

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**EFEITO DE COBERTURAS POLIMÉRICAS
CONTENDO COMPOSTOS NATURAIS SOBRE O
CRESCIMENTO DA PLANTA E O MANEJO DO OÍDIO
EM *Hibiscus sabdariffa* L.**

WILLIAN VIEIRA GONÇALVES

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018**

**EFEITO DE COBERTURAS POLIMÉRICAS CONTENDO
COMPOSTOS NATURAIS SOBRE O CRESCIMENTO DA
PLANTA E O MANEJO DO OÍDIO EM *Hibiscus sabdariffa* L.**

WILLIAN VIEIRA GONÇALVES
Engenheiro Agrônomo
Mestre em Agronomia

Orientadora: PROF^a. DR^a. MARIA DO CARMO VIEIRA
Co-orientadora: PROF^a. DR^a. FARAYDE MATTÁ FAKHOURI

Tese apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados,
como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em
Agronomia – Produção Vegetal, para obtenção do título de
Doutor.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

G642e Gonçalves, Willian Vieira

Efeito de coberturas poliméricas contendo compostos naturais sobre o crescimento da planta e o manejo do oídio em *Hibiscus sabdariffa* L. / Willian Vieira Gonçalves -- Dourados: UFGD, 2018.
60f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Maria do Carmo Vieira

Co-orientadora: Farayde Matta Fakhouri

Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias,
Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Filmes antimicrobianos. 2. *Hibiscus sabdariffa*. 3. *Schinus terebinthifolius*. 4. *Schinus molle*. 5. Manejo alternativo de doenças de plantas.

I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

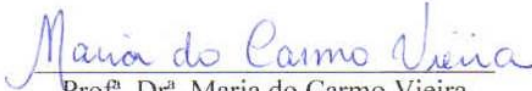
**EFEITO DE COBERTURAS POLIMÉRICAS CONTENDO COMPOSTOS
NATURAIS SOBRE O CRESCIMENTO DA PLANTA E O MANEJO DO OÍDIO
EM *Hibiscus sabdariffa* L.**

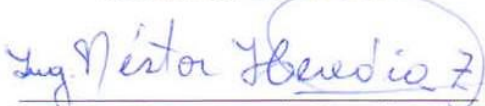
por

WILLIAN VIEIRA GONÇALVES

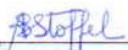
Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR EM AGRONOMIA.

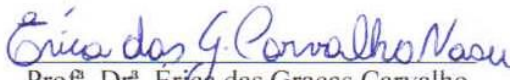
Aprovada em: 5/3/2018


Prof.^a. Dr.^a. Maria do Carmo Vieira
Orientadora UFGD-FCA


Prof. Dr. Néstor Antonio Heredia Zárate
UFGD-FCA


Prof. Dr. Cláudio Rodrigo Nogueira
UFGD-FACET


Prof.^a. Dr.^a. Adriana Viana Schwan-
Stoffel
Unigran


Prof.^a. Dr.^a. Érica das Graças Carvalho
Nasu

*A YESHUA (JESUS) que me resgatou,
Morrendo no meu lugar
Me permitindo ser filho de Deus,
E que foi o meu principal orientador.*

*À minha querida mãe
Que sempre cuidou de mim
E me auxiliou em todos os momentos.*

Ao meu pai.

*À minha família sanguínea.
À minha família pelo Sangue de Cristo.*

***Filho, se você parar de aprender, logo esquecerá o
que sabe. Pv 19. 27***

AGRADECIMENTOS

À UFGD, pela oportunidade de realizar a pós-graduação em Agronomia – Produção Vegetal.

Ao CNPq e Fundect-MS pelas bolsas concedidas e à CAPES, pelo apoio financeiro.

Às Professoras Dr^a. Maria do Carmo Vieira, Dr^a Farayde Matta Fakhouri e Dr^a. Lilian Maria Arruda Bacchi, pela orientação, ensinamentos, auxílio e compreensão.

Ao Professor Dr. Néstor Antonio Heredia Zárate e aos colegas do grupo de pesquisa em Olericultura e Plantas Medicinais da UFGD, pela amizade, companheirismo e serviço.

SUMÁRIO

PÁGINA

SUMÁRIO	v
Capítulo 1: Artigo de Revisão - Coberturas biodegradáveis antimicrobianas no manejo integrado de doenças e crescimento vegetal	8
1. Introdução	9
2.1. Polímeros formadores de filmes	9
2.2 Coberturas filmogênicas	10
2.3 Antitranspirantes.....	12
3. Componentes e Ação de Produtos no Manejo Alternativo de Doenças	12
4. Componentes e Ação de Matrizes Poliméricas no Crescimento da Planta	16
4.1 Efeitos na fisiologia básica	17
4.1.1 Germinação e emergência.....	17
4.1.2 Bioestimulante vegetal.....	17
4.1.3 Controle da qualidade de frutos e amadurecimento.....	18
4.2.1 Efeitos na fisiologia do estresse.....	19
4.2.1 Estresses abióticos	19
4.2.1.1 Estresse hídrico.....	19
4.2.1.2 Estresse salino.....	20
4.2.1.3 Estresse térmico	21
4.2.1.3.1 Baixas temperaturas.....	21
4.2.1.3.2 Altas temperaturas	21
4.2.1.4 Estresse gasoso - Ozônio (O ₃)	22
5 Considerações finais	22
6 Referências.....	23
Capítulo 2: Coberturas Poliméricas Antimicrobianas para Manejar o Oídio na Rosela	29
Resumo	30
Materiais e Métodos	34
Implantação e manutenção da cultura.....	34
Produtos utilizados no preparo das soluções filmogênicas.....	35
Preparo das soluções filmogênicas	36
Aplicação das coberturas	36
Avaliação do aquecimento foliar	37
Avaliação do crescimento e produtividade.....	37
Avaliação da severidade do oídio	37
Análise estatística	38
Resultados.....	39
Efeitos da aplicação de coberturas comestíveis sobre o aquecimento foliar	39
Efeitos da aplicação de coberturas comestíveis sobre o crescimento e produtividade da planta.....	40
Efeitos da aplicação de coberturas comestíveis sobre a severidade da doença	44
Discussão	49
Conclusões.....	53
Literatura Citada	54

GONÇALVES, W. V. **Efeito de coberturas poliméricas contendo compostos naturais sobre o crescimento da planta e o manejo do oídio em *Hibiscus sabdariffa* L.** 2018. 60 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

RESUMO GERAL

As coberturas comestíveis são formadas a partir de matrizes poliméricas orgânicas contendo substâncias que não provocam prejuízos aos seres vivos ou que promovam melhorias em seu organismo. As matrizes orgânicas são biodegradáveis e possuem características medianamente moldáveis. Ao mesmo tempo, os compostos antimicrobianos naturais possuem boa perspectiva de uso pelo menor impacto aos seres vivos e ambiente. No entanto, são facilmente degradados, quando aplicados *in situ*. Por isso, a proteção desses compostos é imprescindível para serem usados em campo no controle de doenças de plantas. As coberturas comestíveis têm-se mostrado capazes de fazer esse carreamento. Porém, seu efeito sobre a fisiologia e desenvolvimento das plantas em crescimento ainda é pouco conhecido, e podem ser indicados pelos efeitos provocados pelos antitranspirantes, que também são matrizes poliméricas aplicadas em campo para reduzir a transpiração das plantas, os efeitos da geada e do estresse salino das plantas. No primeiro capítulo, fazemos uma revisão sobre a aplicação dessa classe de compostos e seu efeito no manejo alternativo de doenças e desenvolvimento de plantas. No segundo capítulo, preparamos e testamos coberturas comestíveis para controlar o oídio na cultura da *Hibiscus sabdariffa*. Aplicamos as seguintes substâncias: cobertura comestível 1) com amido e água (COB1), 2) com amido e extrato de *Schinus terebinthifolius* (EXT) (COB2), 3) com amido, gelatina e EXT (COB3) e 4) com amido, gelatina, EXT, 0,1 mg mL⁻¹ de água, e óleo de *S. molle* (ÓLEO), 0,3 mg mg⁻¹ de amido (COB4), e o 5) EXT e a 6) água (TEST) nos períodos do ciclo da cultura de 56 - 184 dias após o transplantio (DAT) ou de 112 - 268 DAT. Os resultados não indicam efeito de aquecimento foliar pelas coberturas. Indicam que o EXT e o ÓLEO reduzem a produção de folha da planta, produto comercial em determinadas regiões do mundo. As coberturas não afetaram a produção de frutos e, inconsistentemente, reduziram o diâmetro dos frutos. Porém, a COB4 controlou até 45% o oídio nas folhas em relação à ausência da cobertura, melhorando a qualidade do produto comercializado. Por isso, as coberturas comestíveis parecem ser possíveis participantes no manejo de doenças de plantas carreando compostos antimicrobianos no campo.

Palavras-chave: filmes antimicrobianos, *Hibiscus sabdariffa*, *Schinus terebinthifolius*, *Schinus molle*, manejo alternativo de doenças de plantas

GONÇALVES, W. V. **Edible coatings with bioactive composts acting on plant development and powdery mildew control in roselle (*Hibiscus sabdariffa*)**. 2018. 60p. Thesis (Doctorate in Agronomy – Vegetable Production) – Grande Dourados Federal University, Dourados, MS.

ABSTRACT: Edible coatings are formed from organic polymer matrices containing substances that do not cause damage to life or that promote improvements in your body. Organic matrices are biodegradable and have moderately formable features. In addition, natural antimicrobial compounds have a good outlook of use because of the lower impact on life and environment. However, they are easily degraded when applied in field. Therefore, the protection of these compounds is essential to be used in the field in the control of plant diseases. The edible coatings have been shown to be able to do this. However, its effect on the physiology and development of growing plants is still poorly understood, and may be indicated by the effects of antitranspirants, which are also field-applied polymer matrices to reduce plant transpiration and the effects of frost and saline stress on plants. In the first chapter, we review the application of this class of compounds and their effect on alternative management of diseases and plant development. In the second chapter, we prepared and tested edible coatings to control the powdery mildew in *Hibiscus sabdariffa*. We applied the following substances: 1) edible coating (EC) with starch and water (COB1), 2) EC with starch and *Schinus terebinthifolius* extract (EXT, 0.1 mg mL⁻¹ of water) (COB2), 3) EC with starch, gelatin and EXT (COB3) and 4) EC with starch, gelatin, EXT, and *S. molle* oil (OIL, 0.3 mg mg⁻¹ of starch) (COB 4), and 5) EXT and 6) water (control) in the periods of the crop cycle from 56 - 184 days after transplanting (DAT) or from 112 - 268 DAT. Our results do not indicate foliar warming effect by the coatings. They indicate that the EXT and OIL reduce the production of leaf of the plant, commercial product in certain regions of the world. The coatings did not affect fruit production and, inconsistently, reduced fruit diameter. However, the COB4 controlled up to 45% the powdery mildew in the leaves in relation to water, improving the quality of the commercialized product. Therefore, edible coatings are a promising tool in the management of plant diseases carrying antimicrobial compounds in the field.

Keywords: film-forming polymers, particle films, *Schinus terebinthifolius*, *Schinus molle*, alternative plant disease management

Capítulo 1: Artigo de Revisão - Coberturas biodegradáveis antimicrobianas no manejo integrado de doenças e crescimento vegetal¹

Resumo

Os fungicidas sintéticos são as principais ferramentas para o controle de doenças de plantas. No entanto, cresce a preocupação com o meio ambiente, devido ao efeito estufa, a poluição e a extinção de espécies. Bem como, com os possíveis prejuízos à saúde humana provocados pelos agroquímicos. Por isso, o alvo das pesquisas tem sido melhorar a eficiência desses produtos, e encontrar possíveis substitutos que sejam eficientes e tenham baixo impacto ambiental. Diversos compostos naturais possuem atividade biológica. Porém, muitos têm baixa persistência pela sua instabilidade físico-química. Os polímeros já são usados como adjuvantes de pulverização de fungicidas sintéticos, melhorando a eficiência do produto e da aplicação. Mas, pesquisas indicam os polímeros como controladores de doenças e como potenciais carreadores de produtos antimicrobianos naturais protegendo-os e melhorando sua eficácia. Então, discutiremos aqui os possíveis polímeros carreadores e os agentes carreados com potencial de uso no controle de doenças e que não prejudiquem o crescimento das plantas.

Abstract

Synthetic fungicides are the main tools for controlling plant diseases. However, there is growing concern about the environment, due to the greenhouse effect, pollution and extinction of species. As well, with the possible damage to human health caused by agrochemicals. Therefore, the goal of research has been to improve the efficiency of these products, and to find possible substitutes that are efficient and have low environmental impact. Several natural compounds have biological activity. However, many have low persistence due to their physicochemical instability. The polymers are already used as spray adjuvants of synthetic fungicides, improving the efficiency of the product and the application. But research indicates that polymers as disease controllers and as potential carriers of natural antimicrobial products protect them and improve their effectiveness. Therefore, we will discuss here the possible carrier polymers and the agents carried with potential of use in the control of diseases and that do not affect the growth of the plants.

¹Capítulo redigido e formatado segundo as Normas do Programa de Pós-graduação em Agronomia – UFGD (2007), com citações seguindo a NBR 10520/2002 e, referências, a NBR 6023/2002.

1. Introdução

As coberturas biodegradáveis são polímeros suscetíveis a degradação por atividade biológica, que reduz sua massa molar (IUPAC, 2014). Os polímeros participam desde a nossa alimentação até o vestuário. Podem ser orgânicos ou inorgânicos, naturais ou sintéticos (OJEDA, 2013).

O uso crescente de polímeros sintéticos trouxe preocupações pela alta persistência no meio ambiente, porque podem durar no ambiente de meses até dezenas de anos e ainda assim não serem completamente degradados. Além disso, até a total decomposição, podem afetar a fauna e a flora terrestre e marinha (MOORE, 2008). Por outro lado, os polímeros naturais têm baixa persistência no ambiente e são biodegradáveis. Por isso, os focos das pesquisas atuais estão em desenvolver e produzir biopolímeros ou polímeros semissintéticos, que substituam os sintéticos (THAKUR; THAKUR; GUPTA, 2013).

Os polímeros estão na agricultura, por exemplo servindo como aditivos na aplicação de agroquímicos, controladores de liberação de nutrientes em fertilizantes, antitranspirantes, anticongelantes, pós-colheita, entre outros. Na pós-colheita, altera ou modifica ambientes de produtos armazenados, aumentando sua vida de prateleira, por reduzir a respiração, a transpiração, a emissão de etileno e as doenças (AKELAH, 2013). Nesta revisão, focaremos na ação de coberturas comestíveis com compostos químicos naturais sobre o crescimento vegetal e manejo alternativo de doenças de plantas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Polímeros formadores de filmes

Os polímeros formadores de filmes são emulsões que aspergidas sobre a superfície foliar formam filme mais permeável ao CO₂ e O₂ do que ao vapor de água (GALE; POLJAKOFF-MAYBER, 1967). Quando aplicados, as moléculas/macromoléculas estão dispersas em água. A água evapora e as partículas entram em contato com a temperatura ambiente, maior que a temperatura mínima de formação de filme do polímero. Com o passar do tempo as partículas se arranjam, em temperatura ambiente maior que a temperatura de transição vítrea formando filme resistente (RIBEIRO; BALEIZÃO; FARINHA, 2014).

As características físico-químicas mais importantes dos polímeros são uniformidade, espessura, opacidade, solubilidade em água, força de tensão, alongação até a quebra, módulo de elasticidade, resistência ao vapor de água, permeabilidade ao CO₂ e O₂, microestrutura, cristalinidade, permeabilidade as radiações ultra-violeta e fotossinteticamente ativa e estabilidade térmica (CHAUHAN; KAITH, 2012; OCHOA et al., 2017).

