



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

**FILME DE PARTÍCULAS DE CÁLCIO PROMOVE
FOTOPROTEÇÃO E ECONOMIA DE ÁGUA NA VIDEIRA
(*Vitis labrusca* L.)**

NADJA TAMIRES BORGES BARBOSA



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA E BIODIVERSIDADE**

NADJA TAMIRES BORGES BARBOSA

**FILME DE PARTÍCULAS DE CÁLCIO PROMOVE FOTOPROTEÇÃO E
ECONOMIA DE ÁGUA NA Videira (*Vitis labrusca* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

Orientador
Prof. Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira
Junior

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2020

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

B238f Barbosa, Nadja Tamires Borges
Filme de partículas de cálcio promove fotoproteção e economia de água na videira (*Vitis labrusca* L.) Nadja Tamires Borges Barbosa; orientador Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior. / – São Cristóvão, SE, 2020.
48 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe, 2020.

1. Videira. – Necessidades de água. 2. Plantas. – Relações hídricas. 3. Cal. – Utilização na agricultura. 4. Plantas. – Efeito da sombra. I. Oliveira Junior, Luiz Fernando Ganassali, orient. II. Título

CDU 634.8:631.671

NADJA TAMIRES BORGES BARBOSA

**FILME DE PARTÍCULAS DE CÁLCIO PROMOVE FOTOPROTEÇÃO E
ECONOMIA DE ÁGUA NA VIDEIRA (*Vitis labrusca* L.)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agricultura e Biodiversidade, área de concentração em Agricultura e Biodiversidade, para obtenção do título de “Mestre em Ciências”.

APROVADA em 20 de agosto de 2020.

Profa. Dra. Lia-Tânia Rosa Dinis
UTAD

Prof. Dr. Marcelo Augusto Gutierrez
Carnelossi
UFS
(Coorientador)



Prof. Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior
UFS
(Orientador)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL

*As minhas irmãs Neila, Samara, Nil e Eliane;
Aos meus sobrinhos Arthur, Victor, Tom e minha pequena Olívia;
Ao meus pais Carmen e Tomaz;
Dedico*

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida, em primeiro lugar, por tornar tudo possível, pela proteção e força durante toda a jornada para a obtenção desse título.

As minhas irmãs Neila, Samara, Nil e Eliane, pelo apoio, conselhos, dedicação e o incentivo para nunca desistir. Agradeço especialmente a Neila, por ser o meu porto seguro.

Aos meus pais Carmen e Tomaz, pelo amor, orações e as palavras de afeto.

Aos meus amados sobrinhos Arthur, Victor e Tom, e minha sobrinha Olívia, por todos os momentos de alegria e amor, agradeço por existirem, amo vocês incondicionalmente.

Aos bons amigos da vida, Ana Angélica, Rafael (compadre), Jacque, Paulo, Clarinha, Anny, Allan e Maurilo, pelo apoio, conselhos e as boas vibrações.

Ao Professor e orientador Dr. Luiz Fernando, pela disponibilidade e incentivo na pesquisa.

Ao Professor e coorientador Dr. Marcelo Carnellosi, pelos conhecimentos compartilhados.

Aos colegas do ECOPOC, Paulo, Eloy, Jacqueline, Laila, Matheus, Alexandre, Pryanka, e Ricardo, agradeço pelos momentos de estudo, experiências, pelos cafés e parceria nos experimentos.

Aos amigos do grupo de estatística, que levarei para vida inteira, Luíse, Airan, France e João Paulo, agradeço pelas horas intensas na biblioteca, pelos risos em meio a tantos cálculos e listas, pela superação dos momentos difíceis, pelos conselhos e pela positividade.

Agradeço ao meu marido Rafael Teixeira, por todo amor, compreensão, paciência, por me fazer feliz e por saber cuidar tão bem de mim antes, durante e depois dessa jornada.

À banca examinadora, pela disponibilidade e contribuição imprescindível a esta dissertação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

À Universidade Federal de Sergipe (UFS), à equipe do Campus Rural e do DEA pelo apoio e auxílio no desenvolvimento desta pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade (PPGAGRI) pela oportunidade em cursar o mestrado.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para conclusão desta jornada.

BIOGRAFIA

Nadja Tamires Borges Barbosa, filha de Carmen Borges e Tomaz Moreira Barbosa, nasceu em 22 de julho de 1987 no município de Juazeiro da Bahia-Brasil.

No ano de 2011 ingressou no curso de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Pernambuco. Durante a graduação foi estagiária da Embrapa Semiárido localizada em Petrolina-PE por dois anos consecutivos, na área de Fisiologia Vegetal em videiras, sob a orientação do professor Dr. Agnaldo Rodrigues de Melo Chaves.

Em julho de 2018 iniciou o mestrado no programa em Agricultura e Biodiversidade da Universidade Federal de Sergipe até a presente data, sob orientação do Professor Dr. Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior, atuando em estudos sobre o desempenho fisiológico e agrônomo das plantas, ecofisiologia, e tecnologias de filme de partículas de cálcio para controle de estresses abióticos em videira.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	iii
RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	8
4. ARTIGO 1	17
RESUMO	17
ABSTRACT.....	18
4.1. Introdução	18
4.2. Material e Métodos	19
4.3. Resultados	22
4.4. Discussão	25
4.5. Conclusões	28
5. ARTIGO 2	34
RESUMO	34
ABSTRACT.....	35
5.1. Introdução	35
5.2. Material e Métodos	35
5.3. Resultados	38
5.4. Discussão	41
5.5. Conclusões	43
5.6. Referências Bibliográficas	43
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	48

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura	Página
1 Dados agrometeorológicos de precipitação e temperatura do ar (máxima e mínima) ao longo dos dias após a poda realizada em 05/11/2018 (DAP) (A), evapotranspiração de referência (ET _o) e evapotranspiração da cultura (ET _c), durante o período de avaliação experimental (B) na safra 2018-2019.....	20
2 Valores de luminosidade (L^*) das folhas da cv. Isabel Precoce com aplicação de CaO 7% (FP) e sob pleno sol (PS).....	22
3 Gráfico em radar do efeito da aplicação de CaO 7% em dois regimes hídricos (65% da ET _c com filme de partículas, 65% FP; 100% da ET _c com filme de partículas, 100% FP; 65% da ET _c sob pleno sol, 65% PS; e 100% da ET _c sob pleno sol, 100% PS) na fluorescência transiente da clorofila <i>a</i> de plantas da cv. Isabel Precoce medida às 9:00 h (3A e 3B) e 12:00 h (3C e 3D).....	24
4 Efeito da aplicação de CaO 7%, em diferentes regimes hídricos, no potencial hídrico foliar da cv. Isabel Precoce medido às 13:00 h	25
5 Efeito da aplicação de CaO 7%, em diferentes regimes hídricos, na produtividade da cv. Isabel Precoce.....	25

ARTIGO 2

Figura	Página
1 Precipitação e temperatura do ar (máxima e mínima) ao longo dos dias após a poda realizada em 05/11/2018 (DAP) (A), evapotranspiração de referência (ET _o) e evapotranspiração da cultura (ET _c), obtidos durante o período de avaliação experimental (B) na safra 2018-2019.....	37
2 Luminosidade (L^*) das folhas da cv. Isabel Precoce com aplicação de CaO 7% (FP) e sob pleno sol (PS).....	39
3 Efeito da aplicação de CaO 7%, em diferentes regimes hídricos, nas trocas gasosas: taxa fotossintética (A), condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E) (Figuras 3A, 3B e 3C, respectivamente); eficiência intrínseca (EIUA) e eficiência instantânea (EUA) do uso da água (Figuras 3D e 3E); e eficiência instantânea de carboxilação (EIC) (Figura 3F) da cv. Isabel Precoce medidos entre às 12:00 e 13:00 h.....	40
4 Efeito da aplicação de CaO a 7%, sob diferentes regimes hídricos, no teor relativo de água (TRA%) em folhas da cv. 'Isabel Precoce'	41

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela		Página
1	Influência da aplicação de CaO 7% nos índices de clorofila Falker da cv. Isabel Precoce submetida a diferentes regimes hídricos, medidos às 09:00h	22

ARTIGO 2

Tabela		Página
1	Influência da aplicação de CaO 7%, nos valores referentes aos atributos físico-químicos de frutos da cv. 'Isabel Precoce' submetidos a diferentes regimes hídricos no momento da pós colheita. Sólido solúveis totais SST (°Brix), pH, acidez total titulável (ATT) e firmeza de bagas (FMZ) (Newton).....	41

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

FP	Filme de partículas
PS	Pleno sol
CaO	Óxido de cálcio
DAP	Dia após a poda
L^*	Luminosidade
Chl <i>a</i>	Clorofila <i>a</i>
Chl <i>b</i>	Clorofila <i>b</i>
Chl total	Clorofila total
Chl <i>a/b</i>	Razão clorofila <i>a/b</i>
Ψ_L	Potencial hídrico foliar
MPa	Mega Pascal
Ton ha ⁻¹	Tonelada por hectare
ET ₀	Evapotranspiração de referência
ET _c	Evapotranspiração da cultura
K _c	Coeficiente da cultura
PAR	Radiação fotossinteticamente ativa
UV	Radiação ultravioleta
RUBisCO ou RUBP	Ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase oxigenasse
<i>A</i>	Taxa fotossintética ou assimilação de CO ₂
<i>g_s</i>	Condutância estomática
<i>E</i>	Taxa de transpiração
<i>EUA</i> ou <i>A/E</i>	Eficiência instantânea do uso da água
<i>EIUA</i> ou <i>A/g_s</i>	Eficiência intrínseca do uso da água
<i>EIC</i> ou <i>A/C_i</i>	Eficiência instantânea de carboxilação
TRA (%)	Teor relativo de água
NADP (H)	Fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina
PSII	Fotossistema II
PSI	Fotossistema I
Q _A	Quinona A
Q _B	Quinona B
O ou Fo	Fluorescência inicial
K	Valor de fluorescência em 300 milissegundos
J	Valor de fluorescência em 2 milissegundos
I	Valor de fluorescência em 30 milissegundos
P ou F _m	Intensidade máxima de fluorescência
RC	Centros de reação
Sm	Área normalizada entre a curva OJIP e a etapa P
VJ	Variável relativa fluorescência de Chl na etapa J
VI	A fluorescência variável relativa no ponto I é captada após 30ms da emissão de luz actínica (VI)
ABS/RC	Determinação da média dos fluxos de fótons absorvidos (ABS) pelo total de centros de reação do PSII (RC), também relacionado à medida do tamanho aparente da antena do PSII
TR0/RC	O fluxo máximo de elétrons excitados aprisionados pelos centros de reação ativos no PSII
ET0/RC	Fluxo ou transporte de elétrons (ET) transferidos da Q _A - para PQ por atividade dos centros de reação do PSII
RE0/RC	Fluxo de elétrons transferidos de Q _A - até os aceptores finais do PSI a partir da atividade dos centros de reações do PSII

DI0/RC	Fluxo de energia dissipada em outros processos não fotoquímicos pelos centros de reação ativos no PSII
ABS/CS0	Fluxo de fótons absorvidos (ABS) por seção transversal excitada do PSII (CS) a partir da fluorescência inicial
TR0/CS0	Fluxo máximo de elétrons energizados presos por seção transversal do PSII na fluorescência inicial
ET0/CS0	Fluxo de elétrons da Q_A^- para PQ por seção transversal do PSII na fluorescência inicial
RE0/CS0	Fluxo de elétron excitado de Q_A^- até os receptores finais PSI por seção transversal de PSII
DI0/CS0	Fluxo de energia dissipado por seção transversal do PSII
PI_{ABS}	Índice de performance sobre absorção de base
$PI_{ABS\ Total}$	Índice de performance total de absorção de base
$PI_{CS\ Total}$	Índices de performance total por base a seção transversal do PSII
SST	Sólidos solúveis totais
ATT	Acidez total titulável
FMZ	Firmeza da baga
λ	Comprimento de onda

RESUMO

BARBOSA, Nadja Tamires Borges. **Filme de partículas de cálcio promove fotoproteção e economia de água na videira (*Vitis labrusca* L.)**. São Cristóvão: UFS, 2020. 48p. (Dissertação – Mestrado em Agricultura e Biodiversidade).*

Nos últimos anos a viticultura na região Nordeste do Brasil vem apresentando considerável expansão. No entanto, devido às mudanças climáticas, como baixo índice pluviométrico, alta irradiância e uma elevada demanda evaporativa, houve uma intensificação dos efeitos do estresse abiótico no desempenho das plantas. Para amenizar esse grave cenário na agricultura, a tecnologia de filme de partículas tem sido reconhecida como uma estratégia promissora para o alívio sustentável do estresse abiótico e condições adversas no cultivo da videira. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da aplicação de filme de partículas de cálcio na cv. Isabel Precocinha, a fim de avaliar o desempenho fisiológico e agrônomico das plantas submetidas a diferentes regimes hídricos sob condições de verão do Nordeste brasileiro. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Sergipe, e foi realizado com quatro tratamentos: i) 65% da ETc com filme de cálcio (CaO 7%); ii) 65% da ETc sob pleno sol; iii) 100% da ETc com filme de partículas de cálcio e iv) 100% da ETc sob pleno sol (n=4), aplicados a partir do estágio fenológico de frutificação até a colheita. Os parâmetros avaliados foram: potencial hídrico foliar, trocas gasosas, teor relativo de água, fluorescência transiente da clorofila *a*, índices de clorofila Falker, luminosidade, sólidos solúveis totais, pH, acidez total, firmeza das bagas e produtividade da videira. O filme proporcionou efeitos de sombreamento nas folhas, fotoproteção e aumentos nos índices de clorofila. A emissão da curva OJIP foi reduzida nas videiras pulverizadas com filme, melhorando o metabolismo energético da fotossíntese e proporcionando a maior eficiência dos fluxos de elétrons energizados pelos fotossistemas e pela cadeia de transporte de elétrons, principalmente no horário de maior radiação solar. O potencial hídrico e a produtividade aumentaram nas plantas tratadas com filme, destacando a economia de água em até 35% para as plantas com 65% da ETc com filme. Observou-se também aumentos da taxa fotossintética (*A*), reduções na condutância estomática (*gs*) e taxa de transpiração (*E*), melhorando a eficiência do uso da água e desempenho fisiológico nas videiras tratadas com filme. Esses resultados são evidenciados pelo teor relativo de água, onde os tratamentos com filme foram capazes de reduzir a perda de água nos tecidos foliares da videira. Mesmo com a redução de fornecimento de água às plantas, o filme manteve as características físico-químicas da uva e aumentou a produtividade. Sendo assim, o filme de partículas de cálcio e o menor regime hídrico pode ser indicado como uma alternativa eficaz para viticultura sustentável, amenizando os efeitos das mudanças climáticas nas videiras.

Palavras-chave: *Vitis labrusca*, óxido de cálcio, restrição hídrica, trocas gasosas, sombreamento artificial, OJIP.

* Comitê Orientador: Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior – UFS (Orientador), Marcelo Augusto Gutierrez Carnellosi (Coorientador) – UFS.

ABSTRACT

Barbosa, Nadja Tamires Borges. **Calcium particle film promotes photoprotection and water savings in grapevines (*Vitis labrusca* L.)**. São Cristóvão: UFS, 2020. 48p. (Thesis - Master of Science in Agriculture and Biodiversity). *

Grape growing has expanded considerably in the Northeast region of Brazil in recent years. However, due to climate changes, such as low rainfall amounts, high irradiance, and high evaporative demand, the effects of abiotic stress on plant performance have intensified. To mitigate this serious situation in agriculture, the technology of particle films has been recognized as a promising strategy for sustainable relief from abiotic stress and adverse conditions in grape growing. Thus, the aim of this study was to investigate the effects of application of calcium particle film on the growth of the cv. Isabel Precoce to evaluate the physiological and agronomic performance of plants subjected to different water regimes under summer conditions in the Northeast of Brazil. The experiment was conducted in the experimental area of the Universidade Federal de Sergipe and comprised four treatments: i) 65% of the crop evapotranspiration (ET_c) with calcium particle film (CaO 7%); ii) 65% of the ET_c under full sun; iii) 100% of the ET_c with calcium particle film; and iv) 100% of the ET_c under full sun (n = 4), applied from the fruit development phenological stage until harvest. The following parameters were evaluated: leaf water potential, gas exchanges, relative water content, chlorophyll *a* fluorescence transient, Falker chlorophyll indices, lightness, total soluble solids, pH, total acidity, berry firmness, and grapevine yield. The calcium particle film provided shading effects on the leaves, photoprotection, and increases in chlorophyll indexes. The emission of the OJIP curve declined in the grapevines with film, improving the energetic metabolism of the photosynthesis and providing greater efficiency of the electron flows energized by the photosystems and by the electron transport chain, especially at the time of greatest solar radiation. Water potential and yield increased in the plants treated with film, especially prominent were water savings of up to 35% for the plants with 65% of ET_c with film. Increases were also found in photosynthetic rate (*A*) and reductions in stomatal conductance (*g_s*) and transpiration rate (*E*), improving water use efficiency and physiological performance in the grapevines treated with film. These results are shown by the relative water content, in which the treatments with film were able to reduce water loss in the grapevine leaf tissues. Even with reduction in water supply to the plants, the film maintained the physical-chemical characteristics of grapes and increased yield. Thus, calcium particle film and a lower water regime can be recommended as an effective alternative for sustainable grape growing, mitigating the effects of climate changes on grapevines.

Keywords: *Vitis labrusca*, calcium oxide, water restriction, gas exchange, artificial shading, OJIP.

* Supervising Committee: Luiz Fernando Ganassali de Oliveira Junior – UFS (Orientador), Marcelo Augusto Gutierrez Carnellosi (Co-Orientador) – UFS.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A videira é umas das fruteiras economicamente mais importantes no mundo (MANFIO, 2019; SADRAS; MORAN, 2013). No Brasil, a produção de uvas em 2018 foi mais de 1.592.242 ton ha⁻¹, e a região Nordeste (segunda maior em produção de uva), contribuiu com mais de 31,52% da produção do País. Isso tornou a viticultura uma atividade promissora devido ao crescimento no processamento de elaboração de sucos de uva e vinhos, além do consumo 'in natura' (MELLO, 2019). O cultivo da videira no território brasileiro está difundido desde o paralelo 30°S latitude, no estado do Rio Grande do Sul, com invernos relativamente rigorosos, até o paralelo 9°S latitude, na região Nordeste do país, em que o inverno praticamente não se distingue das demais estações (CAMARGO; TONIETTO; HOFFMANN, 2011; LEÃO, 2018). A videira apresenta adaptações a várias condições climáticas, possibilitando o cultivo dessa frutífera em diferentes regiões (BRILLANTE et al., 2016; FLEXAS et al., 2010). Em função desta diversidade ambiental, a viticultura subtropical é praticada em regiões de invernos amenos e curtos, porém sujeitos à ocorrência de geadas, tendo um período de dormência e um ciclo por ano. Enquanto a viticultura tropical típica de regiões onde as temperaturas mínimas não são suficientemente baixas para induzir a dormência da videira, esta cresce continuamente e, com o uso de práticas apropriadas, é possível a obtenção de duas colheitas anuais tanto para uvas de mesa quanto de vinhos (GIOVANNINI, 2014). No entanto, o clima e a disponibilidade hídrica são fatores fundamentais no desenvolvimento, crescimento e na produção final de diferentes culturas (BRITO et al., 2018, 2019a; FRAGA; GARCÍA DE CORTÁZAR ATAURI; SANTOS, 2018).

Em diferentes estádios fenológicos as videiras são sensíveis à restrição hídrica, por exemplo, o crescimento das bagas é mais sensível à falta de água após o estágio final de floração, e caso ocorra períodos de secas logo após a formação dos frutos, poderá afetar o *status* hídrico da planta e consequentemente a qualidade da uva (RAMOS et al., 2020). O aproveitamento de longo prazo de recursos naturais renováveis como água e solo, revela a necessidade e conveniência de práticas sustentáveis na agricultura (MEDRANO et al., 2015).

A irregularidade da precipitação pluviométrica influencia negativamente na produção por não atender à necessidade hídrica da planta (BATES; KUNDZEWICZ, 2008). O agravante das projeções climáticas torna as práticas sustentáveis e estratégias de adaptações como um propósito indispensável para mitigar a demanda hídrica e melhorar produtividade das culturas. Uma técnica eficaz e sustentável para amenizar os efeitos do estresse abiótico é o uso de filme de partículas, comumente de partículas minerais, fácil dispersão em água, perfil de segurança, disponibilidade comercial e baixa abrasão (GLENN; EREZ; GUNDRUM, 2003; GLENN; PUTERKA, 2005; SHARMA; DATTA; VARGHESE, 2018, 2020; SHARMA; VIJAY RAKESH REDDY; DATTA, 2015), quando aplicado na superfície das folhas e após a evaporação da água, forma-se uma cobertura/proteção capaz de fornecer sombreamento ao excesso de radiação solar e temperatura, além de melhorar o *status* da água em diferentes culturas (BOARI et al., 2015; DINIS et al., 2016a; SILVA et al., 2019b).

Resultados com filme de partículas comprovaram melhorar a adaptação das plantas a diferentes climas, controlar o estresse fotooxidativo e manter os compostos antioxidantes da videira (BERNARDO et al., 2017; CONDE et al., 2016; DINIS et al., 2016a) e influenciar nas relações hídricas reduzindo as trocas gasosas nas videiras sob restrição hídrica, promovendo maior eficiência no uso da água (BRILLANTE et al., 2016). Em culturas como oliveiras, o filme à base de caulim foi capaz de melhorar atributos do azeite (KHALEGHI et al., 2015), aumentar a tolerância do tomateiro à salinidade (BOARI et al., 2014, 2016) e melhorar a eficiência do uso água e redução dos danos solares em macieiras (GLENN, 2016; GLENN et al., 2003). No entanto, recentemente estudos com uso de filme de partículas de cálcio (CaO e CaCO₃) também evidenciaram ser valiosos, por proporcionarem sombreamento e fotoproteção significativa nas videiras (SILVA et al., 2019b), melhoria nos aspectos fisiológicos do cafeeiro (SILVA et al., 2019a) e aumento na eficiência do uso da água em feijoeiro sob restrição hídrica

(OLIVEIRA JUNIOR et al., 2019). Portanto, o uso de filmes de partículas de cálcio demonstra ser uma alternativa satisfatória e econômica para agricultura. Além dos fatores mencionados, os filmes de partículas podem melhorar as relações hídricas como as trocas gasosas e a condutância estomática, e como consequência, reduzir a interceptação da PAR (Radiação Fotossinteticamente Ativa) e fechamento parcial dos estômatos (CANTORE; PACE; ALBRIZIO, 2009; SHELLIE; KING, 2013). Alguns autores têm observado incremento na taxa fotossintética (A) determinada pelo filme de partículas (CHAMCHAPORN et al., 2013; JIFON; SYVERTSEN, 2003).

Assim, diante à importância e influência hídrica no crescimento e desenvolvimento da videira, o objetivo do estudo foi investigar os efeitos da aplicação de filme de partículas de cálcio na cv. Isabel Precoce, a fim de avaliar o desempenho fisiológico e agrônomo das plantas submetidas a diferentes regimes hídricos sob condições de verão do Nordeste brasileiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 *Vitis labrusca* L. cv. Isabel Precoce

A videira é uma planta perene pertencente à família das Vitaceae. As principais espécies cultivadas e com maior potencial econômico são: as *Vitis viníferas* L. de origem europeia ou conhecidas popularmente como uvas finas, e as *Vitis labrusca* L. de origem americana, esse grupo apresenta maior rusticidade e resistência a alguns patógenos como Míldio (*Plasmopara viticola*), Oídio (*Uncinula necator*) e ferrugem (*Phakopsora elites*), quando comparado às demais espécies dessa cultura (SATO et al., 2016). Além disso, a videira possui características de planta trepadeira com a presença de gavinhas que auxiliam na sustentação. Sua flor se dá em forma de inflorescência e seu fruto em forma de baga, quando em conjunto formam os cachos.

A relação entre porta-enxerto, copa e meio ambiente também pode influenciar diferentes respostas à fisiologia da videira (MIELE; RIZZON, 2017), portanto a escolha correta do porta-enxerto é fundamental para o bom desempenho da planta. Entre os porta-enxertos, se destaca o “Paulsen 1103”, por apresentar vigor moderado e que têm mostrado compatibilidade com *Vitis Labrusca* L. (MAROLI et al., 2014), proporcionando alta produtividade e melhoria de atributos de qualidade da uva, como compostos fenólicos e antocianinas. Diversas práticas de manejo do dossel são aplicadas para melhorar o rendimento e a qualidade dos frutos na viticultura em todo o mundo, e essas práticas regulam o microambiente ao redor dos cachos, influenciando diretamente a composição do mosto com acúmulos de açúcares, compostos fenólicos, antocianinas e compostos aromáticos nas uvas (FLEXAS et al., 2010; KOK; BAL, 2018; MEDRANO et al., 2015).

