



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



MARIANA PETINI DE FREITAS

**PROTETORES SOLARES PARA MINIMIZAR OS EFEITOS
DOS ESTRESSES CLIMÁTICOS SOBRE A FOTOSSÍNTESE
EM CITROS**

ARARAS - 2021



Universidade Federal de São Carlos
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



MARIANA PETINI DE FREITAS

**PROTETORES SOLARES PARA MINIMIZAR OS EFEITOS
DOS ESTRESSES CLIMÁTICOS SOBRE A FOTOSSÍNTESE
EM CITROS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Agrônoma – CCA – UFSCar para a obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Henrique Schinor

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Marcelli Boaretto

ARARAS – 2021

Este trabalho é dedicado à minha família, que sempre esteve ao meu lado, apoiando e comemorando a cada realização.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por toda força, benção, sabedoria e proteção que tem me dado por toda vida.

Aos meus pais, Maria Helena Petini de Freitas e Sebastião César de Freitas, meus maiores exemplos de amor, força e bondade.

A minha irmã Camila de Freitas, ao meu cunhado Márcio José de Melo e seus filhos, aos quais sempre me espelhei e por todo apoio.

Ao meu namorado Gabriel Alexandre de Jesus Souza, por todo amor e suporte que me dá nos momentos difíceis e por sempre estar presente.

À Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, e todos os colaboradores, pelo acolhimento e pela oportunidade de me formar em uma excelente universidade.

Ao meu orientador Prof. Dr. Evandro Henrique Schinor, por ter aceitado ser meu orientador na Universidade, por toda paciência e por todo suporte que me deu durante essa importante fase de finalização de curso.

Em especial, a minha segunda família República Viracopos, que durante anos cuidaram, se preocuparam e foram meu pilar de estrutura, que fizeram o papel de família, enquanto estava longe de casa.

A minha turma XXIII e amigos que a UFSCar me presenteou: Jéssica Lavorenti, Laíze Borelli, Bruna Panza, Giovana Bueno, Naiane Moraes, Aline Gomes, Murilo Pinto, Gabriel Levrero, Lucas Minto, Vitor Ribeiro, Rafael Pires, Bruna Castriani e Adnah Roque, por tornarem essa caminhada mais leve e engraçada e por compartilharem momentos que levarei pra vida toda. E a Gyovana Ridolfi, uma grande amiga que me fez tomar uma das decisões mais importantes da minha caminhada.

Agradeço ao Centro de Citricultura Sylvio Moreira/IAC, em especial ao meu orientador de estágio Prof. Dr. Rodrigo Marcelli Boaretto, ao Prof. Dr. Dirceu Mattos Jr., Dr. Jefferson Rangel, ao Eng. Agr. Lucas Bernardi (Mestrando) e todos os colegas de trabalho do Laboratório de fisiologia e nutrição de plantas, por permitir que eu fizesse parte desse time, por todo aprendizado e trocas de experiências, além da amizade que fizemos.

Meus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por conceder o financiamento do presente projeto tornando assim possível executá-lo.

Meus sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Fernando César Sala, que durante anos permitiu que eu fizesse parte do Grupo de Estudos em Horticultura, onde obtive muito conhecimento e amadurecimento profissional.

A empresa Sumitomo, onde fiz grandes laços de amizade e onde pude crescer muito pessoal e profissionalmente.

Para finalizar, gostaria de agradecer a todos que de forma direta ou indiretamente, contribuíram para que eu chegasse onde estou.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”. (Marthin Luther King)

RESUMO

Episódios climáticos extremos estão ficando cada vez mais comuns, e são caracterizados por alta radiação luminosa e temperatura do ar elevada, tendo como consequência, estresse e grande impacto no desenvolvimento, qualidade e produção de citros. A citricultura é uma das atividades brasileira com maior relevância na agricultura mundial e apresenta números expressivos que traduzem a grande importância econômica e social que a atividade tem para a economia do país. Sob condições de estresse, as plantas têm suas atividades metabólicas limitadas, trazendo prejuízos para o florescimento e frutificação das plantas devido ao aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) que danificam metabolismo e estrutura vegetal. O presente estudo tem como objetivo avaliar a eficiência do uso de protetores solares para reduzir os efeitos de estresse climático sobre a fotossíntese em citros. O experimento foi conduzido em plantas jovens de laranjeira doce Valência [*Citrus sinensis* (L.) Osb.] enxertada em citrumelo 'Swingle' [*C. paradisi* Macf. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], no Centro de Citricultura Sylvio Moreira (IAC), no município de Cordeirópolis-SP, a pleno sol, com três tratamentos, sendo eles, T1: controle, T2: caulim pulverizado [pó molhável 1 μm (30 g L⁻¹)] e T3: óxido-hidróxido carbonato de cálcio pulverizado [pó molhável, <1 μm (30 g L⁻¹)], com seis repetições por tratamento. Foram avaliadas as seguintes variáveis: temperatura foliar com auxílio do termômetro (Fluke 59 Max, Fluke Co., Everett, EUA), peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica, medidas de trocas gasosas e fluorescência da clorofila a, com auxílio do IRGA (Li-6800, Inc. Lincoln, EUA.) definindo assim, condutância estomática, transpiração, concentração interna de CO₂, assimilação de CO₂, carboxilação da rubisco, taxa de transferência de elétrons, eficiência do fotossistema II e a energia utilizada para fotoquímica. Os resultados foram analisados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Não houve diferença estatística significativa para nenhuma das variáveis no horário das 9h00, já para o horário das 12h00 houve diferença para as variáveis E, A_{net}, g_{sw} e A/Ci e F_v/F_m com aplicação de caulim. Também houve diferença de temperatura foliar para plantas pulverizadas com caulim, que reduziram cerca de 3°C de temperatura foliar e plantas pulverizadas com carbonato de cálcio tem uma tendência em diminuir sua temperatura quando comparada com plantas controle. Não houve produção de peróxido de hidrogênio para nenhum dos tratamentos e apenas houve incremento de MDA para plantas tratadas com carbonato de cálcio. Podemos concluir que a aplicação foliar de caulim (30 g L⁻¹) em plantas de laranjeira 'Valência' é capaz de alterar parâmetros fotossintéticos, proporcionando efeitos positivos para trocas gasosas e redução na temperatura foliar.

Palavras-chave: citros, estresse abiótico, caulim, assimilação de CO₂, carbonato de cálcio.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Visão geral do experimento, com plantas controle, aplicação de caulim e carbonato de cálcio, em área aberta no Centro de Citricultura Sylvio Moreira (Instituto Agronômico) no município de Cordeirópolis-SP, 202121
- Figura 2:** Plantas controle e imagem óptica com zoom de 60x Cordeirópolis-SP, 2021.....23
- Figura 3:** Plantas tratadas com tratamento caulim e imagem óptica com zoom de 60x. Cordeirópolis-SP, 2021.....23
- Figura 4:** Plantas tratadas com carbonato de cálcio e imagem óptica com zoom de 60x. Cordeirópolis-SP, 2021..... 24
- Figura 5:** Média de temperatura ambiente (°C) e Radiação Fotossinteticamente Ativa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante o período experimental (março/2021), Cordeirópolis-SP, 2021.....27
- Figura 6:** Transpiração ($\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) (A); Taxa assimilação líquida de CO_2 ($\text{mmol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) (B); Concentração interna de CO_2 ($\text{mmol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) (C); Condutância estomática ($\text{mmol m}^{-1} \text{s}^{-1}$) (D) e Eficiência da carboxilação da rusbisco (E), para plantas controle, com aplicação de caulim e aplicação de carbonato de cálcio, no horário das 9h00 e 12h00 em laranja 'Valência' enxertada sobre citrumelo 'Swingle'. As diferentes letras indicam diferenças significativas entre os diferentes tratamentos (Tukey a 5% de significância)30
- Figura 7:** Taxa de transferência de elétrons (ETR) (A); Eficiência máxima do fotossistema II (B) e Energia utilizada para fotoquímica (Qp) (C), para os três tratamentos nos horários das 9h00 e das 12h00 em laranjeira 'Valência' enxertada sobre citrumelo 'Swingle'. As diferentes letras indicam diferenças significativas entre os diferentes tratamentos (teste Tukey a 5% de significância).....33

Figura 8: Peróxido de hidrogênio (A) e peroxidação lipídica (B) em laranja 'Valência' enxertada sobre citrumelo 'Swingle'. As diferentes letras indicam diferenças significativas entre os tratamentos (teste Tukey a 5% de significância).....34

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Formulação do fertilizante líquido SS260 utilizado para adubação de manutenção das plantas de laranjeira doce Valência [*Citrus sinensis* (L.) Osb.], enxertada em citrumelo 'Swingle' [*C. paradisi* Macf. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] durante o período experimental.....22
- Tabela 2:** Médias da temperatura foliar (°C) aferidas entre 10 às 16 horas durante os dias 22 e 23 de março de 2021 em folhas completamente expostas ao sol, em laranja 'Valência' enxertada sobre citrumelo 'Swingle' não tratadas (controle) e tratadas com aplicação de caulim e carbonato de cálcio. Cordeirópolis-SP, 2021.28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1. Origem e importância econômica da citricultura no Brasil.....	14
2.2. Mudanças climáticas e efeitos morfo-fisiológicos em plantas cítricas	16
2.3. Protetores solares do tipo caulim e carbonato de cálcio	17
3. HIPÓTESE E OBJETIVOS.....	20
3.1. Objetivo geral	20
3.2. Objetivos específicos.....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. Avaliação da temperatura foliar	24
4.2. Avaliação de trocas gasosas	24
4.3. Avaliação da fluorescência da clorofila <i>a</i>	25
4.4. Teores de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica	25
4.5. Delineamento experimental e análise estatística	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
5.1. Temperatura ambiental e Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR).....	27
5.2. Análise de trocas gasosas.....	29
5.3. Análise da fluorescência da clorofila <i>a</i>	32
5.4. Incremento de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica.....	34
6. CONCLUSÃO.....	36
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO

A citricultura tem papel fundamental na economia brasileira, sendo cultivada em todo país com destaque para os três principais estados produtores: São Paulo, Minas Gerais e Paraná (IBGE, 2017). Houve um crescimento de 27% nas exportações de suco de laranja concentrado e congelado (FCJO) e suco de laranja não concentrado (NFC) no primeiro semestre da safra de 2019/2020 quando observado esse mesmo período na safra passada, o que comprova o valor que a citricultura tem para a economia brasileira (CITRUSBR, 2020).