Os filmes podem ser denominados de filmes e coberturas filmogênicas. Os filmes são formados sobre suporte e as coberturas filmogênicas, sobre o local que se deseja formar o filme (KROCHTA; MULDER-JOHNSTON, 1997 citados por MCHUGH, 2000). Os filmes e as coberturas podem fornecer barreira a gases, vapores, solutos, lipídios, aromas, além da proteção mecânica contra deterioração física, química e microbiológica, e servir como veículo de aditivos e compostos ativos (FAKHOURY et al., 2012).

Os filmes e coberturas comestíveis possuem propriedades dependentes dos materiais utilizados em sua produção, que dependem do tipo e condições de armazenamento do produto a ser protegido. Em geral, filmes e cobertura devem apresentar propriedades sensoriais boas, propriedades mecânicas e de barreira a gás desejáveis, estabilidades bioquímica, físico-química e microbiológica adequadas, ausência de materiais tóxicos e segurança para o consumo humano, tecnologia de fabricação simples, características não poluentes, e matérias-primas e processos de fabricação devem ser preferencialmente de baixo custo (DEBEAUFORT; QUEZADA-GALLO; VOILLEY, 1998).

Os filmes e coberturas, também, podem transportar ingredientes alimentícios, como antioxidantes, antimicrobianos e flavorizantes, bem como melhorar a integridade mecânica ou as características de manuseio do alimento (FAKHOURI et al., 2007). Porém, a efetividade dos compostos antimicrobianos quando incorporados em polímeros pode ser reduzida em relação ao composto isolado, devido à presença de outros compostos no filme ou cobertura que podem reter parte desses compostos (OCHOA et al., 2017).

2.2 Coberturas filmogênicas

As coberturas filmogênicas são compostas pelo solvente, a matriz ou base do polímero, aditivos (plastificantes, agentes de coligação, reforçadores) e compostos

ativos (antioxidantes, antimicrobianos, aromatizantes, corantes e antirradioativos). Os aditivos agem aumentando a qualidade, estabilidade e segurança. Os compostos ativos aumentam ou modificam as propriedades físico-químicas do material (VALDÉS et al., 2017).

As coberturas filmogênicas são formadas de polímeros orgânicos, inorgânicos ou híbridos (organo-minerais). Conforme a matriz, as coberturas comestíveis são categorizadas em hidrocoloides, polipeptídios, lipídios, polímeros comestíveis sintéticos e compósitos (SHIT; SHAH, 2014). Os hidrocoloides são formados a partir de carboidratos, os polipeptídios, de proteínas, os lipídeos, de ácidos graxos, os sintéticos, de macromoléculas sintéticas, e os compósitos, pela união de dois ou mais tipos de macromoléculas. Cada macromolécula possui características físico-químicas intrínsecas, sendo uma das desvantagens de as naturais possuem características menos propícias ao desenvolvimento de coberturas e filmes. No entanto, com o desenvolvimento de compósitos e polímeros híbridos, isto é, misturando-se diferentes macromoléculas orgânicas ou orgânicas com inorgânicas, essas características podem ser melhoradas (THAKUR; THAKUR; GUPTA, 2013).

O modo de aplicação das coberturas depende das suas características físico-químicas. As principais formas de aplicar as coberturas são pulverização, imersão e pincelamento. A pulverização permite controlar melhor a espessura e uniformidade da cobertura e é de otimização mais simples. Na imersão a otimização e o controle da cobertura são mais difíceis, pois devido ao difícil controle da quantidade de cobertura, a necessidade de processo extra de secagem e contaminação da cobertura. O pincelamento é utilizável, no entanto, muitos fatores afetam a qualidade da cobertura, dentre eles o substrato, ambiente e características da solução. Por isso, a pulverização atrai mais atenção da indústria pelo potencial de redução de custos oferecido e pela qualidade final da cobertura (VALDÉS et al., 2017).

Para uma boa cobertura, geralmente são necessárias duas aplicações sequenciais e, para o controle de algumas pragas e doenças, é necessária a aplicação em ambas superfícies das folhas. A aplicação aérea de partículas filmogênicas não é recomendada pela falta de uniformidade do filme formado e por não cobrir ambos os lados da folha. Os filmes minerais, pelos aspectos visuais negativos, precisam ser removidos das partes comercializáveis logo após a colheita. Os resíduos deixados pelos filmes e o nível de sensibilidade de alguns frutos limitam seu uso em determinadas fases de algumas culturas (SHARMA; VIJAY RAKESH REDDY; DATTA, 2015).

2.3 Antitranspirantes

No manejo de doenças, a classe de polímeros antitranspirantes age como barreira física, alterando a superfície foliar, aumentando a resistência mecânica da superfície foliar, reduzindo o período de molhamento foliar e/ou atuando quimicamente. Esta última ação, através da capacidade de carrear compostos tóxicos ou que induzam à resistência a planta (REDDY, 2013).

Os filmes hidrofóbicos formam camada de partículas, separando fisicamente a água e a superfície da planta. Essa separação diminui o potencial hídrico nos sítios de infecção e podem tornar a superfície impenetrável aos patógenos, pelo aumento da espessura, dureza ou resistência ao ataque enzimático (REDDY, 2013). Tal conceito, vem de algumas plantas nativas, que têm a superfície foliar hidrofóbica, permitindo remover contaminantes, como os patógenos; filmes de água, que reduzem a difusão do dióxido de carbono; partículas de poeira, que aumentam a temperatura foliar e a deposição de sais, que são fitotóxicos (BARTHLOTT; NEINHUIS, 1997; ENSIKAT et al., 2011).

A adição de compostos antimicrobianos pode melhorar as características das coberturas/biofilmes e aumentar a resistência ao vapor de água, espessura, elasticidade e/ou resistência à tração e ao cisalhamento (GHASEMLOU et al., 2013). Dentre os agentes antimicrobianos, os mais utilizados são os ácidos orgânicos e seus sais (láurico, acético, sórbico, cítrico, benzoico ou ácidos propanoicos), os compostos derivados de ervas e temperos (óleos essenciais e seus principais componentes), quitosana e antimicrobianos naturais obtidos de microrganismos, como os antibióticos. Porém, é necessário selecionar as melhores matrizes poliméricas para carregar cada composto bioativo (VALDÉS et al., 2017).

3. Componentes e Ação de Produtos no Manejo Alternativo de Doenças

O manejo alternativo de doenças surgiu pela necessidade de reduzir ou substituir o uso de fungicidas convencionais que provocam impactos negativos e para atender às barreiras do mercado cada vez mais exigente (DAMALAS, 2018; STEWART; RAMILAN; YU, 2017). Para substituir os fungicidas convencionais é preciso desenvolver produtos que sejam efetivos e eficientes em campo, mas que

tenham baixo ou nulo impacto negativo (KEFIALEW; AYALEW, 2008; VILLA et al., 2017).

Os filmes de caolim atuam no controle de pragas e doenças. O caolim é um aluminossilicato da classe filossilicato de estrutura bi-dimensional formando folhas paralelas. Os filmes de caolim são antitranspirantes que carregam pesticidas convencionais de formulação em pó molhável. Esses filmes formam barreira física e impedem a formação de lâmina de água sobre a folha, diminuindo a adesão de esporos e tubos germinativos de fungos (SHARMA; VIJAY RAKESH REDDY; DATTA, 2015).

Os zeólitos são minerais aluminossilicatos da classe tectossilicato de cadeia tridimensional formando uma estrutura com diversas formas. No controle fitossanitário os zeólitos podem agir como barreira física, modificando a superfície foliar, agir diretamente sobre esporos e tubo germinativo de fungos e sobre lagartas, além de agir como adjuvante ou como carreador de agroquímicos, semioquímicos (feromônios e compostos secundários de plantas) e agentes de controle biológicos. Os zeólitos não apenas carregam como controlam a liberação desses compostos. Os zeólitos são mais indicados como carregadores de compostos não sistêmicos por alterarem principalmente a aplicação e deposição de compostos na superfície foliar. A desvantagem dos zeólitos é a sua total remoção após a primeira chuva como todos os filmes minerais (DE SMEDT; SOMEUS; SPANOGHE, 2015).

Os óleos voláteis e extratos botânicos são misturas complexas metabólitos secundários produzidas por plantas como para sua defesa (GERSHENZON; DUDAREVA, 2007). Os principais constituintes dos óleos voláteis são os fenilpropanois e terpenos, esses óleos têm alta pressão de vapor e são foto e termosensíveis e suscetíveis a degradação (HAZRA et al., 2004; MISRA et al., 1996). A adição de óleo volátil altera as propriedades físico-químicas dos polímeros, podendo aumentar a espessura, as características refletivas e a elasticidade, e diminuir a solubilidade e permeabilidade à água e a resistência à tração de filmes amílicos. Além do que, pode aumentar o potencial antimicrobiano das coberturas. Assim como, as frações dos óleos afetam seu efeito sobre a resistência à tração e elasticidade nos filmes (GHASEMLOU et al., 2013). A adição de extrato diminui a elasticidade, aumenta a espessura, a resistência ao vapor de água e aumenta a atividade antimicrobiana em polímeros (KUSNADI; BUDYANTO, 2015).

O gel de *Aloe vera*, cobertura comestível e biologicamente segura, forma filmes antimicrobianos, biodegradáveis e bioquímicos. O gel é composto,

principalmente, de polissacarídeos e atua como barreira à umidade e oxigênio (MISIR; H. BRISHTI; M. HOQUE, 2014). A adição de óleo volátil de roseira à cobertura de gel de *A. vera* e *A. arborescens* reduziu a velocidade de amadurecimento de ameixas (*Prunus domestica* L. cv. President). Isso ocorreu pela redução/inibição da respiração e da síntese do etileno. As coberturas, especialmente aquelas com adição de óleo, aumentaram em duas semanas a vida de prateleira das ameixas. Ao reduzir a velocidade de amadurecimento, reduziu-se, também, o acúmulo de compostos bioativos nos frutos, devido diminuição da alteração de compostos como amido e ácidos orgânicos, exceto ao final de 28 dias, quando a concentração desses compostos foi semelhante entre os frutos tratados e não tratados com a cobertura (MARTÍNEZ-ROMERO et al., 2017).

A cobertura de amido de milho com a adição dos óleos voláteis de *Zataria multiflora* Boiss ou *Mentha pulegium* L. (3%) controlou *Staphylococcus aureus* Rosenbach e *Escherichia coli* Escherich, sendo mais efetiva com o óleo de *Z. multiflora*, aumentando o raio de inibição em 165 e 155 mm² para *S. aureus* e *E. coli.*, respectivamente, em relação à cobertura sem óleo (GHASEMLOU et al., 2013).

Os filmes de zeína carregam e liberam óleos essenciais e seus isolados. Em sistemas de embalagens, o filme consegue cobrir sacos de polipropileno conservando produtos armazenados. A difusão do ingrediente ativo carregado pela zeína, através do meio, depende da sua afinidade com o meio. A velocidade de liberação de cada composto depende da temperatura ambiental, sendo a velocidade de liberação, diretamente proporcional à temperatura (KASHIRI et al., 2017).

A cobertura comestível de mucilagem da semente de *Plantago major* L. com adição de óleo volátil de *Anethum graveolens* L. (0; 0,5; 1 e 1,5%) estendeu a vida de prateleira de carne refrigerada. A cobertura sem óleo estendeu em três dias a vida de prateleira de carne refrigerada avaliada pela contaminação microbiana até o limite 7 log de unidades formadoras de colônia. O extrato de *P. major* teve atividade antimicrobiana e a adição do óleo aumentou proporcionalmente ao aumento da dose, até a concentração de 1%, essa atividade. A adição de 0,5, 1,0 e 1,5 % de óleo aumentou em 6, 9 e 9 dias a vida de prateleira, respectivamente, em relação aos bifos sem cobertura ou proteção (BEHBAHANI et al., 2017).

A carragenina é um polissacarídeo derivado de algas marinhas vermelhas. A carragenina diminui a elasticidade, aumenta a espessura, a resistência ao vapor de água, a atividade antimicrobiana e os efeitos de extratos botânicos. A cobertura comestível de fécula de mandioca e glicerol adicionado de carragenina (7% em relação a

macromolécula) e extrato foliar de teca (*Tectona grandis* L. F., 20%) inibiu em 6,0 e 6,5 mm raio de crescimento de *E. coli* e *S. aureus*, respectivamente, em relação à testemunha (KUSNADI; BUDYANTO, 2015). Porém, o órgão regulatório de produtos orgânicos dos Estados Unidos proibiu o uso dessa macromolécula devido a uma possível ligação com o surgimento de câncer (NOSB - NATIONAL ORGANIC STANDARDS BOARD, 2016).

A quitosana é um copolímero da *N*-acetil-*D*-glicosamina e *D*-glicosamina, biopolímero que ocorre naturalmente como componente da parede celular de fungos, exoesqueletos de insetos e conchas de crustáceos (PICHYANGKURA; CHADCHAWAN, 2015). A quitosana age como bioestimulante, formador de polímero, antitranspirante, indutor de resistência (RSA) em plantas, além de ter propriedades antimicrobianas. A quitosana induz a resistência via ácido abscísico (ABA), por induzir a produção de fitoalexinas, xantonas e outros polifenóis, lignina, genes relacionados à patogênese e inibidores de proteinase. Além do que, ela age diretamente sobre microrganismos pela sua natureza polieletrólítica e presença de grupos funcionais reativos (QAVAMI et al., 2017).

Agentes filmogênicos juntamente com o cobre e agentes de controle bacteriano podem ser usados no manejo integrado de *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*, sem causar fitotoxidez aparente. Compostos de cobre, extratos de planta, desinfetantes, indutores de resistência, agentes filmogênicos [Chitoplant powder (quitosana), Chitoplant solution (quitosana), Folanx Ca29 (cálcio formato), HendophytPS (biopolímeros de polissacarídeos), Layer (mistura de aminas e ácidos poliacrílicos) e Ulmasud (argilas ácidas)] e agentes de controle bacteriano foram testados para manejar o cancro bacteriano do kiwi (*Actinidia deliciosa* Liang e Ferguson) causado por *Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae* em casa de vegetação. Os compostos foram aplicados preventivamente (1-10 dias antes da inoculação), com exceção dos desinfetantes, aplicados antes e após a infecção. Dentre os compostos poliméricos o hendophYt e o Layer tiveram a melhor eficácia comparados ao sulfato de estreptomicina (COLLINA et al., 2016).

A cobertura não comestível de resina de ácido polilático e a comestível de quitosana (solução de ácido láctico, levulínico e acético, e quitosana), em conjunto com outras técnicas não térmicas e embalagens, reduziram a carga microbiana e preservaram a qualidade sensorial de raízes frescas de ginseng (*Panax ginseng* C. A. Mey.). A combinação de lavagem sanitizante, cobertura comestível e embalagem de caixas de

PET estenderam a vida de prateleira das raízes frescas de ginseng por 6 meses (JIN et al., 2017).

Os filmes baseados no amido de milho com ligações acetiladas ou oxidadas, com adição de cera de abelha microemulsificada (1%) e de agentes antimicrobianos naturais (arginato láurico, 2000 mg L⁻¹ e natamicina, 400 mg L⁻¹) inibiram completamente o desenvolvimento de *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb. Fr.) Vuill, *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc., *Botrytis cinerea* (De Bary) Whetzel e *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar Saintpaul. Além disso, produziram filmes de superfície homogênea e sem alterações na espessura ou opacidade. A adição de cera de abelha aumentou a largura, opacidade e reduziu a solubilidade em água e a permeabilidade ao vapor de água. O amido oxidado produziu filme mais espesso e opaco, e menos solúvel e permeável, o que foi potencializado com a adição de cera de abelha. A concentração fungicida mínima do filme com o arginato láurico foi de 800 mg L⁻¹ e com a natamicina, de 160 mg L⁻¹. A concentração bactericida mínima do filme com o arginato láurico foi de 100 mg L⁻¹ (OCHOA et al., 2017).