A viticultura possui grande importância socioeconômica mundialmente (AHMAD et al., 2020; GÓMEZ-BRANDÓN et al., 2019). Uvas da espécie *Vitis labrusca* L. são extensamente cultivadas em diversas regiões do Brasil por se adaptarem a diferentes condições climáticas (BRILLANTE et al., 2016; MORO et al., 2020). Segundo o levantamento da EMBRAPA (2018) a produção de uvas de origem americana chega a 1,5 milhões de toneladas/ano, sendo cerca de 50% destinado ao processamento para a elaboração de vinhos, sucos e outros derivados, e 50% comercializado como uvas de mesa. Do total de produtos industrializados, 42% são vinhos de mesa e 49% são sucos de uva, ambos elaborados a partir de cultivares como, *Vitis labrusca*, *Vitis bourquina* e híbridos interespecíficos (CAMARGO, 2004; CAMARGO; TONETTO; HOFFMANN, 2011).

No Brasil, as uvas americanas e seus híbridos obtêm em torno de 90% da sua produção (IBRAVIN, 2018). Dentre as uvas mais utilizadas para o processamento de elaboração de sucos de uvas está a cultivar Isabel, uma uva tinta muito rústica e fértil, que proporciona colheitas abundantes com poucas intervenções de manejo (CAMARGO; MAIA; RITSCHER, 2010). Após uma mutação selecionada da tradicional cv. Isabel surgiu a cv. Isabel Precoce possuindo as mesmas características e aspectos agrônômicos, diferindo-se apenas pela antecipação da colheita em tempo médio de 35 dias mais curtos que a tradicional (CAMARGO, 2004; SATO

et al., 2016). No entanto, estas castas conferem baixa intensidade de cor e baixo teor de compostos bioativos ao suco (LIMA et al., 2014; SILVA et al., 2018), necessitando da combinação com vinho ou suco de cultivares tintureiras para obtenção de produtos com a intensidade de coloração que o mercado exige (CAMARGO; MAIA; RITSCHER, 2010), por exemplo, a cv. Bordô pertencente a mesma espécie (*Vitis labrusca* L.), de coloração e aroma característicos torna-se a combinação ideal com a cv. Isabel e Isabel Precoce, para um suco de qualidade. Além disso, essas cultivares são plantadas principalmente nas áreas subtropicais e tropicais do país (MELLO, 2017), sendo que a maioria das áreas de plantio estão localizadas em regiões semiáridas, que se caracterizam pela baixa disponibilidade de água no solo e altas temperaturas (BRILLANTE et al., 2016; FLEXAS et al., 2010), tornando-se necessárias técnicas para reduzir o consumo de água e amenizar o estresse por elevadas temperaturas características dessas regiões (BOARI et al., 2016).

A viticultura brasileira, por apresentar grande diversidade, pode ser cultivada em regiões de clima temperado, subtropical e tropical. Em regiões de clima temperado, por exemplo, Rio Grande do Sul, a viticultura é caracterizada por um ciclo anual, seguido por um período de dormência devido às baixas temperaturas do inverno (CAMARGO; TONIETTO; HOFFMANN, 2011), já o cultivo em regiões subtropicais de invernos amenos e curtos, a videira tem um período de dormência natural em junho e julho, e pode ser cultivada a modo tradicional, com um ciclo anual. No entanto, práticas de manejo adequadas podem realizar duas colheitas por ano, como ocorre no norte do Paraná e no leste de São Paulo, onde são adotados sistemas diferenciados para o manejo da videira (CAMARGO; TONIETTO; HOFFMANN, 2011; GENTA et al., 2010). Em regiões de clima tropical, como o Submédio do Vale do São Francisco, predominantemente quente e seco durante quase todo o ano, e com o uso de tecnologia adequada como infraestrutura de irrigação e mão de obra disponível, proporciona condições favoráveis para o desenvolvimento da videira, permitindo duas ou mais safras por ano (LEÃO, 2018; CAMARGO; TONIETTO; HOFFMANN, 2011).

As condições climáticas adversas podem influenciar a fisiologia da videira e a qualidade dos frutos, dentre as quais se destacam o aumento da temperatura do ar e o decréscimo da precipitação nas regiões semiáridas, afetando diretamente o balanço hídrico dos parreirais (TEIXEIRA et al., 2012). Para obtenção de frutos de boa qualidade, são necessários mecanismos adequados de manejo para proteção das plantas a fim de se evitar condições desfavoráveis que prejudiquem os cultivos e a produção (BRILLANTE et al., 2016; CONDE et al., 2018). Entre o período vegetativo e produtivo da videira, deve-se estar atento para os procedimentos de manejo da vegetação para que alcancem as condições favoráveis de microclima (SANTOS, 2006). No entanto, em condições tropicais as plantas apresentam crescimento vegetativo contínuo, isto é, as plantas não paralisam suas atividades fotossintéticas e podem ser colhidas em qualquer época do ano (LEÃO, 2018).

A oscilação entre a distribuição temporal da precipitação e a necessidade de água pela planta geram impactos na produtividade e a qualidade das uvas (CONDE et al., 2018; FRAGA; GARCÍA DE CORTÁZAR ATAURI; SANTOS, 2018), mesmo para cultivares que apresentam adaptações a diferentes climas, tornando-se um problema existente, evidenciado pelo aumento das condições áridas devido às mudanças climáticas (BOARI et al., 2015). O estresse ambiental, incluindo alta temperatura e alta irradiância, causam uma depressão da fotossíntese ao meio-dia nas plantas (KOK; BAL, 2018). A caracterização fenológica da videira para as condições semiáridas faz-se necessária para identificar as diferentes fases de desenvolvimento da planta como brotação, florescimento, frutificação, maturação e colheita. Com a definição desses estádios fenológicos de desenvolvimento é possível definir os manejos usualmente utilizados na videira e tentar aumentar a produtividade da planta (SOUZA et al., 2016).

2.2 Filme de partículas em plantas

Após anos de pesquisas para desenvolver filme de partículas no controle de pragas de insetos em frutos, os cientistas desenvolveram e disponibilizaram ao mercado um filme

particulado como alternativa de filmes protetores aos frutos e controle no dano de insetos e demais patógenos (GLENN; PUTERKA, 2005; SHARMA; DATTA; VARGHESE, 2020). Nos últimos anos, o uso de filmes de partículas apresentaram resultados favoráveis para agricultura (GHARAGHANI; MOHAMMADI JAVARZARI; VAHDATI, 2018), a tecnologia inclui desenvolvimento de formulações aquosas a partir de partículas minerais quimicamente inertes, oferecendo várias qualidades importantes, por exemplo, refletância da radiação solar, redução de temperatura foliar, baixo custo, baixa abrasão, capacidade de dispersão em água, eficiência de cobertura, pequeno tamanho de partícula ($\approx 2\mu\text{m}$) e aderência ao dossel e ao fruto da planta (BOARI et al., 2016; BRITO et al., 2019a; GLENN et al., 2005; SHARMA; VIJAY RAKESH REDDY; DATTA, 2015; SILVA et al., 2019a). Muitos filmes são recomendados, no entanto em grande parte das pesquisas mundiais observa-se que os principais filmes utilizados são: à base de caulim (Surround® WP Engelhard, Iselin, NJ, USA) e de carbonato de cálcio (Purshade® Nova Source, Arizona, USA) (SHARMA; DATTA; VARGHESE, 2020).

Filmes de partículas podem fornecer benefícios fisiológicos a diversas culturas. Em oliveiras, melhorou a qualidade e composição de ácidos graxos no azeite (KHALEGHI et al., 2015), promoveu sombreamento artificial, melhora no *status* da água, da capacidade fotossintética e a capacidade das plantas de restaurar as funções metabólicas após a reidratação (BRITO et al., 2018). Em condições de exposição solar e altas temperaturas, o uso do filme em nozes melhorou a qualidade dos frutos e grãos, reduziu queimaduras solares nas folhas, cascas e sementes, obtendo efeito na absorção de nutrientes e a eficiência no uso da água nas plantas (GHARAGHANI; MOHAMMADI JAVARZARI; VAHDATI, 2018). Em tomateiro, resultou em eficácia na proteção (ĆOSIĆ et al., 2018), aumento do potencial hídrico foliar e redução das taxas de *A*, *E* e *gs* sob estresse salino em condições estressantes (BOARI et al., 2014), aumentou a tolerância do tomate à salinidade (BOARI et al., 2016), reduziu a temperatura das folhas e frutos sob diferentes níveis de restrição hídrica, aumentou o teor relativo de água nas folhas, e a eficiência no uso da água para irrigação, enquanto reduziu a queimadura solar e sintomas de podridão de frutos e flores (ABDALLAH, 2019). Além disso, também amenizou queimaduras solares em pimenta (ĆOSIĆ et al., 2015).

Recentemente estudos desenvolvidos em romã verificaram o efeito do filme à base de caulim na redução de queimaduras solares, fissuras nos frutos e a incidência de patógenos, além de melhorar a aparência do fruto tornando-o mais atraente ao mercado (SHARMA; DATTA; VARGHESE, 2018) e aumento da assimilação de carbono fotossintético nas plantas (SHARMA; DATTA; VARGHESE, 2018; SHARMA; VIJAY RAKESH REDDY; DATTA, 2015). Em macieiras, os resultados foram semelhantes no controle da incidência, melhoria na cor, aparência e qualidade dos frutos (SHARMA; DATTA; VARGHESE, 2020), além da melhoria na eficiência do uso da água e redução dos danos solares ao pomar (GLENN, 2016; GLENN et al., 2003; GLENN; PUTERKA, 2005). Destaca-se também seus efeitos benéficos em outras culturas por promover aumento do potencial hídrico foliar e economia de água em videira (DINIS et al., 2018) e hortícolas (BOARI et al., 2015).

O uso desses filmes particulados tem atribuído diversos mecanismos sobre as plantas, como capacidade de refletir (PAR), ultravioleta e infravermelho, reduz as temperaturas das folhas e frutos tratados (BRITO et al., 2019a, 2019b; DINIS et al., 2016a, 2018; GLENN, 2012, 2016; LOBOS et al., 2015; SHELLIE; KING, 2013), por exemplo, em oliveiras (NANOS, 2015), toranjas (JIFON; SYVERTSEN, 2003) e videiras (BRILLANTE et al., 2016; DINIS et al., 2016a), além do fechamento parcial dos estômatos, fornecendo características antitranspirantes em diferentes culturas (BOARI et al., 2015, 2016; CANTORE; PACE; ALBRIZIO, 2009), sendo o filme capaz de proporcionar alívio aos efeitos de estresses abióticos no desempenho das plantas (BRITO et al., 2019b).

A depender da arquitetura da planta, a refletância provocada pelo filme de partículas pode reduzir a assimilação líquida das folhas mais externas, contudo, isto pode ser compensado pelas folhas internas que interceptariam a radiação refletida pelo filme (CANTORE; PACE; ALBRIZIO, 2009; MAKUS, 2005; WÜNSCHE; LOMBARDINI; GREER, 2004).

Aclimação das plantas como aumento no teor de índice de clorofila total, redução da taxa de clorofila *a/b*, mudanças nas trocas gasosas e alterações da estequiometria e estrutura dos fotossistemas em espécimes de tomate e silvicultura, é resultante do sombreamento das plantas através do uso de telas e plásticos (HE et al., 2018; ILIC et al., 2015). No entanto, poucos estudos têm investigado o uso de filmes particulados como uma alternativa ao sombreamento artificial, como demonstrado na videira (DINIS et al., 2016a), na nogueira persa (GHARAGHANI; MOHAMMADI JAVARZARI; VAHDATI, 2018) e no tomateiro (SILVA et al., 2019c).

Em *Vitis vinífera* L. o uso de caulim tem demonstrado resultados promissores e eficiente em aumentar a adaptação das plantas a climas adversos, uma vez que comprovaram controlar o estresse fotooxidativo, mantiveram compostos antioxidantes e aumento da eficiência do PSII (BERNARDO et al., 2017; DINIS et al., 2016a, 2016b; GLENN et al., 2010). Proporcionando maior desempenho fisiológico das plantas, demonstrado por reduzir ABA, aumentar *gs* e a eficiência intrínseca do uso da água (*EIUA*) (DINIS et al., 2018), modificar o estado da água na planta, sob condições bem regadas, o filme reduz ligeiramente a assimilação de carbono e transpiração no dossel (FRIONI et al., 2019), melhora qualidade das bagas (DINIS et al., 2017; KOK; BAL, 2018), e reduz danos oxidativos em videira e demais culturas (BERNARDO et al., 2017; BRITO et al., 2018; DINIS et al., 2016b; KHALEGHI et al., 2015). Resultados similares também foram observados com aplicação foliar de carbonato de cálcio, demonstrando alívio a maioria dos efeitos adversos do estresse hídrico na fotossíntese da videira. Isso foi associado ao aumento de *gs* em todo o dossel da planta (ATTIA; MARTINEZ; LAMAZE, 2014). Portanto, os filmes de partículas podem caracterizar-se como tecnologia de sombreamento artificial (SILVA et al., 2019a, 2019b, 2019c). Estudos conduzidos por Dinis et al. (2016b, 2017) verificaram em condições de verão o efeito do caulim na videira, evidenciando o aumento da eficiência fotossintética, a redução da fotoinibição e o aumento da *A*, *gs* e o potencial de água nas folhas expostas à alta irradiação solar após a aplicação do filme.

Nas condições do Nordeste do Brasil, estudos ainda que recentes com uso de filme de partículas de cálcio (carbonato de cálcio - CaCO_3 e óxido de cálcio - CaO) demonstraram-se promissores por proporcionarem sombreamento e fotoproteção significativa nas videiras (SILVA et al., 2019b), melhoria nas características fisiológicas do cafeeiro conilon (SILVA et al., 2019a) e aumento na eficiência do uso da água em feijoeiro sob restrição hídrica (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2019). Em tomateiro, sob regimes hídricos e a aplicação de CaCO_3 proporcionaram efeitos antitranspirantes, reduziu o estresse térmico, regulou as trocas gasosas e a disponibilidade gradual de cálcio ao longo das fases fenológicas da planta (SILVA et al., 2019c). Tais resultados indicam que filmes de partículas de cálcio prometem ser uma ferramenta promissora para a proteção de diferentes culturas. No entanto, requerem investigações mais detalhadas acerca dos processos fisiológicos e adequação da tecnologia para estas condições agrometeorológicas (SILVA et al., 2019a, 2019b, 2019c).

2.3 Relações hídricas e processos fisiológicos da planta

Atualmente a agricultura irrigada consome mais de 70% de toda água global (CONTOR; TAYLOR, 2013; ZHANG et al., 2019) exigindo esse ato diversas estratégias para melhorar a eficiência do uso de água, com desafio de manter a produção e a qualidade dos frutos exigidos ao mercado com menor aporte de água (CONESA et al., 2018), sendo uma oportunidade promissora na economia de água para práticas agrícolas (BERBEL; GUTIERREZ-MARÍN; EXPÓSITO, 2018; MARJOLEIN et al., 2020; PONI et al., 2018). A busca e aplicação de práticas culturais para amenizar essas condições de estresse é extremamente relevante na viticultura (CONDE et al., 2018).

Em videira tem sido usada a irrigação por déficit regulamentado a fim de melhorar a qualidade dos frutos e dos vinhos (ROMERO et al., 2013, 2015). O desenvolvimento do dossel e o crescimento vegetativo são mais vulneráveis à restrição hídrica do que o crescimento dos frutos (CONESA et al., 2018). No entanto, temperaturas elevadas no período de crescimento

da planta podem exercer impacto negativo tanto no comportamento da videira quanto na composição dos frutos (FRIONI et al., 2019; PONI et al., 2018). Em estudos com azeitonas sob restrição hídrica e altas temperaturas vários processos fisiológicos foram afetados, por exemplo, a capacidade fotossintética e o *status* da água na planta (FERNÁNDEZ, 2014), visto que a água disponível no solo bem como sua disposição na zona radicular afetam o fechamento estomático (ANDEREGG; BERRY; FIELD, 2012; CUEVAS et al., 2010; WANG et al., 2010), ou seja, quanto menor o volume de água no solo, menor será a abertura estomática ou até mesmo permanecerão fechados sob altas temperaturas. Mantendo seus estômatos fechados sob condições de restrição hídrica, a planta evita a desidratação (TAIZ et al., 2017).

As plantas induzem a capacidade de água perdida por meio da transpiração, controlando sua abertura estomática para evitar picos de estresse hídrico que podem prejudicar seu crescimento e desenvolvimento. Esse controle estomático foi assimilado como um efeito precoce na resposta da planta à restrição hídrica (CHAVES et al., 2010; ROMERO; BOTÍA; KELLER, 2017). Estudos realizados com intuito de observar o efeito do revestimento foliar com filmes particulados nos parâmetros fisiológicos das plantas, demonstraram que a aplicação de filme de partículas na superfície das folhas de manga (CHAMCHAPORN et al., 2013), nozes persas (GHARAGHANI; MOHAMMADI JAVARZARI; VAHDATI, 2018) e café (SILVA et al., 2019a) oferecia fotoproteção e aumento significativo nas trocas gasosas, observado pelos aumentos dos valores das taxas de A , E e condutância estomática (g_s) em condições de dias ensolarados. A aplicação de filmes de partículas à base de caulim (BERNARDO et al., 2017; DINIS et al., 2016b) e à base de cálcio (CaO) (SILVA et al., 2019b) na videira tem comprovado um alto potencial como estratégia de adaptação da planta para amenizar o estresse térmico em temperaturas elevadas.

A restrição hídrica reduz o tamanho do dossel, o que posteriormente altera o microclima próximo à superfície da folha e aumenta a exposição das bagas à luz solar (INTRIGLIOLO; CASTEL, 2009). Nascimento et al. (2016) estudando alterações fisiológicas na cultivar Syrah submetidas a diferentes estratégias de irrigação, verificaram que a irrigação com restrição de água promoveu redução no potencial hídrico das folhas e nas atividades fotossintéticas, reduzindo as taxas de A , E e g_s causando declínio da produção. A restrição hídrica pode ocasionar diversas respostas fisiológicas nas culturas, as quais salienta o fechamento estomático, redução da transpiração e o crescimento celular, esses são os processos mais comprometidos pela ausência de água (TAIZ et al., 2017). O teor relativo de água (TRA) nas folhas, por ser considerado um importante parâmetro fisiológico para avaliar o balanço hídrico das plantas (MIKICIUK et al., 2015), também pode ser afetado pela falta de água, reduzindo a eficiência fotossintética das plantas (NAUS; SPUNDOVA, 2016).

O índice de clorofila nas folhas é um dos indicadores importantes de estresse, apontando que a quantidade de clorofila nas plantas sob restrição de água reduz a absorção de luz, afetando as características fisiológicas da planta (GHARAGHANI; MOHAMMADI JAVARZARI; VAHDATI, 2018; ZARCO-TEJADA, 2000). Resultados obtidos usando filme de partículas demonstraram que o filme reduziu o estresse térmico nas folhas de nozes (GHARAGHANI; JAVARZARI; VAHDATI, 2018) e aumentou os níveis de clorofila e carotenoide em oliveiras (KHALEGHI et al., 2015). Com a aplicação de CaO em videira, o filme promoveu efeitos de sombreamento comprovados pelo aumento de clorofila (Chl) (Chl a), (Chl b) e Chl total durante a estação mais quente e seca no Nordeste do Brasil (SILVA et al., 2019b).

A fluorescência transiente da clorofila a é outra técnica confiável de indicador de estresse e monitor das mudanças fisiológicas nas plantas em condições de estresse abiótico (STIRBET, 2011; ZUSHI; KAJIWARA; MATSUZOE, 2012; ZUSHI; MATSUZOE, 2017), sendo um mecanismo dissipativo de energia luminosa, definido como luz vermelha a vermelho distante emitida por tecidos fotossintéticos submetidos à radiação luminosa (400-700 nm ou PAR), representando cerca de 0,5-10% da energia absorvida (KALAJI et al., 2016, 2017). Sua intensidade é inversamente proporcional à energia utilizada na fotossíntese e à emissão de calor dissipativo, utilizada também para monitorar processos regulatórios que afetam a antena PSII

(KALAJI et al., 2017). O teste de fluorescência transiente polifásico (OJIP) reflete a cinética da redução do PSII, quinona A (Q_A), plastoquinona (PQ) e demais aceptores intersistemas e do PSI (MALASPINA; MODENESI; GIORDANI, 2018). Além disso, é um método confiável e não destrutivo (ZUSHI; MATSUZOE, 2017) para a detecção e quantificação de alterações induzidas por calor ou resfriamento no PSII e PSI de plantas (STEFANOV; PETKOVA; DENEV, 2011). Entre as técnicas existente para analisar os efeitos sobre os sistemas fotossintéticos, o teste OJIP que consiste na emissão de fluorescência em etapas de 50 μ s (O), 300 μ s (K), 2 ms (J), 30 ms (I) e máxima (P) tem sido evidenciada (KALAJI et al., 2017; STIRBET et al., 2018). Por exemplo, em videiras constatou que filme à base de caulim pode reduzir a dissipação de energia não fotoquímica na antena do PSII (DI0), aumentar/reduzir a absorção de energia (ABS), beneficiar o aprisionamento (TR0) e o transporte de elétrons (ET0) (DINIS et al., 2016a), tornando o processo fotossintético mais eficiente e menos dispendioso às videiras e demais culturas.

Com utilização da fluorescência transiente OJIP é possível calcular outros parâmetros, e a determinação da média dos fluxos de fótons absorvidos (ABS) pelo total de centros de reação do PSII (RC) é um desses parâmetros, e está relacionado à medida do tamanho aparente da antena do PSII (ABS/RC) (DINIS et al., 2016a; STIRBET et al., 2018). É importante ressaltar que RC não se refere apenas a um centro de reação, mas ao número total de centros de reação (STIRBET et al., 2018). Estudo realizado por Dinis et al. (2016a), a fim de avaliar o benefício do caulim em videira sob condições estressantes, verificou aumento em ABS/RC e DI0/RC nas plantas controle, possivelmente alguns RCs ativos foram convertidos RCs inativos, e a razão de dissipação total de RCs ativos aumentou devido à alta dissipação dos RCs inativos (ZUSHI; KAJIWARA; MATSUZOE, 2012). Outro parâmetro calculado a partir do teste OJIP é o índice de performance (PI_{ABS}), sendo a variável mais sensível do teste, uma vez que expressa a alta sensibilidade de plantas à restrição hídrica, capaz de indicar danos ao aparato fotossintético (BANKS, 2018; KALAJI et al., 2018). O PI_{ABS} envolve mudanças transitórias de fluorescência relacionadas às alterações na conformação da antena e oscilações de energia (DINIS et al., 2018; STEFANOV; PETKOVA; DENEV, 2011; ZUSHI; KAJIWARA; MATSUZOE, 2012). Portanto, os filmes de partículas também estão associados à redução do estresse luminoso e da dissipação de energia por processos não fotoquímicos (DINIS et al., 2016a; SILVA et al., 2019a, 2019b).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLAH, A. Impacts of Kaolin and Pinoline foliar application on growth, yield and water use efficiency of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) grown under water deficit: A comparative study. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 18, n. 3, p. 256–268, 2019.

AHMAD, B.; YADAV, V.; RAHMAN, M. U.; YUAN, W. Z.; LI, Z.; WANG, X. Integrated biorefinery approach to valorize winery waste: A review from waste to energy perspectives. **Science of The Total Environment**, v. 719, p. 137315, 2020.

ANDEREGG, W. R. L.; BERRY, J. A.; FIELD, C. B. Linking definitions, mechanisms, and modeling of drought-induced tree death. **Trends in Plant Science**, v. 17, n. 12, p. 693–700, 2012.

ATTIA, F.; MARTINEZ, L.; LAMAZE, T. Foliar application of processed calcite particles improves leaf photosynthesis of potted em *Vitis vinifera* L. (var. ‘Cot’) grown under water deficit. **OENO One**, v. 48, n. 4, p. 237, 31 dez. 2014.

BANKS, J. M. Chlorophyll fluorescence as a tool to identify drought stress in Acer genotypes. **Environmental and Experimental Botany**, v. 155, p. 118–127, 2018.

BATES, B. C.; KUNDZEWICZ, S. Climate change and water. **Intergovernmental Panel on Climate Change**, p. 210, 2008.