Segundo o IPCC (2015) diante de diversas dificuldades que o setor agroindustrial citrícola enfrenta, os problemas relacionados a variações climáticas são os mais preocupantes. Ainda, segundo o autor, o principal risco para a sustentabilidade agrícola, está relacionado à redução da produção e à baixa qualidade dos alimentos devido ao estresse térmico.

Ao longo das últimas décadas, a região norte do estado de São Paulo teve um aumento significativo de temperatura durante a primavera, com elevação em até 2,3°C (FANTE e NETO, 2017). Com esse aumento de temperatura, as principais regiões produtoras de citros (São Paulo e Triângulo Mineiro) tiveram uma queda de produção de 6% quando comparada no período de 1997 a 2009 (FUNDECITRUS, 2019), isso se deve as variações climáticas, principalmente a alta temperatura, que dificulta o florescimento e a fixação de frutos (MONTALT *et al.*, 2019; NAWAZ *et al.*, 2020).

Laranjeiras possuem muita sensibilidade a altas temperaturas e déficits hídricos acentuados (HALL *et al.*, 1975; SYVERTSEN e SALYANI, 1991). A relação está provavelmente associada à origem das plantas, mencionado como sendo a região central da China, que possui temperatura média amena, clima subtropical úmido e baixo déficit hídrico (MATTOS JUNIOR. *et al.*, 2005).

Sob elevadas temperaturas, as laranjeiras possuem um mecanismo de proteção, inibindo a fotossíntese e os estímulos da fotorrespiração, devido a maior solubilidade de O₂ em relação ao CO₂ (MEDLYN *et al.*, 2002). As variações de CO₂ é provocada pelo fechamento dos estômatos, reduzindo CO₂ para as atividades fotossintéticas (KLUGE *et al.*, 2015). A alta irradiância e temperatura também causam estresse foto-oxidativo e produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) (GURURANI *et al.*, 2015; MOLASSIOTIS *et al.*, 2016).

Desta maneira, foi desenvolvido sprays foliares com ação reflexiva e quimicamente inerte, como o carbonato de cálcio (OK *et al.*, 2010; WANG *et al.*, 2015)

e o caulim, que têm sido amplamente utilizados em estufas e pomares, para amenizar a alta radiação, estresse hídrico e ataques de pragas e doenças (BARADAS *et al.*, 1976; GLENN *et al.*, 1999, 2001; PUTERKA *et al.*, 2000; STANHILL *et al.*, 1976). Tais produtos tem capacidade de cobertura sob a superfície foliar, diminuindo a temperatura em horários mais quentes para precaver o estresse foto-oxidativo (MIRANDA *et al.*, 2018) possibilitando maior abertura dos estômatos e melhor assimilação de CO₂ (MEDINA *et al.*, 2002; JIFON e SYVERTSEN, 2003).

Diante dessa problemática, há necessidade de pesquisa e desenvolvimento com objetivo de amenizar essas grandes perdas por estresse ambiental como alta temperatura e irradiância que impactam nas características dos frutos e desenvolvimento de laranjeiras-doce.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem e importância econômica da citricultura no Brasil

O nome “Citros” se refere a um grande grupo que inclui as espécies de três gêneros: *Citrus sp*, *Fortunella sp*. e *Poncirus trifoliata*, além de diversos híbridos naturais e cultivados. Essas espécies vegetais pertencem à família Rutaceae e à subfamília Aurantioideae (MATTOS JUNIOR *et al.*, 2005). O gênero *Citrus* engloba as seguintes espécies: laranjas (*C. sinensis*), tangerinas (*C. reticulata* e *C. deliciosa*), limões (*C. limon*), limas ácidas como o Tahiti (*C. latifolia*) e o Galego (*C. aurantiifolia*), e limas doces, como a lima da Pérsia (*C. limettioides*), pomelo (*C. paradisi*), cidras (*C. medica*), laranja-azedada (*C. aurantium*) e toranjas (*C. grandis*) (MATTOS JUNIOR *et al.*, 2005).

A localização exata de origem é difícil de ser afirmada com precisão, pois não houve muitos registros de movimentação das espécies desse gênero, onde seus frutos e sementes foram disseminados de uma região para outra pelo homem durante séculos. O primeiro registro encontrado que diz respeito às espécies do gênero *Citrus* foi datado no ano de 2000 a.C na China, e seria uma lista de contribuições ofertado ao imperador. Hoje, temos conhecimento que tais espécies são originárias do sul e sudeste do continente asiático em regiões tropicais e subtropicais (NASCIMENTO, 2016; SIQUEIRA e SALOMÃO, 2017).

As espécies cítricas foram introduzidas pelos portugueses no Brasil no século XVI, pelas primeiras expedições colonizadoras, por volta de 1530 na Bahia. A população, plantava em suas propriedades espécies citrícolas, promovendo aos poucos, o avanço da citricultura brasileira que só começou a ser implantada comercialmente, no século XX, onde o estado de São Paulo foi pioneiro em exportações de laranja (MATTOS JÚNIOR, 2005; SIQUEIRA e SALOMÃO, 2017). Entretanto, com condições ecológicas mais favoráveis do que na própria região de origem, as plantas cítricas começaram a se expandir por todo o território nacional com um bom desenvolvimento vegetativo e produtivo (LOPES *et al.*, 2011).

Nomeada como maior produtora de citros no mundo, a China detém cerca de 24% da produção total, produzindo mais da metade da tangerina do mundo e aproximadamente 10% de laranja. Geralmente, os países que produzem frutos *in natura* para comercialização, possuem mais de 90% da produção do mercado interno.

Com produção de mais de 22 milhões de toneladas de citros, a região do Mediterrâneo supri a demanda do mercado europeu com frutos frescos, a Espanha e Itália se destacam como os maiores exportadores de frutos de mesa. Países como Alemanha, França e Reino Unido são os principais importadores (SIQUEIRA e SALOMÃO, 2017).

O Brasil se destaca como primeiro e maior produtor mundial de laranja e detém quase 25% de todo mercado, ficando em segundo lugar na produção mundial de citros com 14,5% de todo comércio externo. Cerca de 68% de toda laranja do mundo, são produzidas por ordem pelos países: Brasil, Estados Unidos, China, Índia, México, Egito e Espanha. As laranjas destinadas para mesa, são produzidas pela China, México e Espanha. Já para frutos destinados para processamento são liderados pelo Brasil e Estados Unidos, responsáveis por mais de 90% do suco de laranja de todo mundo. Só o Brasil, representa mais da metade do volume, característica que o torna líder mundial, alcançando patamares recorde (SIQUEIRA e SALOMÃO, 2017; CANEVAZZI, 2020).

A produção de citros é uma das práticas agrícolas com maior relevância para a economia do país, promovendo o Brasil como líder em produção mundial de laranja (SOARES *et al.*, 2015), com uma área de cultivo estimada em 626,611 ha (FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO, 2019).

Os principais estados produtores de laranja no Brasil são: São Paulo (14,5 milhões de toneladas), Minas Gerais (936 mil toneladas), Paraná (804 mil toneladas), Bahia (633 mil toneladas), Rio Grande do Sul (357 mil toneladas) e Sergipe (364 mil toneladas) (CONAB, 2020)

A citricultura no país apresenta números satisfatórios que traduzem a grande importância no crescimento econômico e social, contribuindo para a balança comercial do Brasil e gerando empregos de forma direta ou indireta para a agricultura (LOPES *et al.*, 2011).

Segundo o Fundecitrus (2021) a safra de 2021/2022 das principais regiões produtoras de laranja no país (São Paulo e do triângulo Mineiro) está estimada em 294,17 milhões de caixa de aproximadamente 40,8 kg. Nota-se um crescimento de 9,51% em comparação à safra passada que foi de 268,63 milhões de caixas.

2.2. Mudanças climáticas e efeitos morfo-fisiológicos em plantas cítricas

Apesar do notável crescimento da produtividade de laranja de uma safra para outra, o número teve uma queda de 10,53% da média produzida dos últimos 10 anos, o que equivale a aproximadamente 35 milhões de caixas a menos (FUNDECITRUS, 2021).

A queda de produtividade está diretamente ligada com as condições climáticas, pois as plantas cítricas são muito sensíveis a altas temperaturas, elevada irradiância e falta de água (HALL *et al.*, 1975; SYVERTSEN e SALYANI, 1991), principalmente na fase de floração e desenvolvimento inicial dos frutos (MOSS, 1973; BREWER *et al.*, 1977; KUMAR *et al.*, 2011).

As adversidades climáticas favorecem o déficit de pressão de vapor e reduz a condutância estomática (HALL *et al.*, 1975; SYVERTSEN e SALYANI, 1991) além de prejudicar aspectos fotossintéticos e valem também a desnaturação de enzimas (LAW e CRAFT-BRANDNER, 1999) e em adição a isso, também há aumento da fotorrespiração (ALBRIGO, 2004) que por consequência, diminui a assimilação de CO₂ e a síntese de carboidratos (BUSTAN e GOLDSCHMIDT, 1998; GOLDSCHMIDT, 1999; JIFON e SYVERTSEN, 2003). Para que essas atividades ocorram de forma efetiva, a temperatura deve permanecer na faixa de 15°C a 30°C, dependendo da umidade (KRIEDEMANN, 1968; KHAIRI e HALL, 1976).

A alta irradiância e elevada temperatura do ar deve ter total atenção principalmente em períodos de florescimento e desenvolvimento inicial dos frutos (MOSS, 1973; BREWER *et al.*, 1977; KUMAR *et al.*, 2011), devido aos danos que causam na produção de carboidratos, essencial para o crescimento e desenvolvimento saudável dos frutos (SAWICKI *et al.*, 2015).

A energia luminosa é captada por proteínas coletoras de luz (650 nm e 700 nm) e transferida para os centros de reação denominamos fotossistema I (PSI) e fotossistema II (PSII), desencadeando um fluxo de elétrons que tem como produto final ATP e NADPH (ROCHAIX, 2007), porém esta não é a única rota de dissipação de energia, podendo ser também a fluorescência (MULLER *et al.*, 2001). Ao longo dos dias, as plantas ficam expostas a diferentes intensidades de radiação, podendo ocorrer a falta de energia luminosa que inibe os processos fotossintéticos ou até

mesmo o excesso de luz, causando uma saturação de luminosidade (ORT, 2001; LI *et al.*, 2009).