4. Componentes e Ação de Matrizes Poliméricas no Crescimento da Planta

Os polímeros alteram a fisiologia básica (GATTI et al., 2016), a fisiologia do estresse (DASS; BHATTACHARYYA, 2017) e a fisiologia pós-colheita das plantas (MARTÍNEZ-ROMERO et al., 2017). Na fisiologia básica, os polímeros podem reduzir a transpiração, aumentar ou diminuir a assimilação fotossintética, reduzir a fotorrespiração e a biossíntese de hormônios vegetais (GATTI et al., 2016). Na fisiologia do estresse, eles atuam no alívio dos estresses abióticos [hídrico (déficit), térmico (altas e baixas temperaturas), salino e gasoso] (DASS; BHATTACHARYYA, 2017; FRANCINI; LORENZINI; NALI, 2011; HERNANDEZ et al., 2016) e bióticos (induzindo resistência) (QAVAMI et al., 2017). Na pós-colheita, são usados para reduzir a respiração, transpiração e alterar a biossíntese de hormônios. Por isso, os polímeros são usados como protetores de sementes, antitranspirantes, antiozonantes, anticongelantes e antitérmicos.

Fisiologicamente, eles formam filmes finos na superfície que, devido às características refletivas, podem reduzir a temperatura foliar e a taxa assimilatória das folhas externas do dossel foliar. Porém, podem aumentar a redistribuição da luz dentro do dossel e assim, aumentar a taxa assimilatória da planta (GLENN, 2009). Além disso,

com a redução da temperatura foliar e da condutância estomática, podem reduzir o estresse hídrico e térmico das plantas. A menor transpiração aumenta o potencial hídrico foliar, aumentando a eficiência de uso da água; assim, a planta consegue manter a taxa assimilatória durante o estresse hídrico por mais tempo. As reduções da temperatura foliar e a reflexão da luz UV diminuem os danos fisiológicos causados pela radiação solar intensa e pela alta temperatura. Além do estresse pela alta temperatura, os filmes hidrofóbicos podem prevenir o congelamento foliar causado pela geada e neve (SHARMA; VIJAY RAKESH REDDY; DATTA, 2015). Isso, devido à separação física proporcionada pelo fino filme particular entre o orvalho ou a neve e a superfície da planta (GLENN et al., 2001).

4.1 Efeitos na fisiologia básica

4.1.1 Germinação e emergência

As coberturas biodegradáveis são mais eficientes em cobrir sementes que os filmes. Sementes de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) e salsa [*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym] foram recobertas com coberturas e filmes de quitosana com cinco, 10 e 15 camadas, e gelatina com cinco camadas. As sementes de brócolis não tiveram alteração na germinação, quando recobertas com as coberturas, e a cobertura de quitosana com cinco camadas aumentou ao máximo a germinação. A germinação correlacionou-se negativamente à quantidade de camadas de cobertura. A germinação das sementes de salsa diminuiu de 91% (controle) para 65,5 e 15,5-24,0%, quando recobertas com filmes de quitosana e gelatina, respectivamente. Os filmes, também, reduziram e atrasaram a emergência, diminuindo o número de plântulas da salsa e brócolis e a produção de massa de plântulas de salsa, o mesmo efeito não ocorreu nas recobertas com as coberturas (TANADA-PALMU et al., 2005).

4.1.2 Bioestimulante vegetal

Substâncias húmicas e produtos baseados em proteínas hidrolisadas (quitina, antitranspirantes) podem promover o crescimento e reduzir efeitos do estresse (NARDI et al., 2016). Por exemplo, a quitosana atua como bioestimulante induzindo a fotossíntese e o melhor aproveitamento da radiação solar (QAVAMI et al., 2017). A

quitosana e a goma de gelano² aumentaram em 29,4 e 37,5 %, respectivamente, os brotos por planta e, a goma de gelano aumentou em 34,3 e 114% a produção da parte aérea e raízes de jarvã (*Verbena bonariensis* L.), respectivamente, em relação à ausência de aplicação (SALACHNA et al., 2017).

4.1.3 Controle da qualidade de frutos e amadurecimento

A aplicação de antitranspirante pode aumentar a porcentagem de frutos comercializáveis, e melhorar a coloração e qualidade dos frutos. As aplicações da alga *Spirulina platensis* seca e do antitranspirante di-1-*p*-menteno (C₂₀H₃₄) não afetaram o crescimento e fotossíntese da pimenteira (*Capsicum annuum* L.). Porém, a aplicação semanal de antitranspirante reduziu a massa de brotos nas plantas sem *S. platensis*. Mas, o bioestimulante e o antitranspirante (aplicação semanal e quinzenal) reduziram a porcentagem de frutos não comerciais para 2,1 e 2,7 - 2,1, respectivamente de 3,3-3,5% nos controles. Além do que, ambos aumentaram a produtividade inicial da pimenteira (1^a-3^a colheita, bioestimulante; 1^a-4^a colheita, antitranspirante) (JUFRI; SUDRADJAT; SULISTYONO, 2016).

Os filmes de caolim, também, podem alterar a coloração de maçã (*Malus domestica* Borkh) devido à diminuição da incidência de raios solares sobre os frutos (SHARMA; VIJAY RAKESH REDDY; DATTA, 2015).

A pulverização de antitranspirante (di-1-*p*-menteno), em diferentes estádios fenológicos, permite a manipulação do amadurecimento na uva (*Vitis vinifera* L. cv. Barbera). O antitranspirante reduziu a acumulação de açúcar, enquanto evitou a perda de cor dos frutos. Os efeitos fisiológicos sobre os frutos dependem da época de aplicação. O antitranspirante não reduziu a assimilação foliar, quando aplicado em pré-florescimento, e reduziu a transpiração e aumentou a temperatura foliar. O antitranspirante aplicado em pré-florescimento e pré-florescimento + pré-mudança de cor reduz a porcentagem de frutos malformados. No ano mais seco, o antitranspirante reduziu a massa da casca, e a relação polpa/baga, esta última, com exceção quando aplicado em pré florescimento. O antitranspirante minimizou o peso da casca e aumentou a relação massa/polpa, quando aplicado em pré-florescimento + pré-mudança de cor, e a acidez titulável. As aplicações em pré-mudança de cor e pré-florescimento

² Polissacarídeo aniônico hidrossolúvel produzido pela bactéria *Sphingomonas elodea* Vartak (antiga *Pseudomonas elodea*) (DE SOUZA et al., 2016; WHITTAKER et al., 1997)

reduziram o ácido tartárico, e somente a aplicação em pré-mudança de cor, o ácido málico (GATTI et al., 2016).

4.2 4.1 Efeitos na fisiologia do estresse

4.2.1 Estresses abióticos

4.2.1.1 Estresse hídrico

A agricultura consome cerca de 70% da água potável consumida no planeta. Por isso, o aumento da eficiência do uso da água é essencial para a sustentabilidade agrícola (ROSEGRANT; RINGLER; ZHU, 2009). Os antitranspirantes vegetais são produtos químicos capazes de reduzir a taxa de transpiração, quando aplicados nas folhas das plantas (DAVENPORT; HAGAN; MARTIN, 1969). Alguns exemplos de compostos que podem ser antitranspirantes são ceras, silicones e polímeros plásticos e minerais. Os antitranspirantes vegetais podem ser físicos ou fisiológicos. Os físicos formam barreira para a transpiração ou alteram a condutância estomática, enquanto os fisiológicos agem sobre a condutância estomática e abscisão foliar (PARK et al., 2016). Nesta revisão, nos restringiremos aos antitranspirantes físicos.

Os filmes de partículas para aplicação em cultivos hortícolas, até então, deveriam ser baseados em partícula mineral inerte de diâmetro $< 2 \mu\text{m}$, formulados de forma a espalhar-se na superfície foliar, criando filme uniforme e poroso, que não afetasse as trocas gasosas da planta, não bloqueasse os estômatos, fosse permeável à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e impermeável a luz ultravioleta (UV) e a infravermelha (IV), alterasse o comportamento de insetos e patógenos na cultura a ser tratada, e fosse facilmente removível da cultura antes da colheita (SHARMA; VIJAY RAKESH REDDY; DATTA, 2015). As coberturas biodegradáveis surgem como uma nova alternativa, podendo unir materiais orgânicos e minerais, podendo possuir todas as características dos filmes de partículas e ainda melhorar essas características.

Em regiões áridas, os antitranspirantes aumentam a taxa fotossintética e a interceptação da radiação fotossintética ativa pela rápida redução da condutância estomática que é um dos fatores determinantes na tolerância ao estresse hídrico (TINOCO-OJANGUREN; PEARCY, 1993). Esses efeitos fotossintéticos podem aumentar a produtividade de grãos e palha devido ao aumento da eficiência no uso da água (ABDULLAH et al., 2015). Além dos efeitos no crescimento, podem aumentar o

conteúdo e rendimento proteico, conteúdo e rendimento de óleo (FARALLI et al., 2016).

A quitosana atua como antitranspirante aumentando a resistência estomática e reduzindo a perda de água pela formação de filme e via indução do ácido abscísico (ABA) (QAVAMI et al., 2017). Plantas de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) pulverizadas com quitosana e di-1-p-menteno responderam diferentemente. A quitosana induziu o aumento nos níveis de ABA no tecido. Isto induziu o fechamento estomatal parcial, via processo mediado por peróxido de hidrogênio, levando a redução da condutância estomatal ao vapor de água e da taxa de transpiração. Porém, a concentração interna de CO₂ permaneceu alta, provavelmente, afetando pouco a eficiência de carboxilação. A quitosana, também, não afetou a máxima eficiência fotoquímica (Fv/Fm) do fotossistema II e a eficiência intrínseca no uso da água. E ainda, a quitosana determinou o estímulo do ciclo da xantofila para o estado de de-epoxidação, processo essencial na dissipação não-fotoquímica de energia nos centros de reação da clorofila, diferente do di-1-p-menteno que atuou apenas como formador de filme foliar (IRITI et al., 2009).

O antitranspirante orgânico Humigel[®], composto por 2 % de nitrogênio, 4% de CaO, 2,2% de MgO e 1,4% de ácidos fúlvicos (TECNIFERTI, [s.d.]), nas concentrações de 1,5 e 3% diminuiu as trocas gasosas das plantas de louro-pardo (*Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steud.) sob déficit hídrico. Porém, o antitranspirante não afetou o teor de água foliar (CADORIN; DRANSKI; MALAVASI, 2016).

4.2.1.2 Estresse salino

O caolim alivia eficientemente os efeitos da salinidade, porém isso depende do nível de estresse. Tal efeito foi identificado pela aplicação de filme de partículas de caolim em plantas sob estresse hídrico e salino. O caolim não afetou a rede assimilatória e a temperatura foliar, diminuiu a transpiração e a condutância estomática, e aumentou a eficiência fotossintética no uso da água e o potencial hídrico foliar do feijão e da clementina (*Citrus × clementina*). Reduziu a taxa assimilatória das plantas de tomateiro sob ausência de estresse e aumentou nas plantas sob estresse, com efeito proporcional ao aumento do estresse. Além disso, reduziu a transpiração, a condutância estomática e a temperatura foliar, e aumentou o potencial hídrico e produtividade hídrica fotossintética (BOARI et al., 2015b).

4.2.1.3 Estresse térmico

4.2.1.3.1 Baixas temperaturas

O resfriamento celular lento, como o provocado pela baixa temperatura ambiente, leva à formação de cristais de gelo nos tecidos. Após o descongelamento, ocorre o extravasamento do conteúdo celular, processo que é letal para a célula (MAZUR, 1984). Na produção de morango, foram testados diversos métodos de proteção contra o congelamento [distribuição por aspersor (17 ou 13L min^{-1}), lona de peso leve ou peso pesado (ambas, no dossel ou em aro a 60 cm de altura) e aplicação de polímero foliar (Desikote, 40% di-1-*p*-menteno)]. As técnicas sem irrigação, providenciam proteção contra o frio e aumentam a produtividade total de frutos. Tal efeito ocorre, possivelmente, porque as técnicas alternativas reduzem as injúrias em frutos e flores (HERNANDEZ et al., 2016).

Alguns peixes, insetos e plantas produzem proteínas anticongelantes. Essas proteínas são ligantes ou estruturantes de gelo, prevenindo o congelamento da água pela adsorção do gelo à superfície e parando o crescimento de pequenos até grandes cristais de gelo de modo não coligante (FAI CHEUNG et al., 2017). Porém, nas plantas em que estão presentes, elas atuam internamente. O uso de proteínas anticongelantes em coberturas poliméricas atrasa a nucleação de gelo. Porém, ainda é necessário determinar melhores estratégias para incorporar essas proteínas em coberturas, aumentando sua eficácia (KREDER et al., 2016). As proteínas anticongelantes de peixe do Oceano Ártico e de insetos inseridas em coberturas poliméricas (copolímero de 2-hidroxipropil metacrilamida e 3-aminooxipropil metacrilamida) aumentaram a histerese termal das proteínas e permitiram que os materiais pudessem ser misturados em filmes finos. Esses filmes retardaram o aumento do gelo e inibiram a formação de gelo depois de ligados às superfícies de vidro (ESSER-KAHN; TRANG; FRANCIS, 2010).

4.2.1.3.2 Altas temperaturas

Os zeólitos podem filtrar as radiações UVB/UVC e reduzir a temperatura foliar diminuindo possíveis escalduras. Isso aumenta a solubilidade do CO_2 e o rendimento da rubisco. Por isso, podem aumentar a produtividade das culturas. Uma

desvantagem dos zeólitos é que, como todos os filmes minerais, são totalmente removidos após a primeira chuva (DE SMEDT; SOMEUS; SPANOGHE, 2015).

A quitosana, também, é um polímero que forma rede polimérica reduzindo a temperatura foliar via reflexão (QAVAMI et al., 2017). Porém, o di-1-*p*-menteno pode funcionar como herbicida conforme o nível de sensibilidade da planta ao aumento da temperatura. Tal efeito foi descoberto na planta infestante *Striga hermonthica*, na qual o antitranspirante (23%) impediu a perda de água foliar reduzindo a transpiração e a condutância estomatal. Então, levou ao aumento de 5°C da folha em relação à temperatura ambiente (40°C). Como a temperatura máxima letal da espécie é de 42,6°C, as folhas da planta morreram (PRESS et al., 1989).

4.2.1.4 Estresse gasoso - Ozônio (O₃)

O antitranspirante di-1-*p*-menteno pode ser usado como antiozonante. O di-1-*p*-menteno reduziu os efeitos do O₃ em plantas de cultivar de feijão sensível (cv. Pinto). Nas plantas sob ausência de estresse de O₃, o antitranspirante reduziu a fotossíntese e a condutância estomática. Porém, nas plantas sob estresse de O₃, o antitranspirante reduziu as injúrias visíveis e os danos à membrana, impediu alterações fotossintéticas, na condutância estomática e na concentração de CO₂ na câmara subestomática, estabilizou a relação fluorescência variável/ fluorescência máxima (Fv/Fm) e outros parâmetros da fluorescência da clorofila e não induziu a defesa antioxidante nas plantas (FRANCINI; LORENZINI; NALI, 2011). Porém, o di-1-*p*-menteno foi pouco eficiente em reduzir o efeito do O₃ em plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L. Bel-W3) comparado ao etilenodiureia. Apenas quando aplicado a 1 ml dm⁻³ de tecido foliar, algum efeito antiozonante foi observado. Isso demonstra, que o efeito antiozonante do di-1-*p*-menteno depende da espécie da planta (AGATHOKLEOUS; SAITANIS; PAPTATHEOHARI, 2014).