BERBEL, J.; GUTIERREZ-MARÍN, C.; EXPÓSITO, A. Microeconomic analysis of irrigation efficiency improvement in water use and water consumption. **Agricultural Water Management**, v. 203, p. 423–429, 2018.

BERNARDO, S.; DINIS, L-T.; LUZIO, A.; PINTO, G.; MEIJÓN, M.; VALEEDOR, 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**, v. 139, p. 39–47, 2017.

BOARI, F.; CUCCI, G.; DONADIO, A.; SCHIATTONE, M. I.; CANTORE, V. Kaolin influences tomato response to salinity: Physiological aspects. **Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science**, v. 64, n. 7, p. 559–571, 2014.

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

BOARI, F.; DONADIO, A.; PACE, B.; SCHIATTONE, M. I.; CANTORE, V. Kaolin improves salinity tolerance, water use efficiency and quality of tomato. **Agricultural Water Management**, v. 167, p. 29–37, 2016.

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**, v. 11, n. 6, p. 1–19, 2016.

BRITO, C.; DINIS, L-T.; FERREIRA, H.; ROCHA, L.; PAVIA, I.; MOUTINHO-PEREIRA, J.; CORREIA, C. M. Kaolin and salicylic acid foliar application modulate yield, quality and phytochemical composition of olive pulp and oil from rainfed trees. **Scientia Horticulturae**, v.

237, 2018.

BRITO, C.; DINIS, L-T.; MOUTINHO-PEREIRA, J.; CORREIRA, C. Kaolin and salicylic acid alleviate summer stress in rainfed olive orchards by modulation of distinct physiological and biochemical responses. **Scientia Horticulturae**, v. 246, p. 201–211, fev. 2019a.

BRITO, C.; DINIS, L-T.; LUZIO, A.; SILVA, E.; MEIJÓN, M.; ARROBAS, M.; RODRIGUES, M. A.; MOUTINHO-PEREIRA, J.; CORREIRA, C. Kaolin, an emerging tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance. **Scientia Horticulturae**, v. 250, p. 310–316, maio 2019b.

CAMARGO, U. A. “Isabel Precoce”: alternativa para a vitivinicultura brasileira. **Comunicado Técnico-54** da Embrapa Uva e Vinho, 2004.

CAMARGO, U. A.; MAIA, J. D. G.; RITSCHER, P. **Embrapa Uva e Vinho novas cultivares brasileiras de uva**. Bento Gonçalves: Bento Gonçalves : Embrapa Uva e Vinho. 1. ed, 64 p. 2010.

CAMARGO, U. A.; TONIETTO, J.; HOFFMANN, A. PROGRESSOS NA VITICULTURA BRASILEIRA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, p. 144–149, 2011.

CANTORE, V.; PACE, B.; ALBRIZIO, R. Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. **Environmental and Experimental Botany**, v. 66, p. 279–288, 2009.

CHAMCHAPORN, T.; JUTAMANE, K.; KASEMSAP, P.; VAITHANOMSAT, P.; HENPITAK, C. Effects of Kaolin Clay Coating on Mango Leaf Gas Exchange, Fruit Yield and Quality. **Kasetsart Journal - Natural Science**, v. 47, n. 4, p. 479–491, 2013.

CHAVES, M. M.; ZARROUK, O.; FRANCISCO, R.; COSTA, J. M.; SANTOS, T.; REGALADO, A. P.; RODRIGUES, M. L.; LOPES, C. M. Grapevine under deficit irrigation: hints from physiological and molecular data. **Annals of botany**, v. 105, n. 5, p. 661–676, 2010.

CONDE, A.; PIMENTEL, D.; NEVES, A.; DINIS, L-T.; BERNARDO, S.; CORREIRA, C. M.; GERÓS, H.; MOUTINHO-PEREIRA, J. Kaolin Foliar Application Has a Stimulatory Effect on Phenylpropanoid and Flavonoid Pathways in Grape Berries. **Frontiers in Plant Science**, v. 7, p. 1–14, 2016.

CONDE, A.; NEVES, A.; BREIA, R.; PIMENTEL, D.; DINIS, L-T.; BERNARDO, S.; CORREIRA, C. M.; CUNHA, A.; GERÓS, H.; MOUTINHO-PEREIRA, J. Kaolin particle film application stimulates photoassimilate synthesis and modifies the primary metabolome of grape leaves. **Journal of Plant Physiology**, v. 223, p. 47–56, 2018.

CONESA, M. R.; DODD, I. C.; TEMNANI, A.; ROSA, J. M. De.; PÉREZ-PASTOR, A. Physiological response of post-veraison de fi cit irrigation strategies and growth patterns of table grapes (cv. Crimson Seedless). **Agricultural Water Management**, v. 208, p. 363–372, 2018.

CONTOR, B. A.; TAYLOR, R. G. Why improving irrigation efficiency increases total volume of consumptive use. **Irrigation and Drainage**, v. 62, p. 273–280, 2013.

ĆOSIĆ, M.; DJUROVIC, N.; TODOROVIC, M.; MALETIC, B.; ZECEVIC, B.; STRICEVIC,

R. Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of sweet pepper. **Agricultural Water Management**, v. 159, p. 139–147, 2015.

ĆOSIĆ, M.; STRICEVIC, R.; DJUROVIC, N.; LIPOVAC, A.; BOGDAN, I.; PAVLOVIC, M. Effects of irrigation regime and application of kaolin on canopy temperatures of sweet pepper and tomato. **Scientia Horticulturae**, v. 238, p. 23–31, 2018.

CUEVAS, M. V.; TORRES-RUIZ, J. M.; ÁLVAREZ, R.; JIMÉNEZ, M. D.; CUERVA, J.; FERNÁNDEZ, J. E. Assessment of trunk diameter variation derived indices as water stress indicators in mature olive trees. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 1293–1302, 2010.

DINIS, L. T.; FERREIRA, H.; PINTO, G.; BERNARDO, S.; CORREIA, C. M.; MOUTINHO-PEREIRA, J. Kaolin-based, foliar reflective film protects photosystem II structure and function in grapevine leaves exposed to heat and high solar radiation. **Photosynthetica**, v. 54, n. 1, p. 47–55, 2016a.

DINIS, L. T.; BERNARDO, S.; CONDE, A.; PIMENTEL, D.; FERREIRA, H.; FÉLIX, L.; GERÓS, H.; CORREIA, C. M.; MOUTINHO-PEREIRA, J. Kaolin exogenous application boosts antioxidant capacity and phenolic content in berries and leaves of grapevine under summer stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 191, p. 45–53, 2016b.

DINIS, L. T.; MALHEIRO, A. C.; LUZIO, A.; FRAGA, H.; FERREIRA, H.; GONÇALVES, I.; PINTO, G.; CORREIA, C. M.; MOUTINHO-PEREIRA, J. Improvement of grapevine physiology and yield under summer stress by kaolin-foliar application: water relations, photosynthesis and oxidative damage. **Photosynthetica**, v. 56, n. 2, 2017.

DINIS, L. T.; BERNARDO, S.; LUZIO, A.; PINTO, G.; MEIJÓN, M.; PINTÓ-MARIJUAN, M.; COTADO, A.; CORREIA, C. M.; MOUTINHO-PEREIRA, J. Kaolin modulates ABA and IAA dynamics and physiology of grapevine under Mediterranean summer stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 220, p. 181–192, 2018.

EMBRAPA. Uva e Vinho. A Viticultura no Brasil, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cim-uva-e-vinho/a-viticultura-no-brasil>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

FERNÁNDEZ, J. E. Understanding olive adaptation to abiotic stresses as a tool to increase crop performance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 103, p. 158–179, 2014.

FLEXAS, J.; GALMÉS, J.; GALLÉ, A.; GULIAS, J.; POU, A.; RIBAS-CARBO, M.; TOMÁS, M.; MEDRANO, H. Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 16, p. 106–121, 2010.

FRAGA, H.; GARCÍA DE CORTÁZAR ATAURI, I.; SANTOS, J. A. Viticultural irrigation demands under climate change scenarios in Portugal. **Agricultural Water Management**, v. 196, p. 66–74, 2018.

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

GENTA, W.; TESSMANN, D. J.; ROBERTO, S. R.; VID, J. B.; COLOMBO, L. A.; SCAPIN,

C. R.; RICCE, W. da S.; CLOVIS, L. R. Manejo de médio no cultivo protegido de videira de mesa 'BRS Clara'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.12, p.1388-1395, dez. 2010.

GIOVANNINI, E. **Manual de Viticultura** - Eixo Produção Alimentcia Recursos Naturais: (Ed). Bookman, p. 210, 2014.

GHARAGHANI, A.; MOHAMMADI JAVARZARI, A.; VAHDATI, K. Kaolin particle film alleviates adverse effects of light and heat stresses and improves nut and kernel quality in Persian walnut. **Scientia Horticulturae**, v. 239, p. 35–40, 2018.

GLENN, D. M.; EREZ, A.; GUNDRUM, P. Particle Films Affect Carbon Assimilation and Yield in ‘ Empire ’ Apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 128, n. 3, p. 356–362, 2003.

GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J. Particle Films : A New Technology for Agriculture. **Horticultural Reviews**, v. 31, p. 1–44, 2005.

GLENN, D. M.; COOLEY, N.; WALKER, R.; CLINGELEFFER, P.; SHELLIE, K. Impact of Kaolin Particle Film and Water Deficit on Wine Grape Water Use Efficiency and Plant Water Relations. **Hortscience**, v. 45, n. 8, p. 1178–1187, 2010.

GLENN, D. M. The Mechanisms of Plant Stress Mitigation by Kaolin-based Particle Films and Applications in Horticultural and Agricultural Crops. **Hortscience**, v. 47, n. 6, p. 710–711, 2012.

GLENN, D. M. Effect of highly processed calcined kaolin residues on apple water use efficiency. **Scientia Horticulturae**, v. 205, p. 127–132, 2016.

GÓMEZ-BRANDN, M.; LORES, M.; INSAM, H.; DOMÍNGUEZ, J. Strategies for recycling and valorization of grape marc. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 39, n. 4, p. 437–450, 2019.

HE, L.; YU, L.; LI, B.; DU, N.; GUO, S. The effect of exogenous calcium on cucumber fruit quality, photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and fast chlorophyll fluorescence during the fruiting period under hypoxic stress. **BMC Plant Biology**, v. 18, n. 1, 2018.

IBRAVIN, Instituto Brasileiro do vinho. Qualidade marca a safra de uva 2018 no Rio Grande do Sul, 2018. Disponível em: <<https://www.ibravin.org.br/Noticia/qualidade-marca-a-safra-de-uva-2018-no-rio-grande-do-sul/367>>. Acesso em: 09 out. 2019.

ILIC, Z. S.; MILENKOVIC, L.; SUSIC, L.; FALLIK, E. Effect of coloured shade-nets on plant leaf parameters and tomato fruit quality. **Journal Science of Food and Agriculture**, v. 95, p. 2660–2667, 2015.

INTRIGLIOLO, D. S.; CASTEL, J. R. Response of *Vitis vinifera* cv. ‘Tempranillo’ to partial rootzone drying in the field: Water relations, growth, yield and fruit and wine quality. **Agricultural Water Management**, v. 96, n. 2, p. 282–292, fev. 2009.

JIFON, J. L.; SYVERTSEN, J. P. Kaolin Particle Film Applications Can Increase Photosynthesis and Water Use Efficiency of ‘Ruby Red’ Grapefruit Leaves. **Journal American Society for Horticultural Science**, v. 128, n. 1, p. 107–112, 2003.

KALAJI, H.; M. JAJOO, A.; OUKARROUM, A.; BRESTIC, M.; ZIVCAK, M.; SAMBORSKA, I. A.; CETNER, M. D.; LUKASIK, I.; GOLTSEY, V.; LADLE, R. J. Chlorophyll a fluorescence as a tool to monitor physiological status of plants under abiotic stress conditions. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 38, n. 4, 2016.

KALAJI, H. M.; SCHANSKER, G.; BRESTIC, M.; BUSSOTTI, F.; CALATAYUD, A.; FERRONI, L.; GOLTSEV, V.; GUIDI, L.; JAJOO, A.; LI, P.; LOSCIALE, P.; MISHRA, V. K.; NEBAUER, S. G.; PANCALDI, S.; PENELLA, C.; POLLASTRINI, M.; SURESH, K.; TAMBUSSI, E.; YANNICCARI, M.; ZIVCAK, M.; CETNER, M. D.; SAMBORSKA, I. A.; STIRBET, A.; OLSOVSKA, K.; KUNDERLIKOVÁ, K.; SHELONZEK, H.; RUSINOWSKI, S.; BABA, W. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel. **Photosynthesis Research CrossMark**, v. 132, n. 1, p. 13–66, 2017.

KALAJI, H.; RACKOVÁ, L.; PAGANOVÁ, V.; SWOCZYNA, T.; RUSINOWSKI, S.; SITKO, K. Chlorophyll fluorescence as a tool for nutrient status identification in rapeseed plants. **Photosynthesis Research**, v. 136, n. 3, p. 329–343, 2018.

KHALEGHI, E.; ARZANI, K.; MOALLEMI, N.; BARZEGAR, M. The efficacy of kaolin particle film on oil quality indices of olive trees (*Olea europaea* L.) cv ‘Zard’ grown under warm and semi-arid region of Iran. **Food Chemistry**, v. 166, p. 35–41, 2015.

KOK, D.; BAL, E. Leaf Removal Treatments Combined with Kaolin Particle Film Technique from Different Directions of Grapevine’s Canopy Affect the Composition of Phytochemicals of cv. Muscat Hamburg (*V. Vinifera* L.). **Erwerbs-Obstbau**, v. 69, p. 39–45, 2018.

LEÃO, P. C. DE S. Estado atual da cultura da videira no Vale do São Francisco. **Toda Fruta.com.br**, 2018.

LIMA, M. DOS S.; SILANI, I. S. V.; TOALDO, I. M.; CORRÊA, L. C.; BIASOTO, A. C. T.; PEREIRA, G. E.; BORDIGNON-LUIZ, M. T.; NINOW, J. L. Phenolic compounds , organic acids and antioxidant activity of grape juices produced from new Brazilian varieties planted in the Northeast Region of Brazil. **Food Chemistry**, v. 161, p. 94–103, 2014.

LOBOS, G. A.; ACEVEDO-OPAZO, C.; GUAJARDO-MORENO, A.; VALDÉS-GÓMEZ, H.; TAYLOR, J. A.; LAURIE, V. F. Effects of kaolin-based particle film and fruit zone netting on cabernet-sauvignon grapevine physiology and fruit quality. **Journal international Science Vigne Vin**, v. 49, p. 137–144, 2015.

MANFIO, V. A viticultura no espaço geográfico do Rio Grande do Sul, Brasil: uma abordagem sobre a campanha gaúcha. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 70, p. 433–447, 31 jul. 2019.

MAKUS, D. J. Effect of Kaolin (Surround TM) on Pepper Fruit and Seed Mineral Nutrients. **Subtropical Plant Science**, v. 57, p. 5–9, 2005.

MIKICIUK, G.; MIKICIUK, M.; PTAK, P. The effects anitranspirant DI-1-P-Menthene on some physiological traits of strawberry. **Journal of Ecological Engineering**, v. 16, n. 4, p. 161–167, 2015.

MALASPINA, P.; MODENESI, P.; GIORDANI, P. Physiological response of two varieties of the lichen *Pseudevernia furfuracea* to atmospheric pollution. **Ecological Indicators**, v. 86, n. November 2017, p. 27–34, 2018.

MARJOLEIN, F. A. V.; STEVEN, M. de J.; NIKO, W.; MARC, F. P. B.; ADDINK, E. A. An object-based image analysis approach to assess irrigation-water consumption from MODIS products in Ethiopia. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 88, p. 102067, 2020.

MAROLI, L.; CITADIN, I.; SACHET, M. R.; SCARIOTTO, S.; WAGNER JUNIOR, A. Produção de mudas de videira cv. Bordô/Paulsen 1103 pela enxertia de mesa com estratificação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 3, p. 673–679, 2014.

MEDRANO, H.; TOMÁS, M.; MARTORELL, S.; ESCALONA, J. M.; POU, A.; FUENTES, S.; FLEXAS, J.; BOTA, J. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. **A review Agronomy for Sustainable Development**, 2015.

MELLO, L. M. R. DE. Vitivinicultura brasileira: panorama 2016. **Comunicado Técnico 199**, p. 1–7, 2017.

MELLO, L. M. R. de. **Uvas: desempenho do setor em 2018**. Campo & Negócios - HF, Anuário HF, Uberlândia p. 112-116, 2019.

MIELE, A.; RIZZON, L. A. Interação entre copa e porta-enxerto: 1. efeito nos componentes de produção da videira Cabernet Sauvignon. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 1, 2017.

MORO, L.; DA ROS, A.; MOTA, R. V. Da.; PURGATTO, E.; MATTIVI, F.; ARAPITSAS, P. LC–MS untargeted approach showed that methyl jasmonate application on *Vitis labrusca* L. grapes increases phenolics at subtropical Brazilian regions. **Metabolomics**, v. 16, n. 2, 2020.

NAUS, J.; SPUNDOVA, M. Chloroplast avoidance movement as a sensitive indicator of relative water content during leaf desiccation in the dark. **Photosynthesis Research**, 129, 217–225, 2016. <https://doi.org/10.1007/s11120-016-0291-5>

NANOS, P. A. M. G. D. Leaf and Fruit Responses to Kaolin Particle Film Applied onto Mature Olive Trees. **Journal of Biology, Agriculture and Healthcare**, v. 5, n. 7, p. 17–27, 2015.

NASCIMENTO, R. L.; DA SILVA, J. A. B.; BASSOI, L. H.; PEREIRA, G. E.; COSTA, B. R. S.; OLIVEIRA, V. S. Trocas gasosas e composição físico-química de vinhos em função de estratégias de irrigação. **Revista Irriga**, p. 205–217, 2016.

OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G. DE; SANTOS, P. L. S.; LIMA, R. S. N.; SILVEIRA, M. P. C.; FAGUNDES, J. L.; CARNELOSSI, M. A. G.; REIS, F. O. Physiological parameters of cowpea treated with CaO-based particle film and subjected to water restriction. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, 2019.

PONI, S.; GATTI, M.; PALLIOTTI, A.; DAI, Z.; DUCHÊNE, E.; TROUNG, T-T.; FERRARA, G.; MATARRESE, A. M. S.; GALLOTA, A.; BELLINCONTRO, A.; MENCARELLI, F.; TOMBESI, S. Grapevine quality: A multiple choice issue. **Scientia Horticulturae**, v. 234, p. 445–462, 2018.

RAMOS, M. C.; PÉREZ-ÁLVAREZ, E. P.; PEREGRINA, F.; MARTÍNEZ DE TODA, F. Relationships between grape composition of Tempranillo variety and available soil water and water stress under different weather conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 262, p. 109063, 2020.

ROMERO, P.; MUÑOZ, R. C.; DEL AMOR, F. M.; VALDÉS, E.; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J. L.; MARTÍNEZ-CUTILLAS, A. Regulated Deficit Irrigation based upon optimum water status improves phenolic composition in Monastrell grapes and wines. **Agricultural Water Management**, v. 121, p. 85–101, 2013.

ROMERO, P.; MUÑOZ, R. C.; FERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, J. L.; DEL AMOR, F. M.; MARTÍNEZ-CUTILLAS, A.; GARCÍA-GARCÍA, J. Improvement of yield and grape and wine composition in field-grown Monastrell grapevines by partial root zone irrigation , in comparison with regulated deficit irrigation. **Agricultural Water Management**, v. 149, p. 55–73, 2015.

ROMERO, P.; BOTÍA, P.; KELLER, M. Hydraulics and gas exchange recover more rapidly from severe drought stress in small pot-grown grapevines than in field-grown plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 216, p. 58–73, 2017.

SADRAS, V. O.; MORAN, M. A. Agricultural and Forest Meteorology Nonlinear effects of elevated temperature on grapevine phenology. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 173, p. 107–115, 2013.

SANTOS, H. P. DOS. Aspectos ecofisiológicos na condução da videira e sua influência na produtividade do vinhedo e na qualidade dos vinhos. **Comunicado Técnico 71**, 2006.

SATO, A. J.; BOTELHO, R. V.; BROETTO, D.; MARCHI, T.; OLIARI, I. C. R. Immobilization and nutrient uptake in ‘early isabella’ grapevines grafted on different rootstocks in organic management. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 3, p. 1201–1208, 2016.

SHARMA, R. R.; DATTA, S. C.; VARGHESE, E. Effect of Surround WP®, a kaolin-based particle film on sunburn, fruit cracking and postharvest quality of ‘Kandhari’ pomegranates. **Crop Protection**, v. 114, p. 18–22, 2018.

SHARMA, R. R.; DATTA, S. C.; VARGHESE, E. Kaolin-based particle film sprays reduce the incidence of pests , diseases and storage disorders and improve postharvest quality of ‘ Delicious ’ apples. **Crop Protection**, v. 127, p. 104950, 2020.

SHARMA, R. R.; VIJAY RAKESH REDDY, S.; DATTA, S. C. Particle films and their applications in horticultural crops. **Applied Clay Science**, v. 116–117, p. 54–68, 2015.

SHELLIE, K. C.; KING, B. A. Kaolin particle film and water deficit influence malbec leaf and berry temperature, pigments, and photosynthesis. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 64, n. 2, p. 223–230, 2013.

SILVA, M. J. R.; PAIVA, A. P. M.; PIMENTEL, A.; SÁNCHEZ, C. A. P. C.; CALLILI, D.; MOURA, M. F.; LEONEL, S.; TECCHIO, M. A. Yield performance of new juice grape varieties grafted onto different rootstocks under tropical conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 241, p. 194–200, 2018.

SILVA, P. S. O.; OLIVEIRA JUNIOR., L. F. G.; GONZAGA, M. I. S.; SENA, E. O. A.; MACIE, 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 coffe. **Scientia Horticulturae**, v. 245, p. 171–177, 2019a.

SILVA, P. S. O.; OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G.; MATTOS, E. C.; MACIE, L. B. S.; FIAES, M. P.; MATTOS, E. C.; SENA, E. O. A.; BARBOSA, N. T. B.; CARNELOSSI, M. A. G.; FAGUNDES, J. L. Calcium particle films promote artificial shading and photoprotection in leaves of American grapevines (*Vitis labrusca* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 252, p. 77–84, 2019b.

SILVA, P. S. O.; SENA, E. O. A.; GONZAGA, M. I. S.; OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G.; MACIEL, L. B. S.; FIAES, M. P.; MATTOS, E. C.; LIMA, K. L. D.; CARNEIRO, R. B.; CARNELOSSI, M. A. G. Calcium carbonate particle films and water regimes affect the acclimatization, ecophysiology and reproduction of tomato. **Environmental and Experimental Botany**, v. 165, p. 19–29, 2019c.

SOUZA, E. R.; AMARO, A. C. E.; SANTOS, L. S.; ONO, E. O.; RODRIGUES, D. G. Fenologia e trocas gasosas da videira cv. Sweet Sunshine em clima semiárido. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 319, 27 dez. 2016.

STEFANOV, D.; PETKOVA, V.; DENEV, I. D. Screening for heat tolerance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) lines and cultivars using JIP-test. **Scientia Horticulturae**, v. 128, p. 1–6, 2011.

STIRBET, A.; LAZÁR, D.; KROMDIJK, J.; GOVINDJEE, G. Chlorophyll a fluorescence induction: Can just a one-second measurement be used to quantify abiotic stress responses? **Photosynthetica**, v. 56, n. 1, p. 86–104, 2018.

STIRBET, A. G. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 104, p. 236–257, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. Artmed. Porto Alegre. 6. ed, 2017.

TEIXEIRA, A. H. DE C.; TONIETTO, J.; PEREIRA, G. E.; ANGELOTTI, F. Delimitação da aptidão agroclimática para videira sob irrigação no Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 87, p. 399–407, 2012.

WANG, P.; SONG, X.; HAN, D.; ZHANG, Y.; LIU, X. A study of root water uptake of crops indicated by hydrogen and oxygen stable isotopes: A case in Shanxi Province, China. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 475–482, 2010.

WÜNSCHE, J. N.; LOMBARDINI, L.; GREER, D. H. “Surround” Particle Film Applications-Effects on Whole Canopy Physiology of Apple. **Acta Horticulturae**, v. 636, n. 636, p. 565–571, abr. 2004.

ZARCO-TEJADA, P. Chlorophyll Fluorescence Effects on Vegetation Apparent Reflectance II. Laboratory and Airborne Canopy-Level Measurements with Hyperspectral Data. **Remote Sensing of Environment**, v. 74, n. 3, p. 596–608, dez. 2000.