A absorção de luz em excesso pelas folhas causa um desbalanço de carboidratos, tendo como principal causa o excesso de EROs (espécies reativas de oxigênio) que tem como subprodutos, como peróxido de hidrogênio (H_2O_2), superóxido (O_2^-), radical hidroxila (OH^-) e O_2^- nos cloroplastos, causando danos oxidativos e morte celular (ASADA, 2006). Na planta, desencadeia a sinalização aos quais os hormônios vegetais (etileno, ácido abscísico, ácido jasmônico e ácido salicílico) são responsáveis além de ser considerado importante para a tolerância a estresses climáticos (GÓMEZ-CADENAS *et al.*, 2015; TORRES *et al.*, 2017; BALFAGÓN *et al.*, 2019), que causam falhas ao processo fotossintético, onde uma diminuição da eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II, provoca a fotoinibição que pode ser permanente (MITTLER, 2002; OSMOND, 1994).

Neste contexto, é nítido que o estresse abiótico pode alterar características fisiológicas e metabólicas das plantas, prejudicando seu desenvolvimento, sendo assim, é necessário estratégias para mitigar estresses ambientais, para melhor produtividade de culturas de grande importância agrônômica (BOARI *et al.*, 2015).

2.3 Protetores solares do tipo caulim e carbonato de cálcio

Plantas moderadamente sombreadas ou pulverizadas com produtos que tem função de refletir ou espalhar o excesso de radiação, agem como uma película protetora (exemplo: silicatos hidratados de alumínio ou caulim, óxidos ou carbonatos de cálcio), podendo auxiliar para amenizar a alta temperatura nas folhas, permitindo a manutenção da abertura estomática e como resultado a melhor assimilação de CO_2 (MEDINA *et al.*, 2002; JIFON e SYVERTSEN, 2003).

Aplicação foliar com produtos quimicamente inertes e com ação refletiva, como exemplo o caulim, tem tido resultados positivos em diferentes culturas e em ambientes protegidos ou a céu aberto (GLENN *et al.*, 1999; JIFON e SYVERTSEN, 2003; 2005; ROSATI *et al.*, 2006; SAAVEDRA *et al.*, 2006; STEIMAN *et al.*, 2007; CANTORE *et al.*, 2009; GLENN, 2012; BOARI *et al.*, 2015; DINIS *et al.*, 2018; RAMÍREZ-GODOY *et al.*, 2018).

O caulim é um mineral composto por silicatos hidratados de alumínio $[(Al_4Si_4O_{10}(OH)_8]$ de pequenas partículas, não abrasivas e com alta solubilidade em

H₂O, formando uma camada protetora esbranquiçada, quando aplicada em cultivos agrícolas (GLENN e PUTERKA, 2005). Levando em consideração seus atributos físicos, a pulverização do produto tem ação refletora de radiação ultravioleta e infravermelha (GLENN *et al.*, 2002; GLENN e PUTERKA, 2005; GLENN, 2012), para que as plantas tenham uma maior resistência a estresses climáticos (GLENN e PUTERKA, 2005; JIFON e SYVERTSEN, 2003; SHARMA *et al.*, 2015).

A quantidade de volume aplicado nas plantas deve ser suficiente para proporcionar um bom molhamento uniforme sem que haja escorrimento do produto (GLENN e PUTERKA, 2005). Segundo Sharma *et al.*, (2015), o caulim deve ser aplicado com antecedência a períodos com altas temperaturas, podendo ser reaplicado a cada quinze dias, após chuvas ou quando as plantas não estão com aparência esbranquiçada.

A maior parte dos estudos, salienta o uso de caulim para proteção contra elevadas temperaturas (BOARI *et al.*, 2015; DINIS *et al.*, 2018; NEVENKA *et al.*, 2016), contudo há produtos a base de cálcio, que podem tanto quanto o caulim oferecer resultados positivos, como o carbonato de cálcio que pode propiciar um melhor funcionamento nas atividades da planta e reduzir a contaminação do solo (OK., 2010; WANG *et al.*, 2015). Sua origem, pode ser por rochas minerais ou resíduos de casca de ovo (SAEB *et al.*, 2013; YOO *et al.*, 2009) e também conchas calcárias marinhas (ALVARENGA *et al.*, 2012; LU *et al.*, 2015).

Essa película esbranquiçada de CaCO₃ diminui os danos causados pela alta temperatura e radiação, evitando queimadura solar (SCHRADER, 2011).

Estudos realizados com produtos semelhantes a um protetor solar que tem por objetivo minimizar o conjunto de estresse climático, foram realizados em plantas cítricas, demonstrando a influência na temperatura foliar e nas trocas gasosas das plantas (JIFON e SYVERTSEN, 2003; RODRIGUEZ *et al.*, 2019).

Apesar de pesquisas relacionadas com protetor solar em culturas como maçã (GLENN, 2016), uva (BRILLANTE *et al.*, 2016; BERNARDO *et al.*, 2017, FRIONI *et al.*, 2019) e tomate (SILVA *et al.*, 2019), ainda há poucos resultados na fisiologia das plantas que receberam a aplicação.

Portanto, verifica-se a necessidade de pesquisa e desenvolvimento na estratégia de um manejo alternativo, com objetivo de driblar as consequências negativas que a alta temperatura e excesso de irradiância causam em laranjeiras, como perda de qualidade e queda de frutos.

3. HIPÓTESE E OBJETIVOS

O trabalho tem como hipótese a aplicação foliar de produtos como caulim e óxido (hidróxido) carbonato de cálcio para reduzir o estresse foto-oxidativo e os danos no aparato fotossintético, mantendo maior assimilação de CO₂.

3.1. Objetivo geral

Com o presente estudo objetivou-se avaliar a eficiência do uso de protetores solares para reduzir os efeitos de estresse sobre a fotossíntese em plantas de citros.

3.2. Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da aplicação foliar de caulim e carbonato de cálcio sobre as trocas gasosas e fluorescência da clorofila a, da laranjeira doce Valência durante um período de alta radiação e temperatura, em comparação com plantas controle a pleno sol;
- Avaliar temperatura foliar;
- Avaliar a produção de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica em plantas tratadas e não tratadas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido, no Centro de Citricultura Sylvio Moreira (Instituto agrônômico), no município de Cordeirópolis-SP (22°27'40"S, 47°24'4"O; 639m de altitude). Foram utilizadas plantas jovens de laranjeira doce Valência [*Citrus sinensis* (L.) Osb.], enxertada em citrumelo 'Swingle' [*C. paradisi* Macf. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] (Figura 1).



Figura 1. Visão geral do experimento, com plantas controle, aplicação de caulim e carbonato de cálcio, em área aberta no Centro de Citricultura Sylvio Moreira (Instituto Agrônômico) no município de Cordeirópolis-SP, 2021.

Fonte: Lucas Bernardi, 2021.

O experimento foi instalado a pleno sol, com plantas crescidas em vasos plásticos com capacidade para 20L de substrato. As plantas receberam adubação básica de manutenção com o fertilizante mineral líquido SS 260 (4,5 L de fertilizante para 57 L de água) da solo sagrado, com formulação composta por nutrientes essenciais ao desenvolvimento e crescimento das plantas (Tabela 1) que foram realizadas de acordo com as orientações do produto e com adição de 11,4 g de sulfato de magnésio ($MgSO_4$) para 57 L de água. A aplicação foi feita mensalmente, com 150 mL de solução por vaso e com irrigação automatizada por gotejamento a fim de suprir 100% das necessidades hídricas ao longo do experimento. As condições ambientais durante o período de avaliação foram coletadas por uma estação meteorológica (Vantage-Pro2, Davis Instruments, Hayward, EUA), com dados de radiação coletados com o sensor (S-LIAM003, HOBO *Data login Solution*, Austrália) (CORDEIRO-JUNIOR *et al.*, 2019).

Tabela 1. Formulação do fertilizante líquido SS260 utilizado para adubação de manutenção das plantas de laranja doce Valência [*Citrus sinensis* (L.) Osb.], enxertada em citrumelo 'Swingle' [*C. paradisi* Macf. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] durante o período experimental.

ELEMENTO	*p/p	**p/v
Nitrogênio (N)	7,07%	94,385
Fósforo (P ₂ O ₅)	1,79%	23,397
Potássio (K ₂ O)	5,97%	79,70
Cálcio (Ca)	4,35%	58,073
Magnésio (Mg)	0,41%	5,474
Boro (B)	0,009%	0,120
Cobre (Cu)	0,074%	0,988
Ferro (Fe)	0,054%	0,721
Manganês (Mn)	0,02%	0,267
Molibdênio (Mo)	0,003%	0,040
Zinco (Zn)	0,014%	0,187

*: Razão entre a unidade de concentração peso/peso.

** : Razão entre a unidade de concentração peso/volume.

Antes mesmo do início do experimento, as plantas foram monitoradas e conduzidas com podas orientadas, a fim de induzir os brotos a se desenvolverem de maneira uniforme. Após as brotações atingirem cerca de 10 a 20 cm de comprimento, com folhas recém maduras e expandidas, foi dado início às aplicações dos tratamentos.

Os tratamentos foram:

- i) T1: Controle, pulverização com água (Figura 2);
- ii) T2: Caulim pulverizado [pó molhável, 1 μm (30 g L⁻¹)] (Figura 3);
- iii) T3: Óxido(hidróxido)-carbonato de cálcio pulverizado [pó molhável, <1 μm (30 g L⁻¹)] (Figura 4).

Foram utilizadas seis repetições por tratamento. As plantas foram mantidas ao longo do experimento em ambiente a pleno sol e receberam a aplicação dos tratamentos cerca de 35 dias antes da data de avaliação.

A aplicação dos tratamentos foi realizada dia 23/02/2021, após sete dias de aclimação ambiental das plantas e com uso de pulverizador costal com sistema de compressão controlada por bomba e bateria, com ponta de pulverização do tipo jato com vazão de 0,8 L min⁻¹ em cone vazio para produção de gotas com diâmetro mediano volumétrico (DMV) μm . O volume foi suficiente para permitir o máximo molhamento da superfície das folhas sem que houvesse escorrimento significativo do produto.



Figura 2: Plantas controle e imagem óptica com zoom de 60x. Cordeirópolis-SP, 2021.

Fonte: Lucas Bernardi, 2021.



Figura 3: Plantas tratadas com tratamento caulim e imagem óptica com zoom de 60x. Cordeirópolis-SP, 2021.

Fonte: Lucas Bernardi, 2021.



