*C. arabica* e *C. canephora*). In: KIMATI, H. et al. (Ed). Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas, 4 ed. **Agronômica Ceres**, São Paulo, v. 2, p. 165-180, 2005.