ZHANG, L.; MA, Q.; ZHAO, Y.; WU, X.; YU, W. Determining the influence of irrigation efficiency improvement on water use and consumption by conceptually considering hydrological pathways. **Agricultural Water Management**, v. 213, p. 674–681, 2019.

ZUSHI, K.; KAJIWARA, S.; MATSUZOE, N. Chlorophyll a fluorescence OJIP transient as a

tool to characterize and evaluate response to heat and chilling stress in tomato leaf and fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 148, p. 39–46, 2012.

ZUSHI, K.; MATSUZOE, N. Using of chlorophyll a fluorescence OJIP transients for sensing salt stress in the leaves and fruits of tomato. **Scientia Horticulturae**, v. 219, p. 216–221, 2017.

4. ARTIGO 1

FILME DE PARTÍCULAS DE CÁLCIO REDUZ A NECESSIDADE HÍDRICA DA VIDEIRA

Periódico submetido: Scientia Horticulturae

RESUMO

A videira é amplamente cultivada pelo mundo, e as mudanças climáticas como alta radiação solar e restrição hídrica afetam o crescimento e desenvolvimento das plantas. Uma alternativa utilizada em condição de campo, para melhorar o *status* hídrico das plantas é a aplicação foliar de filme de partículas de cálcio. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do filme de cálcio (CaO 7%) sob dois regimes hídricos, nos sistemas fotossintéticos e na produtividade de videira da cv. Isabel Precoce durante o período de verão do Nordeste do Brasil. O experimento foi realizado utilizando-se quatro tratamentos: i) 65% da evapotranspiração da cultura (ET_c) com filme de partículas; ii) 65% da ET_c sob pleno sol; iii) 100% da ET_c com filme de partículas e iv) 100% da ET_c sob pleno sol (controle). Os parâmetros monitorados foram de índice de clorofila Falker, fluorescência da clorofila *a*, potencial hídrico foliar, produtividade e manutenção da cobertura do filme nas folhas. O filme de partículas de cálcio proporcionou sombreamento artificial nas folhas, fotoproteção e aumentos nos índices de clorofila (Chl *a* e Chl total). A emissão de fluorescência nas etapas da curva OJIP foi reduzida em plantas tratadas com filme, aumentando a eficiência do fluxo de elétrons energizados pelos fotossistemas e pela cadeia de transporte de elétrons. Além disso, os índices de performances foram maiores nas plantas cobertas por filme de partículas, principalmente ao meio-dia, indicando melhor desempenho fisiológico. O potencial hídrico foliar e a produtividade aumentaram nas plantas tratadas com filme de partículas. Assim, o filme de partículas de cálcio associado a uma redução de até 35% na necessidade de água (65% da ET_c) pode ser uma estratégia promissora para mitigar os efeitos das condições secas na videira.

Palavras-chave: *Vitis labrusca*, óxido de cálcio, restrição hídrica, OJIP, fluorescência da clorofila *a*.

ABSTRACT

Título: Calcium oxide particle films reduce water requirements on grapevine

The grapevine is a crop cultivated all over the world, and climate conditions such as high irradiation and water restriction affect plant growth and development. An alternative to mitigate these adverse effects and improve water plant status is the application of foliar calcium particle films. The present study aimed to evaluate the effects of calcium film (CaO 7%) under two water regimes, on photosynthetic systems and on vine productivity of cv. Isabel Precoce during the summer period of Northeast Brazil. The experiment was conducted in a randomized block design with four treatments: i) 65% of ETc with particle film; ii) 65% of ETc under full-sun conditions; iii) 100% of ETc with particle film, and iv) 100% of ETc under full-sun conditions (control). The monitored parameters were Falker chlorophyll index, chlorophyll *a* fluorescence, leaf water potential, productivity, and maintenance of film coverage on leaves. The calcium particle film provided artificial shading in the leaves, photoprotection and increases in chlorophyll indexes (Chl *a* and Chl total). The fluorescence emission in the stages of the OJIP curve was reduced in plants treated with film, increasing the efficiency of the electron flow energized by the photosystems and the electron transport chain. In addition, performance rates were higher in plants covered by particle film, mainly at noon, indicating better physiological performance. Leaf water potential and productivity increased in plants treated with particle film. Thus, the calcium particle film associated with a reduction of up to 35% in the need for water (65% of ETc) can be a promising strategy to mitigate the effects of dry conditions in the grapevine.

Keywords: *Vitis labrusca*, Calcium oxide, water regime, OJIP, chlorophyll *a* fluorescence.

4.1. Introdução

A videira (*Vitis labrusca* L.) é cultivada no Nordeste brasileiro para a produção de suco, vinho e também para consumo *in natura*. Uma mutação na cultivar Isabel resultou em uma nova cultivar Isabel Precoce que permitiu a expansão desta cultura para a região devido a um tempo de colheita antecipado (35 dias antes da cv. Isabel) e uma alta produtividade (25 a 30 toneladas ha⁻¹ safra⁻¹) (Camargo, 2004; Sato et al., 2016).

O Nordeste brasileiro é caracterizado por altas temperaturas ao longo do ano, com padrões irregulares de precipitação. A videira parece ser resiliente nesses ambientes, o que estimula a pesquisa sobre o regime hídrico de acordo com a fenologia da planta, principalmente uma redução no crescimento de galhos e na qualidade dos frutos (Basso et al., 2011; Bindon et al., 2008, 2014; Intrigliolo; Castel, 2009; Ramos et al., 2020). Embora algumas cultivares tenham mostrado adaptações a climas adversos, espera-se que as condições áridas aumentem devido às mudanças climáticas, sendo necessárias técnicas que melhorem o gerenciamento da água (isto é, reduzam o consumo hídrico e melhorem a eficiência do uso da água) (Boari et al., 2015; Camargo et al., 2008).

Uma alternativa para enfrentar esse desafio seria o uso de cultivo protegido para as condições secas e quentes, reduzindo as taxas de transpiração e aquecimento na videira (Botelho et al., 2011; Genta et al., 2010; Permanhani et al., 2016). No entanto, esse sistema se torna inviável devido ao custo. Como alternativa surge o filme de partículas à base de cálcio, uma técnica bastante promissora.

Diversos trabalhos com o uso de filme de partículas têm demonstrado a redução quanto ao estresse térmico e melhora no equilíbrio de temperatura em pimenta e tomate (Çiçek et al., 2018). Boari et al. (2016) com tomateiro e Silva et al. (2019a) com cafeeiro, também verificaram a redução do estresse térmico e luminoso, devido à utilização do filme de partículas que promoveu efeito antitranspirante e à refletância do excesso de radiação. Em videira, a

aplicação de filme de partículas promoveu sombreamento artificial nas folhas, reduzindo as emissões de fluorescência da clorofila (Silva et al., 2019b) e aumentando a qualidade da uva (Brillante et al., 2016; Kok; Bal, 2018). Esse efeito também foi observado no café conilon (Silva et al., 2019a) e nas oliveiras, onde os filmes de partículas também melhoraram a qualidade do óleo (Khaleghi et al., 2015).

Os resultados positivos atribuídos ao filme estão relacionados à fotoproteção dos fotossistemas II (PSII) e I (PSI) e à prevenção do estresse fotooxidativo proporcionado pela aplicação de filmes de partículas (Bernardo et al., 2017; Conde et al., 2016; Dinis et al., 2018, 2016b). Os fotossistemas são estruturas sensíveis de plantas que detectam variações no ambiente (Samborska et al., 2019) e essas variações podem ser indicadas com o teste OJIP, medindo a atividade dos fotossistemas e a fluorescência transiente da clorofila *a*. Esse teste foi utilizado para tais inferências e consiste na emissão de fluorescência, em etapas, de 50 μ s (O), 300 μ s (K), 2 ms (J), 30 ms (I) e intensidades máximas (P) (Kalaji et al., 2017; Stirbet et al., 2018). Estudos usando o teste OJIP indicaram que o filme de partículas de caulim reduziu a dissipação de energia não fotoquímica na antena PSII (DI0), aumentou ou reduziu a absorção de energia (ABS), melhorou o transporte de elétrons (ET0) e sua captura, resultando em um processo eficaz de fotossíntese de plantas de videira (Dinis et al., 2017).

Diante disso, é necessário explorar a aplicação de filmes de cálcio associados a diferentes regimes hídricos para melhorar a produtividade da videira em regiões áridas. Assim, este estudo teve como objetivo determinar esses efeitos interativos nos sistemas fotossintéticos e na produtividade da videira cv. Isabel Precoce durante a estação quente da região Nordeste do Brasil.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Características da área experimental e manejo da cultura

A pesquisa foi realizada em uma área experimental da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Brasil (10° 55' 25,1'' S; 37° 12' 1,8'' W, altitude 46m) sendo a poda de produção realizada em 05/11/2018, na safra de 2018-2019 da cv. Isabel Precoce (*Vitis labrusca* L.), enxertadas sobre o porta-enxerto 'Paulsen 1103' (Maroli et al., 2014) com idade entre 2-3 anos (segundo ciclo de produção) e em condições de campo.

O clima é classificado, segundo Köppen, como As, tropical chuvoso, com temperaturas médias anuais em torno de 25,2°C, verão seco e pluviometria média anual de 1.300 mm, com chuvas concentradas nos meses de abril a setembro (Peel; Finalyson; McMahon, 2007). Os dados climáticos foram obtidos em uma estação automatizada (Aracaju A409, Fig. 1) do Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil (INMET).

O solo da área experimental é classificado como Argissolo vermelho-amarelo (Santos et al., 2018), típico dos tabuleiros costeiros brasileiros. Os fertilizantes foram aplicados de acordo com as recomendações gerais para esta cultura.

A evapotranspiração da cultura (ET_c, mm) foi estimada pelo produto da evapotranspiração de referência (ET_o, mm) e o coeficiente da cultura (K_c) (Fig. 1B), usando o método de Penman-Monteith FAO (Allen et al., 1998). As videiras foram irrigadas (redefinindo 100% da ET_c) até o estágio fenológico “bago de ervilha”, pela escala de Baggiolini (1952). A quantidade de água a ser aplicada (mm) foi obtida pela diferença entre ET_c e a precipitação (mm).

O método de irrigação por gotejamento foi utilizado com duas linhas em cada linha de cultivo. Os gotejamentos foram espaçados a 0,5 m com um fluxo de 2,0 L h⁻¹ e 90% de eficiência de aplicação. A área molhada por planta foi de 1,2 m², com oito gotejamentos por planta distanciados das linhas laterais a 0,25 m. O espaçamento de 2,0 m x 2,7 m foi utilizado entre plantas e linhas de cultivo, respectivamente.

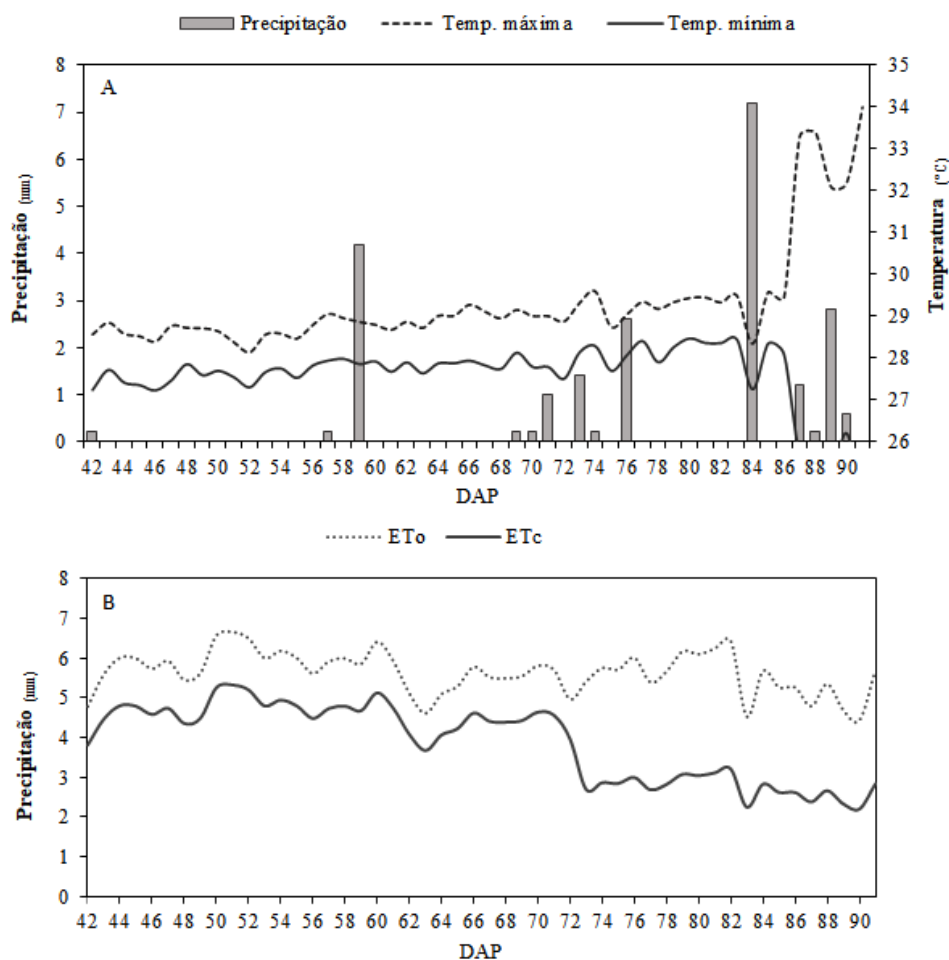


Figura 1: Dados agrometeorológicos de precipitação e temperatura do ar (máxima e mínima) ao longo dos dias após a poda realizada em 05/11/2018 (DAP) (A), e evapotranspiração de referência (ETo) e evapotranspiração da cultura (ETc) durante o período de avaliação experimental (B) na safra 2018-2019.

Os regimes hídricos (65% da ETc) começaram em 42 dias após a poda (DAP). A quantidade de água aplicada, desde a fase de frutificação até a colheita, foi de 168,4 mm (100% da ETc) e 111,2 mm (65% da ETc).

4.2.2. Design experimental e aplicação de óxido de cálcio

O delineamento experimental foi feito em blocos casualizados com quatro repetições e quatro tratamentos: i) 65% da ETc com filme de partículas (65% FP), ii) 65% da ETc sob pleno sol (65% PS), iii) 100% da ETc com filme de partículas (100% FP) e iv) 100% da ETc sob pleno sol (100% PS).

O filme de partículas à base de óxido de cálcio (CaO) foi pesado em uma balança semianalítica e diluído por suspensão aquosa na concentração de 7% p/v. Um spray elétrico costal (KwsPem-P20, Kawashima, Japão) foi usado para aplicar o filme. A cobertura do filme nas folhas foi relacionada à capacidade de refletância medida pela luminosidade (L^*) após a aplicação do filme e secagem no dia da avaliação (01/08/2019 - 64 DAP). Todas as medições foram realizadas às 9:00 h (nesse período do dia a exposição das folhas aos raios solares é menor, e o equilíbrio térmico entre planta e o meio é maior) utilizando um colorímetro digital CR 400 (Konica Minolta, Japão) em quatro posições diferentes no dossel da planta. Esse colorímetro mostra valores de L^* em uma escala de 0 (absorção total da luz) a 100 (reflexão total da luz), o que está associado às propriedades reflexivas das folhas e resíduos de filme (Silva et al., 2019a, 2019b, 2019c).

A primeira aplicação foi realizada durante o estágio fenológico de frutificação - bago do tamanho de ervilha (7 mm diâmetro) em 12/12/2018 (37 DAP). O filme foi aplicado sempre

que se observava pelo menos uma remoção de 50% da cobertura de filme com base em L^* (por agentes meteorológicos, como chuva e vento). Assim, as reaplicações foram realizadas em 01/04/2019 (60 DAP) e 21/01/2019 (77 DAP).

4.2.3. Índices de clorofila

Os índices de clorofila Falker para clorofila *a* (Chl *a*) e clorofila *b* (Chl *b*) foram medidos em folhas maduras, expostas à luz solar, localizadas na região mediana dos galhos. Foram realizadas quatro medições em cada copa das plantas às 9:00 h, 64 DAP. Foram calculadas a clorofila total [Chl total = (Chl *a* + Chl *b*)] e a razão entre Chl *a* e Chl *b* (Chl *a/b*). Os índices Falker foram obtidos com o medidor portátil de clorofila (modelo ClorofiLOG CFL1030, Falker, Brasil), este é um método não destrutivo fortemente associado a métodos destrutivos. Baseado na absorbância da luz emitida por fotodiodos em três comprimentos de onda: (λ) 635, 660 (vermelho) e 880 nm (infravermelho) (Barbieri Junior et al., 2012; Brito et al., 2011; Krenchinski et al., 2018; Olivoto et al., 2018; Rodrigues et al., 2017).

4.2.4. Medição de fluorescência da Clorofila *a*

As medições dos estados transientes de fluorescência da clorofila *a* foram realizadas às 9:00 h (horário do dia onde se espera maior atividade fotossintética das videira) e às 12:00 h (horário do dia mais crítico onde se espera redução da atividade fotossintética das plantas) em 64 DAP, utilizando um fluorímetro portátil modelo OS-30p (Opti-Sciences Inc., EUA). As folhas foram adaptadas no escuro por 30 minutos antes das quatro medições. Realizou-se essas medições para determinar os efeitos dos tratamentos na funcionalidade dos fotossistemas e na cadeia de transporte de elétrons. Os estados transientes de fluorescência foram induzidos pela emissão de luz actínica (λ 660 nm) na intensidade de $3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (fótons). A irradiação foi aplicada homogeneamente na superfície das folhas com 4 mm de diâmetro (Dinis et al., 2016a).

A cinética rápida da emissão de fluorescência do inicial (F_o) ao máximo (F_m) foi medida pelas seguintes etapas do OJIP: $O \cong F_o$ (50 μs), K (300 μs), J (2 ms), I (30 ms) e $P \cong F_m$ (intensidade máxima de fluorescência). Obtidos também a área acima da curva OJIP. Outros parâmetros foram calculados com base nessas informações e em seus respectivos significados, conforme descrito na seção de abreviações (Kalaji et al., 2017; Stirbet et al., 2018).

4.2.5. Potencial hídrico

O potencial hídrico foliar (Ψ_L , MPa) foi medido em cada tratamento às 13:00 h em 64 DAP (horário do dia mais crítico devido ao estresse ambiental, levando fechamento estomático e redução da fotossíntese), em plantas sob condições de alta insolação. Foram selecionadas quatro folhas maduras (totalmente expandidas) localizadas na porção média dos ramos produtivos. Após a remoção das folhas, foram colocadas em sacos plásticos para reduzir a perda de água e medidos o Ψ_L imediatamente usando uma câmara de pressão (Scholander et al., 1965). Foram utilizadas quatro repetições por tratamento e as avaliações foram iniciadas no estágio de frutificação.

4.2.6. Produtividade

No momento da colheita, que ocorreu no início de fevereiro em 04/02/2019 (91 DAP), foi determinada a produtividade (ton ha^{-1}). No cálculo levou-se em consideração a massa fresca dos cachos (kg), o número de cachos (g) e a massa de 10 bagas (g) por planta de cada tratamento.

4.2.7. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), pelo programa R (Bhering, 2017; Team, 2016) e submetidos ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e ($p \leq 0,01$) para comparação de médias. Os gráficos foram plotados no software SigmaPlot 12.5 (Software de Systat, San Jose, CA, EUA).

4.3. Resultados

4.3.1. Monitoramento do filme de partículas

A variável relacionada à cobertura do filme CaO 7%, o L^* , não apresentou diferença estatística entre os regimes hídricos. No entanto, apresentou diferenças significativas entre as plantas tratadas com FP comparadas às plantas PS ($p \leq 0,05$). Os valores verificados em plantas com FP indicaram que o L^* foi 70,8% maior que em plantas PS (Fig.2), demonstrando o potencial do filme para refletir o excesso de luz (radiação) e promover um sombreamento artificial nas folhas.

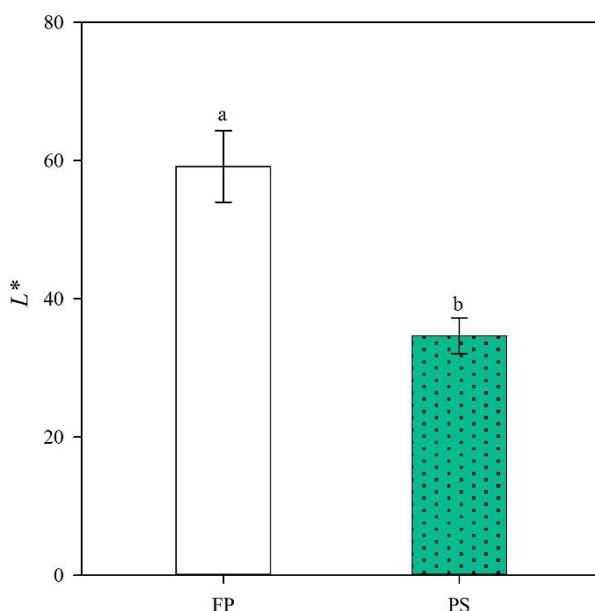


Figura 2: Valores de luminosidade (L^*) das folhas da cv. Isabel Precoce com aplicação de CaO 7% (FP) e sob pleno sol (PS). As barras correspondem à média $\pm$ EP. Letras minúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey. Significância: * ($p \leq 0,05$), ns (não significativo).

4.3.2. Índices de clorofila Falker

Relativamente aos índices de clorofila, as variáveis Chl a e Chl total às 09:00 h, mostraram um aumento significativo no tratamento 65% FP em comparação aos tratamentos sob PS, mas não diferiu do tratamento 100% FP (Tabela 1). Ambos os tratamentos sob PS foram semelhantes a 100% FP. Os maiores índices de Chl a e Chl total foram encontrados nas plantas tratadas com 65% FP, apresentando mais 13,7% e 11,3% de Chl a em relação ao tratamento 65% PS e 100% PS, respectivamente, e mais 13,3% e 12,7% de Chl total em relação aos mesmos tratamentos referidos. Relativamente aos índices de Chl b (mesmo seguindo uma tendência de aumento nas plantas com FP) e a razão Chl a/b , não diferiram significativamente entre os tratamentos ($p \leq 0,05$).

Tabela 1: Influência da aplicação de CaO 7% nos índices de clorofila Falker da cv. Isabel Precoce submetida a diferentes regimes hídricos, medidos às 09:00 h. Os valores representam a média $\pm$ EP. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey. Significância: * ($p \leq 0,05$), ** ($p \leq 0,01$), ns (não significativo).

Tratamentos (n=16)	Chl a	Chl b	Chl Total	Razão Chl a/b
	*	ns	*	ns
65% FP	31,37 $\pm$ 0,5 a	12,82 $\pm$ 0,5	44,20 $\pm$ 0,8 a	2,45 $\pm$ 0,1
65% PS	27,60 $\pm$ 0,4 b	11,40 $\pm$ 0,4	39,05 $\pm$ 0,3 b	2,42 $\pm$ 0,1
100% FP	30,12 $\pm$ 1,0 ab	12,70 $\pm$ 0,6	42,82 $\pm$ 1,5 ab	2,37 $\pm$ 0,1
100% PS	27,82 $\pm$ 0,5 b	10,77 $\pm$ 0,4	38,60 $\pm$ 0,8 b	2,58 $\pm$ 0,1

4.3.3. Fluorescência transiente da clorofila *a*

A emissão de fluorescência nas etapas OJIP medidos às 09:00 h e às 12:00 h (horário local) estão apresentadas na Fig. 3. A Fig. 3A mostra que se obteve aumento significativo para os tratamentos PS apresentando valores mais altos de fluorescência, diferindo estatisticamente dos tratamentos FP, enquanto nenhuma diferença foi encontrada para Sm. A fluorescência variável relativa aos passos J e I (VJ e VI) mostrou uma diferença significativa entre os tratamentos com 100% de ETc, onde os valores de VJ e VI foram 18% e 8,5% maiores para as plantas de PS (Fig. 3B). No entanto, não se observaram diferenças significativas entre os 65% dos tratamentos com ETc.

Para as variáveis de fluxos específicos de energia nos centros de reação avaliados às 9:00 h (Fig. 3B), observaram-se diferenças apenas entre os tratamentos PS e FP (ou seja, nenhum efeito dos regimes hídricos). Os maiores valores foram observados nas plantas sob PS para as variáveis: ABS/RC, TR0/RC e DI0/RC (100% PS: 60%; 65% PS: 20%), e para as variáveis ET0/RC e RE0/RC (100% PS: 50%; 65% PS: 16%).