Figura 4: Plantas tratadas com carbonato de cálcio e imagem óptica com zoom de 60x. Cordeirópolis-SP, 2021.

Fonte: Lucas Bernardi, 2021.

4.1. Avaliação da temperatura foliar

A mensuração da temperatura foliar foi aferida nos dias 22 e 23 de março de 2021, aproximadamente dez dias antes da avaliação de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*, no horário das 10h às 16h, em intervalos regulares de uma hora, com auxílio de termômetro infravermelho (Fluke 59 Max, Fluke Co., Everett, EUA) em folhas completamente expostas à luz.

4.2. Avaliação de trocas gasosas

A avaliação foi realizada no dia 31/03/2021 no horário das 9h00 e das 12h00, e foi realizada medidas de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a*, simultaneamente por meio de um analisador de trocas gasosas integrado com câmara de fluorescência e analisador de CO₂ por radiação infravermelha e fonte de luz (IRGA, Li-6800, Inc. Lincoln, EUA). As medidas foram feitas em folhas completamente expostas à luz, localizada entre a terceira e quinta posição do ramo, 35 dias após a aplicação dos tratamentos. A densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (*DFFFA*) foi fixada no início de cada medida sobre a base da radiação incidente no momento e utilizada para as demais repetições do mesmo horário. As variáveis medidas foram: assimilação líquida de CO₂ [A_{net} , $\mu\text{mol (CO}_2\text{) m}^{-2}\text{s}^{-1}$], condutância estomática [g_{sw} , $\text{mol (H}_2\text{O) m}^{-2}\text{s}^{-1}$], taxa transpiratória [E , $\text{mmol (H}_2\text{O) m}^{-2}\text{s}^{-1}$] e a concentração intercelular de CO₂ (C_i , $\mu\text{mol mol}^{-1}$).

4.3. Avaliação da fluorescência da clorofila a

As variáveis medidas da fluorescência da clorofila a foram: a eficiência máxima do fotossistema II (PSII) (F_v/F_m); o transporte aparente de elétrons (ETR) e a energia utilizada para fotoquímica (Q_p). Estas medidas foram realizadas nos horários das 09:00h e 12:00h, do dia 31/03/2021.

Para chegar nos resultados das variáveis acima, outras variáveis precisaram ser calculadas, como a fluorescência mínima (F_o) e máxima (F_m) e medidas após adaptação à luz (SCHREIBER *et al.*, 1998). As medidas de F_m foram obtidas com pulso de saturação de $\lambda < 710$ nm, DFFFA $\sim 10.000 \mu\text{mol (photon) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 0,8 s. O parâmetro de F_o foi medido usando pulso de luz vermelho distante [$\lambda = 735$ nm, DFFFA $\sim 50 \mu\text{mol (photon) m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 3,0 s].

4.4. Teores de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica

Após medida das trocas gasosas, amostras de folhas foram coletadas, resfriadas em nitrogênio líquido e conservadas a -80°C para posterior quantificação da concentração de H_2O_2 . A quantificação de H_2O_2 foi avaliada por ser considerada a principal espécie reativa de oxigênio (EROs) responsável por desencadear a reação da peroxidação lipídica e respostas celulares específicas. A análise foi feita segundo a metodologia de Alexieva *et al.*, (2001) com amostras de folhas recém maduras.

Posteriormente, as amostras foram maceradas em nitrogênio líquido com tricloroacético (TCA) a 0,1% (m/v), e após homogeneização, as amostras foram centrifugadas a $5590 \times g$ por 15 minutos a 4°C . Ao sobrenadante, foi adicionado 100 mmol L^{-1} de tampão de fosfato de potássio (pH 7,5) e solução de 1 mol L^{-1} de iodeto de potássio. A reação ficou em ambiente escuro e refrigerado a 2°C por aproximadamente uma hora. Em seguida, as amostras foram colocadas à temperatura ambiente por mais 20 minutos. Após a estabilização, foi feita a leitura em espectrofotômetro a 390nm. A quantificação de H_2O_2 foi expressa em $\mu\text{mol g}^{-1}$ de matéria fresca.

A peroxidação lipídica, foi determinada através da produção de malonaldeído (MDA), um metabólito reativo a ácido 2-tiobarbitúrico (TBA), e um marcador para estresse oxidativo, adaptado de Heath e Packer (1968). Amostras de folhas foram maceradas em ácido tricloroacético (TCA) a 0,1% (m/v) na proporção de 0,1 g/450 μL de tampão, simultaneamente com 20% de PVPP (polivinilpolipirrolidona v/v). Após

homogeneização total, 1,4 mL de cada amostra foi centrifugada a 12100xg por cinco minutos. Do sobrenadante, foi retirado 0,25 mL e transferido para outro tubo com 1,0mL de solução contendo TCA 20% e ácido tiobarbitúrico (TBA) a 0,5%. A mistura foi colocada em banho-seco por 30 minutos a 95 °C, e posteriormente, resfriada em gelo. As amostras foram então centrifugadas por mais dez minutos a 12100xg, e em seguida foi feita a leitura em espectrofotômetro a 535 nm e 600 nm. A quantidade de MDA foi expressa em mmol/mg de matéria fresca.

4.5. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC). O experimento foi implantado com três tratamentos sendo, T1:controle, T2:pulverização com caulim e T3: óxido(hidróxido)-carbonato de cálcio com seis repetições por tratamento. Os dados foram analisados utilizando o *software* R® para cada variável avaliada, e no caso de significativa, foi utilizado o teste Tukey. Os testes de hipótese foram calculados a 5% de significância.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Temperatura ambiental e Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR)

A temperatura ambiente e a Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR) foram coletadas diariamente pela estação meteorológica desde o primeiro dia do mês até o dia da avaliação de trocas gasosas e fluorescência da clorofila *a* (01/03/2021 até 31/03/2021) atingindo a máxima de 1500 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ em ambiente a pleno sol. A temperatura mínima foi de 23,7°C e a máxima foi de 32,0 °C (Figura 5).

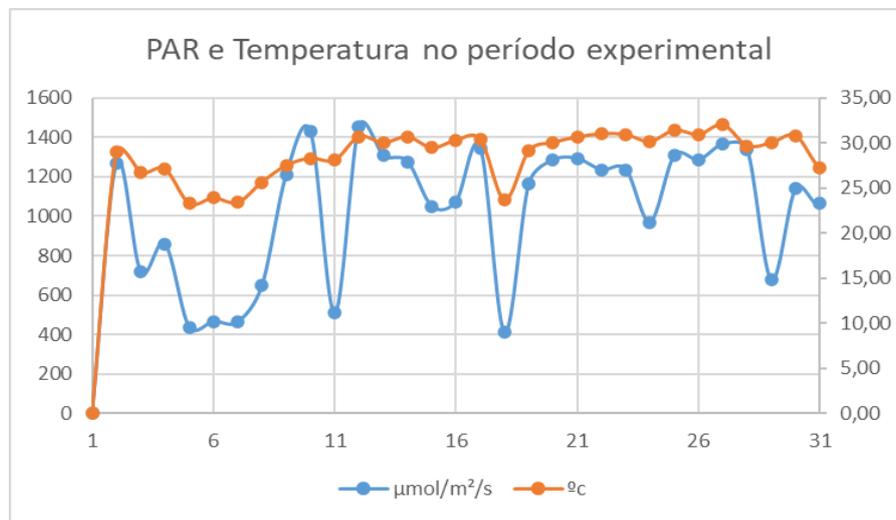


Figura 5: Média de temperatura ambiente (°C) e Radiação Fotossinteticamente Ativa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) durante o período experimental (março/2021), Cordeirópolis-SP, 2021. Fonte: Lucas Bernardi, 2021.

Nas avaliações de temperatura foliar observou-se diferenças estatísticas significativas ($p < 0,05$) nos seguintes horários: 10h, 11h e 15h, onde o tratamento com caulim apresentou menores temperaturas, diminuindo respectivamente 2,8°C, 2,5°C e 3,2°C de temperatura foliar (Tabela 2) comparado a plantas controle. Plantas pulverizadas com carbonato de cálcio, só tiveram diferença estatística significativa no horário das 11h com 2°C a menos quando comparadas com plantas controle. Nos horários das 12h, 13h, 14h e 16h, não houve diferença estatística significativa para nenhum dos tratamentos (Tabela 2), no entanto, pode-se observar que nesses horários o caulim e o carbonato têm uma tendência maior em manter a temperatura foliar menor do que as plantas controle, que em todos os horários ficou com a temperatura elevada. A redução da temperatura foliar deve-se ao fato de que a pulverização de cor branca do caulim refletiu a incidência solar (JIFON e SYVERTSEN, 2003).

Tabela 2: Médias da temperatura foliar (°C) aferidas entre 10 às 16 horas durante os dias 22 e 23 de março de 2021 em folhas completamente expostas ao sol, em laranja 'Valência' enxertada sobre citrumelo 'Swingle' não tratadas (controle) e tratadas com aplicação de caulim e carbonato de cálcio. Cordeirópolis-SP, 2021.

Tratamento	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h
Controle	32,1a	32,9a	34,6ns	36,4ns	35,0ns	35,1a	34,6ns
Caulim	29,3b	30,4b	33,0ns	34,7ns	33,5ns	31,9b	32,7ns
Carbonato	30,8a	30,9b	32,9ns	34,6ns	34,5ns	34,1a	34,6ns

*As diferentes letras indicam diferenças significativas entre os tratamentos, para um teste Tukey a 5% de significância; ns indica ausência de diferença significativa.

Fonte: Mariana Petini, 2021.

Resultados semelhantes foram encontrados no trabalho com aplicação de caulim em pomelo (*Citrus paradisi*) de Jifon e Syvertsen (2003), onde a temperatura das folhas tratadas com caulim também foram reduzidas em aproximadamente 3°C comparadas a plantas controle, porém, os horários do dia que mais tiveram essa diferença de temperatura foram entre às 11h00 até as 14h00, diferente do presente estudo, onde encontrou-se diferença nos horários das 10h00min, 11h00 e 15h00, fato que pode ter ocorrido devido a concentração de caulim utilizado (60 g L⁻¹) e ao número superior de aplicações.