5 Considerações finais

As coberturas biodegradáveis podem carrear compostos antimicrobianos que controlam diretamente doenças de plantas ou induzem a resistência nas plantas. As coberturas compósitas parecem mais compatíveis na aplicação como carreador de compostos, pelas melhores características físico-químicas, podendo proteger e liberar os

compostos antimicrobianos nos locais alvo. Os filmes poliméricos, entre eles as coberturas, podem reduzir os impactos do déficit hídrico, diminuindo a condutância estomática, aumentando a eficiência fotossintética do uso da água e reduzindo a temperatura foliar em plantas sob estresse salino. Os filmes minerais reduzem a temperatura foliar, enquanto, os polímeros a aumentam, podendo ter efeitos fitotóxicos à planta, principalmente, sob temperaturas muito altas. Os filmes minerais hidrofóbicos, sintéticos e com proteínas anticongelantes podem proteger as plantas do frio. A ação protetora dos polímeros contra o ozônio não é uniforme entre as espécies de plantas. A quitosana induz resistência contra patógenos na planta via ácido abscísico. Na pós-colheita, os polímeros diminuem a respiração, a biossíntese de etileno e, conseqüentemente, atrasam o amadurecimento e aumentam a vida de prateleira de frutos armazenados. O desenvolvimento de novos polímeros e a melhoria da tecnologia dos já existentes pode melhorar esses efeitos e abrir novas possibilidades de uso.

6 Referências

ABDULLAH, A. S. et al. Film antitranspirants increase yield in drought stressed wheat plants by maintaining high grain number. **Agricultural Water Management**, v. 159, n. Maio, p. 11–18, 2015.

AGATHOKLEOUS, E.; SAITANIS, C. J.; PAPTATHEOHARI, Y. Evaluation of di-1-p-menthene as antiozonant on Bel-W3 tobacco plants, as compared with ethylenediurea. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 225, n. 10, p. 2139, 2014.

AKELAH, A. Polymers in Plantation and Plants Protection. In: **Functionalized Polymeric Materials in Agriculture and the Food Industry**. Boston, MA: Springer US, 2013. p. 65–131.

BARTHLOTT, W.; NEINHUIS, C. Purity of the sacred lotus, or escape from contamination in biological surfaces. **Planta**, v. 202, n. 1, p. 1–8, 1997.

BEHBAHANI, B. A. et al. Use of *Plantago major* seed mucilage as a novel edible coating incorporated with *Anethum graveolens* essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 94, n. Pt A, p. 515–526, 2017.

BOARI, F. et al. Particle film technology: A supplemental tool to save water. **Agricultural Water Management**, v. 147, n. janeiro, p. 154–162, 2015.

CADORIN, D. A.; DRANSKI, J. A. L.; MALAVASI, U. C. Efeito de antitranspirante

na condutância estomática em mudas de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex Steud. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 2, p. 115–120, 2016.

CHAUHAN, A.; KAITH, B. S. Synthesis, characterization, and evaluation of novel *Hibiscus sabdariffa*-g-poly(EA) copolymer. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 123, n. 1, p. 448–454, 2012.

COLLINA, M. et al. Greenhouse assays on the control of the bacterial canker of kiwifruit (*Pseudomonas syringae* pv. *actinidiae*). **Journal of Berry Research**, v. 6, n. 4, p. 407–415, 2016.

DASS, A.; BHATTACHARYYA, R. Wheat residue mulch and anti-transpirants improve productivity and quality of rainfed soybean in semi-arid north-Indian plains. **Field Crops Research**, v. 210, n. abril, p. 9–19, 2017.

DAVENPORT, D. C.; HAGAN, R. M.; MARTIN, P. E. Antitranspirants... uses and effects on plant life. **California Agriculture**, v. 19, n. 4, p. 25–27, 1969.

DE SMEDT, C.; SOMEUS, E.; SPANOGHE, P. Potential and actual uses of zeolites in crop protection. **Pest Management Science**, v. 71, n. 10, p. 1355–1367, 2015.

DE SOUZA, F. S. et al. Evaluation of different methods to prepare superabsorbent hydrogels based on deacetylated gellan. **Carbohydrate Polymers**, v. 148, n. 5 setembro, p. 309–317, 2016.

DEBEAUFORT, F.; QUEZADA-GALLO, J. A.; VOILLEY, A. Edible films and coatings: Tomorrow's packagings: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 38, n. 4, p. 299–313, 1998.

ENSIKAT, H. J. et al. Superhydrophobicity in perfection: the outstanding properties of the lotus leaf. **Beilstein Journal of Nanotechnology**, v. 2, n. 1, p. 152–161, 2011.

ESSER-KAHN, A. P.; TRANG, V.; FRANCIS, M. B. Incorporation of antifreeze proteins into polymer coatings using site-selective bioconjugation. **Journal of the American Chemical Society**, v. 132, n. 38, p. 13264–13269, 2010.

FAI CHEUNG, R. C. et al. Antifreeze proteins from diverse organisms and their applications: an overview. **Current Protein and Peptide Science**, v. 18, n. 3, p. 262–283, 2017.

FAKHOURI, F. M. et al. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 369–375, 2007.

FAKHOURY, F. M. et al. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin – Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 49, n. 1, p. 149–154, 2012.

FARALLI, M. et al. Canopy application of film antitranspirants over the reproductive phase enhances yield and yield-related physiological traits of water-stressed oilseed rape (*Brassica napus*). **Crop and Pasture Science**, v. 67, n. 7, p. 751–765, 2016.

FRANCINI, A.; LORENZINI, G.; NALI, C. The antitranspirant Di-1-p-menthene, a potential chemical protectant of ozone damage to plants. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 219, n. 1–4, p. 459–472, 2011.

GALE, J.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Plastic films on plants as antitranspirants. **Science (New York, N.Y.)**, v. 156, n. 3775, p. 650–652, 1967.

GATTI, M. et al. Manipulation of ripening via antitranspirants in cv. Barbera (*Vitis vinifera* L.). **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 22, n. 2, p. 245–255, 2016.

GERSHENZON, J.; DUDAREVA, N. The function of terpene natural products in the natural world. **Nature Chemical Biology**, v. 3, n. 7, p. 408–414, 2007.

GHASEMLOU, M. et al. Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils. **Carbohydrate Polymers**, v. 98, n. 1, p. 1117–1126, 2013.

GLENN, D. M. et al. **Method for enhanced supercooling of plants to provide frost protection**. United States, 30 set. 1999, 22 mai. 2001.

GLENN, D. M. Particle Film mechanisms of action that reduce the effect of environmental stress in “Empire” apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 134, n. 3, p. 314–321, 2009.

HAZRA, A. et al. Characterization of some essential oils and their key components. Thermoanalytical techniques. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 75, n. 1, p. 317–330, 2004.

HERNANDEZ, I. M. et al. Comparison of freeze protection methods for strawberry production in Florida. **International Journal of Fruit Science**, v. 16, n. 1, p. 103–112, 2016.

IRITI, M. et al. Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure. **Environmental and Experimental Botany**, v. 66, n. 3, p. 493–500, 2009.

IUPAC. Compendium of chemical terminology 2nd ed. (the “Gold Book”). **Blackwell Scientific Publications, Oxford**, 2014, 1670p.

JIN, T. Z. et al. Microbial reduction and sensory quality preservation of fresh ginseng roots using nonthermal processing and antimicrobial packaging. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 1, p. e12871, 2017.

JUFRI, A. F.; SUDRADJAT; SULISTYONO, E. Effects of dry *Spirulina platensis* and antitranspirant on growth and yield of chili pepper (*Capsicum annuum* L.). **Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)**, v. 44, n. 2, p. 170–175, 2016.

KASHIRI, M. et al. Zein films and coatings as carriers and release systems of *Zataria multiflora* Boiss. essential oil for antimicrobial food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 70, n. setembro 2017, p. 260–268, 2017.

KREDER, M. J. et al. Design of anti-icing surfaces: smooth, textured or slippery? **Nature Reviews Materials**, v. 1, n. 1, p. 15003, 2016.

KUSNADI, J.; BUDYANTO, P. Antibacterial active packaging edible film formulation with addition teak (*Tectona grandis*) leaf extract. **International Journal of Life Science Biotechnology and Pharma Research**, v. 4, n. 2, p. 79–84, 2015.

MARTÍNEZ-ROMERO, D. et al. The addition of rosehip oil to *Aloe* gels improves their properties as postharvest coatings for maintaining quality in plum. **Food Chemistry**, v. 217, n. 15 fevereiro 2017, p. 585–592, 2017.

MAZUR, P. Freezing of living cells: mechanisms and implications. **The American journal of physiology**, v. 247, n. 3 Pt 1, p. C125-42, 1984.

MCHUGH, T. H. Protein-lipid interactions in edible films and coatings. **Die Nahrung**, v. 44, n. 3, p. 148–151, 2000.

MISIR, J.; H. BRISHTI, F.; M. HOQUE, M. *Aloe vera* gel as a novel edible coating for fresh fruits: A Review. **American Journal of Food Science and Technology**, v. 2, n. 3, p. 93–97, 2014.

MISRA, G. et al. Aerobic biodegradation of selected monoterpenes. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 45, n. 6, p. 831–838, 1996.

MOORE, C. J. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. **Environmental Research**, v. 108, n. 2, p. 131–139, 2008.

NARDI, S. et al. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. **Scientia Agricola**, v. 73, n. 1, p. 18–23, 2016.

NOSB - NATIONAL ORGANIC STANDARDS BOARD. **Voting Summary**. Saint Louis: 2016Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Voting_sheet_COI-DOI_final_Nov_2016_webpost.pdf>. Acesso em: 4 jul. 2017

OCHOA, T. A. et al. Design and characterization of corn starch edible films including beeswax and natural antimicrobials. **Food and Bioprocess Technology**, v. 10, n. 1, p. 103–114, 2017.

OJEDA, T. Polymers and the environment. In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Ed.). **Polymer Science**. Cambridge: InTech, 2013. v. 58, p. 7250–7257.

PARK, S. et al. Evaluation of antitranspirants for enhancing temporary water stress tolerance in bedding plants. **HortTechnology**, v. 26, n. 4, p. 444–452, 2016.

PICHYANGKURA, R.; CHADCHAWAN, S. Biostimulant activity of chitosan in horticulture. **Scientia Horticulturae**, v. 196, n. outubro, p. 49–65, 2015.

PRESS, M. C. et al. Antitranspirant-induced heat stress in the parasitic plant *Striga hermonthica* - a novel method of control. **Journal of Experimental Botany**, v. 40, n. 5, p. 585–591, 1989.

QAVAMI, N. et al. Overview on Chitosan as a valuable ingredient and biostimulant in pharmaceutical industries and agricultural products. **Trakia Journal of Science**, v. 15, n. 1, p. 83–91, 2017.

REDDY, P. P. Disguising the leaf surface. In: **Recent advances in crop protection**. New Delhi: Springer India, 2013. p. 91–101.

RIBEIRO, T.; BALEIZÃO, C.; FARINHA, J. Functional films from silica/polymer nanoparticles. **Materials**, v. 7, n. 5, p. 3881–3900, 2014.

ROSEGRANT, M. W.; RINGLER, C.; ZHU, T. Water for agriculture: maintaining food security under growing scarcity. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 34, n. 1, p. 205–222, 2009.

SALACHNA, P. et al. Plant growth of *Verbena bonariensis* L. after chitosan, gellan gum or iota-carrageenan foliar applications. **World Scientific News**, v. 62, s. n., p. 111–123, 2017.

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

SHIT, S. C.; SHAH, P. M. Edible polymers: challenges and opportunities. **Journal of Polymers**, v. 2014, s. n., p. 1–13, 2014.

TANADA-PALMU, P. S. et al. Recobrimento de sementes de brócolos e salsa com coberturas e filmes biodegradáveis. **Bragantia**, v. 64, n. 2, p. 291–297, 2005.

TECNIFERTI. **HUMIGELPLUS**. Disponível em: <<http://www.tecniferti.com/pt/Produtos/BIOFILMES/HUMIGELPLUS-C61>>. Acesso em: 24 jul. 2017.

THAKUR, V. K.; THAKUR, M. K.; GUPTA, R. K. Development of functionalized cellulosic biopolymers by graft copolymerization. **International journal of biological macromolecules**, v. 62, n. novembro, p. 44–51, 2013.

TINOCO-OJANGUREN, C.; PEARCY, R. W. Stomatal dynamics and its importance to carbon gain in two rainforest *Piper* species. **Oecologia**, v. 94, n. 3, p. 395–402, 1993.

VALDÉS, A. et al. State of the art of antimicrobial edible coatings for food packaging applications. **Coatings**, v. 7, n. 4, p. 56, 2017.

WHITTAKER, L. E. et al. Development of composite structures in the gellan polysaccharide/sugar system. **Carbohydrate Polymers**, v. 33, n. 1, p. 39–46, 1997.

Capítulo 2: Coberturas Poliméricas Antimicrobianas para Manejar o Oídio na Rosela³

Willian Vieira Gonçalves¹; Maria do Carmo Vieira

Programa de Pós-graduação em Agronomia

Universidade Federal da Grande Dourados, Rodovia Dourados - Itahum, Km 12 –

Cidade Universitária, Dourados, MS, Caixa postal - 533, CEP - 79804-970, Brasil.

Pesquisa financiada pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo Nº 140853-2014-6), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (Fundect-MS).

¹ A quem os pedidos de reimpressão devem ser endereçados. Endereço de e-mail:

willianvgoncalves@hotmail.com

³ O artigo está nas normas da HortScience. Disponível em:

http://c.ymcdn.com/sites/www.ashs.org/resource/resmgr/files/style_manual.pdf

Categoria do Assunto: Patologia de plantas

Coberturas Poliméricas Antimicrobianas para Manejar o Oídio na Rosela

Palavras de indexação adicionais. filmes antimicrobianos; controle alternativo de doenças; fungicidas naturais; *Hibiscus sabdariffa*; extrato de *Schinus terebinthifolius*; óleo de *Schinus molle*

Resumo

As coberturas comestíveis são membranas semipermeáveis usadas para preservar alimentos. Atualmente, são usadas, entre outros, para manejar doenças em pós-colheita, seja protegendo diretamente os produtos ou carreando compostos antimicrobianos. Portanto, podem proteger extratos e óleos botânicos, com atividade contra patógenos de plantas, mas que são limitados no campo pela sua alta degradabilidade. A rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.), planta medicinal, ornamental, alimentícia e têxtil, tem a produção reduzida e depreciada pelos oídios em locais mais frios. Por isso, preparamos e testamos coberturas poliméricas para manejar o oídio na rosela. Pulverizamos as coberturas poliméricas de amido com água (COB1), de amido com EXT (COB2), de amido e gelatina com EXT (COB3), e de amido e gelatina com extrato de *Schinus terebinthifolius* Raddi (EXT) e óleo de *S. molle* L. (COB4), o EXT e a água (TEST) em dois períodos de desenvolvimento da planta 1º) 56-184 dias após o transplante - DAT e 2º) 112-264 DAT para manejar o oídio na rosela, em campo localizado a 22°11' S, 54°56' O e 460 m. Medimos o aquecimento foliar, o crescimento e a produtividade da planta e a severidade do oídio nas folhas. As coberturas não alteraram a temperatura foliar. A aplicação da COB4 reduziu em 21,7% a produção de folhas, aos 196 DAT ($p =$

0,01). As coberturas não afetaram a produtividade de frutos. A COB3 reduziu em 26,4% a severidade média ponderada do oídio ao final do ciclo e a COB4 reduziu a área abaixo de progresso da doença escalada (AACPSDE) em 45,4% ($p= 0,01$) comparadas as plantas pulverizadas com TEST. As coberturas poliméricas controlaram o oídio na rosela, principalmente as contendo extrato e óleo, portanto, podem servir como ferramentas para controlar doenças de plantas em campo, carreando compostos naturais antimicrobianos.