Da mesma forma, os parâmetros do fluxo de energia fenomenológico por seção transversal a partir da fluorescência inicial apresentaram altos valores nos tratamentos com PS comparados aos FP dentro dos mesmos regimes hídricos para as variáveis: ABS/CS0, TR0/CS0 e DI0/CS0 (100% PS: 30%; 65% PS: 18%), e para as variáveis ET0/CS0 e RE0/CS0 (100% PS: 21%; 65% PS: 16%).

Em relação ao desempenho do processo energético e da transferência de elétrons, observou-se que as plantas com FP apresentaram os maiores valores em relação à PS (Fig. 3B). O tratamento com 100% FP aumentou PI_{ABS} , $PI_{ABS\ Total}$ e $PI_{CS\ Total}$ em 89,9%, 99,6% e 69,8%, respectivamente, em comparação com 100% PS. Para tratamentos de 65% da ETc, esses valores foram de mais 42%, 36% e 16% (FP versus PS).

Verificou-se que a emissão de fluorescência em todas as etapas da curva OJIP foram maiores nas plantas PS em comparação às plantas FP (Fig. 3C) sob alta irradiação (12 h, horário local). Os valores de Sm não diferiram entre os tratamentos com FP, no entanto, observou-se diferença significativa de mais 23% em 100% FP em comparação a 100% PS. A fluorescência no passo J foi 25,6% maior para 100% PS em comparação com 100% FP. Por outro lado, as variáveis VI e aquelas relacionadas aos centros de reação não diferiram entre os tratamentos.

Os resultados para os fluxos de energia fenomenológicos por seção transversal a partir da fluorescência inicial apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, com exceção de RE0/CS0. Semelhante aos resultados das 9:00 h, também se observaram diferenças entre PS e FP às 12:00 h, mas não dentro dos regimes hídricos em cada tipo de tratamento (PS ou FP). Os valores mais altos foram observados para PS: ABS/CS0, TR0/CS0 e DI0/CS0 (100% PS: 46%; 65% PS: 30%) e para variável ET0/CS0 (100% PS: 30%; 65% PS: 33%) (Fig. 3D).

Para as variáveis de índices de performances (PI_{ABS} , $PI_{ABS\ total}$ e $PI_{CS\ Total}$) medidos às 12:00 h (Fig. 3D), verificou-se aumento significativo no tratamento 100% FP de mais 75,2%, 59,2% e 49,2% respectivamente, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Por outro lado, não houve diferença estatística entre os tratamentos PS e 65% FP.

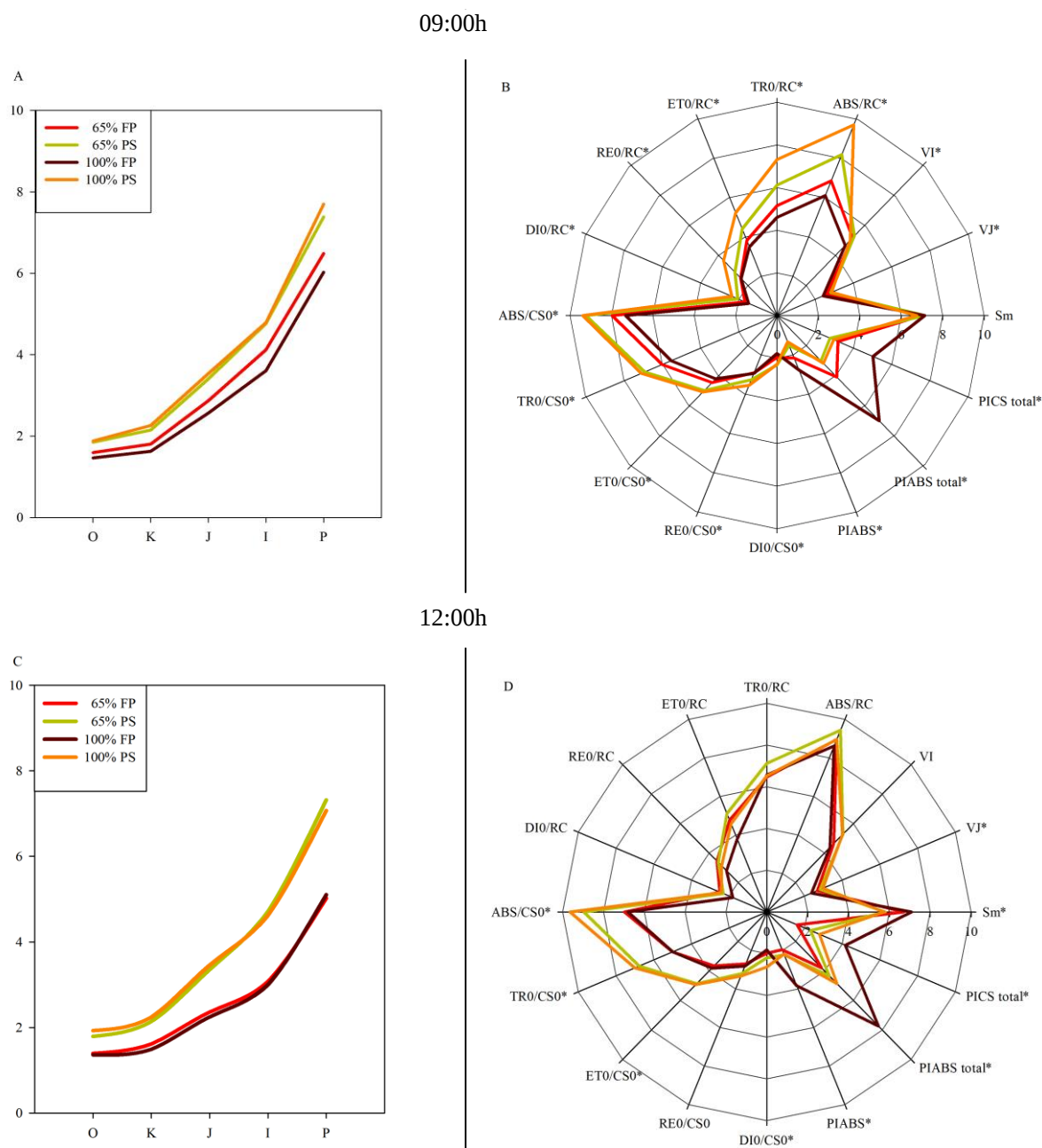


Figura 3: Gráfico em radar do efeito da aplicação de CaO 7% em dois regimes hídricos (65% da ETc com filme de partículas, 65% FP; 100% da ETc com filme de partículas, 100% FP; 65% da ETc sob pleno sol, 65% PS; e 100% da ETc sob pleno sol, 100% PS) na fluorescência transiente da clorofila *a* de plantas da cv. Isabel Precoce medida às 9:00 h (3A e 3B) e 12:00 h (3C e 3D). Valores foram mantidos em escala padrão de 0-10. Significância pelo teste de Tukey. Significância: * ($p \leq 0,05$), ** ($p \leq 0,01$). Ausência de sobrescrito indica diferenças não significativas.

4.3.4. Potencial hídrico foliar

Verificou-se diferença estatística para a variável de potencial hídrico foliar (Ψ_L), onde o tratamento com menor potencial foi 65% PS, com menor aporte de água nas folhas (-1,66 MPa). Por outro lado, os tratamentos 100% FP e 100% PS apresentaram maiores valores de potencial (-1,20 e -1,33 MPa, respectivamente), não diferindo entre si (Fig. 4). Além disso, os tratamentos 65% FP (-1,48 MPa) e 100% PS não diferiram estatisticamente.

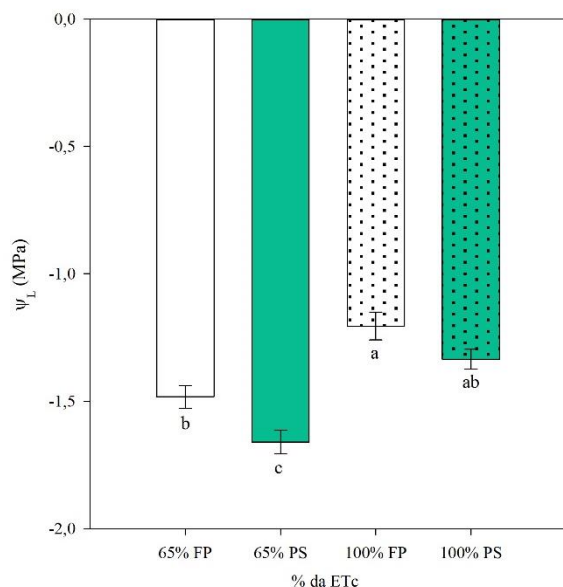


Figura 4: Efeito da aplicação de CaO 7%, em diferentes regimes hídricos, no potencial hídrico foliar da cv. Isabel Precoce medido às 13:00 h. As barras correspondem às médias $\pm$ EP. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey.

4.3.5. Produtividade

O tratamento 65% PS apresentou o menor valor com 15,0 ton ha⁻¹ (Figura 5). No entanto, os tratamentos 100% FP e 100% PS apresentaram maior produtividade 24,9 e 22,01 ton ha⁻¹, respectivamente, não diferindo entre si. Além disso, o tratamento 65% FP obteve uma produtividade de 20,3 ton ha⁻¹, não diferindo do tratamento 100% PS.

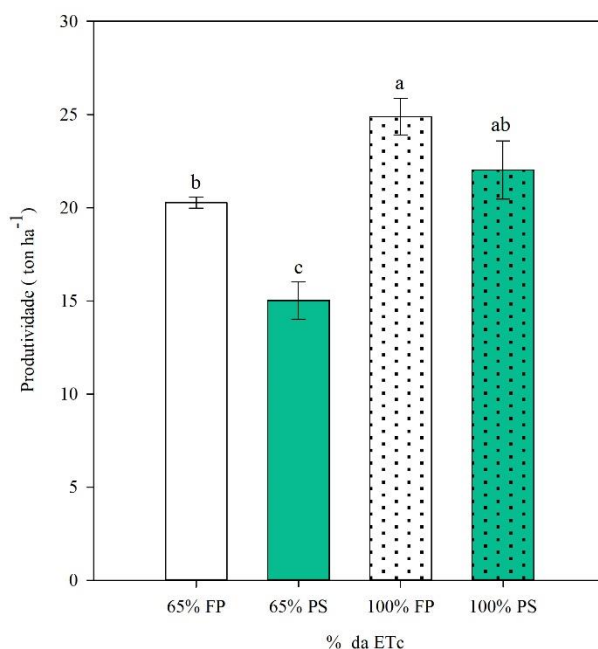


Figura 5: Efeito da aplicação de CaO 7%, em diferentes regimes hídricos, na produtividade da cv. Isabel Precoce. As barras correspondem às médias $\pm$ EP. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey.

4.4. Discussão

4.4.1. Monitoramento do filme de partículas

A aplicação de CaO 7% provocou um aumento em 70,8% nos valores de L^* nas plantas com FP. Esse valor foi suficiente para reduzir o estresse luminoso e não interferir negativamente no desenvolvimento da planta, proporcionando fotoproteção ao aparato fotossintético. Devido a isso, as plantas da cv. Isabel Precoce apresentaram um maior potencial para utilização da

energia luminosa e possivelmente melhoraram o metabolismo energético na fotossíntese das plantas. Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por Silva et al. (2019a, b), no café e na videira, onde plantas com filme de partículas de CaO apresentaram maiores valores de L^* . Além disso, as culturas que receberam filmes de partículas de caulim apresentaram respostas semelhantes em romã (Weerakkody et al., 2010; Yazici; Akadeniz; Kaynak, 2009), nozes persas (Gharaghani; Mohammadi Javarzari; Vahdati, 2018), tomate (Cantore et al., 2009; Silva et al., 2019c) e videira (Dinis et al., 2016b; Shellie; King, 2013). No geral, esses resultados indicam que a tecnologia de filmes de partículas pode beneficiar plantas, criando um ambiente de sombreamento artificial.

4.4.2. Índices de clorofila Falker

A aplicação de filme de CaO 7% proporcionou impacto significativo de sombreamento nas folhas da cv. Isabel Precoce, indicados pelos aumentos de Chl *a* e Chl total nos tratamentos com FP. Os aumentos de Chl no tratamento com 65% FP sugerem que o filme de partículas de CaO melhorou a proteção dos sistemas fotossintéticos sob condições de estresse luminoso e também amenizou o efeito desse regime de rega (65% de ETc) nas estruturas de absorção de luz, e a quantidade de clorofila nas plantas sob PS diminuiu e reduzindo absorção de luz. O incremento dos índices de clorofila em condições de sombreamento é uma resposta fisiológica para melhorar a captura de luz (Ili et al., 2015; Silva et al., 2019c). Por exemplo, em plantas de feijão tratadas com CaO, as condições de sombreamento aumentaram a Chl *a* e Chl total (Oliveira Junior et al., 2019).

Por outro lado, plantas sem filme e totalmente expostas a dias ensolarados apresentaram maior exposição à intensidade da luz, capturando uma quantidade excessiva de energia luminosa e, conseqüentemente, danificando seu sistema fotossintético (Gharaghani et al., 2018), como foi observado uma redução do metabolismo energético e no potencial hídrico foliar das plantas sob 65% PS. Tal efeito é indicado pelas concentrações mais baixas da Chl como resultado do estresse oxidativo (Smirnoff, 1993), que pode ser resultado da degradação da Chl ou de sua redução de síntese, seguida por mudanças na composição das membranas dos tilacoides (Brito et al., 2003).

Nesse sentido, os resultados indicam que o tratamento com 65% FP, apesar do regime hídrico aplicado, pode manter os índices favoráveis da Chl para melhores funções de operação do aparelho fotossintético. Comprovando que a combinação da aplicação de filme de partículas (CaO 7%) e 65% de ETc melhora os teores de pigmentos da Chl, a eficiência dos sistemas fotossintéticos, o potencial da água das folhas e a produtividade da planta de maneira semelhante ao tratamento com 100% PS.

4.4.3. Fluorescência transiente da clorofila *a*

Nos dois horários de avaliação, observou-se que os tratamentos com FP apresentaram os menores valores de emissão de fluorescência, conforme indicado pelas etapas da curva OJIP, em comparação com os tratamentos sob PS. Essa emissão ocorreu devido a uma diferença no comportamento polifásico das curvas entre os tratamentos, o qual está associado a um efeito de refletância da luz por filmes de partículas que reduziram o PAR que atingem as antenas de captura de energia nos tilacoides (Dinis et al., 2016a; Glenn, 2016; Silva et al., 2019c; Stirbet et al., 2018). E também uma adaptação da transferência do metabolismo energético entre os fotossistemas e a cadeia de transporte de elétrons de plantas sombreadas (Botelho et al., 2011). Esses resultados demonstraram uma melhoria na conversão de energia nos processos de fosforilação e redox do NADPH, expressos pelo aumento dos índices de performances dos tratamentos com FP.

Observou-se uma forte influência da temperatura no intervalo de tempo das medições (às 09:00 h e às 12:00 h) nas respostas fisiológicas da planta. Às 9:00 h, com temperatura mais amena, o efeito do CaO foi menos pronunciado, verificando-se diferença estatística e maiores valores para as plantas sob PS para as variáveis de fluxos específicos de energia nos centros

de reação. Por outro lado, não foram encontradas diferenças entre os tratamentos para essas variáveis às 12:00 h (ou seja, sob condições de alta temperatura). Esses resultados indicaram que, às 9:00 h, os tratamentos de PS podem absorver (ABS/RC), confinar (TR0/RC), transportar (ET0/RC) e transferir a energia para o acceptor final (RE0/RC) com alta dissipação (DI0/RC). Tal efeito é devido à quantidade de RCs ativos convertidos em sua forma inativa (Zushi et al., 2012) ocorrido pelo estresse térmico ou luminoso.

Ao meio-dia, a eficiência do transporte, do PSII para o Q_A (S_m), aumentou no tratamento 100% FP, enquanto os valores de S_m reduziram para os tratamentos sob PS, possivelmente devido ao efeito da restrição hídrica e das condições de seca. Esses resultados já foram observados na videira, onde as plantas tratadas com FP apresentaram um aumento nos valores de S_m (Silva et al., 2019b). Outra variável que indica comprometimento do transporte de elétrons é o incremento da fluorescência variável em relação ao passo J (VJ) no tratamento 100% PS, identificado nos dois tempos de avaliação, com diferenças significativas principalmente às 12:00 h. Esse resultado comprova que o transporte de elétrons do acceptor final de Q_A , Q_B e PSII diminuiu, ocorrendo alta dissipação de energia e perdas por processos não fotoquímicos em plantas sob PS (Chen et al., 2016; Malaspina et al., 2018; Stirbet et al., 2018).

Os fluxos fenomenológicos de energia por seção transversal indicaram alta eficiência dos tratamentos com FP sob condições adversas. Por exemplo, às 12:00 h, os tratamentos com FP reduziram o número de RCs ativos, conforme indicado pela menor quantidade de luz absorvida (ABS/CS0), armazenada (TR0/CS0) e transportada (ET0/CS0). Essa redução não prejudicou o fluxo de elétrons excitados de Q_A até os receptores finais de PSI por seção transversal do PSII (RE0/CS0), mas reduziu a dissipação (DI0/CS0) e a ativação da dissipação não fotoquímica (Dinis et al. 2016a). Assim, o filme de partículas de CaO 7% aumentou a eficiência do processo fotoquímico na videira em ambos os regimes hídricos.

A maior eficiência do sistema pode ser notada pelos índices de performances (PI_{ABS} , $PI_{ABS\ Total}$ e $PI_{CS\ Total}$) que indicam a sensibilidade da planta. Esses índices apresentaram uma tendência semelhante aos parâmetros mencionados acima, tanto para filme de partículas quanto para tratamentos de regime hídrico. Por exemplo, às 9h, os valores PI_{ABS} , $PI_{ABS\ Total}$ e $PI_{CS\ Total}$ sugerem uma alta eficiência para o tratamento com 100% FP, seguido por 65% FP. No entanto, às 12:00 h, apenas 100% FP teve um melhor desempenho. Esses resultados indicam que o filme de partículas de CaO cobriram e protegeram as plantas de videira, melhorando seu desempenho fisiológico, enquanto danos no aparelho fotossintético foram observados nas plantas de PS (Banks, 2018; Kalaji et al., 2018).

4.4.4. Potencial hídrico foliar

Nas plantas 100% FP e 100% PS, o nível de restrição foi leve a médio, mostrando uma condição de hidratação das folhas (Ojeda, 2007). No entanto, plantas com manejo adequado da água e umidade do solo também podem apresentar estresse hídrico (Marinho et al., 2011). Marinho et al. (2011), em condições semiáridas, evidenciaram que, embora as videiras apresentassem condições favoráveis à água, os valores de Ψ_L eram mais negativos (-1,45 MPa) ao meio-dia. De acordo com a classificação por Ojeda (2007), a faixa de valores de (Ψ_L) observados para o tratamento com 65% de PS indicam um alto nível de restrição (de forte a severo). Essas condições são inadequadas para o cultivo da videira, pois podem causar danos ao sistema fotossintético, como uma redução na fotossíntese devido ao fechamento estomático (como diminuir o Ψ_L), o que pode reduzir a produtividade das plantas (Zulini et al., 2007).

Foi observado um aumento de Ψ_L nas plantas de videira tratadas com filme de caulim, o que foi semelhante aos resultados em tratamentos com FP e PS a 100% da ETc em condições de alta insolação (Dinis et al., 2017, 2018). Esse efeito também foi observado no tomate (AbdAllah, 2019), feijão e tangerina (Boari et al., 2015) e olivicultura (Brito et al., 2019, 2018; Denaxa et al., 2012).

No entanto, neste estudo, deve-se notar que o tratamento com 65% FP não diferiu de 100% PS. Assim, o filme de partículas de CaO é uma ferramenta para melhorar o uso da eficiência da água e mitigar o efeito do estresse hídrico nas plantas de videira. Como algumas regiões armazenam água da chuva para o cultivo da videira, as mudanças climáticas já observadas nos padrões de chuva podem impactar negativamente sua produção (Bernardo et al., 2018; Brito et al., 2019). Portanto, devido a um possível aumento no estresse hídrico ao longo dos anos, o gerenciamento da água, associado à aplicação de filme de partículas, pode mitigar esse efeito e melhorar o desenvolvimento de plantas de videira sob essas condições adversas.

4.4.5. Produtividade

A menor produtividade observada no tratamento 65% PS pode estar relacionada à baixa disponibilidade de água (Fig. 4) e menor eficiência do metabolismo energético (Fig. 3D). Por outro lado, 100% FP alcançou a maior produtividade, enquanto 100% PS e 65% FP foram semelhantes. Esses resultados indicam que o filme de partículas melhorou o desempenho fisiológico das plantas e promoveu a hidratação das folhas, influenciando os níveis de produtividade. Foi observada redução na produtividade de *Vitis vinífera* L. devido à restrição hídrica em condições áridas (Marinho et al., 2009), mas a produtividade aumentou quando a disponibilidade de água também aumentou (Intrigliolo et al., 2016; Romero et al., 2015, 2013; Sofo et al., 2012). No entanto, práticas incorretas de manejo hídrico, como o uso excessivo de água, podem aumentar o vigor da videira, resultando em uma relação irregular entre a área foliar e a produtividade, reduzindo assim a qualidade dos frutos (Netzer et al., 2009; Zsófi et al., 2011).

Por outro lado, deve-se notar que 100% PS e 65% FP tiveram produtividades estatisticamente iguais, o que indica uma possível estratégia de sobrevivência da videira durante as condições de seca ou uma adaptação das plantas devido a práticas sustentáveis, como a aplicação de filme de partículas. Assim, 65% FP comprova ser uma alternativa ao cenário atual da viticultura, uma vez que esse tratamento aumenta a produtividade da planta com uma redução na exigência da demanda hídrica.

As plantas utilizadas no experimento tinham três anos de idade em seu segundo ciclo de produção, a cv. Isabel Precoce apresentou uma produtividade considerável, possivelmente os fatores citados acima tenham instigado para que não atingisse a produtividade ideal. Recentemente, em estudo sobre o impacto da idade da videira sob o sistema reprodutivo, foi observado que as vinhas mais jovens tiveram menor produtividade quando comparadas às vinhas mais velhas (Bou Nader et al., 2019). Portanto, era esperada uma menor produtividade neste estudo devido à idade da videira e também pode estar relacionada ao sistema radicular pouco desenvolvido.

4.5. Conclusões

A aplicação do filme de partículas de óxido de cálcio é uma técnica eficiente, promovendo um sombreamento artificial, fotoproteção e melhoria do metabolismo energético dos fotossistemas nas plantas de videira, amenizando o estresse hídrico no período de verão do Nordeste brasileiro no horário mais crítico do dia, principalmente para as plantas com 100% FP. O estudo demonstra que reduções de até 35% na necessidade de água não afetam a videira quando coberta com filme de óxido de cálcio. Como as mudanças climáticas podem reduzir a ocorrência de chuvas, este estudo pode ser uma alternativa para um melhor gerenciamento da água no cultivo de videiras com o uso de filme de partículas.