No trabalho de Silva (2019) com pulverização de carbonato de cálcio em tomateiro, foram feitas aplicações com diferentes concentrações [5% (52 g L⁻¹), 10% (104 g L⁻¹) e 15% (156 g L⁻¹) de CaCO₃] e a média de temperatura foliar variou entre a mínima de 29°C e a máxima de 31°C, apresentando reduções significativas. No presente estudo, a média de temperatura foliar variou com a mínima de 30,8°C atingindo a máxima de 34,6°C (Tabela 2) em horários mais quentes do dia. Essa diferença de temperatura em ambos trabalhos, deve-se provavelmente a concentração superior de CaCO₃ aplicada em tomate e também pelas diferenças fisiológicas entre essas espécies que pode ser evidenciado pela maior transpiração que possibilita a melhor adaptação a elevadas temperaturas (CRAWFORD *et al.*, 2012).

5.2. Análise de trocas gasosas

De modo geral, no período das 9h00 não foram observadas diferenças estatísticas significativas para nenhuma das variáveis de trocas gasosas (E , A_{net} , C_i , g_{sw} e A/C_i) em nenhum dos três tratamentos (Figura 6).

Observou-se que no período das 12h00 não houve diferença estatística para C_i (Figura 6-C) para nenhum dos tratamentos. Diferentemente da variável E (Figura 6-A), que nesse mesmo horário, os tratamentos controle e carbonato, obtiveram os mesmos resultados ($1 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), diferenciando apenas do tratamento com caulim, que manteve sua transpiração mais elevada ($2 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Também pode-se observar que houve diferença entre os três tratamentos para A_{net} (Figura 6-B), onde o tratamento com caulim obteve resultado de $8 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, carbonato de cálcio $6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e o controle com $4 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Para a variável g_{sw} (Figura 6-D) o tratamento com caulim se diferenciou estatisticamente ($0,09 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), comparado aos demais tratamentos (controle $0,05 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e carbonato $0,06 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Ainda, nesse mesmo horário para a variável A/C_i (Figura 6-E), nota-se uma diferença no tratamento com caulim ($0,032 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), seguido do carbonato ($0,027 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e controle ($0,017 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$).

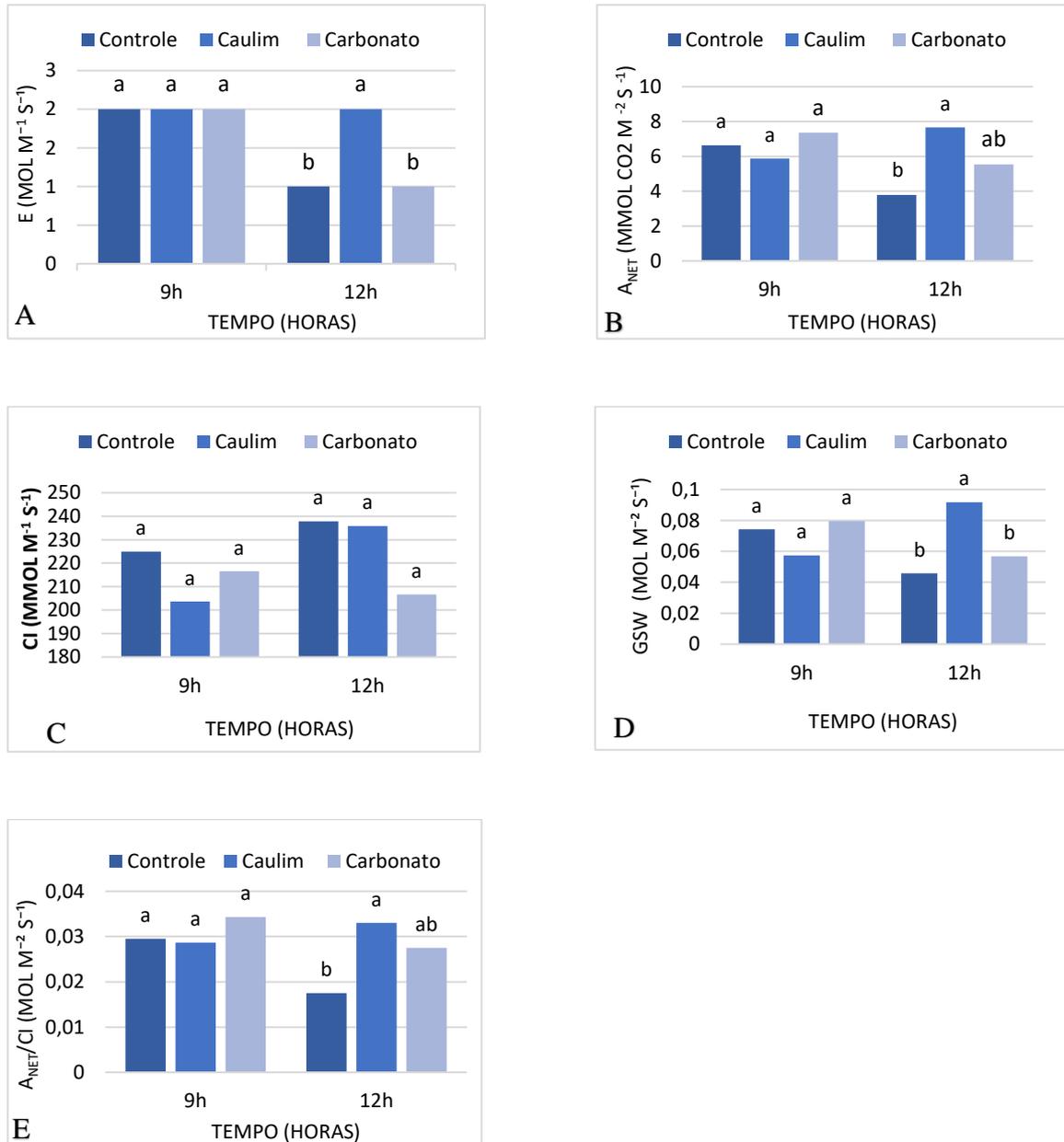


Figura 6: (A) Transpiração (E); (B) Taxa assimilação líquida de CO₂ (A_{net}); (C) Concentração interna de CO₂ (Ci); (D) Condutância estomática (gsw) e (E) Eficiência da carboxilação da rubisco (A_{net}/Ci), para plantas controle, com aplicação de caulim e aplicação de carbonato de cálcio, no horário das 9h00 e 12h00 em laranja 'Valência' enxertada sobre citrumelo 'Swingle'. As diferentes letras indicam diferenças significativas entre os diferentes tratamentos (Tukey a 5% de significância).

Fonte: Mariana Petini, 2021.

As análises de trocas gasosas mostram como as variáveis E, A_{net} e gsw, possuem estreita relação entre si (MARENCO *et al.*, 2014) no funcionamento sinérgico da fotossíntese e no alívio do impacto de elevadas temperaturas sob as folhas. As plantas pulverizadas com caulim, apresentaram aumento de reflexo de radiação incidente, proporcionando uma menor temperatura foliar (Tabela 2) e acarretando

efeitos positivos relacionados a maiores valores de transpiração (Figura 6-A), assimilação líquida de CO₂ (Figura 6-B) e condutância estomática (Figura 7-D) (JIFON e SYVERTSEN, 2003; GLENN, 2012; DINIS *et al.*, 2018). O mesmo mecanismo de alívio ao impacto de elevadas temperaturas foi observado em plantas de feijoeiro (TRINDADE, 2020) que, quando pulverizadas com caulim na concentração de 2L p.c. para 100L de calda em estágio vegetativo manteve maior transpiração, assim como Abreu (2016), que também constatou que a maior condutância estomática está relacionada diretamente com a temperatura, na cultura do café. Pode-se observar que em plantas controle e com aplicação de carbonato de cálcio no horário das 12h00, os estômatos como mecanismo de defesa pela elevada temperatura, tem resultados próximo de zero (fechamento do estômato) e demonstram que, como consequência da diminuição da condutância estomática e a transpiração, houve um aumento na temperatura foliar, e isso que deve ao fato de que a respiração possui um papel fundamental para trocas gasosas e também para controlar a temperatura da folha (CRAWFORD *et al.*, 2002). O mesmo foi reportado em outros estudos, onde plantas com o manejo de caulim, também teve aumento da condutância estomática e da assimilação do CO₂ e decréscimo da fotoinibição (JIFON e SYVERTSEN, 2003; GLENN, 2012; DINIS *et al.*, 2018)

A abertura estomática responde a quatro variáveis independentes: luz, CO₂, temperatura e déficit de pressão de vapor (FARQUHAR e SHARKEY, 1982; DRAPER e SMITH, 1966). A elevada temperatura do ar contribui para o aumento do déficit de pressão de vapor, com conseqüente incremento da demanda evapotranspiratória, levando à redução da condutância estomática foliar e diminuição da assimilação de carbono pela laranjeira (JIFON e SYVERTSEN, 2003). Sendo assim, a aplicação de caulim, possibilitou uma maior abertura estomática quando comparada com aplicação com carbonato de cálcio e plantas controle. Como a condutância estomática apresentou-se menos sensível às condições de estresse térmico por alta temperatura, em função da redução da temperatura foliar proporcionado pelo caulim, a assimilação de carbono pode ser otimizada, o que, eventualmente, favoreceria o cultivo dos citros sob condições climáticas adversas (JIFON e SYVERTSEN, 2003).

A redução reversível em A_{net} ao meio-dia (Figura 6-B) para plantas controle, pode ser devido, em partes, à redução da eficiência fotoquímica (Figura 7-B), bem como a outros fatores não estomáticos, como aumento da fotorrespiração devido à elevada temperatura (LONG, 1991; JORDAN e OGREN, 1984). Já para o aumento na

taxa assimilação líquida de CO₂ (A_{net}) em plantas pulverizadas com caulim (Figura 6-B), o resultado é refletido em valores mais elevados da relação A/C_i para os tratamentos com partículas de suspensão (Figura 6-E) que podem estar relacionados com a melhor aclimação das folhas devido as menores temperaturas (Tabela 2) e refletividade destes produtos (GULLO *et al*, 2020) que protegem a maquinaria fotossintética de elevadas radiações possibilitando maior assimilação de carbono, e com isso, uma melhor eficiência de carboxilação da rubisco (A/C_i).

Nas condições do presente trabalho, com elevadas temperaturas e alta irradiância, o caulim se mostrou positivo para melhorias de trocas gasosas, assim como em estudos com outras culturas reportado por outros autores (JIFON e SYVERTSEN, 2003; DINIS *et al.*, 2018; BOARI *et al.*, 2015).