As coberturas poliméricas biodegradáveis são constituídas de polímeros provenientes de fontes renováveis. São formadas a partir de soluções filmogênicas, que aplicadas sobre uma superfície, formam filmes capazes de filtrar a luz, líquidos e gases (ACOSTA et al., 2015; CHOULITOU DI et al., 2017; FAKHOURY et al., 2012; HASHEMI; MOUSAVI KHANEGHAH, 2017; HOSSEINI et al., 2015). As coberturas são constituídas, basicamente, de uma ou mais macromoléculas, solvente compatível, plastificantes e, se necessário, ajustadores de pH. Conforme a composição, são simples, compostas ou formadas por diversas camadas. Podem ter aditivos como agentes antimicrobianos e vitaminas dependendo do uso.

As coberturas comestíveis reduzem a respiração, a transpiração e o desenvolvimento de doenças, aumentando a vida de prateleira de frutos e hortaliças armazenados (CORTEZ-VEGA et al., 2014; FAKHOURI et al., 2015). Reduzem o desenvolvimento de doenças, formando barreira mecânica, alterando as características físicas e químicas na superfície, reduzindo a fixação e/ou germinação de esporos e o reconhecimento dos sítios de infecção pelos tubos germinativos (ELAD et al., 1989; REDDY, 2013; ZEKARIA-OREN, 1991; ZIV, 1983) ou carreando compostos bioativos (CHOULITOU DI et al., 2017; HOSSEINI et al., 2015). A aplicação de polímeros formadores de filmes, também, pode aumentar ou reduzir a temperatura foliar (DE SMEDT; SOMEUS; SPANOGHE, 2015; PRESS et al., 1989; QAVAMI et al., 2017). O aumento da temperatura, pode causar a morte da planta sob altas temperaturas (PRESS et al., 1989) ou, sob baixas temperaturas, proteger de geadas e alterar o comportamento de patógenos, como o oídio necessita de temperaturas baixas para se desenvolver. Vários polímeros formadores de filmes sozinhos ou combinados com outros produtos demonstraram controlar o oídio seja por alterações nas folhas ou controle direto (ELAD et al., 1989; ZIV, 1983; ZIV; FREDERIKSEN, 1987; ZIV; HAGILADI, 1993; ZIV;

ZITTER, 1992). Por outro lado, a redução da temperatura foliar pode reduzir a transpiração e taxa fotossintética sob condições não estressantes (BOARI et al., 2015a), e aumentar a taxa fotossintética sob estresse (FARALLI et al., 2016, 2017).

Os extratos botânicos e óleos voláteis e fixos, como os extratos de *Schinus terebinthifolius* e o óleo essencial de *S. molle*, podem inibir in vitro o crescimento de diversos patógenos causadores de doença em produtos armazenados ou no campo (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ; PRADO, 2005; DOS SANTOS et al., 2010; ULIANA et al., 2016), porém em condições de campo, reduzir ou não o crescimento de patógenos causadores de doença (BIGATON et al., 2013; ZANELLA et al., 2015). As desvantagens desses compostos são seu potencial efeito alelopático (BIGATON et al., 2013; DONNELLY; GREEN; WALTERS, 2008; MORGAN; OVERHOLT, 2005; PAWLOWSKI et al., 2012) e degradabilidade pela luz, altas temperaturas e gases (CLOYD; CHIASSON, 2007; CREMASCO; NAZARENO, 2011; SINGH; CHITTENDEN, 2010). Por isso, a aplicação desses produtos em campo ainda é um desafio, devido às condições adversas a que eles são submetidos. Para isso, seria necessária a sua incorporação em um meio que os protegesse e liberasse no alvo, como as coberturas poliméricas (CHOULITOU DI et al., 2017; HOSSEINI et al., 2015).

A rosela (*Hibiscus sabdariffa* L., Malvaceae) é um subarbusto de clima tropical úmido, usado como medicinal, ornamental, alimentícia e têxtil (DA-COSTA-ROCHA et al., 2014; ISMAIL et al., 2008; MWASIAGI et al., 2014; WILSON; MENZEL, 1964; ZHEN et al., 2016). No entanto, os oídios [*Leveillula taurica* (Lév.) Arnaud (assexuada *Oidiopsis taurica* (Lév.) Salmon) e *Podosphaera* sp.] se desenvolvem na cultura em regiões tropicais e subtropicais nos períodos mais frios, reduzindo a capacidade fotossintética da planta e depreciando frutos e folhas, que são os órgãos de interesse

comercial (BAISWAR et al., 2010; KHAIRY; MICHAÏL; ABD EL REHIM, 1971; REZA; MEHRDAD; A., 2007; SWART; LANGENHOVEN, 2000).

Nesse contexto, preparamos e aplicamos coberturas poliméricas carreando extrato de *S. terebinthifolius* e óleo de *S. molle* para manejar o oídio na rosela.

Materiais e Métodos

Implantação e manutenção da cultura. Realizamos o ensaio em campo a 22°11' S, 54°56' O e 460 m sob Clima Tropical de Monção (Am) (ALVARES et al., 2013). O solo foi o Latossolo Vermelho Distroférico (CARVALHO et al., 2006), de textura muito argilosa e topografia plana, com composição química de 4,9 cmolc dm⁻³ de Ca; 1,7 cmolc dm⁻³ de Mg; 0,53 cmolc dm⁻³ de K; 0 cmolc dm⁻³ de Al; 4,96 cmolc dm⁻³ de H+Al; 12,53 mg dm⁻³ de P; 2,53 mg dm⁻³ de S; 2,53 mg dm⁻³ de B; 11,34 mg dm⁻³ de Cu; 3,36 mg dm⁻³ de Zn; 5 de pH CaCl₂ e 30,44 g dm⁻³ de matéria orgânica. Extraímos K, P, Cu e Zn com o extrator Melich; Ca, Mg e Al com o KCl; B com o HCl; e S com o Ca₃(PO₄)₂.

Gradeamos a área e levantamos canteiros de um metro de largura com rotoencanteirador. Semeamos as sementes da rosela em 19 set. 2015 em bandejas de poliestireno expandido (128 células) com substrato comercial (Carolina Soil) e mantivemos em ambiente protegido (50% de sombra). Transplantamos as mudas de rosela, em 24 out. 2015, para canteiros com largura útil de 1 m e total de 1,5 m, espaçadas de 0,50 m entre elas com uma fileira por canteiro e seis plantas por parcela, deixamos o terceiro canteiro, a cada três canteiros, sem plantas, totalizando 8.888 plantas ha⁻¹, com quatro repetições.

Pulverizamos quatro coberturas comestíveis com 1) amido e gelatina, extrato de *Schinus terebinthifolius* Raddi (EXT) e óleo de *S. molle* L. (Smeo) (COB4), 2) amido e gelatina

e EXT (COB3), 3) amido e EXT (COB2), e 4) amido e água (COB1) comparadas à aplicação do EXT sozinho e da água (TEST) em dois períodos de desenvolvimento da planta, de 56 a 184 DAT e de 112 a 264 DAT, com dez aplicações por período, para manejar o oídio ocorrido naturalmente na rosela, em fatorial 6 x 2. Separamos os períodos, para testar o efeito preventivo e o curativo das coberturas. Descrevemos mais à frente o preparo das soluções formadoras das coberturas.

Irrigamos a cultura via aspersão diariamente com 6 mm de água m⁻² até 30 dias após o transplântio (DAT) e, após esse período, a cada três dias com 15 mm de água m⁻² até o final do ciclo, quando não ocorriam precipitações. Apresentamos as condições climáticas na Fig. 1.

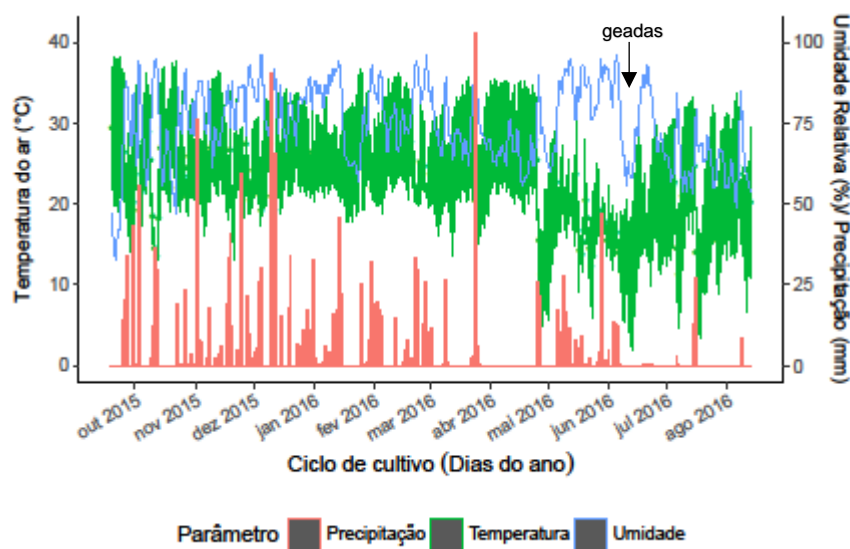


Fig. 1. Condições climáticas ao longo do ciclo de cultivo. Fonte: Embrapa, 2018.

Produtos utilizados no preparo das soluções filmogênicas. Da Silva et al. (2017) prepararam e caracterizaram o extrato metanólico cru seco das folhas de *S. terebinthifolius*. O óleo de frutos de *S. molle* foi extraído por prensagem dos frutos a frio e filtração (Mundo do Óleos, CAS / EINECS - 68917-52-2 / 94334-31-3 / 305-104-2). Utilizamos a gelatina em pó tipo A (Gelita) e o amido de mandioca como

macromoléculas, o glicerol (Cromato Produtos Químicos) como plastificante (FAKHOURY et al., 2012) e a água e o extrato preparado de *S. terebinthifolius* como solventes.

Preparo das soluções filmogênicas. Preparamos as soluções conforme a metodologia de Fakhoury et al., (2012). *EXT.* Dissolvemos o extrato metanólico seco em água, na concentração de $0,1 \text{ mg mL}^{-1}$ (ZANELLA et al., 2015), com agitador ultrassônico com aquecimento até a total dissolução. *COB1.* Hidratamos o amido em água, na concentração 30 mg mL^{-1} . Agitamos e aquecemos a suspensão em agitador magnético com aquecimento (1290 rpm) até a geleificação do amido na solução ($60 \pm 2^\circ\text{C}$). Então, adicionamos o glicerol à solução, na concentração de $0,15 \text{ mg mg}^{-1}$ de amido, que mantivemos sob agitação até a homogeneização. *COB2.* Preparamos o EXT, como descrito anteriormente, e usamos o mesmo método de preparo do COB1, porém hidratando o amido no EXT. *COB3.* Preparamos o EXT, como descrito anteriormente, e hidratamos 100 mg de gelatina por mL^{-1} de EXT sob agitação (1290 rpm) por uma hora e, então aquecemos a solução até a total suspensão das partículas de gelatina na solução ($60 \pm 2^\circ\text{C}$). Adicionamos $0,05 \text{ mg}$ de glicerol mg^{-1} de gelatina à solução, mantendo a agitação até a homogeneização. Concomitantemente, preparamos a COB2, como descrito anteriormente, e então, misturamos ambas as soluções sob agitação até a homogeneização. *COB4.* Preparamos a COB3, como descrito anteriormente, e adicionamos o óleo fixo de *S. molle*, na concentração de 30 mg mL^{-1} de EXT (SANTOS et al., 2010) sob agitação até a homogeneização.

Aplicação das coberturas. Pulverizamos as soluções filmogênicas e a água (pulverizador costal manual, pressão máxima de 40 psi, bico JSF 102.02) nas plantas até o escorrimento para formar as coberturas, com 15 dias de intervalo entre aplicações. Utilizamos lonas plásticas de 2 m de altura por 4 m de largura para reduzir a deriva.

Avaliação do aquecimento foliar. Medimos a temperatura da superfície foliar em uma folha de duas plantas do centro da parcela com termômetro de infravermelho de medição sem contato (Raytek®, RAYST3LXB, $\pm 1^\circ\text{C}$) aos 4, 8 e 12 dias após as pulverizações (DAP) das soluções.

Avaliação do crescimento e produtividade. Colhemos uma planta por parcela aos 119, 196 e 294 DAT, 2ª, 3ª e 4ª planta, respectivamente, que representaram a 5ª, 10ª e 10ª + 5 (após) aplicação do primeiro período de aplicação e 0, 5ª e 10ª aplicação do segundo período, respectivamente. Quantificamos as massas frescas de folhas, caules e frutos, e após a secagem em estufa com ventilação forçada (45°C , 72 h), as massas secas de folhas e caules. Avaliamos os frutos, como segue.

Colhemos os frutos de todas as plantas das parcelas aos 168, 203 e 224 DAT e pesamos os frutos totais. Separamos 10 frutos aleatoriamente, dos quais medimos o diâmetro e o comprimento. Depois, seccionamos os frutos em cálices (comercial) e cápsulas e pesamos as massas frescas e, após secagem em estufa com ventilação forçada (45°C , 72h), pesamos as massas secas.

Avaliação da severidade do oídio. O oídio ocorria na área experimental a anos (GONÇALVES, 2014a; GONÇALVES et al., 2012). Monitoramos diariamente a cultura quanto à ocorrência do oídio. Avaliamos a severidade do oídio por meio da escala diagramática proposta por Sepúlveda-Chavera; Salvatierra-Martínez; Andía-Guardia (2013) com notas de 0 a 5, sendo 0 = 0%, 1 = 0,01 - 2,4%; 2 = 2,4 - 15,2%; 3 = 15,2 - 25,9%; 4 = 25,9 - 40,5% e 5 = 40,5 - 66,6% de área foliar afetada pelo oídio. Marcamos desde a 3ª até a 63ª haste das plantas, quando havia, uma haste a cada 10 hastes, contadas de baixo para cima, e avaliamos a severidade em até 10 folhas de cada haste de duas plantas, evitando-se as da borda, para prevenir sobreposição de efeito dos tratamentos, aos 179, 191, 208 e 222 DAT. Calculamos a média ponderada, atribuindo a

quantidade de folhas avaliadas em cada haste, como peso sobre a severidade média de cada haste dentro da planta, devido a arquitetura em cone da planta, as hastes do terço inferior tinham maior peso na média.

Calculamos a Área Abaixo da Curva de Progresso da Severidade da Doença Escalada (AACPSDE) parcial e total, conforme Shaner et al. (1977); Simko; Piepho (2012) por meio das Eq. [1 - 3].

$$AACPSDE = AACPSD + \left[\frac{y_1 + y_n}{2} \times \frac{D}{n - 1} \right] \quad (1)$$

$$AACPSD = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{y_i + y_{i+1}}{2} \times (t_{i+1} - t_1) \quad (2)$$

$$D = t_n - t_1 \quad (3)$$

Onde: AACPSDE é Área Abaixo da Curva de Progresso da Severidade da Doença Escalada, AACPSD é a Área Abaixo da Curva de Progresso da Severidade da Doença, y_1 , y_n , y_i e y_{i+1} são as medidas de severidade na primeira, última, i th e 1ª posterior a i th observações, respectivamente, n é o número total de observações e t_1 , t_n , t_i , t_{i+1} são os tempos (DAT) na primeira, última, i th e 1ª posterior a i th observações.