4.6. Referências Bibliográficas

AbdAllah, A., 2019. Impacts of Kaolin and Pinoline foliar application on growth, yield and

- water use efficiency of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) grown under water deficit: A comparative study. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 18, 256–268. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.08.001>
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Crop Evapotranspiration 56, 1–326.
- Baggiolini, M., 1952. Les stades reperes dans le developpement annuel de la vigne. *Revue Romande d' Agriculture, de Viticulture et d'Arboriculture*, Lausanne, v. 8, p. 4-6.
- Banks, J.M., 2018. Chlorophyll fluorescence as a tool to identify drought stress in Acer genotypes. *Environmental and Experimental Botany* 155, 118–127. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.06.022>
- Barbieri Junior, É., Rossiello, R.O.P., Silva, R.V.M.M., Ribeiro, R.C., Morenz, M.J.F., 2012. Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. *Ciencia Rural* 42, 2242–2245. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000109>
- Bassoi, L.H., Gonçalves, S. de O., Dos Santos, A.R.L., Silva, J.A., Lima, A.C.M., 2011. Influência de manejos de irrigação sobre aspectos de ecofisiologia e de produção da videira cv. Syrah / Paulsen 1103. *Revista Irriga* 16, 395–402. <https://doi.org/ISSN 1808-3765>
- Bernardo, S., Dinis, L.-T., Luzio, A., Pinto, G., Meijón, M., Villedor, L., Conde, A., Gerós, H., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J., 2017. Kaolin particle film application lowers oxidative damage and DNA methylation on grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Environmental and Experimental Botany* 139, 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.04.002>
- Bernardo, S., Dinis, L.-T., Machado, N., Moutinho-Pereira, J., 2018. Grapevine abiotic stress assessment and search for sustainable adaptation strategies in Mediterranean-like climates. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 38, 66. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0544-0>
- Bhering, L.L., 2017. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 17, 187–190. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2s29>
- Bindon, K., Dry, P., Loveys, B., 2008. Influence of partial rootzone drying on the composition and accumulation of anthocyanins in grape berries (*Vitis vinifera* cv . Cabernet Sauvignon). *Australian Journal of Grape and Wine Research* 14, 91–103. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00009.x>
- Bindon, K.A., McCarthy, M.G., Smith, P.A., 2014. LWT - Food Science and Technology Development of wine colour and non-bleachable pigments during the fermentation and ageing of (*Vitis vinifera* L.) cv. Cabernet Sauvignon wines differing in anthocyanin and tannin concentration. *LWT - Food Science and Technology* 59, 923–932. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.051>
- Boari, F., Donadio, A., Pace, B., Schiattone, M.I., Cantore, V., 2016. Kaolin improves salinity tolerance, water use efficiency and quality of tomato. *Agricultural Water Management* 167, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.12.021>
- Boari, F., Donadio, A., Schiattone, M.I., Cantore, V., 2015. Particle film technology: A supplemental tool to save water. *Agricultural Water Management* 147, 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.014>
- Botelho, R.V., Pavanello, A.P., Pires, E.J.P., Terra, M.M., Müller, M.M.L., 2011. Organic production of red wine grapes under plastic cover in subtropical region of Brazil. *Ciencia e Agrotecnologia* 35, 1186–1195. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600020>
- Bou Nader, K., Stoll, M., Rauhut, D., Patz, C., Jung, R., Loehnertz, O., Schultz, R.H., Hilbert, G., Renaud, C., Roby, J., Delrot, S., Gomès, E., 2019. Impact of grapevine age on water status and productivity of *Vitis vinifera* L. cv. Riesling. *European Journal of Agronomy* 104, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.12.009>
- Brillante, L., Belfiore, N., Gaiotti, F., Lovat, L., Sansone, L., Poni, S., Tomasi, D., 2016. Comparing Kaolin and Pinolene to Improve Sustainable Grapevine Production during Drought. *PLOS ONE* 11, e0156631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156631>

- Brito, C., Dinis, L.T., Moutinho-Pereira, J., Correia, C., 2019. Kaolin, an emerging tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance. *Scientia Horticulturae* 250, 310–316. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.070>
- Brito, C., Dinis, L.-T., Ferreira, H., Rocha, L., Pavia, I., Moutinho-Pereira, J., Correia, C.M., 2018. Kaolin particle film modulates morphological, physiological and biochemical olive tree responses to drought and rewatering. *Plant Physiology and Biochemistry* 133, 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.10.028>
- Brito, G.G., Sofiatti, V., Brandão, Z.N., Silva, V.B., Silva, F.M., Silva, D.A., 2011. Non-destructive analysis of photosynthetic pigments in cotton plants. *Acta Scientiarum. Agronomy* 33, 671–678. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v33i4.10926>
- Brito, G., Costa, A., Fonseca, H.M.A.C., Santos, C. V., 2003. Response of *Olea europaea* ssp. *maderensis* in vitro shoots exposed to osmotic stress. *Scientia Horticulturae* 97, 411–417. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00216-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00216-9)
- Camargo, U.A., 2004. ‘Isabel Precoce’: Alternativa para a Vitivinicultura Brasileira. Comunicado Técnico-54 da Embrapa Uva e Vinho. <https://doi.org/1808-6802>
- Camargo, U.A., Protas, J.F.S., Mello, L.M.R., 2008. Grape growing and processing in Brazil. *Acta Horticulturae* 785, 51–58. <https://doi.org/10.17660/ActaHorticulturae.2008.785.2>
- Cantore, V., Pace, B., Albrizio, R., 2009. Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. *Environmental and Experimental Botany* 66, 279–288. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.03.008>
- Chen, S., Yang, J., Zhang, M., Strasser, R.J., Qiang, S., 2016. Classification and characteristics of heat tolerance in *Ageratina adenophora* populations using fast chlorophyll a fluorescence rise O-J-I-P. *Environmental and Experimental Botany* 122. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.09.011>
- Çiçek, N., Oukarroum, A., Strasser, R.J., Schansker, G., 2018. Salt stress effects on the photosynthetic electron transport chain in two chickpea lines differing in their salt stress tolerance. *Photosynthesis Research* 136, 291–301. <https://doi.org/10.1007/s11120-017-0463-y>
- Conde, A., Pimentel, D., Neves, A., Dinis, L.-T., Bernardo, S., Correia, C.M., Gerós, H., Moutinho-Pereira, J., 2016. Kaolin Foliar Application Has a Stimulatory Effect on Phenylpropanoid and Flavonoid Pathways in Grape Berries. *Frontiers in Plant Science* 7, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01150>
- Denaxa, N.K., Roussos, P.A., Damvakaris, T., Stournaras, V., 2012. Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and Ambiol on photosynthesis, leaf sclerophylly indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. *Scientia Horticulturae* 137, 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.01.012>
- Dinis, L.T., Bernardo, S., Luzio, A., Pinto, G., Meijón, M., Pintó-marijuan, M., Cotado, A., Correia, C., Moutinho-pereira, J., 2018. Kaolin modulates ABA and IAA dynamics and physiology of grapevine under Mediterranean summer stress. *Journal of Plant Physiology* 220, 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.11.007>
- Dinis, L.T., Malheiro, A.C., Luzio, A., Fraga, H., Ferreira, H., Gonçalves, I., Pinto, G., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J., 2017. Improvement of grapevine physiology and yield under summer stress by kaolin-foliar application: water relations, photosynthesis and oxidative damage. *Photosynthetica* 56. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0714-3>
- Dinis, Lia. Tânia., Ferreira, H., Pinto, G., Bernardo, S., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J., 2016a. Kaolin-based, foliar reflective film protects photosystem II structure and function in grapevine leaves exposed to heat and high solar radiation. *Photosynthetica* 54, 47–55. <https://doi.org/10.1007/s11099-015-0156-8>
- Dinis, L. T., Bernardo, S., Conde, A., Pimentel, D., Ferreira, H., Félix, L., Gerós, H., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J., 2016b. Kaolin exogenous application boosts antioxidant capacity and phenolic content in berries and leaves of grapevine under summer stress. *Journal of Plant Physiology* 191, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.005>

- Genta, W., Tessmann, D.J., Roberto, S.R., Vida, J.B., Colombo, L.A., Scapin, C.R., da Silva Ricce, W., Clovis, L.R., 2010. Manejo de mldio no cultivo protegido de videira de mesa “BRS Clara.” Pesquisa Agropecuaria Brasileira 45, 1388–1395. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2010001200008>
- Gharaghani, A., Mohammadi Javarzari, A., Vahdati, K., 2018. Kaolin particle film alleviates adverse effects of light and heat stresses and improves nut and kernel quality in Persian walnut. Scientia Horticulturae 239, 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.05.024>
- Glenn, D.M., 2016. Effect of highly processed calcined kaolin residues on apple water use efficiency. Scientia Horticulturae 205, 127–132. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.04.022>
- Ili, Z.S., Milenkovi, L., Šuni, L., Fallik, E., 2015. Effect of Colored Shade Nets on Plant Leaf Parameters and Tomato Fruit Quality. Accepted Article 95, 2660–2667. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7000>
- Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., 2009. Response of *Vitis vinifera* cv. ‘Tempranillo’ to partial rootzone drying in the field: Water relations, growth, yield and fruit and wine quality. Agricultural Water Management 96, 282–292. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.08.001>
- Intrigliolo, D.S., Lizama, V., García-esparza, M.J., Abrisqueta, I., Álvarez, I., 2016. Effects of post-veraison irrigation regime on Cabernet Sauvignon grapevines in Valencia , Spain : Yield and grape composition. Agricultural Water Management 170, 110–119. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.10.020>
- Kalaji, H.M., Račková, L., Paganová, V., Swoczyna, T., Rusinowski, S., Sitko, K., 2018. Can chlorophyll-a fluorescence parameters be used as bio-indicators to distinguish between drought and salinity stress in *Tilia cordata* Mill? Environmental and Experimental Botany 152, 149–157. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.11.001>
- Kalaji, H.M., Schansker, G., Brestic, M., Bussotti, F., Calatayud, A., Ferroni, L., Goltsev, V., Guidi, L., Jajoo, A., Li, P., Losciale, P., Mishra, V.K., Misra, A.N., Nebauer, S.G., Pancaldi, S., Penella, C., Pollastrini, M., Suresh, K., Tambussi, E., Yanniccari, M., Zivcak, M., Cetner, M.D., Samborska, I.A., Stirbet, A., Olsovska, K., Kunderlikova, K., Shelonzek, H., Rusinowski, S., Bba, W., 2017. Frequently asked questions about chlorophyll fluorescence, the sequel, Photosynthesis Research. <https://doi.org/10.1007/s11120-016-0318-y>
- Khaleghi, E., Arzani, K., Moallemi, N., Barzegar, M., 2015. The efficacy of kaolin particle film on oil quality indices of olive trees (*Olea europaea* L.) cv ‘Zard’ grown under warm and semi-arid region of Iran. Food Chemistry 166, 35–41. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.006>
- Kok, D., Bal, E., 2018. Leaf Removal Treatments Combined with Kaolin Particle Film Technique from Different Directions of Grapevine’s Canopy Affect the Composition of Phytochemicals of cv. Muscat Hamburg (*V. Vinifera* L.). Erwerbs-Obstbau 69, 39–45. <https://doi.org/10.1007/s10341-017-0337-7>
- Krenchinski, F.H., Albrecht, A.J.P., Salomo Cesco, V.J., Rodrigues, D.M., Pereira, V.G.C., Albrecht, L.P., Carbonari, C.A., Victria Filho, R., 2018. Post-emergent applications of isolated and combined herbicides on corn culture with cp4-epsps and pat genes. Crop Protection 106, 156–162. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.016>
- Malaspina, P., Modenesi, P., Giordani, P., 2018. Physiological response of two varieties of the lichen *Pseudevernia furfuracea* to atmospheric pollution. Ecological Indicators 86, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.028>
- Marinho, L.B., Rodrigues, J.J.V., Soares, J.M., de Lima, M.A.C., de Moura, M.S.B., Brandão, E.O., da Silva, T.G.F., Calgaro, M., 2009. Produção e qualidade da videira “Superior Seedless” sob restrição hídrica na fase de maturação. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 44, 1682–1691. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009001200018>
- Marinho, L.B., Rodrigues, J.J. V, Soares, J.M., Santos, I.S., Brandão, E.O., Filho, J.M.P.L.,

2011. Potencial de água no solo e na folha da videira “Sugraone” sob déficit hídrico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 15, 1115–1122.
- Maroli, L., Citadin, I., Sachet, M.R., Scariotto, S., Wagner Junior, A., 2014. Produção de mudas de videira cv. Bordô/Paulsen 1103 pela enxertia de mesa com estratificação. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36, 673–679. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-359/13>
- Netzer, Y., Yao, C., Shenker, M., Bravdo, B.A., Schwartz, A., 2009. Water use and the development of seasonal crop coefficients for Superior Seedless grapevines trained to an open-gable trellis system. *Irrigation Science* 27, 109–120. <https://doi.org/10.1007/s00271-008-0124-1>
- Ojeda, H., 2007. Rega qualitativa de precisão da vinha. *Revista Internet de Viticultura e Enologia* 13–15.
- Oliveira Junior, L.F.G. de, Santos, P.L. de S., Lima, R.S.N. de, Silveira, M.P.C., Fagundes, J.L., Carnelossi, M.A.G., Reis, F. de O., 2019. Physiological parameters of cowpea treated with CaO-based particle film and subjected to water restriction. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 54. <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00033>
- Olivoto, T., Elli, E.F., Schmidt, D., Caron, B.O., de Souza, V.Q., 2018. Photosynthetic photon flux density levels affect morphology and bromatology in *Cichorium endivia* L. var. *latifolia* grown in a hydroponic system. *Scientia Horticulturae* 230, 178–185. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.11.031>
- Peel, M., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11, 1633–1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- Permanhani, M., Costa, J.M., Conceição, M.A.F., de Souza, R.T., Vasconcellos, M.A.S., Chaves, M.M., 2016. Deficit irrigation in table grape: eco-physiological basis and potential use to save water and improve quality. *Theoretical and Experimental Plant Physiology* 28, 85–108. <https://doi.org/10.1007/s40626-016-0063-9>
- Ramos, M.C., Pérez-Álvarez, E.P., Peregrina, F., Martínez de Toda, F., 2020. Relationships between grape composition of Tempranillo variety and available soil water and water stress under different weather conditions. *Scientia Horticulturae* 262, 109063. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109063>
- Rodrigues, A.A., Vasconcelos-Filho, S.C., Mendes, G.C., Rehn, L.S., Rodrigues, D.A., Rodrigues, C.L., Müller, C., 2017. Fluoride in simulated rain affects the morphoanatomy and physiology of *Eugenia dysenterica* (Mart.) DC. *Ecological Indicators* 82, 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.07.005>
- Romero, P., Gil-Muñoz, R., del Amor, F.M., Valdés, E., Fernández, J.I., Martínez-Cutillas, A., 2013. Regulated Deficit Irrigation based upon optimum water status improves phenolic composition in Monastrell grapes and wines. *Agricultural Water Management* 121, 85–101. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.01.007>
- Romero, P., Muñoz, R.G., Fernández-Fernández, J.I., del Amor, F.M., Martínez-Cutillas, A., García-García, J., 2015. Improvement of yield and grape and wine composition in field-grown Monastrell grapevines by partial root zone irrigation, in comparison with regulated deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 149, 55–73. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.10.018>
- Samborska, I.A., Kalaji, H.M., Sieczko, L., Borucki, W., Mazur, R., Kouzmanova, M., Goltsev, V., 2019. Can just one-second measurement of chlorophyll a fluorescence be used to predict sulphur deficiency in radish (*Raphanus sativus* L. *sativus*) plants? *Current Plant Biology* 19, 100096. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2018.12.002>
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.Á., Lumberras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Cunha, T.J.F., Oliveira, J.B., 2018. Sistema brasileiro de classificação de Solos, 5th ed. Embrapa, Brasília. <https://doi.org/ISBN 978-85-7035-198-2>
- Sato, A.J., Botelho, R.V., Broetto, D., Marchi, T., Oliari, I.C.R., 2016. Immobilization and nutrient uptake in ‘early isabella’ grapevines grafted on different rootstocks in organic

- management. *Semina: Ciências Agrárias* 37, 1201–1208. <https://doi.org/10.5433/1679-0359>
- Scholander, P.F., Hammel, H.T., Bradstreet, E.D., Hemmingsen, E.A., 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148, 339–346. <https://doi.org/10.1126/science.148.3668.339>
- Shellie, K.C., King, B.A., 2013. Kaolin particle film and water deficit influence malbec leaf and berry temperature, pigments, and photosynthesis. *American Journal of Enology and Viticulture* 64, 223–230. <https://doi.org/10.5344/ajev.2012.12115>
- Silva, P.S.O., Oliveira, L.F.G., Gonzaga, M.I. Silva, Sena, E. de O.A., Maciel, L.B. dos S., Fiaes, M.P., Mattos, E.C. de, Carnellosi, M.A.G., 2019a. Effects of calcium particle films and natural shading on ecophysiological parameters of conilon coffe. *Scientia Horticulturae* 245, 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.010>
- Silva, P.S.O., de Oliveira, L.F.G., de Mattos, E.C., dos Santos Maciel, L.B., dos Santos, M.P.F., de Oliveira Alves Sena, E., Borges Barbosa, N.T., Gutierrez Carnellosi, M.A., Fagundes, J.L., 2019b. Calcium particle films promote artificial shading and photoprotection in leaves of American grapevines (*Vitis labrusca* L.). *Scientia Horticulturae* 252, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.041>
- Silva, P.S., de Oliveira Alves Sena, E., Silva Gonzaga, M.I., Ganassali de Oliveira, L.F., dos Santos Maciel, L.B., Pinheiro Fiaes dos Santos, M., Costa de Mattos, E., Lima Dias, K.L., Botelho Carneiro, R., Gutierrez Carnellosi, M.A., 2019c. Calcium carbonate particle films and water regimes affect the acclimatization, ecophysiology and reproduction of tomato. *Environmental and Experimental Botany* 165, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.05.017>
- Smirnoff, N., 1993. The role of active oxygen in the response of plants to water deficit and desiccation. *New Phytologist* 125, 27–58. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1993.tb03863.x>
- Sofo, A., Nuzzo, V., Tataranni, G., Manfra, M., De Nisco, M., Scopa, A., 2012. Berry morphology and composition in irrigated and non-irrigated grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Plant Physiology* 169, 1023–1031. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.03.007>
- Stirbet, A., Lazár, D., Kromdijk, J., Govindjee, 2018. Chlorophyll a fluorescence induction: Can just a one-second measurement be used to quantify abiotic stress responses? *Photosynthetica* 56, 86–104. <https://doi.org/10.1007/s11099-018-0770-3>
- Team, R. core, 2016. R 3.2.5: A language and environment for statistical computing. [WWW Document]. R Foundation for Statistical Computing. (accessed:04.16.19)
- Weerakkody, P., Jobling, J., Infante, M.M.V., Rogers, G., 2010. The effect of maturity, sunburn and the application of sunscreens on the internal and external qualities of pomegranate fruit grown in Australia. *Scientia Horticulturae* 124, 57–61. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.12.003>
- Yazici, K., Akdeniz, B., Kaynak, L., 2009. Effects of kaolin and shading treatments on sunburn on fruit of hicaznar cultivar of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar). *Acta Horticulturae* 818, 167–174.
- Zsófi, Z., Tóth, E., Rusjan, D., Bálo, B., 2011. Terroir aspects of grape quality in a cool climate wine region: Relationship between water deficit, vegetative growth and berry sugar concentration. *Scientia Horticulturae* 127, 494–499. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.11.014>
- Zulini, L., Rubinigg, M., Zorer, R., Bertamini, M., 2007. Effects of drought stress on chlorophyll fluorescence and photosynthetic pigments in grapevine leaves (*Vitis vinifera* cv. 'White Riesling'). *Acta Horticulturae* 754, 289–294. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.754.37>
- Zushi, K., Kajiwar, S., Matsuzoe, N., 2012. Chlorophyll a fluorescence OJIP transient as a tool to characterize and evaluate response to heat and chilling stress in tomato leaf and fruit. *Scientia Horticulturae* 148, 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.022>

5. ARTIGO 2

TECNOLOGIA DE FILME DE PARTÍCULAS DE CÁLCIO NAS TROCAS GASOSAS EM FOLHAS DE VIDEIRA

Periódico a ser submetido: Experimental Agriculture

RESUMO

O manejo hídrico adequado para viticultura brasileira tem sido fator primordial para conclusão do ciclo reprodutivo das plantas. Associado a isso, o uso de filme de partículas de cálcio tem se mostrado uma estratégia eficiente para contribuir na economia de água por meio de sistemas de irrigação. O objetivo do trabalho foi avaliar a aplicação do filme de cálcio (CaO 7%) nas trocas gasosas em folhas da cv. Isabel Precoce submetida a diferentes regimes hídricos. O experimento foi realizado utilizando-se quatro tratamentos: i) 65% da ETc com filme de partículas; ii) 65% da ETc sob pleno sol; iii) 100% da ETc com FP e iv) 100% da ETc sob PS. Os parâmetros avaliados foram: cobertura do filme nas folhas (L^*), trocas gasosas, teor relativo de água (TRA) e aspectos físico-químicos (teor de sólidos solúveis, firmeza das bagas, pH e acidez total titulável). Como resultados, o filme CaO foi capaz de fornecer sombreamento nas folhas e melhorar as relações hídricas nas videiras em dias ensolarados, observando aumentos da taxa fotossintética (A), reduções na condutância estomática (g_s) e taxa de transpiração (E), aumentando a eficiência do uso da água nas plantas com 65% da ETc, melhorando a capacidade fotossintética das folhas de videira. Além disso, o filme reduziu a perda de água nos tecidos foliares, aumentando o armazenamento de água pelas plantas. No entanto, não foi verificada diferença estatística quando analisado os aspectos físico-químicos entre os tratamentos, mantendo a qualidade dos frutos. O filme em videiras, mesmo em condições climáticas locais e com menor rega (65% da ETc), torna-se uma alternativa sustentável, para aliviar os efeitos da restrição hídrica no período de verão na região Nordeste do Brasil.

Palavras-chave: *Vitis labrusca*, óxido de cálcio, trocas gasosas, restrição hídrica.

ABSTRACT

Título: Film technology of calcium particles in gas exchange in grapevine leaves

Adequate water management for Brazilian viticulture has been a major factor in concluding the reproductive cycle of the grapevine. Associated, the use of calcium particle film has proven to be an efficient strategy to contribute to water savings through irrigation systems. The objective of the work was to evaluate the application of the calcium film (CaO 7%) in the gas exchange in leaves of cv. Isabel Precoc submitted to different water regimes. The experiment was carried out using four treatments: i) 65% of ETc with particle film; ii) 65% of ETc under full sun; iii) 100% of ETc with FP and iv) 100% of ETc under PS. The parameters evaluated were: film coverage on the leaves (L^*), gas exchange, relative water content (RWC) and physico-chemical aspects (soluble solids content, firmness of the berries, pH and titratable total acidity). As a result, the CaO film was able to provide shade on the leaves and improve water relations in the grapevines on sunny days, observing increases in the photosynthetic rate (A), reductions in stomatal conductance (g_s) and sweat rate (E), increasing the efficiency of water use in plants with 65% ETc, improving the photosynthetic capacity of grape leaves. In addition, the film reduced the water loss in the leaf tissues, increasing the water storage by the plants. However, there was no statistical difference when analyzing the physical-chemical aspects between treatments, maintaining the quality of the fruits. Film on vines, even in local climatic conditions and with less irrigation (65% of ETc), becomes a sustainable alternative, to alleviate the effects of water restriction in the summer period in the Northeast region from Brazil.

Keywords: *Vitis labrusca*, calcium oxide, gas exchange, water restriction.

5.1. Introdução

O desenvolvimento agrícola sustentável tem se tornado cada vez mais uma atividade importante para viticultura brasileira, principalmente a fim de contornar o uso exacerbado dos recursos naturais devido à ampla extensão da cultura no país. E dentre os recursos naturais existentes, a disponibilidade de água tem sido um dos fatores primordiais para concluir o ciclo de produção da videira (Medrano et al., 2015). A videira quando imposta a condições de restrição hídrica moderada, sob determinadas fases fenológicas, pode apresentar impacto positivo em relação à concentração de açúcares, acidez, pH e compostos fenólicos no mosto (Deloire et al., 2004), e também influências na qualidade da composição das bagas (Bindon et al., 2008; Van Leeuwen et al., 2009; Zufferey et al., 2018, 2017).

Atualmente a videira *Vitis labrusca* L. é uma das espécies de videira mais cultivada no Brasil, devido basicamente a sua fácil adaptação a altas temperaturas mesmo em condições ambientais limitantes, com baixa disponibilidade hídrica no solo (Neethling et al., 2017). A cultivar ‘Isabel Precoc’, pertencente a essa espécie, é uma mutação espontânea da tradicional cultivar ‘Isabel’, apresentando como característica marcante a antecipação do período de colheita em 35 dias (Camargo, 2004; Sato et al., 2016), ganhando destaque no mercado nacional devido sua precocidade e fácil adaptação climática.

As videiras no período de verão geralmente estão expostas ao desequilíbrio da disponibilidade de água no solo, à baixa precipitação local e altas temperaturas (Zufferey et al., 2017; Lovisolo et al., 2010), agravando-se cada vez mais devido à intensificação das mudanças climáticas (Boari et al., 2015). Como resposta adaptativa, a regulação estomática constitui um mecanismo fisiológico capaz de permitir a economia de água absorvida pelas plantas (Lovisolo et al., 2002), favorecendo a eficiência do uso da água (Lovisolo et al., 2016), sendo importante mecanismo no progresso da videira em condições semiáridas (Flexas et al., 2010). No entanto, o manejo hídrico adequado tornou-se o principal desafio para viticultura sustentável (Medrano et al., 2015), onde técnicas e estratégias agrônômicas vêm sendo adotadas para otimizar o uso

da água pelas videiras, sendo o uso de filme de partículas uma dessas técnicas utilizadas como adaptação vegetativa a curto prazo para este fim.