5.3. Análise da fluorescência da clorofila a

Observa-se que para os parâmetros da fluorescência da clorofila a, não houve diferença estatística para nenhum dos tratamentos no período das 9h00. Também não houve diferença estatística para ETR e Q_p , para o período das 12h00, diferente da variável F_v/F_m que obteve valores mais elevados para caulim (0,42) e carbonato (0,39) quando comparados a plantas controle (0,28).

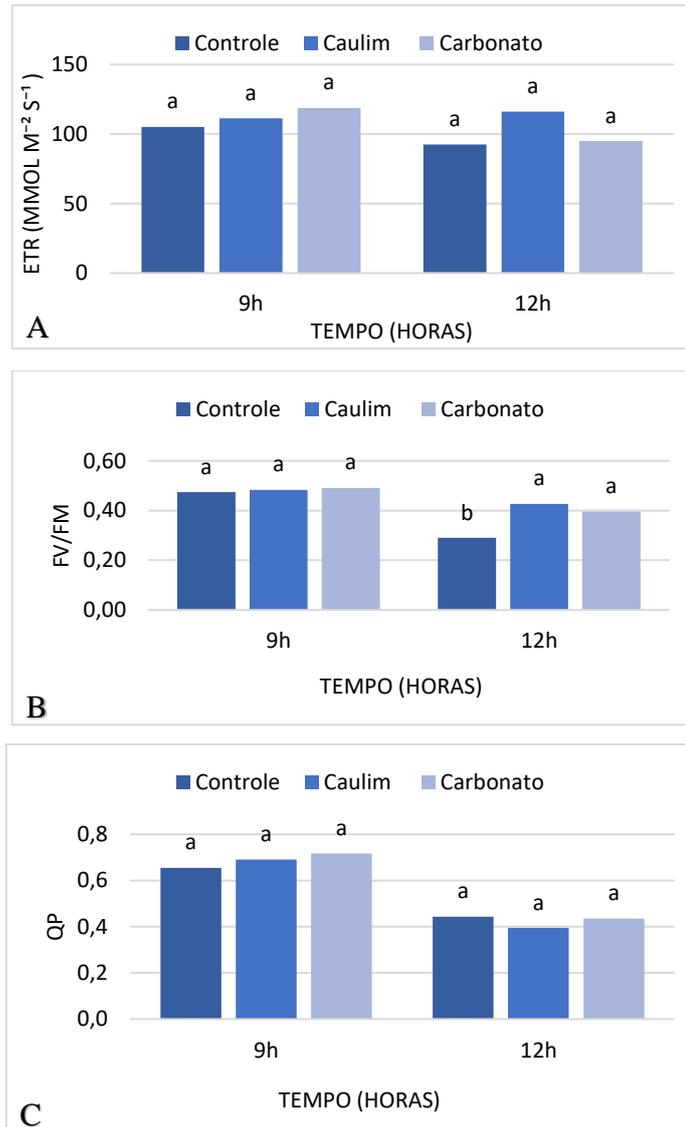


Figura 7: Taxa de transferência de elétrons (ETR) (A); Eficiência máxima do fotossistema II (B) e Energia utilizada para fotoquímica (Qp) (C), para os três tratamentos nos horários das 9h00 e das 12h00 em laranjeira 'Valência' enxertada sobre citrumelo 'Swingle'. As diferentes letras indicam diferenças significativas entre os diferentes tratamentos (teste Tukey a 5% de significância).

Fonte: Mariana Petini, 2021.

As variáveis ETR (Figura 7-A) e Qp (Figura 7-C) não tiveram diferença estatística significativa que justificasse a diferença na variável A_{net} (Figura 6-B).

Para a eficiência máxima do fotossistema II, expresso pela relação F_v/F_m , obteve-se efeito significativo para os tratamentos com pulverização de caulim e carbonato de cálcio no período das 12h00 (Figura 7-B), onde há um maior estresse por temperatura, mostrando que o declínio da relação F_v/F_m foi um bom indicador para o dano fotoinibitório de espécies cítricas quanto a sua sensibilidade a estresse ambiental fotooxidativo, sugerindo uma maior proteção ao fotossistema II (SANTINI *et*

al., 2012) e indicando eficiência do PSII para a utilização de luz incidente (JUNG *et al.*, 1998). Ainda nesse mesmo horário, foram observados que para plantas controle, obteve-se uma menor média para a relação F_v/F_m (Figura 7-B) sob condições de estresse foliar. Essa relação geralmente, é empregada como indicador de estresse, denotando quando há impactos decorrentes de fatores bióticos ou abióticos ao funcionamento do fotossistema II (DIAS; MARENCO, 2007). A redução observada pode estar relacionada à ocorrência de alterações funcionais nas membranas dos tilacóides dos cloroplastos, culminando em mudanças nas respostas da fluorescência (KONRAD *et al.*, 2005). O mesmo foi reportado em estudos realizados com pomelo ‘Ruby Red’ de Jifon e Syvertsen (2003), que obteve resultados semelhantes na eficiência máxima do fotossistema II (F_v/F_m) no horário das 12h00.

5.4. Incremento de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica

Pode-se observar, os teores de peróxido de hidrogênio (Figura 8-A) se diferiram apenas para a aplicação com carbonato. A peroxidação lipídica foi medida em termos de conteúdo de MDA (Figura 8-B) e não foi observada diferença estatística para nenhum dos tratamentos.

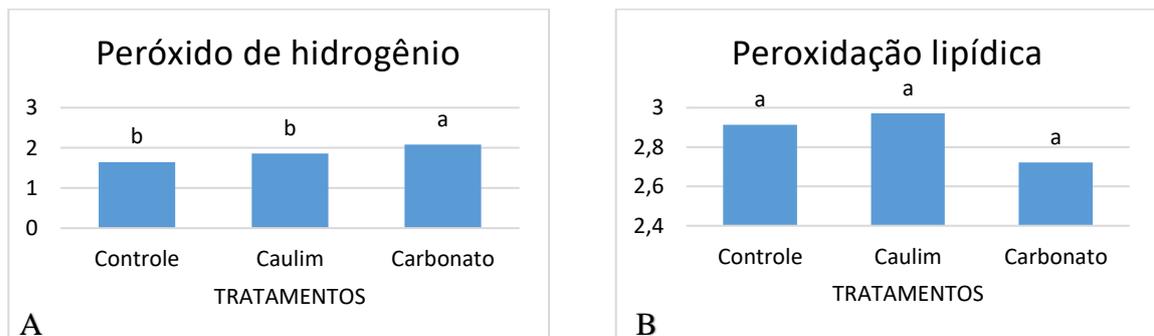


Figura 8: (A) Peróxido de hidrogênio ($\mu\text{mol g}^{-1}$) e (B) peroxidação lipídica (mmol/mg) em laranja ‘Valência’ enxertada sobre citrumelo ‘Swingle’. As diferentes letras indicam diferenças significativas entre os tratamentos (teste Tukey a 5% de significância).

Fonte: Mariana Petini, 2021.

Tal fato deve-se pelo desenvolvimento de mecanismos de defesa antioxidante, das quais as enzimas e componentes não enzimáticos fazem parte e possuem papel essencial, atuando sincronizadamente para converter formas tóxicas em não tóxicas e neutralizar a citotoxicidade das espécies reativas de oxigênio. Os chamados

antioxidantes atuam evitando a formação de radicais livres, sequestrando-os ou promovendo sua degradação para prevenir possíveis danos potenciais as células das plantas (SERKEDJIEVA, 2011). Porém, esse equilíbrio entre a produção de EROs e a sua neutralização, pode aumentar os níveis de EROs a longo prazo, causando estresse oxidativo (APEL e HIRT, 2004).

O processo fotoquímico está frequentemente relacionado à movimentação de elétrons e a indução de dano oxidativo. Sendo assim, o teor de peroxidação lipídica tem relação direta com o equilíbrio de EROs e ao processo antioxidante das células vegetais, interrompendo a cadeia de peroxidação (ZANDALINAS *et al.*, 2016). Isso talvez possa ser a explicação das respostas obtidas através das análises laboratoriais, que só constatou níveis mais elevados de peróxido de hidrogênio com a aplicação de carbonato de cálcio que nos indica a uma maior concentração de EROs naturalmente produzido durante o processo de fotossíntese pelo estresse por alta temperatura e irradiância.

6. CONCLUSÃO

Neste estudo, observou-se que a aplicação foliar de protetor solar do tipo caulim reduziu cerca de 3°C a temperatura das folhas de laranjeira 'Valência' e, conseqüentemente, aumentou a eficiência máxima do fotossistema II, diminuindo o estresse fotooxidativo em relação às plantas não tratadas. Já a pulverização com carbonato de cálcio apresentou uma tendência em diminuir a temperatura foliar quando comparadas com plantas controle.

Os resultados apresentados, permitem propor que não há incremento de peróxido de hidrogênio e MDA para a aplicação foliar de caulim (30 g L⁻¹) em plantas de laranjeira 'Valência' mas que é capaz de alterar parâmetros fotossintéticos, acarretando efeitos positivos para melhorias das trocas gasosas, aumentando valores de transpiração, assimilação líquida de CO₂, condutância estomática e eficiência da carboxilação da rusbisco.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, D. P.; ABREU, G. P.; KROHLING, C. A., *et al.*, **Efeito da aplicação de Surround® WP, um filme de partículas inorgânicas a base de caulim, na emissão da fluorescência da clorofila em *Coffea canephora***. 2016. http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9899/247_42-CBPC-2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso 15 de outubro de 2021.

ALBRIGO, L.G. Climatic effects on flowering, fruit set and quality of citrus – a review. Proceedings of the X International Citrus Congress. **Agadir**. p. 278-283, 2004.

ALEXIEVA, V.; SERGIEV, I.; MAPELLI, E.; KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and trees markers in pea and wheat. **Plant, Cell and Environment**, v. 24, p. 1337-1344, 2001.

ALVARENGA, R.A.F., GALINDRO, B.M., DE F. HELPA, C., SOARES, S.R.,. The recycling of oyster shells: an environmental analysis using Life Cycle Assessment. **Journal Environmental Management** 106, 102–109, 2012.

APEL, K.; HIRT, H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology**, v.55, p.373-399, 2004.

ASADA, K. Production and Seavenging of Reactive Oxygen Species in Chloroplasts and Their Functions. **Plant Physiology**, v. 141, p. 391-396, 2006.

ATTIA F, MARTINEZ L, LAMAZE T. Foliar application of processed calcite particles improves leaf photosynthesis of potted *Vitis vinifera* L. (var. 'Cot') grown under water deficit. **Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin** 48, 237–245, 2014.