Análise estatística. Percorremos a análise estatística no software livre R (R CORE TEAM, 2017). Inicialmente, usamos o modelo linear simples (lm, pacote stats) para testar a homogeneidade dos resíduos das variáveis dependentes, e quando verificamos anormalidade, calculamos a transformação para maximizar a normalidade pela função boxcox (pacote MASS) (BOX; COX, 1964; VENABLES; RIPLEY, 2002). Posteriormente, usamos o modelo linear misto (lme, pacote nlme) (PINHEIRO et al., 2016) para a análise de variância de três fatores (cobertura, época de aplicação e época de avaliação) tirando-se o efeito das variáveis independentes aleatórias (temperatura foliar: bloco, posição da parcela no bloco, planta e época de avaliação; crescimento: bloco, posição da parcela no bloco e época de avaliação; componentes produtivos:

bloco, posição da parcela no bloco, fruto e época de avaliação; e severidade do oídio: bloco, posição da parcela no bloco, planta, haste e época de avaliação). Comparamos esse modelo àquele com apenas o bloco como variável aleatória pela relação AIC e BIC (teste F, $p < 0,05$) (AKAIKE, 1998; SCHWARZ, 1978).

Fizemos a análise post-hoc das variáveis dependentes nos modelos significativos (teste F, $p > 0,10$) pela comparação das médias de mínimos quadrados pelo método de Tukey ($p < 0,10$) (pacote lsmeans) (LENTH, 2016). Fizemos os gráficos utilizando o pacote ggplot2 (WICKHAM, 2009).

Resultados

Efeitos da aplicação de coberturas comestíveis sobre o aquecimento foliar

As coberturas comestíveis não afetaram a temperatura foliar, que teve média variando entre 16,1 e 33,0°C (Fig. 2A e 2B). A temperatura foliar média foi 0,28°C maior nas plantas pulverizadas de 112-268 DAT em relação às pulverizadas de 56-184 DAT (Fig. 2A). A maior temperatura foliar ocorreu aos 92 DAT e as menores aos 220 e 231 DAT (Fig. 2B).

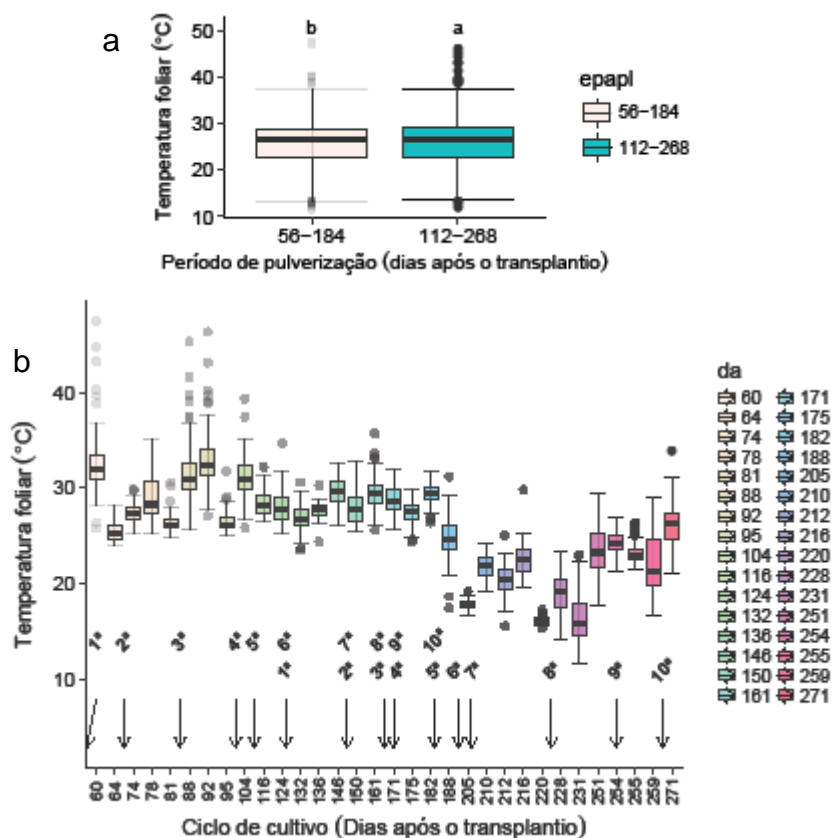


Fig. 2. Temperatura foliar da rosela por época de pulverização dos produtos (epapl) (a) e ao longo do ciclo de cultivo (da) (b). Método de Tukey para médias de mínimos quadrados ($p < 0,10$).

Efeitos da aplicação de coberturas comestíveis sobre o crescimento e produtividade da planta

As coberturas comestíveis e a época de aplicação na cultura não afetaram a produtividade de caules, frutos, cálices e cápsulas frescos e secos, e o número e o comprimento do fruto da rosela.

A produção de caules frescos variou entre 442,73 e 1.438,44 g planta⁻¹, durante o ciclo produtivo. As plantas produziram mais caules frescos aos 196 DAT, diminuindo aos 294 DAT (Fig. 3A). A produção de caules secos variou entre 138,31 e 372,13 g planta⁻¹, durante o ciclo produtivo (Fig. 3B). Diferentemente dos caules frescos, a produtividade de caules secos aumentou até 294 DAT (Fig. 3B).

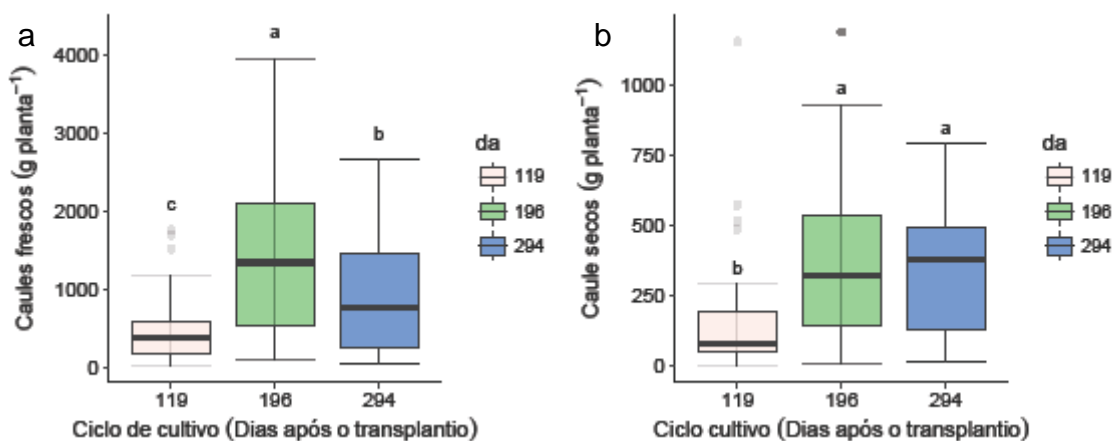


Fig. 3. Produção de caules frescos (a) e secos (b) ao longo do ciclo de cultivo (da). Método de Tukey para médias de mínimos quadrados ($p < 0,10$).

A produção de folhas frescas variou entre 26,41 a 774,22 g planta⁻¹ (Fig. 4A e B). A COB4 diminuiu ao mínimo a produção de folhas frescas das plantas aos 196 DAT (Fig. 4A). A produção de folhas frescas diminuiu aos 294 DAT; porém essa redução ocorreu desde 196 DAT nas plantas pulverizadas com a COB4 e naquelas com EXT (Fig. 4A). A pulverização dos produtos de 56-164 DAT reduziu a produção de folhas frescas aos 119 DAT e a aumentou aos 196 DAT, assim como a aplicação de 112-264 DAT aumentou a produção de folhas frescas aos 119 DAT e a diminuiu aos 196 DAT (Fig. 4B). A produção de folhas secas variou entre 7,0 e 127,3 g planta⁻¹. As plantas pulverizadas com os produtos de 56-184 DAT produziram 50% mais folhas secas que as pulverizadas de 112-268 DAT, aos 196 DAT (Fig. 4C).

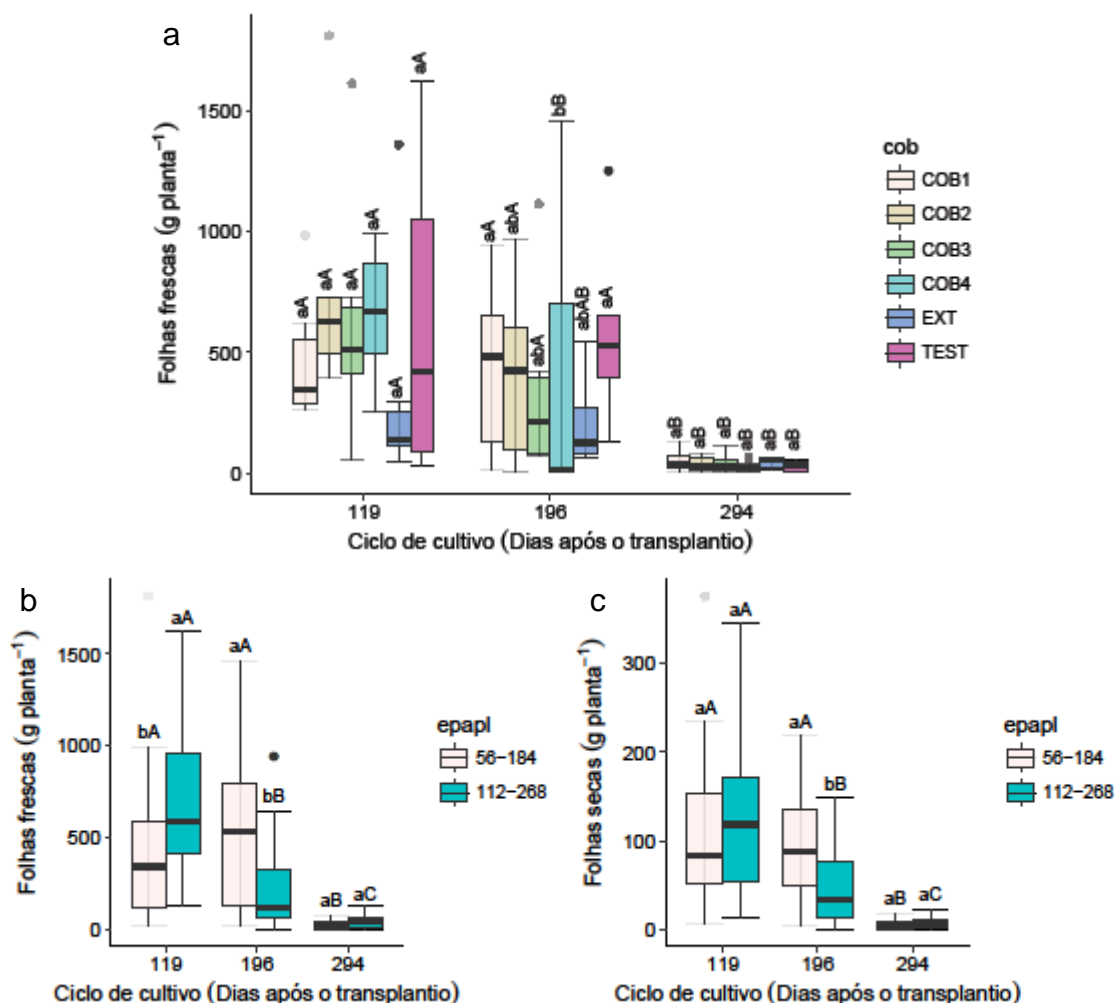


Fig. 4. Produção de folhas frescas (a) da rosela por produto (cob), e de folhas frescas (b) e secas (c) por época de pulverização (epapl) ao longo do ciclo. Letras minúsculas diferentes diferenciam os produtos (a) e as épocas de pulverização (b, c) na época de aplicação, e, letras maiúsculas, o produto (b) e a época de pulverização (c) entre as épocas de avaliação, pelo método de Tukey para médias de mínimos quadrados ($p < 0,10$). COB1 = Cobertura polimérica (COB) de amido; COB2 = COB de amido com extrato de *Schinus terebinthifolius* (EXT); COB3 = COB de amido e gelatina com EXT; COB4 = COB de amido e gelatina com EXT e óleo de *S. molle*; TEST = água.

As produções médias de massa de frutos, cápsulas e cálices frescos de rosela foram de $12.446,73 \pm 5.663,38$; $4.937,004 \pm 2.115,15$ e $7.019,90 \pm 3.240,03$ g planta⁻¹, respectivamente. A produção média de massa de frutos secos variou entre 1.699,66 e 1.876,86 g planta⁻¹, pelo método de mínimos quadrados; embora a análise de variância tenha identificado diferenças significativas ($p < 0,10$) entre as épocas de aplicação, essa diferença não foi detectada pela comparação das médias pelo método de Tukey (Fig. 5A). As produções médias de cápsulas e cálices secos, e número de frutos foram de

1.198,26 \pm 588,59 e 554.22 \pm 273,56 g planta⁻¹, e 2.055 \pm 817 frutos planta⁻¹, respectivamente.

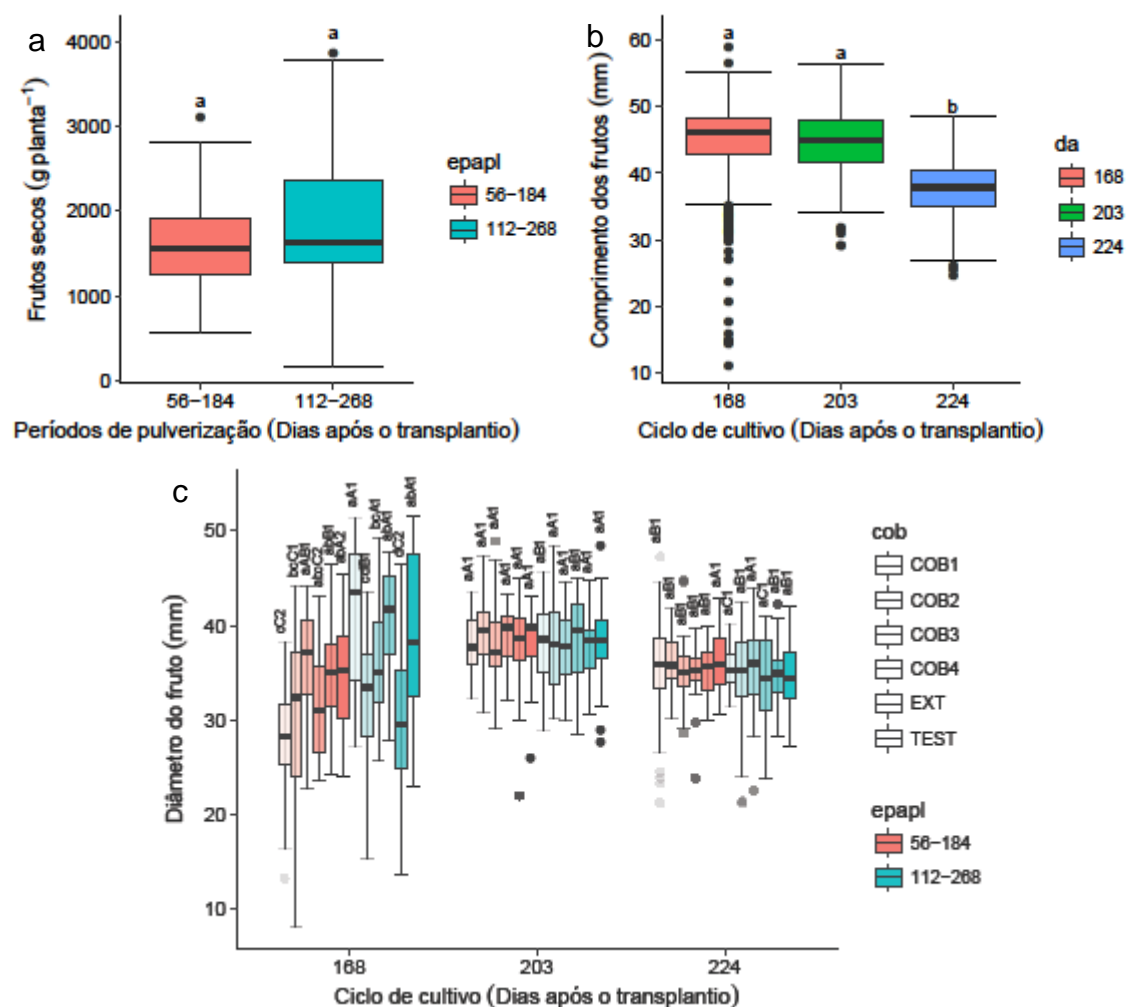


Fig. 5. Comprimento dos frutos (a) ao longo do ciclo (da), e diâmetro dos frutos (b) da rosela por produto (cob) em cada época de pulverização (epapl), ao longo do ciclo. Letras minúsculas diferentes diferenciam as épocas de pulverização (a), as épocas de avaliação (b) ou os produtos, na mesma época de aplicação (c); letras maiúsculas, o produto, entre as épocas de avaliação (b); e números, o produto, entre as épocas de pulverização, pelo método de Tukey para médias de mínimos quadrados ($p < 0,10$). COB1 = Cobertura polimérica (COB) de amido; COB2 = COB de amido com extrato de *Schinus terebinthifolius* (EXT); COB3 = COB de amido e gelatina com EXT; COB4 = COB de amido e gelatina com EXT e óleo de *S. molle*; TEST = água.