Filmes de partículas são suspensões aquosas formadas por partículas minerais, com alto perfil de segurança e disponibilidade comercial, capazes de fornecer sombreamento contra o excesso de radiação solar e temperatura (Boari et al., 2015; Dinis et al., 2016; Silva et al., 2019b). Estudos com filme de partículas de caulim em videiras têm demonstrado melhoria na adaptação das plantas a diferentes condições climáticas, controle ao estresse fotooxidativo e preservação dos compostos antioxidantes (Bernardo et al., 2017; Conde et al., 2016; Dinis et al., 2016), além da redução das trocas gasosas sob restrição hídrica, promovendo maior eficiência no uso da água (Brillante et al., 2016).

Em outras culturas, o filme de partículas melhorou os atributos do azeite de oliveiras (Khaleghi et al., 2015), aumentou a tolerância do tomateiro à salinidade (Boari et al., 2016, 2014) e melhorou a eficiência do uso água e redução das queimaduras solares em macieiras (Glenn, 2016; Glenn et al., 2003). Em estudos recentes, o uso de filme de partículas de cálcio também proporcionam sombreamento e fotoproteção nas videiras (Silva et al., 2019b), melhoria nas características fisiológicas do cafeeiro (Silva et al., 2019a) e aumento na eficiência do uso da água em feijoeiro sob restrição hídrica (Oliveira Junior et al., 2019), de forma inovadora e econômica para agricultura.

Diante disto, o objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação do filme de partículas à base de cálcio nas trocas gasosas em folhas da videira cv. Isabel Precoce submetida a diferentes regimes hídricos no período de verão do Nordeste do Brasil.

5.2. Material e Métodos

5.2.1. Área experimental e manejo da cultura

O estudo foi realizado em uma área experimental da Universidade Federal de Sergipe (UFS), Brasil (10° 55' 25,1" S, 37° 12' 1,8" W, altitude 46m). O material vegetal foi a cv. 'Isabel Precoce' (*Vitis labrusca* L.), enxertadas sobre o porta-enxerto 'Paulsen 1103' (Maroli et al., 2014) com idade entre 2-3 anos (segundo ciclo de produção), com poda realizada em 05/11/2018, na safra de 2018-2019 e em condições de campo.

O clima é classificado, segundo Köppen, como As, tropical chuvoso, com temperaturas médias anuais em torno de 25,2°C, verão seco e pluviometria média anual de 1.300 mm, com chuvas concentradas nos meses de abril a setembro (Peel et al., 2007). Diferentes parâmetros agrometeorológicos foram apresentados na Figura 1A, obtidos da estação meteorológica automática Aracaju-A409 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

O solo da área experimental é classificado como Argissolo vermelho-amarelo (Santos et al., 2018), típico dos tabuleiros costeiros brasileiros. Foram utilizados macro e micronutrientes para fertilização de cobertura e foliar, de acordo com as necessidades da cultura.

A evapotranspiração da cultura (ET_c , mm) foi estimada por meio do produto entre a evapotranspiração de referência (ET_o , mm) e o coeficiente de cultura (K_c) (Fig. 1B). A ET_o , por sua vez, foi estimada diariamente pelo método de Penman-Monteith FAO (Allen et al., 1998). A lâmina de irrigação necessária (mm) foi calculada pela diferença entre a ET_c e a precipitação diária (mm).

O espaçamento da cultura foi de 2,0m x 2,7m e sistema de irrigação disposto em duas linhas laterais de mangueiras de gotejo por fileira de plantas, sendo o espaçamento de 0,5 m entre gotejadores e vazão de 2,0 L.h⁻¹/gotejador, com eficiência do sistema considerada em 90%. A área molhada pelos gotejadores por planta foi de 1,2m², com distância de linhas laterais das plantas em 0,25m e oito gotejadores por planta.

A restrição hídrica em 65% da ET_c iniciou-se no dia 17/12/2018 (42 DAP). A lâmina de água aplicada para suprir a demanda da ET_c do início do estágio de frutificação até a colheita foi de 168,4 mm e 111,2 mm para 100% e 65% da ET_c , respectivamente.

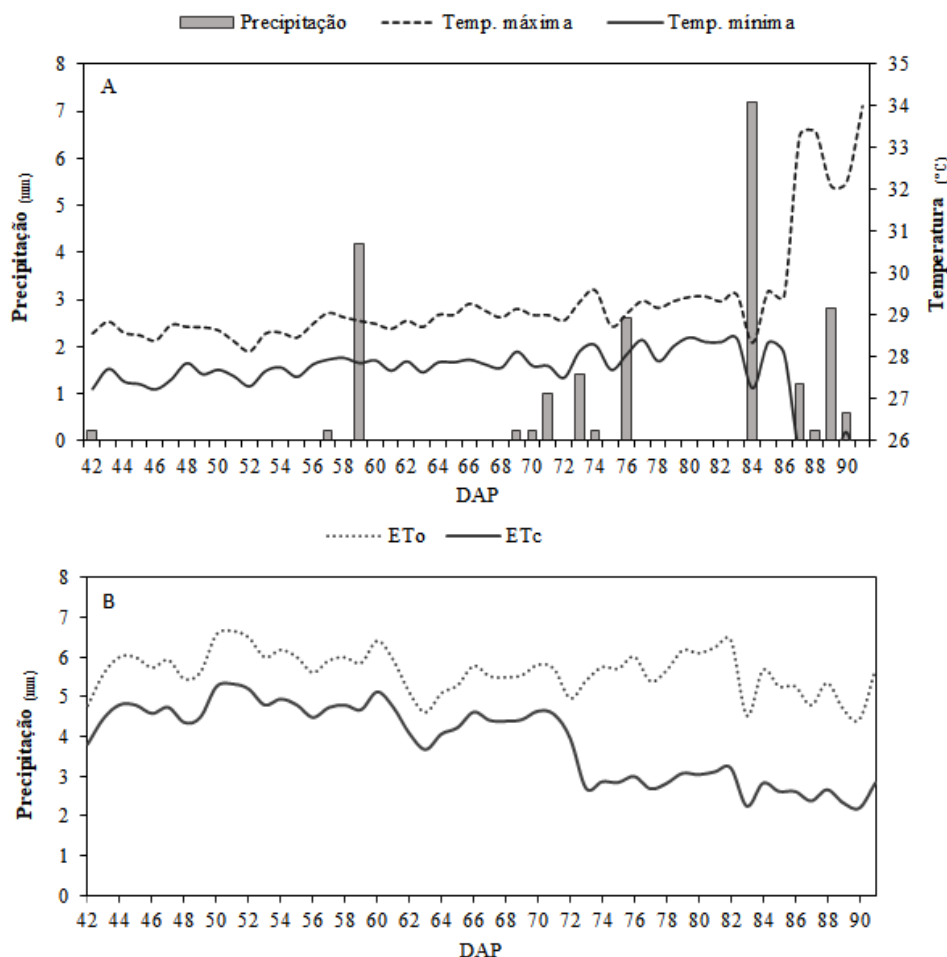


Figura 1: Precipitação e temperatura do ar (máxima e mínima) ao longo dos dias após a poda realizada em 05/11/2018 (DAP) (A), evapotranspiração de referência (ETo) e evapotranspiração da cultura (ETc), obtidos durante o período de avaliação experimental (B) na safra 2018-2019.

5.2.2. Delineamento experimental e aplicação de óxido de cálcio

O experimento foi conduzido por delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições e quatro tratamentos: i) 65% da evapotranspiração da cultura (ETc) com filme de partículas (65% FP), ii) 65% da ETc sob pleno sol (65% PS), iii) 100% da ETc com filme de partículas (100% FP) e iv) 100% da ETc sob pleno sol (100% PS).

O filme de partículas à base de óxido de cálcio (CaO) foi pesado em uma balança semianalítica e diluído por suspensão aquosa na concentração de 7% p/v. Para sua aplicação utilizou-se um pulverizador de vazão constante modelo KwsPem-P20 (Kawashima, Japão). A camada de filme sobre as folhas foi relacionada à capacidade refletiva e mensurada pela luminosidade (L^*) no dia das avaliações em 08/01/2019 (64 DAP), após imediata aplicação e secagem do filme.

As medições foram realizadas às 10:00 h, utilizando um colorímetro digital modelo CR 400 (Konica Minolta, Japan) em quatro diferentes posições na copa de cada planta. O equipamento fornece valores L^* na escala de 0-100, do preto absoluto (total absorção da luz) ao branco absoluto (total reflexão de luz), respectivamente, relacionado às propriedades refletivas das folhas e filmes (Silva et al., 2019a, 2019b, 2019c). A primeira aplicação foi realizada no estádio de frutificação K-bago de ervilha (7mm diâmetro) proposta por Baggiolini (1952) em 12/12/2018 (37 DAP) e as reaplicações após se verificar a remoção de pelo menos 50% da cobertura de filmes com base em L^* (por agentes meteorológicos, como chuva e vento) aos 04/01/2019 (60 DAP) e 21/01/2019 (77 DAP).

5.2.3. Trocas gasosas

As avaliações foram realizadas entre 12:00-13:00 h (horário do dia mais crítico onde se espera uma redução da atividade fotossintética das videiras) em 64 DAP, com quatro repetições por tratamento em folhas totalmente expandidas e completamente expostas ao sol, recém-maduras e saudáveis localizadas na região mediana dos ramos da copa. Foi utilizado um analisador portátil de trocas gasosas e fluorescência (IRGA) (LI-6400XT, LI-COR, USA), calibrado, com CO₂ de referência na concentração de $400 \pm 10 \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol air}^{-1}$, radiação fotossintética ativa (PAR) de $1.500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e umidade relativa do ar (RH%) em 65% (Silva et al., 2019b).

Foram analisadas a taxa fotossintética ou assimilação de CO₂ (A , $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e taxa de transpiração (E , $\text{mmolH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Calculados também a eficiência instantânea do uso da água por meio da razão A/E (EUA , $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{mmolH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), a eficiência intrínseca do uso da água pela razão A/g_s ($EIUA$, $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{molH}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a eficiência instantânea de carboxilação pela razão A/C_i (EIC , $\mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}/\text{molCO}_2 \text{ mol air}^{-1}$) (Machado et al., 2005; Melo et al., 2009).

5.2.4. Teor relativo de água (TRA)

O TRA foi mensurado em folhas fotossinteticamente ativas, saudáveis e expostas ao sol, retiradas entre o 3º e 4º folíolo no terço superior da copa em 64 DAP. Discos foliares de 8 mm de diâmetro (em 4 repetições, cada repetição composta por 10 discos foliares) foram cortados com broca de cortiça, colocados em placas de petri e imediatamente pesados em balança semianalítica para determinação do peso fresco (PF). Posteriormente, os discos foram imersos em água destilada por 24h a 24 °C, posteriormente secos em papel filtro e determinado o peso túrgido (PT). Em seguida, os discos foram secos em estufa a 70 °C até adquirirem peso constante ($\pm 48\text{h}$), sendo então determinado o peso seco (PS). A porcentagem de TRA foi calculada por meio da fórmula, segundo Awachare et al. (2018): $\text{TRA (\%)} = [(\text{PF}-\text{PS}) / (\text{PT}-\text{PS})] \times 100$.

5.2.5. Aspectos físico-químicos

Após a colheita, as bagas foram armazenadas em isopor com gelo e transportadas rapidamente para o Laboratório de Ecofisiologia e Pós-Colheita da Universidade Federal de Sergipe-UFS, em seguida foram selecionadas amostras compostas por quatro cachos representativos de cada tratamento e pesadas em balança semianalítica digital. Logo após, foram realizadas as análises físico-químicas dos frutos. Para as análises de Teor de Sólidos Solúveis (SST), foi verificado o suco das bagas da uva por meio de um refratômetro digital de bancada com compensação automática de temperatura, expressando os resultados em °Brix (AOAC, 2005). Nesse momento, também foi determinada a firmeza (N) da polpa da baga com auxílio de um penetrômetro. As determinações do peagâmetro (pH) e da acidez total titulável (ATT) do suco das uvas foram realizadas utilizando um titulador potência métrico digital, e o teor de ATT por meio da titulação do suco das bagas com hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1M, expresso em porcentagem de ácido tartárico por 50 ml do suco, conforme a técnica da A.O.A. C. (2005).

5.2.6. Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), por meio do programa estatístico R (Bhering, 2017; Team, 2016), e as médias dos tratamentos comparadas entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) e ($p \leq 0,01$). Os gráficos e figuras foram plotados por meio do software SigmaPlot versão 12.5 (Software de Systat, San Jose, CA, EUA).

5.3. Resultados

5.3.1. Monitoramento do filme de partículas

O tratamento 100% FP apresentou valores médios de L^* de 80,2%, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. O tratamento 65% FP apresentou valores de L^* de 66,8%, significativamente maior quando comparados às plantas PS. Os tratamentos em plantas sob PS obtiveram valores inferiores de luminosidade (L^*) não diferindo estatisticamente entre si (Figura 2).

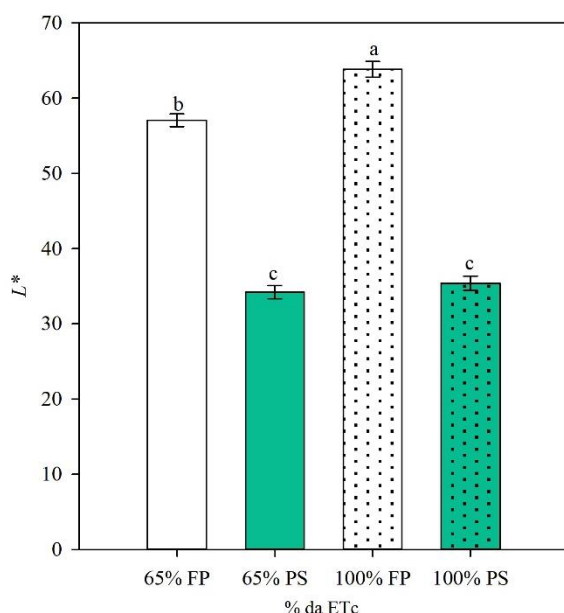


Figura 2: Luminosidade (L^*) das folhas da cv. Isabel Precoce com aplicação de CaO 7% (FP) e sob pleno sol (PS). As barras correspondem à média $\pm$ EP. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey. Significância: * ($p \leq 0,05$), ns (não significativo).

5.3.2. Trocas gasosas

O tratamento 100% FP apresentou a maior taxa fotossintética (A) com valor médio de $24,4 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 3A). Os tratamentos 100% PS e 65% FP não diferiram entre si, apresentando valores em torno de 19,3 e $20,1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente, enquanto que o tratamento 65% PS apresentou resultados significativamente inferiores, com $12,1 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ quando comparado aos demais tratamentos (Figura 3A).

A condutância estomática (g_s) e taxa de transpiração (E) nas plantas expostas ao sol foram maiores, principalmente no tratamento 100% PS com valores de $g_s = 0,18 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $E = 4,71 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Mesmo apresentando valores superiores, o tratamento 100% PS não diferiu do tratamento 65% PS, no qual apresentou valores de $g_s = 0,16 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $E = 4,81 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. (Figura 3B e 3C). Observou-se uma redução em g_s e E no tratamento 100% FP ($0,13 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $3,62 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente) em relação ao tratamento controle, o tratamento 65% FP apresentou expressiva redução nos valores de g_s e E ($0,08 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ e $2,58 \text{ mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente) diferindo estatisticamente de todos os demais tratamentos.

Eficiências intrínseca ($EIUA$) e instantânea (EUA) do uso da água apresentaram resultados superiores em videiras cultivadas com filme CaO 7%. Isso pode ser observado, por exemplo, no tratamento 65% FP com valores estimados em torno de 257,3 para $EIUA$, e 7,83 para EUA . O tratamento 100% FP também evidenciou aumento significativo nas $EIUA$ e EUA com valores 182,6 e 6,72, respectivamente. Por outro lado, plantas cultivadas sob PS apresentaram redução nas taxas relacionadas às eficiências. Isso ocorreu no tratamento 100% PS com valores em 101,4 $EIUA$ e 4,10 EUA , e de forma mais acentuada na EUA do tratamento 65% PS com valor médio de 2,1, diferindo significativamente dos demais tratamentos. A variável $EIUA$ no tratamento 65% PS (75,0), no entanto, não apresentou diferenças estatísticas em relação a 100% PS. (Fig. 3D e 3E).

A eficiência de carboxilação instantânea (*EIC*) em plantas cultivadas com uso de filme de partículas apresentou valor estimado para 100% FP em 0,15 pela razão A/C_i , diferindo estatisticamente das plantas com menor regime hídrico nas mesmas condições (Fig. 3F). O mesmo, porém, não ocorreu para os tratamentos em plantas sob pleno sol. Neste sentido, o tratamento 100% PS apresentou valores de 0,10 pela razão A/C_i e no geral, as plantas com menor regime hídrico não diferiram entre si, independentemente se havia sombreamento ou não (65% FP = 0,08 e 65% PS = 0,06) não diferindo mais ainda, do tratamento controle.

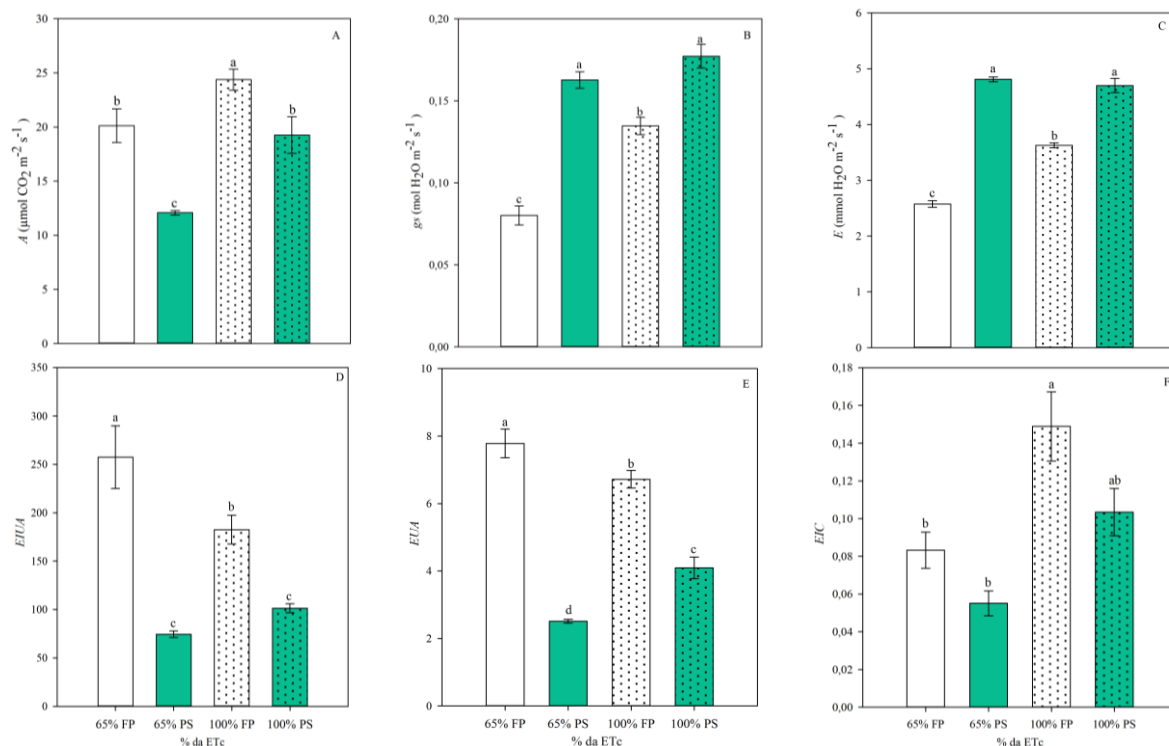


Figura 3: Efeito da aplicação de CaO 7%, em diferentes regimes hídricos, nas trocas gasosas: taxa fotossintética (A), condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (E) (Figuras 3A, 3B e 3C, respectivamente); eficiência intrínseca (EIUA) e eficiência instantânea (EUA) do uso da água (Figuras 3D e 3E); e eficiência instantânea de carboxilação (EIC) (Figura 3F) da cv. Isabel Precoce medidos entre às 12:00 e 13:00 h. As barras correspondem às médias $\pm$ EP. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey.

5.3.3. Teor relativo de água

Os valores de TRA expressos em porcentagem (%) demonstram que plantas cobertas por filme de partículas de CaO 7% possuem maior capacidade em armazenar água no interior de suas estruturas foliares independentemente do regime hídrico aplicado (Figura 4).

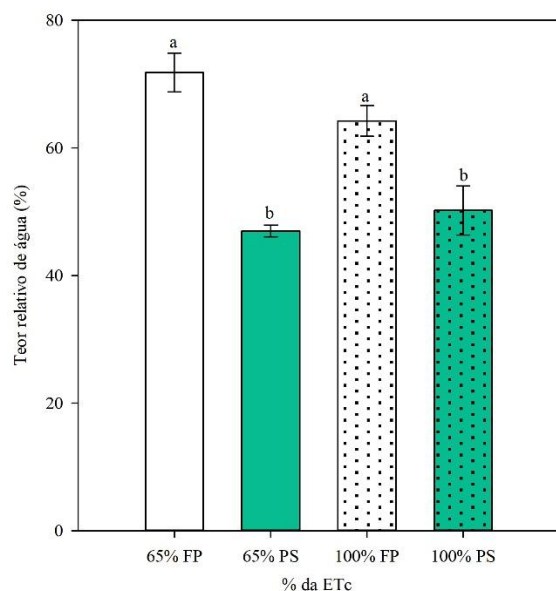


Figura 4: Efeito da aplicação de CaO 7%, sob diferentes regimes hídricos, no teor relativo de água (TRA%) em folhas da cv. 'Isabel Precoce'. As barras correspondem às médias $\pm$ EP. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey.

5.3.4. Aspectos físico-químicos

Os resultados das análises dos frutos demonstram que não houve diferença significativa pelo teste F para as variáveis (SST, pH, ATT e FMZ) comparando-se tratamentos, isto é, entre diferentes tipos de regimes hídricos e condições de sombreamento (Tabela 1).

Tabela 1. Influência da aplicação de CaO 7%, nos valores referentes aos atributos físico-químicos de frutos da cv. 'Isabel Precoce' submetidos a diferentes regimes hídricos no momento da pós colheita. Sólidos solúveis totais SST ($^{\circ}$ Brix), pH, ATT e firmeza de bagas (FMZ) (Newton). Os valores representam a média $\pm$ EP. Médias seguidas pela mesma letra minúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey. Significância: * ($p \leq 0,05$), ** ($p \leq 0,01$), ns (não significativo).

Tratamentos (n=4)	SST ($^{\circ}$ Brix)	pH	ATT	FMZ (N)
	ns	ns	ns	ns
65% FP	19,26 $\pm$ 0,23	3,41 $\pm$ 0,07	0,86 $\pm$ 0,12	1,92 $\pm$ 0,30
65% PS	19,57 $\pm$ 0,23	3,47 $\pm$ 0,03	0,87 $\pm$ 0,06	2,05 $\pm$ 0,27
100% FP	18,35 $\pm$ 0,18	3,33 $\pm$ 0,03	0,89 $\pm$ 0,03	2,92 $\pm$ 0,18
100% PS	19,31 $\pm$ 0,22	3,30 $\pm$ 0,04	0,88 $\pm$ 0,06	2,61 $\pm$ 0,22

5.4. Discussão

5.4.1. Monitoramento do filme de partículas

A aplicação de CaO 7% favoreceu uma refletância dos raios solares pelas folhas das videiras sob restrição hídrica, observado pelo aumento considerável de L^* . Em resultados similares com uso de CaO foram verificados que o filme proporcionou maiores respostas fisiológicas em cafeeiro (Silva et al., 2019a) e em videira (Silva et al., 2019b), melhorando o metabolismo energético da planta durante a fotossíntese.

Neste sentido, a concentração do filme (CaO 7%) promoveu a fotoproteção ao aparato fotossintético da cv. 'Isabel Precoce', quando comparado às plantas cultivadas apenas em condições de pleno sol, reduzindo o estresse causado pela restrição hídrica em diferentes níveis, enquanto permitiu que a videira aproveitasse seu maior potencial para utilização da energia

luminosa. Aspecto semelhante aos resultados, observou-se que os filmes de caulim e de carbonato de cálcio proporcionaram proteção ao aparato fotossintético de culturas como: romã (Weerakkody et al., 2010; Yazici et al., 2009), maçã (Glenn et al., 2002), manga (Chamchaporn et al., 2013), nozes (Gharaghani et al., 2018) e também videira (Dinis et al., 2016; Shellie; King, 2013). Resultados neste sentido comprovam que a utilização de filmes de partículas tem sido uma alternativa eficaz para o controle do excessivo desgaste metabólico/fisiológico das plantas.