BALFAGÓN, D.; SENGUPTA, S.; GÓMEZ-CADENAS, A.; FRITSCHI, F. B.; AZAD, R. K.; MITTLER, R.; ZANDALINAS, S.I. Jasmonic acid is required for plant acclimation to a combination of high light and heat stress. **Plant Physiology**, v. 181, n. 4, p.1668-1682, 2019.

BARADAS, M.W., B.L. BLAD, AND N.J. ROSENBERG. Reflectant induced modification of soybean canopy radiation balance IV. Leaf and canopy temperature. **Agronomy Journal** 68:843–848, 1976.

BERNARDO, S., DINIS, L.-T., LUZIO, A., PINTO, G., MEIJÓN, M., VALLEDOR, L., CONDE, A., GERÓS, H., CORREIA, C.M., MOUTINHO-PEREIRA, J., Kaolin particle film application lowers oxidative damage and DNA methylation on grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Environmental and Experimental Botany** 139, 39–47, 2017.

BOARI, F., DONADIO, A., SCHIATTONE, M.I., CANTORE, V. Particle film technology: a supplemental tool to save water. **Agricultural Water Management** 147:154-162, 2015.

BREWER, R.F., OPITZ, K., ALJIBURY, F., HENCH, K. The effects of cooling by overhead sprinkling on “June Drop” of navel oranges in California. **Proceedings of the International Society of Citriculture** 3:1045-1048, 1977.

BRILLANTE, L., BELFIORE, N., GAIOTTI, F., LOVAT, L., SANSONE, L., PONI, S., TOMASI, D.. Comparing kaolin and Pinolene to improve sustainable grapevine production during drought. **PLoS One** 11, e0156631, 2016.

BUSTAN, A., GOLDSCHMIDT, E. E.. Estimating the cost of flowering in a grapefruit tree. **Plant, Cell & Environment** 21:217-224, 1998.

CANEVAZZI, N. **Na laranja, permanece quem tem vocação**. In: O impacto das novas tecnologias aplicadas no campo. Coopercitrus, Revista Agropecuária. Ano 33, n. 401, mar, 2020.

CANTORE, V., PACE, B., ROSSELLA, A. Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. **Environmental and Experimental Botany** 66:279-288, 2009.

CITRUSBR. Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. **Mercado Externo**. 2020. Disponível em: <http://www.citrusbr.com/mercadoexterno/?me=01>. Acesso em: 30/09/2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Laranja – Análise mensal – Abril/maio-2020**. Brasília-DF: Ministério da Agricultura e Abastecimento, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-laranja/item/13587-laranja-analise-mensal-abril-maio-2020>>. Acesso em: 22 outubro de 2021.

CORDEIRO JÚNIOR, J. J.; PANDORFI, H.; BARBOSA FILHO, J. A.; MORAES, A. S.; ALMEIDA NETO, L. A. D.; GUISELINI, C. Photo-selective shade nets on the production and quality of sugarcane plantlets. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 366-371, 2019.

CRAWFORD, A. J., MCLACHLAN, D. H., HETHERINGTON, A. M., FRANKLIN, K.A. 401 High Temperature Exposure Increases Plant Cooling Capacity. **Current Biology**, v.2, n.10, p. 402 396-397, 2012.

DIAS, D. P.; MARENCO, R. A. Fotossíntese e fotoinibição em mogno e acariquara em função da luminosidade e temperatura foliar. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v.42, n.3, p.305-311, mar. 2007.

DINIS, L.T., MALHEIRO, L.C., LUZIO, A., FRAGA, H. Improvement of grapevine physiology and yield under summer stress by kaolin-foliar application: water

relations, photosynthesis and oxidative damage. **Photosynthetica** 56:641-651, 2018.

DRAPER, N.R., SMITH, H. Applied regression analysis. **John Wiley & Sons**, New York, 1966.

FANTE, K.P., NETO, J.L.S. Mudanças nos padrões da temperatura do estado de São Paulo/Brasil nos últimos 50 anos. **Revista do Departamento de Geografia** 33:12-23, 2017.

FARQUHAR, G.D., SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 33, 317–345, 1982.

FNP Consultoria e Comércio. Citros: laranja. **Agrianual 2019**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio p. 225-236, 2019.

FRIONI, T.; SARACINO, S.; SQUERI, C.; TOMBESI, S.; PALLIOTTI, A.; SABBATINI, P.; PONI, S. Understanding kaolin effects on grapevine leaf and whole-canopy physiology during water stress and re-watering. **Journal of Plant Physiology**, v. 242, p.1-12, 2019.

FUNDECITRUS. Fundo de defesa da citricultura. **Estimativa da safra de laranja 2020/2021 do Cinturão Citrícola de São Paulo e Triângulo/ Sudoeste Mineiro.** 2021. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/0921_Reestimativa_da_Safra_de_Laranja.pdf. Acesso em: 30/09/2021

FUNDECITRUS. Fundo de defesa da citricultura. **Inventário de árvores e estimativa da safra de laranja do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste mineiro. 2019** Disponível em:<https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2019_05_24_Invent%C3%A1rio_e_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2019-2020.pdf> Acesso em: 05/10/2021

GLENN, D.M.. The mechanisms of plant stress mitigation by kaolin-based particle films and applications in horticultural and agricultural crops. **HortScience** 47:710-711, 2012.

GLENN, D.M. Effect of highly processed calcined kaolin residues on apple water use efficiency. **Science Horticulture (Amsterdam)** 205, 127–132, 2016.

GLENN, D.M., PUTERKA, G.J. VANDERZWET, T., BRYERS, R.E., FELDHAKE, C.. Hydrophobic particle films: a new paradigm for supression of arthropod pests and diseases. **Journal of Economic Entomology** 92:759-771, 1999.

GLENN, D.M., PRADO, E., EREZ, A., FERSON, G.M., PUTERKA, G.J. A reflective processed kaolin particle film affects fruit temperature, radiation reflection and solar injury in apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science** 127(2):188-19, 2002.

GLENN, D.M., PUTERKA, G.J. Particle films: a new technology for agriculture. **Horticultural Reviews** 31:1-44, 2005.

GOLDSCHMIDT, E.E. Carbohydrate supply as a critical factor for citrus fruit development and productivity. **HortScience** 34:1020-1024, 1999.

GÓMEZ-CADENAS, A.; VIVES, V.; ZANDALINAS, S.I.; MANZI, M.; SÁNCHEZ-PÉREZ, A.M.; PÉREZ-CLEMENTE R.M.; ARBONA V. Abscisic acid: a versatile phytohormone in plant signalling and beyond. **Current Protein and Peptide Science**, v. 16, p. 413–434, 2015.

GULLO, G.; DATTOLA, A.; VONELLA, V.; ZAPPIA, R.; Effects of two reflective materials on gas exchange, yield, and fruit quality of sweet orange tree *Citrus sinensis* (L.) Osb. **European Journal of Agronomy** 118 (2020) 126071, 2020.

GURURANI, M.A.; VENKATESH, J.; TRAN, L.S.P. Regulation of photosynthesis during abiotic stress-induced photoinhibition. **Molecular Plant** v. 8, p.1304-1320, 2015.

HALL, A.E., CAMACHO, S.E., KAUFMANN, M.R. Regulation of water loss by citrus leaves. **Physiologia Plantarum** 33:62-65, 1975.

HEALTH, R.L.; PACKER, L. Photoperoxidation in isolated chloroplast. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. **Biochimica Biophysica**, v. 125, p. 189-198, 1968.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618#resultado>. Acesso em: 30/09/2021

IPCC. **Climate Change 2014**: synthesis report. Intergovernmental Panel on Climate Change: Geneva. 2015. 151 p.

JINFON, J.L.; SYVERTSEN, J.P. Kaolin particle film applications can increase photosynthesis and water use efficiency of 'Ruby Red' grapefruit leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science** v. 128, n. 1, 107-112, 2003.

JORDAN, D.B. AND W.L. OGDEN. The CO₂ /O₂ specificity of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase. Dependence on ribulose- 1,5-bisphosphate concentration, pH, and temperature. **Planta** 161:308– 313, 1984.

JUNG, S., STEFFEN, K.L., LEE, H.J. Comparative photoinhibition of a high and a low altitude ecotype of tomato (*Lycopersicon hirsutum*) to chilling stress under high and low light conditions. **Plant Sci**. 134, 69–77, 1998.

KHAIRI, M.M.A., HALL, A.E. Temperature and humidity effects on net photosynthesis and transpiration of citrus. **Physiologia Plantarum** 36:29-34, 1976.

KLUGE, R. A.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; SILVA, P. P. M. da. Aspectos Fisiológicos e Ambientais da Fotossíntese. **Revista Virtual Química**, 7 (1), 56-73, 2015.

KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B. D.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v.64, n.3, p.339-347, 2005.

KRIEDEMANN, P.E. Some photosynthetic characteristics of citrus leaves. **Australian Journal of Biological Sciences** 21:895-905, 1968.

KUMAR, K., RASHID, R., BHAT, J.A., BHAT, Z.A. Effects of high temperature on fruit crops. **Applied Botany** 39:4745-4747, 2011.

LAW, R.D., CRAFTS-BRANDNER, S.J. Inhibition and acclimation of photosynthesis to heat stress is closely correlated with activation of ribulose-1-5-bisphosphate carboxylase oxygenase. **Plant Physiology** 120:173-181, 1999.

LI, Z.; WAKAO, S.; FISCHER, B. B.; NIYOGI, K. K. Sensing and Responding to Excess Light. **Annual Review of Plant Biology**, v.60, p. 239-260, 2009.

LONG, S.P. Modification of the response of photosynthetic productivity to rising temperature by atmospheric CO₂ concentrations: Has its importance been underestimated? **Plant Cell Environ.** 14:729–739, 1991.

LOPES, J. M. S.; DÉO, T. F. G.; ANDRADE, B. J. M.; GIROTO, M.; FELIPE, A. L. S.; JUNIOR, C. E. I.; BUENO, C. E. M. S.; SILVA, T. F.; LIMA, F. C. C. Importância econômica do citros no Brasil. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, Ano X, n. 20, 2011.

LU, J., LU, Z., LI, X., XU, H., LI, X. Recycling of shell wastes into nanosized calcium carbonate powders with different phase compositions. **Journal of Cleaner Production**. 92, 223–22, 2015.