O comprimento dos frutos variou entre 37,77 e 44,41 mm, até 203 DAT, permaneceu constante, e aos 224 DAT, diminuiu (Fig. 5B). O diâmetro de frutos variou entre 28,11 – 41,25 mm (Fig. 5C). Quando aplicamos a COB1 de 56-184 DAT observamos o menor diâmetro de frutos (28,11 mm) e, quando aplicamos a mesma cobertura, de 112-268

DAT, o maior diâmetro (41,25 mm) aos 168 DAT (Fig. 5C). Observamos o maior diâmetro do fruto (36,03 mm), quando aplicamos a COB3 de 56-184 DAT, e o menor diâmetro (30,18 mm), quando aplicamos o EXT de 112-268 DAT, aos 168 DAT (Fig. 5C). A aplicação das coberturas de 56-184 DAT afetou mais o diâmetro de frutos que a aplicação de 112-268 DAT (Fig. 5C). O diâmetro do fruto aumentou até 203 DAT (Fig. 5C).

Efeitos da aplicação de coberturas comestíveis sobre a severidade da doença

O quantidade de folhas disponíveis para avaliação da severidade do oídio variou entre 6,56 e 5,63 folhas haste⁻¹, ao longo do ciclo de cultivo, diminuindo 14,18% da primeira à última avaliação (Fig. 6A). A severidade mínima do oídio variou entre 0,45 e 12,42% entre os tratamentos e aumentou a partir de 208 DAT (Fig. 6B). A aplicação dos produtos de 56-184 DAT reduziu a severidade mínima aos 208 DAT (Fig. 6B). Em geral, as coberturas comestíveis reduziram a severidade mínima (Fig. 6C). As coberturas com extrato (COB4, COB3 e COB2) reduziram mais efetivamente a severidade mínima, assim como as coberturas com gelatina (COB4 e COB3) que foram mais efetivas aos 208 DAT (Fig. 6C). A adição de óleo à cobertura (COB4) levou à menor severidade mínima aos 222 DAT comparada à TEST (Fig. 6C).

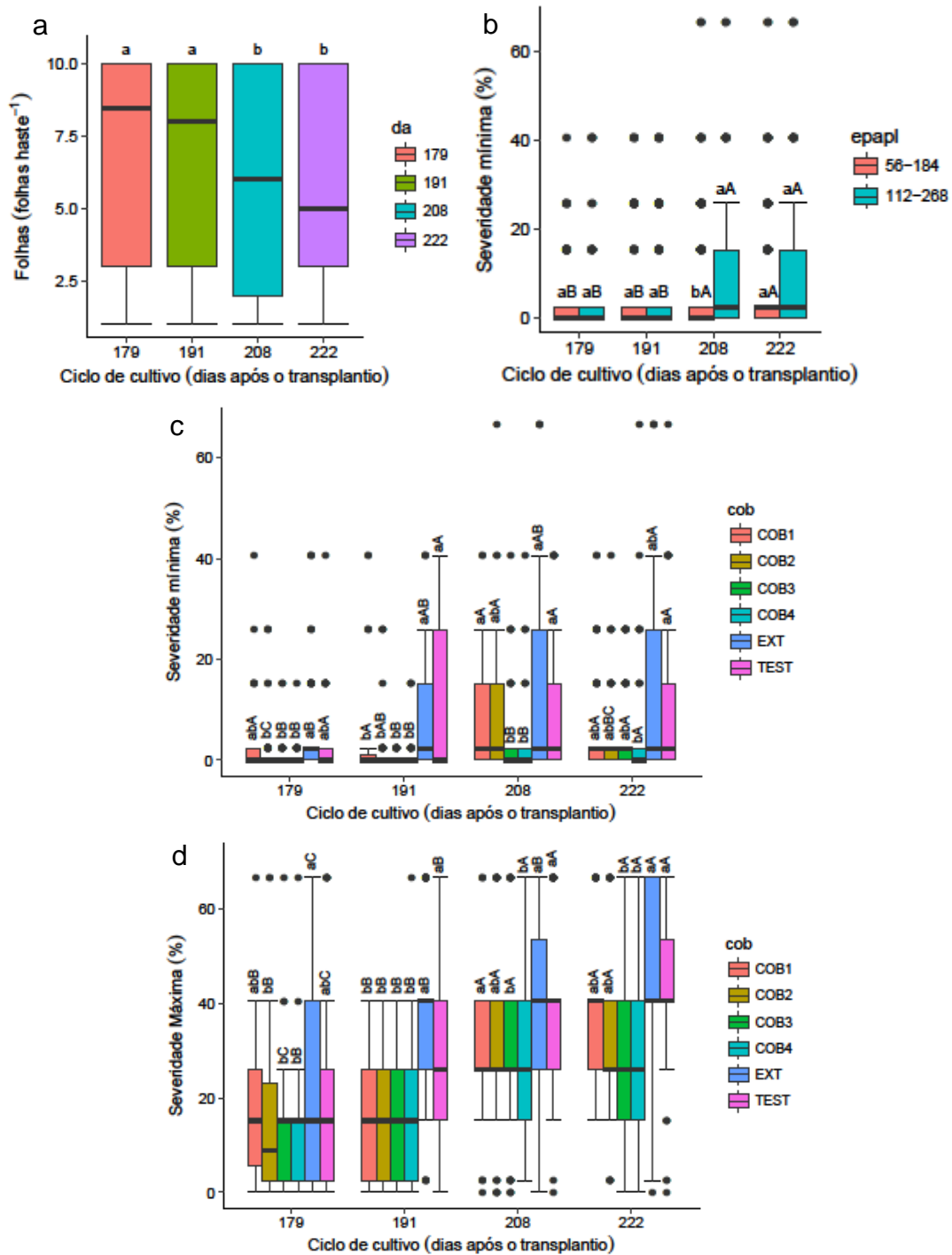


Fig. 6. Folhas da rosela disponíveis para avaliar (a), severidade mínima, por época de aplicação dos produtos (b), e, mínima (c) e máxima (d) do oídio por produto, ao longo do ciclo de cultivo. Letras minúsculas diferentes diferenciam as épocas de avaliação (da) (a), as épocas de pulverização (epapl) (b) ou os produtos (cob), na época de avaliação (c, d), e, letras maiúsculas, o produto, entre as épocas de avaliação (c, d), pelo método de Tukey para médias de mínimos quadrados ($p < 0,10$). COB1 = Cobertura polimérica (COB) de amido; COB2 = COB de amido com extrato de *Schinus terebinthifolius* (EXT); COB3 = COB de amido e gelatina com EXT; COB4 = COB de amido e gelatina com EXT e óleo de *S. molle*; TEST = água.

A severidade máxima do oídio variou entre 11,40 e 44,83% e observamos, que a mesma aumentou 6,78% nas folhas das plantas pulverizadas com o extrato de *S. terebinthifolius* comparadas às pulverizadas com TEST (Fig. 6D). Com exceção à primeira avaliação, as coberturas comestíveis reduziram a severidade máxima (Fig. 6D). As coberturas com gelatina e extrato (COB4, COB3) foram mais eficientes em reduzir a severidade máxima depois de 208 DAT, em relação as outras coberturas (Fig. 6D). A COB4 reduziu em 34,08% a severidade máxima aos 222 DAT, enquanto a COB1, somente em 10,79%, comparado à TEST (Fig. 6D). A severidade máxima aumentou mais acentuadamente nas plantas pulverizadas com TEST e EXT, comparadas às pulverizadas com coberturas comestíveis (Fig. 6D).

A severidade média do oídio variou de 3,27 a 24,99% (Fig. 7A). A pulverização de TEST e EXT nas plantas aumentou a severidade média durante todo o ciclo. A COB1 reduziu severidade aos 191 DAT, comparada à TEST e ao EXT, e, aos 179 e 191 DAT, foi semelhante às outras coberturas (Fig. 7A). A COB2 diminuiu a severidade média aos 191 DAT, em relação à TEST, aos 179 e 191 DAT, em relação ao EXT, e, aos 179, 191 e 222 DAT, foi semelhante às outras coberturas (Fig. 7A). A COB3 diminuiu a severidade média comparada à TEST, aos 191 e 222 DAT e, ao EXT, aos 179 DAT (Fig. 7A). A COB4 reduziu as severidades médias em relação à TEST, exceto aos 179 DAT, e aos 222 DAT diminuiu em 53,89% a severidade média nas folhas, em relação à TEST (11,52% versus 24,99%) (Fig. 7A). A pulverização da TEST e do EXT acentuou o crescimento da severidade média durante o ciclo de cultivo (Fig. 7A).

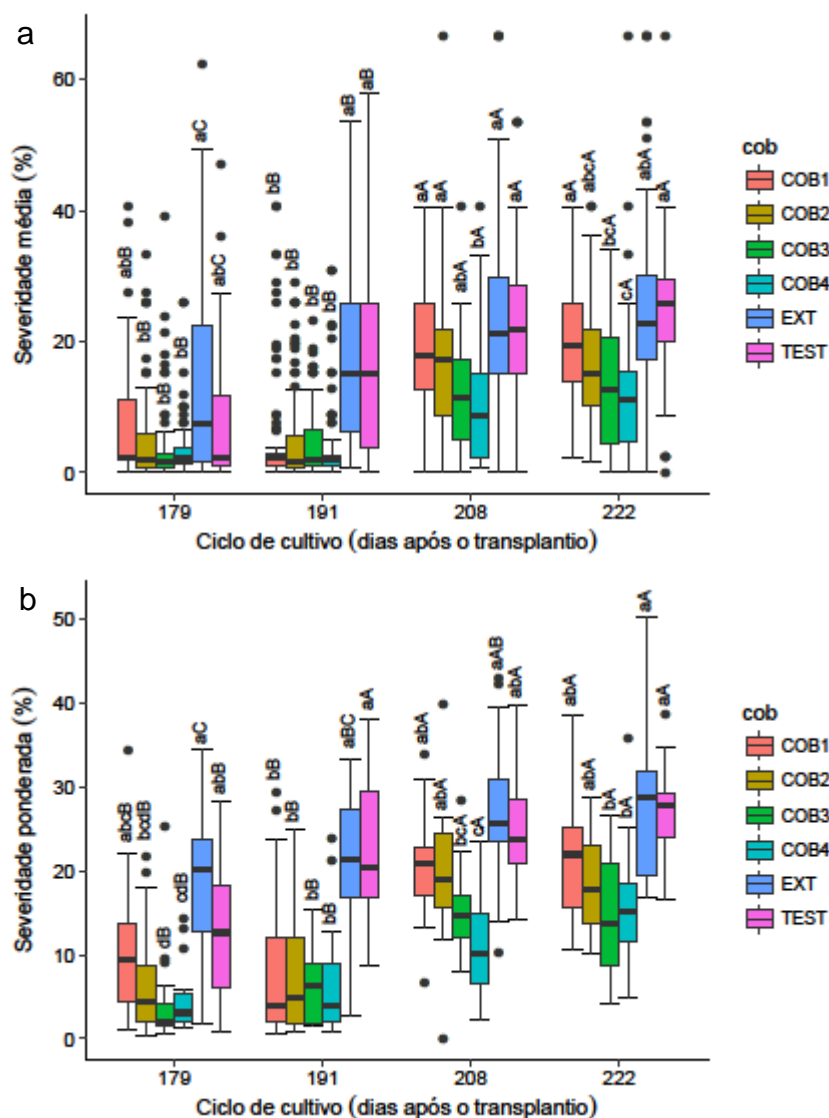


Fig. 7. Severidade média (a) e ponderada (b) do oídio nas folhas da rosela por produto (cob) pulverizado ao longo do ciclo de cultivo. Letras minúsculas diferentes diferenciam os produtos, na época de avaliação, e, letras maiúsculas, o produto entre as épocas de avaliação (a, b), pelo método de Tukey para médias de mínimos quadrados ($p < 0,10$). COB1 = Cobertura polimérica (COB) de amido; COB2 = COB de amido com extrato de *Schinus terebinthifolius* (EXT); COB3 = COB de amido e gelatina com EXT; COB4 = COB de amido e gelatina com EXT e óleo de *S. molle*; TEST = água.

A severidade ponderada do oídio variou entre 4,47 e 28,45% ao longo do ciclo (Fig. 7B). Somente a COB4 reduziu a severidade média ponderada em relação à TEST e ao EXT durante todo o ciclo de cultivo (Fig. 7B). As COB3 e COB4 reduziram em 44,87 e 43,38%, respectivamente, a severidade ponderada em relação à TEST, aos 222 DAT (Fig. 7B). A pulverização da TEST e do EXT acentuou o crescimento da severidade ponderada em relação às coberturas (Fig. 7B).

A Área Abaixo da Curva de Progresso da Severidade da Doença Escalada (AACPSDE) parcial variou entre 58,87 e 421,46 ao longo do ciclo de cultivo (Fig. 8A). Somente a COB4 reduziu a AACPSDE parcial durante todo o período de avaliação em relação à TEST e ao EXT. A COB3 e a COB4 reduziram em 44,86 e 43,51%, respectivamente, a AACPSDE parcial, em relação à TEST aos 222 DAT (Fig. 8A). A pulverização das coberturas levou ao crescimento mais gradual da AACPSDE parcial comparado à TEST e ao EXT (Fig. 8A).