5.4.2. Trocas gasosas

A aplicação de CaO 7% melhorou as relações hídricas da videira, com efeitos significativos nas trocas gasosas sob condições de restrição hídrica. O aumento dos valores de *A* nas plantas FP, indica que o filme favoreceu a atividade carboxilase da enzima RuBisCo com maior fixação CO₂ (Yamori et al., 2010), o filme também contribuiu significativamente para reduções dos valores em *gs* e *E*, comparado às plantas sob PS, prevenindo uma fotoinibição, além de impor o fechamento parcial dos estômatos nas videiras com 65% da ETc, melhorando o *status* da água em condições de menor rega, mitigando o efeito prejudicial da irradiância solar e da seca. Por outro lado, tendo em conta a redução na assimilação de CO₂ e *gs* mais elevada nas plantas sob PS, pode-se verificar que as limitações na videira são caracterizadas por limitações não-estomáticas do processo fotossintético (Pilon et al., 2018).

Relatos anteriores com uso de filmes particulados, evidenciaram respostas similares ao estudo com aumentos de *A* e reduções em *gs* e *E* em plantas de feijão e tangerina (Boari et al., 2015), porém em videira (Dinis et al., 2018, 2017), nozes persas (Gharaghani et al., 2018) e oliveiras (Brito et al., 2018), a aplicação foliar com filme aumentou *A* e *gs* sob condições estressantes no período de verão, apresentando menor estresse hídrico às plantas tratadas com filme. Recentemente estudos com filme CaO comprovaram aumento de *A* em feijoeiro sob restrição hídrica (Oliveira Junior et al., 2019), e em cafeeiro um aumento de *A* e reduções em *gs* e *E* em comparação ao controle (Silva et al., 2019a), indicando a eficiência dos filmes partículas na redução do estresse luminoso, na melhoria das atividades fotossintéticas e balanceamento hídrico em diversas culturas.

Os filmes de partículas também são capazes de refletir a radiação infravermelha (IR), PAR e UV (Brito et al., 2019a; Dinis et al., 2018; Glenn, 2016; Glenn et al., 2002) e eventualmente reduzir a regulação estomática da transpiração (Boari et al., 2015), o que pode modificar a eficiência do uso da água nas plantas (Glenn, 2016). Neste estudo, as eficiências intrínsecas (*EIUA*) e instantâneas (*EUA*) do uso da água avaliadas em dia ensolarado nas plantas 100% FP tiveram aumento de mais 80,1% e 64,2%, respectivamente. Em plantas com 65% FP, as eficiências foram superiores de mais 245% e 210%, respectivamente, comparado sob PS, comprovando que o filme obteve ação regulatória sob a perda de água por meio da transpiração em videiras mesmo sob alto pico de irradiância solar, melhorando a capacidade de balancear a perda de água com a atividade fotossintética (Casson; Gray, 2008), a melhoria de *EUA* em plantas FP promoveu maior assimilação de carbono para a mesma quantidade de transpiração.

Respostas semelhantes sobre as regulações hídricas foram constatadas com o uso de caulim em tomate (Boari et al., 2015), tangerinas e feijão (Boari et al., 2015), oliveiras (Denaxa et al., 2012) e o uso de carbonato de cálcio em maçãs (Glenn et al., 2003). Por outro lado, Boari et al. (2014) afirmam que a ação do filme sobre os parâmetros de trocas gasosas pode ser influenciada de acordo com horário da avaliação, estação do ano e condições ambientais. Diversas respostas de *EUA* foram encontradas, demonstrando que uso de filme de caulim aumentou a eficiência da água sob condições estressantes em diferentes culturas como toranja (Jifon; Syvertsen, 2003), tomate (AbdAllah, 2019; Boari et al., 2014; Cantore et al., 2009), nozes persas (Gharaghani et al., 2018) e, em videira, aumentou as eficiências instantânea *EUA* (Glenn et al., 2010) e intrínseca *EIUA* do uso da água (Brillante et al., 2016; Dinis et al., 2018, 2017), em contrapartida o filme não teve efeito sob oliveiras (Brito et al., 2018; Denaxa et al., 2012) ou reduziu a eficiência em maçãs (Glenn et al., 2003). Observando-se o aumento significativo nas variáveis de *A* e *EIC* de mais 26,5% e 47,6% respectivamente, no tratamento

100% FP em comparação ao controle, indicando que as plantas foram submetidas à aclimatização. O mesmo foi observado em oliveiras irrigadas tratadas com caulim (Denaxa et al., 2012) e em café tratado com CaO e CaCO₃ (Silva et al., 2019a).

5.4.3. Teor relativo de água

A aplicação de CaO 7% tem capacidade de reduzir a perda de água nos tecidos foliares, com consequente conservação do turgor e elevada captação de água pelas células do mesófilo (Brito et al., 2019b; S. Lisar et al., 2012). A alteração do balanço hídrico é uma resposta regularmente registrada das plantas a adversas condições ambientais (AbdAllah, 2019; Mikiciuk et al., 2015). O TRA é uma das variáveis fisiológicas mais utilizadas para a avaliação do balanço hídrico da planta (Mukiciuk et al., 2015), sendo expresso em forma de porcentagem do teor máximo de água que o tecido foliar é capaz de reter (Naus; Spundova, 2016).

Além disso, aumento de TRA foi verificado em outros estudos utilizando filme de partículas em diversas culturas como: oliveiras irrigadas em condições de seca (Denaxa et al., 2012), oliveiras jovens cultivadas em vasos sob condições hídricas severas (Brito et al., 2018b) e também na cultura do tomate sob mesmas condições de irrigação do controle (AbdAllah, 2019). O aumento do TRA também pode estar atribuído à redução da *gs* e *E*, como observado nas plantas FP (Figura 3B e 3C), confirmando que aplicação de CaO 7% foi responsiva pela ação regulatória sobre a perda de água por meio da transpiração das videiras, assim mantendo o sistema hídrico balanceado e, consequentemente, melhorando o desempenho fisiológico da videira.

5.4.4. Aspectos físico-químicos

Neste estudo, os regimes hídricos e a aplicação de CaO 7% não interferiu na qualidade do fruto da cv. 'Isabel Precoce', portanto não houve diferença significativa com as plantas sob PS. Assim, o filme além de manter a qualidade dos frutos, retém água no interior das suas estruturas foliares, melhorando a eficiência do uso da água principalmente para as plantas com 65% FP, indicando que a aplicação do filme pode ser uma das estratégias de manejo a ser adotada pelo viticultor para economia de água. Em estudo semelhante, utilizando filme de partículas em videira, observou-se que os tratamentos sob restrição hídrica foram diferenciados entre si, no entanto, o uso do filme não influenciou nos parâmetros de SST e pH das plantas (Song et al., 2012).

5.5. Conclusões

O filme de partículas de óxido de cálcio é capaz de promover sombreamento artificial e aumento da atividade fotossintética das folhas da cv. Isabel Precoce mesmo em condições de seca. As reduções observadas nas taxas de transpiração, condutância estomática e na perda de água nas plantas tratadas com filme, indicam que o óxido de cálcio aumenta as eficiências relacionadas ao uso da água, principalmente para as plantas com 65% FP, mitigando os efeitos da restrição hídrica na estação mais quente do Nordeste brasileiro. Assim, considerando as projeções climáticas, o uso do filme de CaO 7% em videira com 65% da ETc será o indicado para ser utilizado como alternativa valiosa para viticultura em período de seca ou até mesmo a fim de melhorar a economia de água e o desempenho fisiológico das videiras, sem prejuízo ao ciclo de produção, melhorando o aparato fotossintético, a eficiência do uso da água, mantendo o teor de água nos tecidos foliares e a qualidade dos frutos.

5.6. Referências Bibliográficas

AbdAllah, A., 2019. Impacts of Kaolin and Pinoline foliar application on growth, yield and water use efficiency of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) grown under water deficit: A comparative study. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences 18, 256–268.

- <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.08.001>
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Crop Evapotranspiration 56, 1–326.
- AOAC— Association of official analytical chemists (2005). Gaithersburg, USA: AOAC International The Scientific Association.
- Awachare, C.M., Kurian, R.M., Upreti, K.K., Laxman, R.H., 2018. Morpho-physiological diversity in *Annona* species. *Scientia Horticulturae* 234, 58–62. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.005>
- Baggiolini, M., 1952. Les stades repères dans le développement annuel de la vigne. *Revue Romande d' Agriculture, de Viticulture et d'Arboriculture*, Lausanne, v. 8, p. 4-6.
- Bernardo, S., Dinis, L.-T., Luzio, A., Pinto, G., Meijón, M., Valledor, L., Conde, A., Gerós, H., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J., 2017. Kaolin particle film application lowers oxidative damage and DNA methylation on grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Environmental and Experimental Botany* 139, 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.04.002>
- Bhering, L.L., 2017. Rbio: A tool for biometric and statistical analysis using the R platform. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 17, 187–190. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2s29>
- Bindon, K., Dry, P., Loveys, B., 2008. Influence of partial rootzone drying on the composition and accumulation of anthocyanins in grape berries (*Vitis vinifera* cv . Cabernet Sauvignon). *Australian Journal of Grape and Wine Research* 14, 91–103. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2008.00009.x>
- Boari, F., Donadio, A., Pace, B., Schiattone, M.I., Cantore, V., 2016. Kaolin improves salinity tolerance, water use efficiency and quality of tomato. *Agricultural Water Management* 167, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.12.021>
- Boari, F., Donadio, A., Schiattone, M.I., Cantore, V., 2015. Particle film technology: A supplemental tool to save water. *Agricultural Water Management* 147, 154–162. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2014.07.014>
- Boari, F., Cucci, G., Donadio, A., Schiattone, M.I., Cantore, V., 2014. Kaolin influences tomato response to salinity: physiological aspects. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 64, 559–571. <https://doi.org/10.1080/09064710.2014.930509>
- Brillante, L., Belfiore, N., Gaiotti, F., Lovat, L., Sansone, L., Poni, S., Tomasi, D., 2016. Comparing Kaolin and Pinolene to Improve Sustainable Grapevine Production during Drought. *PLOS ONE* 11, e0156631. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156631>
- Brito, C., Dinis, L.-T., Ferreira, H., Rocha, L., Pavia, I., Moutinho-Pereira, J., Correia, C.M., 2018. Kaolin particle film modulates morphological, physiological and biochemical olive tree responses to drought and rewatering. *Plant Physiology and Biochemistry* 133, 29–39. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.10.028>
- Brito, C., Dinis, L.-T., Luzio, A., Silva, E., Gonçalves, A., Meijón, M., Escandón, M., Arrobas, M., Rodrigues, M.Â., Moutinho-Pereira, J., Correia, C.M., 2019a. Kaolin and salicylic acid alleviate summer stress in rainfed olive orchards by modulation of distinct physiological and biochemical responses. *Scientia Horticulturae* 246, 201–211. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.059>
- Brito, C., Dinis, L.-T., Moutinho-Pereira, J., Correia, C., 2019b. Kaolin, an emerging tool to alleviate the effects of abiotic stresses on crop performance. *Scientia Horticulturae* 250, 310–316. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.070>
- Camargo, U.A., 2004. ‘Isabel Precoc’: Alternativa para a Vitivinicultura Brasileira. Comunicado Técnico-54 da Embrapa Uva e Vinho. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.02.070>
- Cantore, V., Pace, B., Albrizio, R., 2009. Kaolin-based particle film technology affects tomato physiology, yield and quality. *Environmental and Experimental Botany* 66, 279–288. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.03.008>
- Casson, S., Gray, J.E., 2008. Influence of environmental factors on stomatal development. *New phytologist* 178, 9–23. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02351.x>

- Chamchaporn, T., Jutamanee, K., Kasemsap, P., Vaithanomsat, P., Henpitak, C., 2013. Effects of Kaolin Clay Coating on Mango Leaf Gas Exchange, Fruit Yield and Quality. *Kasetsart Journal - Natural Science* 47, 479–491.
- Conde, A., Pimentel, D., Neves, A., Dinis, L.-T., Bernardo, S., Correia, C.M., Gerós, H., Moutinho-Pereira, J., 2016. Kaolin Foliar Application Has a Stimulatory Effect on Phenylpropanoid and Flavonoid Pathways in Grape Berries. *Frontiers in Plant Science* 7, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01150>
- Deloire, A., Carbonneau, A., Wang, Z., Ojeda, H., 2004. Vine and water a short review. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 38, 1–13. <https://doi.org/10.20870/oenone.2004.38.1.932>
- Denaxa, N.K., Roussos, P.A., Damvakaris, T., Stournaras, V., 2012. Comparative effects of exogenous glycine betaine, kaolin clay particles and Ambiol on photosynthesis, leaf sclerophylly indexes and heat load of olive cv. Chondrolia Chalkidikis under drought. *Scientia Horticulturae* 137, 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.01.012>
- Dinis, L.T., Bernardo, S., Luzio, A., Pinto, G., Meijón, M., Pintó-marijuan, M., Cotado, A., Correia, C., Moutinho-pereira, J., 2018. Kaolin modulates ABA and IAA dynamics and physiology of grapevine under Mediterranean summer stress. *Journal of Plant Physiology* 220, 181–192. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2017.11.007>
- Dinis, L.T., Malheiro, A.C., Luzio, A., Fraga, H., Ferreira, H., Gonçalves, I., Pinto, G., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J., 2017. Improvement of grapevine physiology and yield under summer stress by kaolin-foliar application: water relations, photosynthesis and oxidative damage. *Photosynthetica* 56. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0714-3>
- Dinis, L.T., Ferreira, H., Pinto, G., Bernardo, S., Correia, C.M., Moutinho-Pereira, J., 2016. Kaolin-based, foliar reflective film protects photosystem II structure and function in grapevine leaves exposed to heat and high solar radiation. *Photosynthetica* 54, 47–55. <https://doi.org/10.1007/s11099-015-0156-8>
- Flexas, J., Galmés, J., Gallé, A., Gulias, J., Pou, A., Ribas-carbo, M., Tomàs, M., Medrano, H., 2010. Improving water use efficiency in grapevines: potential physiological targets for biotechnological improvement. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 16, 106–121. <https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2009.00057.x>
- Gharaghani, A., Mohammadi Javarzari, A., Vahdati, K., 2018. Kaolin particle film alleviates adverse effects of light and heat stresses and improves nut and kernel quality in Persian walnut. *Scientia Horticulturae* 239, 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.05.024>
- Glenn, D.M., 2016. Effect of highly processed calcined kaolin residues on apple water use efficiency. *Scientia Horticulturae* 205, 127–132. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.04.022>
- Glenn, D.M., Cooley, N., Walker, R., Clingeleffer, P., Shellie, K., 2010. Impact of Kaolin Particle Film and Water Deficit on Wine Grape Water Use Efficiency and Plant Water Relations. *Hortscience* 45, 1178–1187.
- Glenn, D.M., Erez, A., Gundrum, P., 2003. Particle Films Affect Carbon Assimilation and Yield in ‘ Empire ’ Apple. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128, 356–362.
- Glenn, D.M., Prado, E., Erez, A., McFerson, J., Puterka, G.J., 2002. 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, 188–193. <https://doi.org/10.21273/jashs.127.2.188>
- Jifon, J.L., Syvertsen, J.P., 2003. Kaolin Particle Film Applications Can Increase Photosynthesis and Water Use Efficiency of ‘ Ruby Red ’ Grapefruit Leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 128, 107–112.
- Khaleghi, E., Arzani, K., Moallemi, N., Barzegar, M., 2015. The efficacy of kaolin particle film on oil quality indices of olive trees (*Olea europaea* L.) cv ‘ Zard ’ grown under warm and semi-arid region of Iran. *Food Chemistry* 166, 35–41.

- <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.006>
- Lovisol, C., Hartung, W., Schubert, A., 2002. Whole-plant hydraulic conductance and root-to-shoot flow of abscisic acid are independently affected by water stress in grapevines. *Functional Plant Biology* 29, 1349–1356. <https://doi.org/10.1071/FP02079>
- Lovisol, C., Lavoie-Lamoureux, A., Tramontini, S., Ferrandino, A., 2016. Grapevine adaptations to water stress: new perspectives about soil/plant interactions. *Theoretical and Experimental Plant Physiology* 28, 53–66. <https://doi.org/10.1007/s40626-016-0057-7>
- Lovisol, C., Perrone, I., Carra, A., Ferrandino, A., Flexas, J., Medrano, H., Schubert, A., 2010. Drought-induced changes in development and function of grapevine (*Vitis* spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: A physiological and molecular update. *Functional Plant Biology* 37, 98–116. <https://doi.org/10.1071/FP09191>
- Maroli, L., Citadin, I., Sachet, M.R., Scariotto, S., Wagner Junior, A., 2014. Produção de mudas de videira cv. Bordô/Paulsen 1103 pela enxertia de mesa com estratificação. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36, 673–679. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-359/13>
- Machado, E. C., Junior da Silva, C. D., Fernandes, P.D., Sobral, L. F., Brito, M. E. B., Dantas, J. D. M., 2005. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 40, n. 12, p. 1161- 1170.
- Melo, A. S., Schmidt, P. T., Medina, C. L., Ribeiro, R. V., 2009. Alterações das características fisiológicas da bananeira sob condições de fertirrigação. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 39, n. 3, p. 733-741.
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J.M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J., Bota, J., 2015. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0280-z>
- Mikiciuk, G., Mikiciuk, M., Ptak, P., 2015. The effects of anitranspirant DI-P-menthene on some physiological traits of strawberry. *Journal of Ecological Engineering* 16, 161–167. <https://doi.org/10.12911/22998993/59366>
- Naus, J., Spundova, M., 2016. Chloroplast avoidance movement as a sensitive indicator of relative water content during leaf desiccation in the dark. *Photosynthesis Research* 129, 217–225. <https://doi.org/10.1007/s11120-016-0291-5>
- Neethling, E., Petitjean, T., Quérol, H., 2017. Assessing local climate vulnerability and winegrowers ' adaptive processes in the context of climate change. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 22, 777–803. <https://doi.org/10.1007/s11027-015-9698-0>
- Oliveira Junior, L.F.G. de, Santos, P.L. de S., Lima, R.S.N. de, Silveira, M.P.C., Fagundes, J.L., Carnelossi, M.A.G., Reis, F. de O., 2019. Physiological parameters of cowpea treated with CaO-based particle film and subjected to water restriction. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 54. <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2019.v54.00033>
- Pilon, C.; Snider, J.L.; Sobolev, V.; Chastain, D.R.; Sorensen, R.B.; Meeks, C.D.; Massa, A.N.; Walk, T.; Singh, B.; Earl, H.J., 2018. Assessing stomatal and non-stomatal limitations to carbon assimilation under progressive drought in peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Plant Physiology*, v. 231, p. 124–134.
- Peel, M., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11, 1633–1644. <https://doi.org/10.5194/hess-11-1633-2007>
- S. Lisar, S.Y., Motafakkerazad, R., M., M., M. Rahm, I.M., 2012. Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses. *Water Stress* 1–15. <https://doi.org/10.5772/39363>
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.Á., Lumberras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Cunha, T.J.F., Oliveira, J.B., 2018. Sistema brasileiro de classificação de Solos, 5th ed. Embrapa, Brasília. <https://doi.org/ISBN 978-85-7035-198-2>
- Sato, A.J., Botelho, R.V., Broetto, D., Marchi, T., Oliari, I.C.R., 2016. Immobilization and nutrient uptake in 'early isabella' grapevines grafted on different rootstocks in organic management. *Semina: Ciências Agrárias* 37, 1201–1208. <https://doi.org/10.5433/1679->

0359

- Shellie, K.C., King, B.A., 2013. Kaolin particle film and water deficit influence malbec leaf and berry temperature, pigments, and photosynthesis. *American Journal of Enology and Viticulture* 64, 223–230. <https://doi.org/10.5344/ajev.2012.12115>
- Silva, P.S.O., Oliveira, L.F.G., Gonzaga, M.I. Silva, Sena, E. de O.A., Maciel, L.B. dos S., Fiaes, M.P., Mattos, E.C. de, Carnellosi, M.A.G., 2019a. Effects of calcium particle films and natural shading on ecophysiological parameters of conilon coffe. *Scientia Horticulturae* 245, 171–177. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.010>
- Silva, P.S.O., de Oliveira, L.F.G., de Mattos, E.C., dos Santos Maciel, L.B., dos Santos, M.P.F., de Oliveira Alves Sena, E., Borges Barbosa, N.T., Gutierrez Carnellosi, M.A., Fagundes, J.L., 2019b. Calcium particle films promote artificial shading and photoprotection in leaves of American grapevines (*Vitis labrusca* L.). *Scientia Horticulturae* 252, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.041>
- Silva, P.S., de Oliveira Alves Sena, E., Silva Gonzaga, M.I., Ganassali de Oliveira, L.F., dos Santos Maciel, L.B., Pinheiro Fiaes dos Santos, M., Costa de Mattos, E., Lima Dias, K.L., Botelho Carneiro, R., Gutierrez Carnellosi, M.A., 2019c. Calcium carbonate particle films and water regimes affect the acclimatization, ecophysiology and reproduction of tomato. *Environmental and Experimental Botany* 165, 19–29. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2019.05.017>
- Song, J., Shellie, K.C., Wang, H., Qian, M.C., 2012. Influence of deficit irrigation and kaolin particle film on grape composition and volatile compounds in Merlot grape (*Vitis vinifera* L.). *Food Chemistry* 134, 841–850. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.193>
- Team, R. core, 2016. R 3.2.5: A language and environment for statistical computing. [WWW Document]. R Foundation for Statistical Computing. Accessed: 08.05.19
- Van Leeuwen, C., Tregoat, O., Choné, X., Bois, B., Pernet, D., Gaudillère, J.P., 2009. Vine water status is a key factor in grape ripening and vintage quality for red bordeaux wine. How can it be assessed for vineyard management purposes? *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 43, 121–134.
- Weerakkody, P., Jobling, J., Infante, M.M.V., Rogers, G., 2010. The effect of maturity, sunburn and the application of sunscreens on the internal and external qualities of pomegranate fruit grown in Australia. *Scientia Horticulturae* 124, 57–61. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.12.003>
- Yamori, W., Evans, J.R., Caemmerer, S. Von, 2010. Effects of growth and measurement light intensities on temperature dependence of CO₂ assimilation rate in tobacco leaves. *Plant, Cell and Environment* 33, 332–343. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2009.02067.x>
- Yazici, K., Akdeniz, B., Kaynak, L., 2009. Effects of kaolin and shading treatments on sunburn on fruit of hicaznar cultivar of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Hicaznar). *Acta Horticulturae* 818, 167–174.
- Zufferey, V., Spring, J., Verdenal, T., Dienes, A., Belcher, S., Lorenzini, F., Koestel, C., Rosit, J., Gindro, K., Spangenberg, J.E., Viret, O., 2017. Influence of water stress on plant hydraulics , gas exchange , berry composition and quality of Pinot noir wines in Switzerland. *Oeno One* 51, 17–27.
- Zufferey, V., Verdenal, T., Dienes, A., Belcher, S., Lorenzini, F., Koestel, C., Rösti, J., Gindro, K., Spangenberg, J.E., Viret, O., Spring, J., 2018. The impact of plant water status on the gas exchange , berry composition and wine quality of Chasselas grapes in Switzerland. *Oeno One* 52, 333–347.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estratégia de aplicação do filme de partículas de óxido de cálcio (CaO 7%), associado ao regime hídrico aplicado no estágio fenológico de frutificação no segundo ciclo de produção da videira cv. Isabel Precoce, promoveram sombreamento artificial, fotoproteção, melhoria no desempenho fisiológico e agrônômico das plantas, aumento na eficiência do fluxo de elétrons energizados pelos fotossistemas e pela cadeia de transporte de elétrons, além de melhorarem os índices de performances das plantas tratadas com CaO ao meio dia. Além disso, há economia no uso da água em até 35%, especialmente para as plantas com 65% da ETc com filme, mesmo sob condições climáticas locais.

Nossos resultados também mostraram que as videiras tratadas com filme de partículas propiciaram melhoria na atividade fotossintética, reduziram a perda de água nos tecidos foliares e aumentaram a capacidade de armazenamento de água nas plantas. O filme não influenciou os parâmetros físico-químicos da uva, mantendo a qualidade dos frutos e aumentando a produtividade, mesmo com a redução do fornecimento de água às plantas. Portanto, o uso da tecnologia de filme de partículas de cálcio associado ao menor volume de água pode ser uma estratégia importante para viticultura sustentável brasileira, aliviando os efeitos da restrição hídrica no período de verão na região Nordeste do Brasil ou em outras regiões áridas.