MARENCO R., A., NASCIMENTO H., C., S., e MAGALHÃES N., S. Stomatal conductance in Amazonian tree saplings in response to variations in the physical environment. **Photosynthetica**. 52:493-500, 2014.

MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; FIGUEIREDO, J. O.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**: Principais informações e recomendações de cultivo. Cordeirópolis: Instituto Agrônomo de Campinas, 2005. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/imagem_informacoestecnologicas/43.pdf>. Acesso em: 30/09/2021

MEDINA, C.L.; SOUZA, R.P.; MACHADO, E.C.; RIBEIRO, R.V.; SILVA, J.A.B. Photosynthetic response of citrus grown under reflective aluminized polypropylene shading nets. **Scientia Agricola**, v. 96, p. 115–125, 2002.

MEDLYN, B. E.; LOUSTAU, D. e DELZON, S. Temperature response of parameters of a biochemically based model of photosynthesis. I. Seasonal

changes in mature maritime pine (*Pinus pinaster* Ait.). **Plant, Cell and Environment**. 25, 1155– 11652, 2002.

MIRANDA, M.P., ZANARDI, O.Z., TOMASETO, A.F., VOLPE, H.X.L., GARCIA, R.B., PRADO, E. Processed Kaolim affects the probing and settling behavior of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Lividae). **Pest Management Science** 74:1964-1972, 2018.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends Plant Sci.** 7: 405-410, 2002.

MOLASSIOTIS, A.; JOB, D., ZIOGAS, V.; TANOU, G. Citrus plants: a model system for unlocking the secrets of NO and ROS-inspired priming against salinity and drought. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 229, 2016.

MONTALT, R.; CUENCA, J.; VIVES, M. C.; NAVARRO, L.; OLLITRAULT, P.; ALEZA, P. Influence of temperature on the progamic phase in Citrus. **Environmental and Experimental Botany**, v. 166, p. 103806, 2019.

MOSS, G.I. The influence of temperature during flower development on the subsequent fruit-set of sweet orange (*Citrus sinensis*) 'Washington Navel'. **Horticultural Research**. 13:65-73, 1973.

MULLER, P.; LI, X.; NIYOGI, K. Non-Photochemical Quenching. A response to excess light energy. **Plant Physiology**, v. 125, n. 4, p. 1558-1566, 2001.

NASCIMENTO, F.S.S. **Propriedades físico-química de espécies cítricas sobre dois porta-enxertos no submédio do São Francisco**. 2016, Monografia - Instituto Federal de Educação. Petrolina, PE. 2016.

NAWAZ, R.; ABBASI, N. A.; HAFIZ, I. A.; KHALID, A. Impact of climate variables on growth and development of Kinnow fruit (*Citrus nobilis* Lour. x *Citrus deliciosa* Tenore) grown at different ecological zones under climate change scenario. **Scientia Horticulturae**, v. 260, 2020.

NEVENKA, D., ĆOSIĆ, M., STRIČEVIĆ, R., SAVIĆ, S., DOMAZET, M. Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of tomato. **Scientia Horticulturae** (Amsterdam) 201, 271–278, 2016.

OK, Y.S., OH, S.E., AHMAD, M., HYUN, S., KIM, K.R., MOON, D.H., LEE, S.S., LIM, K.J., JEON, W.T., YANG, J.E. Effects of natural and calcined oyster shells on Cd and Pb immobilization in contaminated soils. Environ. **Earth Science** 61, 1301–1308, 2010.

ORT, D. R., When There Is Too Much Light. **Plant Physiology**, v. 125, p.29-32, 2001.

OSMOND, C. B. What is photoinhibition? Some insights from comparisos of shade and sun plants. In: BAKER NR, BOWYER JR (Eds). Photoinhibition of

photosynthesis: from molecular mechanisms to the field. **BIOS Scientific Publishers**, Oxford, pp.1-24, 1994.

PUTERKA, G.J., D.M. GLENN, D.G. SEKUTOWSKI, T.R. UNRUH, AND S.K. JONES. Progress toward liquid formulations of particle films for insect and disease control in pear. **Environmental Entomology**. 29:329–339, 2000.

RAMÍREZ-GODOY, A., PUENTES-PERÉZ, G., RESTREPO-DÍAZ, H. Evaluation of the effect of foliar application of kaolin clay and calcium carbonate on population of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in Tahiti lime. **Crop Protection** 109:62-71, 2018.

ROCHAIX, J. Role of Thylakoid Protein Kinases in Photosynthetic Acclimation. **Federation of European Biochemical Societies Lettres**, v.581, p. 2768-2775, 2007.

RODRIGUEZ, J.; ANORUO, A.; JIFON, J.; SIMPSON, C. Physiological effects of exogenously applied reflectants and anti-transpirants on leaf temperature and fruit sunburn in Citrus. **Plants**, v. 8, n. 12, p. 549, 2019.

ROSATI, A., METCALF, S.G., BUCHNER, R.P., FULTON, A.E., LAMPINEN, B.D. Physiological effects of kaolin applications in well-irrigated and water-stressed walnut and almond trees. **Annals of Botany**. 98:267-275, 2006.

SAAVEDRA, R.G., ESCAFF, M.G., HERNANDEZ, J.V. 2006. Kaolin effects in processing tomato production in Chile. **Acta Horticulturae** 724:191-198.

SAEB, M.R., RAMEZANI-DAKHEL, H., KHONAKDAR, H.A., HEINRICH, G., WAGENKNECHT, U. A comparative study on curing characteristics and thermomechanical properties of elastomeric nanocomposites: the effects of eggshell and calcium carbonate nanofillers. **Journal of Applied Polymer Science** 127, 4241–4250, 2013.

SANTINI, J.; GIANNETTINI, J.; HERBETTE, S.; PAILLY, O.; OLLITRAULT, P.; LURO, F.; BERTI, L. Physiological and biochemical response to photooxidative stress of the fundamental citrus species. **Scientia Horticulturae**, v. 147, p. 126-135, 2012.

SAWICKI, M.; BARKA, E.A.; CLÉMENT, C.; VAILLANT-GAVEAU, N.; JACQUARD, C. Crosstalk between environmental stresses and plant metabolism during reproductive organ abscission. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 7, p. 1707–1719, 2015.

SCHRADER LE. Scientific basis of a unique formulation for reducing sunburn of fruits. **HortScience** 46, 1–11, 2011.

SCHREIBER, U.; BILGER, W.; HORMANN, H.; NEUBAUER, C. Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool: basics and some aspects of practical relevance. **Photosynthesis: a comprehensive treatise**, p. 320-336, 1998.

SERKEDJIEVA, J. Antioxidant effects of plant polyphenols: a case study of a polyphenol-rich extract from *Geranium sanguineum* L. In: GUPTA, S.D. Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants. **Enfield: Science Publishers**. Chap.13, p.275-293, 2011.

SHARMA, R.R., REDDY, S.V.R., DATTA, S.C. Particle films and their applications in horticultural crops. **Applied Clay Science** 116-117:54-68, 2015.

SILVA, P.S.O.; OLIVEIRA JUNIOR, L.F.G.; GONZAGA, M.I.S.; SENA, E.O.A.; MACIEL, L.B.S.; FIAES, M.P.; MATTOS, E.C.; CARNELOSSI, M.A.G. Effects of calcium particle films and natural shading on ecophysiological parameters of conilon coffee. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 171–177, 2019.

SILVA, P. S. O., SENA, E. D. O. A., GONZAGA, M. I. S., DE OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G., DOS SANTOS MACIEL, L. B., DOS SANTOS, M. P. F., ... & CARNELOSSI, M. A. G. Calcium carbonate particle films and water regimes affect the acclimatization, ecophysiology and reproduction of tomato. **Environmental and Experimental Botany**, 165, 19-29, 2019.

SIQUEIRA, D.L.; SALOMÃO, L.C.C. **Citros do plantio à colheita**. Viçosa (MG): Ed. UFV, 2017.

SOARES, L. A. dos A.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S. de; SOARES FILHO, W. dos S.; OLIVEIRA, E. S. de. Crescimento de combinações copa - porta-enxerto de citros sob estresse hídrico em casa de vegetação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.3, p.211–217, 2015.

STANHILL, G., S. MORESHET, AND M. FUCHS. Effect of increasing foliage and soil reflectivity on the yield and water use efficiency of grain sorghum. **Agronomy Journal** 68:329-332, 1976.

STEIMAN, S.R., BITTENBENDER, H.C., IDOL, T.W. Analysis of kaolin particle film use and its application on coffee. **HortScience** 42:1605-1608, 2007.

SYVERTSEN, J.; GOÑI, C.; OTERO, A. Fruit load canopy shading affect leaf characteristics and net gas exchange of 'Spring' navel orange trees. **Tree Physiology**, v. 23, n. 13, p. 899-906, 2003.

SYVERTSEN, J.P., SALYANI, M. Petroleum spray oil effects on net gas Exchange of grapefruit leaves at various vapor pressures. **Horticultural Science** 26:168-170, 1991.

TORRES, C. A.; SEPÚLVEDA, G.; KAHLAOUI, B. Phytohormone interaction modulating fruit responses to photooxidative and heat stress on apple (*Malus domestica* Borkh). **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 2129, 2017.

TRINDADE, K. L., **Trocas gasosas, crescimento e produtividade de feijoeiro comum com aplicação de protetor solar**. 61 p. 2020. Dissertação (Mestrado

em Irrigação no Cerrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Ceres-GO, 2013. Disponível em:
<https://repositorio.ifgoiano.edu.br/bitstream/prefix/1627/1/Disserta%C3%A7%C3%A3oKenia%20Lorrany%20Trindade.pdf>. Acesso: 11 de outubro de 2021.

WANG, Y., LIU, A., YE, R., WANG, W., LI, X. Transglutaminase-induced crosslinking of gelatin-calcium carbonate composite films. **Food Chemistry**. 166, 414–422, 2015.

YOO, S., HSIEH, J.S., ZOU, P., KOKOSZKA, J. Utilization of calcium carbonate particles from eggshell waste as coating pigments for ink-jet printing paper. **Bioresource Technology** 100, 6416–6421, 2009.

ZANDALINAS, I. S.; RIVERO, R. M., RIVERO.; MARTÍNEZ, V.; GÓMEZ-CADENAS A.; ARBONA V. Tolerance of citrus plants to the combination of high temperatures and drought is associated to the increase in transpiration modulated by a reduction in abscisic acid levels. **Plant Biology** (2016) 16:105, 2016.