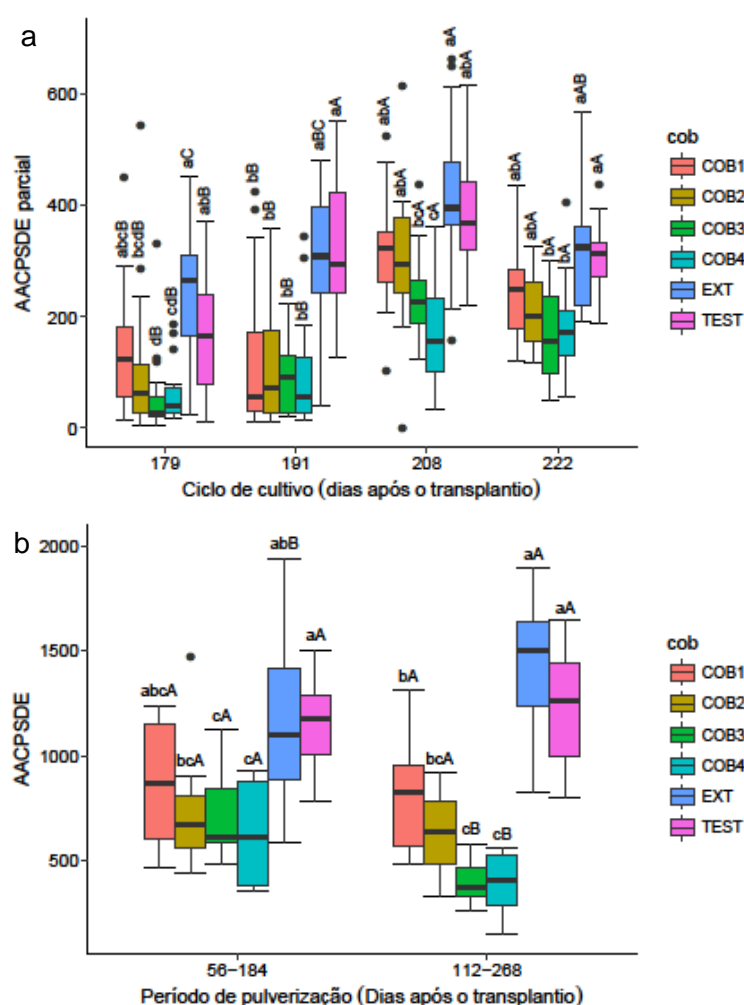


Fig. 8. Área abaixo da curva de progresso da severidade da doença escalada (AACPSDE) parcial (AACPSDE parcial) e AACPSDE do oídio nas folhas da rosela por produto (cob) ao longo do ciclo (a) e por época de pulverização (b). Letras minúsculas diferentes diferenciam produtos na época de aplicação, e, letras maiúsculas, o produto entre as épocas de avaliação (a) ou aplicação (b), pelo método de Tukey para médias de mínimos quadrados ($p < 0,10$). COB1 = Cobertura polimérica (COB) de amido; COB2 = COB de amido com extrato de *Schinus terebinthifolius* (EXT); COB3 = COB de amido e gelatina com EXT; COB4 = COB de amido e gelatina com EXT e óleo de *S. molle*; TEST = água

A AACPSDE variou entre 628,41 e 1440,33 (Fig. 8B). A pulverização das coberturas contendo extrato (COB4, COB3 e COB2) levou às menores AACPSDE em ambas épocas de aplicação (Fig. 8B). A COB4, a COB3, a COB2 e a COB1 reduziram a AACPSDE em 45,43 ($p= 0,01$), 37,77 ($p= 0,05$), 34,15 ($p= 0,08$) e 25,14% ($p= 0,36$), respectivamente, quando pulverizadas de 56 - 184 DAT, e 67,07 ($p< 0,001$), 67,80 ($p< 0,001$), 48,56 ($p< 0,01$), 33,65% ($p= 0,098$), respectivamente, quando pulverizadas de 112 - 268 DAT, em relação às pulverizadas com TEST (Fig. 8B). A pulverização da COB3 e da COB4 de 112 - 268 DAT aumentou o controle sobre a AACPSDE em 16,64 ($p= 0,004$) e 14,26% ($p= 0,023$), respectivamente, e diminuiu o efeito do EXT em 8,42% ($p= 0,091$) em relação a aplicação de 56-184 DAT (Fig. 8B).

Discussão

Nossos resultados indicam que a pulverização das coberturas comestíveis não afeta a temperatura foliar (Fig. 2A e 2B), embora outros trabalhos tenham demonstrado aumento da temperatura pela aplicação de polímeros formadores de filmes (GALE; POLJAKOFF-MAYBER, 1965; PRESS et al., 1989). Aplicamos uma camada polimérica na face superior da folha, que provavelmente, foi insuficiente para alterar a troca de gases da planta, o que aumentaria a temperatura foliar. Os polímeros aumentam a temperatura foliar por reduzirem a transpiração e a condutância estomática (FARALLI et al., 2016; GATTI et al., 2016), meios de equilíbrio térmico da planta (TAIZ; ZEIGER, 2010), embora esse aumento dificilmente chegue ao ponto de afetar o crescimento ou a matar a planta (GALE; POLJAKOFF-MAYBER, 1965), a não ser sob temperaturas ambientais próximas às máximas suportadas por cada espécie (PRESS et al., 1989).

A produtividade de caules frescos diminuiu devido à senescência das plantas no final do ciclo, pelo envelhecimento e pelas geadas, que induzem perdas ou seca de caules. Apesar disso, a produtividade de caules secos manteve-se alta, por ser menos sensível a essas modificações.

Nossas descobertas indicam um possível efeito deletério do extrato de *S. terebinthifolius* sozinho ou incorporado às coberturas sobre a produção de folhas (Fig. 3C). Tal resultado aponta efeito alelopático do extrato de *S. terebinthifolius* sobre o rosela, embora não haja estudos comprovando tal efeito. Ainda mais, as plantas pulverizadas com cobertura contendo extrato de *S. terebinthifolius* e óleo de *S. molle* tiveram maior efeito inibitório. O extrato de *S. terebinthifolius* já havia demonstrado potencial alelopático sobre algumas espécies de plantas terrestres (MORGAN; OVERHOLT, 2005), e os seus frutos inteiros ou quebrados ao caírem na água, sobre espécies de manguezais (DONNELLY; GREEN; WALTERS, 2008), ambas nativas da Flórida, USA, e também sobre a soja (BIGATON et al., 2013). Além do que, os óleos voláteis de *S. terebinthifolius* e *S. molle* afetaram negativamente a germinação, crescimento da plântula e da célula da cebola e da alface, com sinergia entre os compostos dos óleos (PAWLOWSKI et al., 2012). Por isso, o extrato e o óleo de *S. terebinthifolius* e *S. molle* mostraram-se inapropriados para uso na cultura da rosela.

A diminuição no número de folhas ao longo do tempo (Fig. 4) indica a senescência pelo envelhecimento foliar e pela desfolha, devido à geada e ao ataque de doenças. A rosela é suscetível a danos pela geada (QI et al., 2005), em 12/06/2016 e 13/06/2016 ocorreram geadas leves (Fig. 1) aumentando a perda de folhas (AMUSA, 2004; AMUSA; KOGBE; AJIBADE, 2001; GONÇALVES, 2014b; REZA; MEHRDAD; A., 2007; VASANT; RAO, 1973).

As coberturas comestíveis reduziram efetivamente a severidade do oídio (Fig. 6, 7 e 8). Isso porque os polímeros formadores de filmes formam barreira mecânica à penetração do patógeno e/ou alteram as características físico-químicas na superfície foliar, reduzindo a fixação e/ou germinação dos esporos, fixação e reconhecimento dos sítios de infecção pelo tubo germinativo de patógenos (ELAD et al., 1989; REDDY, 2013; ZEKARIA-OREN, 1991; ZIV, 1983). Diversos polímeros formadores de filmes sozinhos ou combinados com outros produtos demonstraram controlar o oídio no trigo causado por *Erysiphe graminis* f. sp. *tritici* (ZIV, 1983; ZIV; FREDERIKSEN, 1987); nas Curcubitaceae, por *Sphaerotheca fuliginea* (Schlecht. ex Fr.) Poll (ELAD et al., 1989; ZIV; ZITTER, 1992); no evônimo-do-Japão (*Euonymus japonica* Thunb.), por *Oidium euonymi-japonica* (Arcang.) Sacc. (ZIV; HAGILADI, 1993). Porém, o Ultrafilm oil não protegeu eficientemente o morangueiro do oídio (*Podosphaera aphanis*) (PERTOT et al., 2007). Além do efeito mecânico, a inibição da germinação e crescimento das hifas por substâncias nos filmes foram sugeridos, desde que a aplicação dos produtos em baixas concentrações, insuficientes para formar filme, controlaram o oídio causado por *S. fuliginea* (ELAD et al., 1989). Além do oídio, os polímeros formadores de filmes controlaram diversas doenças de várias plantas (HAN, 1990; ZEKARIA-OREN, 1991; ZIV, 1983; ZIV; FREDERIKSEN, 1987; ZIV; ZITTER, 1992).

As coberturas contendo extrato controlaram mais o oídio comparadas às coberturas sem extrato, porém, o extrato sozinho teve a mesma quantidade de doença que as plantas pulverizadas com TEST (Fig. 6, 7 e 8). Os fatores ambientais (Ex. precipitação, luz, ar e altas temperaturas) podem ter degradado ou removido o extrato, e associados à irrigação via aspersão, alterado ou anulado o efeito do extrato, pois a proteção do extrato através da cobertura permitiu a expressão do seu potencial antimicrobiano. O extrato etanólico

de *S. terebinthifolius* inibiu o crescimento de patógenos contaminantes de alimentos in vitro, mas não o extrato aquoso (DEGÁSPARI; WASZCZYNSKYJ; PRADO, 2005; ULIANA et al., 2016); o extrato metanólico (1 mg mL⁻¹) reduziu a germinação carpopêgica de *Sclerotinia sclerotiorum*, com atividade semelhante à do fungicida Procimidone (1,5 mg mL⁻¹) (ZANELLA et al., 2015); porém, in vivo a 5% (m/v) não controlou a ferrugem asiática da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) (BIGATON et al., 2013). Os polímeros formadores de filmes aumentaram a eficiência de controle de fungicidas convencionais sobre a podridão de frutos (associada a diversos patógenos) no oxicoco (*Vaccinium macrocarpon* Aiton., American cranberry), podendo reduzir o impacto ambiental do fungicida (SANDIER, 1995).

A cobertura com óleo de *S. molle* foi mais efetiva no controle do oídio em relação às outras coberturas (Fig. 6, 7 e 8). Os óleos voláteis possuem baixa pressão de vapor e alta degradabilidade (CLOYD; CHIASSON, 2007; CREMASCO; NAZARENO, 2011; SINGH; CHITTENDEN, 2010), nossos resultados indicam que as coberturas protegeram eficientemente o óleo, embora a técnica que utilizamos para incorporação do mesmo na cobertura não tenha sido a mais eficiente disponível atualmente, como as nanoemulsões (HASHEMI GAHRUIE et al., 2017; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ et al., 2017). Experimento anterior mostrou, que in vitro, o óleo volátil de *S. molle* (concentração de 25%) tem efeito fungicida contra os fungos fitopatogênicos *Alternaria* spp., *Botrytis* spp., *Colletotrichum* spp. e *Fusarium* spp isolados de gérbera (*Gerbera* sp.) e rosa (*Rosa* sp.) (DOS SANTOS et al., 2010).

As coberturas com amido e gelatina foram mais eficientes que aquelas apenas com amido. Os compósitos ou as coberturas formadas pela mistura de diversas classes de polímeros têm melhores características físico-químicas do que as matrizes poliméricas simples. A adição de gelatina aumenta a permeabilidade ao vapor de água e oxigênio, a

umidade, a solubilidade em água, a espessura do filme, a transparência e brilho, a força de tensão e a alongação até a quebra das coberturas amídicas (ACOSTA et al., 2015; FAKHOURY et al., 2012). A adição de óleos pode aumentar a permeabilidade ao oxigênio, a solubilidade em água, a espessura do filme e a alongação até a quebra e reduzir a permeabilidade ao vapor de água, a umidade, a transmitância e brilho, e a força de tensão, além de adicionarem atividade antioxidante às coberturas, embora os óleos sejam pouco miscíveis em materiais hidrofílicos (ACOSTA et al., 2015; CHOULITOU DI et al., 2017; HASHEMI; MOUSAVI KHANEGHAH, 2017; HOSSEINI et al., 2015). Essas características tornaram as coberturas compósitas melhores carreadoras dos compostos naturais que a cobertura simples. Trabalhos anteriores também mostram que a adição de óleo essencial torna a cobertura antimicrobiana (HOSSEINI et al., 2015), ou juntamente à adição de extrato, aumenta efeito antimicrobiano da cobertura (CHOULITOU DI et al., 2017) de diversas matrizes poliméricas sobre microrganismos contaminantes de produtos armazenados.

O oídio se desenvolve em condições secas e frias, com grandes oscilações na umidade do ar, porém tendo um período do dia com altas umidades (BYRNE et al., 2000; CHEAH; PAGE; COX, 1996; SANTANA et al., 2012), o que ocorreu ao final do segundo período de aplicação das coberturas, quando o primeiro período já havia cessado. A persistência da cobertura sobre a superfície foliar, provavelmente, diminuiu a eficiência de controle entre as épocas de aplicação. A aplicação até 184 DAT deve ter protegido as plantas por mais 15-20 dias e, provavelmente, após esse período, os efeitos residuais foram baixos. Estratégias para aumentar a durabilidade das coberturas ainda precisam ser desenvolvidas (WANG; QIAN; SHEN, 2018).

Conclusões

Desenvolvemos coberturas poliméricas aplicáveis em campo. As coberturas contendo extrato de *S. terebinthifolius* e óleo de *S. molle* reduzem a produção de folhas e o diâmetro dos frutos, porém, não afetam a produção de frutos e são mais eficientes no manejo do oídio. As coberturas protegem efetivamente os antimicrobianos naturais, principalmente as coberturas amilo-proteicas, que são mais eficientes em controlar o oídio comparadas às coberturas amídicas. Por isso, os polímeros naturais compósitos mostram-se como ferramentas mais eficientes no controle de doenças de plantas, que os polímeros simples. As coberturas de amido e gelatina contendo extrato de *S. terebinthifolius* e óleo de *S. molle* são mais eficientes quando usadas como ferramenta preventiva e curativa. A pulverização da cobertura de amido e gelatina contendo extrato de *S. terebinthifolius* e óleo de *S. molle* de 112 – 268 DAT é mais efetiva no controle do oídio em folhas de rosela no campo.

Literatura Citada

ACOSTA, S. et al. Physical properties and stability of starch-gelatin based films as affected by the addition of esters of fatty acids. **Food Hydrocolloids**, v. 49, n. julho 2015, p. 135–143, 2015.

AKAIKE, H. Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: **An Intro**. Springer Series in Statistics. New York, NY: Springer New York, 1998. p. 199–213.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

AMUSA, N. A. Foliar blight of roselle and its effect on yield in Tropical Forest Region of Southwestern Nigeria. **Mycopathologia**, v. 157, n. 3, p. 327–331, 2004.

AMUSA, N. A.; KOGBE, J. O. S.; AJIBADE, S. R. Stem and foliar blight in roselle (*Hibiscus sabdariffa* L. var . *sabdariffa*) in the tropical forest region of south-western Nigeria. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 76, n. 6, p. 681–684, 2001.

BAISWAR, P. et al. First report of powdery mildew caused by *Podosphaera* sp. on *Hibiscus sabdariffa* in India. **Australasian Plant Disease Notes**. v. 5, n. 1, p. 123–125, 2010.

BIGATON, D. et al. Avaliação da atividade fungicida de extratos e óleos essenciais

sobre ferrugem asiática da soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 757–763, 2013.

BOARI, F. et al. Particle film technology: A supplemental tool to save water. **Agricultural Water Management**, v. 147, n. 1 janeiro 2015, p. 154–162, 2015.

BOX, G.; COX, D. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)**, v. 26, n. 2, p. 211–252, 1964.

BYRNE, J. M. et al. Factors affecting concentrations of airborne conidia of *Oidium* sp. among poinsettias in a greenhouse. **Plant Disease**, v. 84, n. 10, p. 1089–1095, 2000.

CARVALHO, A. P. DE et al. (EDS.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

CHEAH, L. H.; PAGE, B. B. C.; COX, J. K. **Epidemiology of powdery mildew (*Sphaerotheca fuliginea*) of Squash L.H.** Proceedings of the New Zealand Plant Protection Conference: Horticultural Crop. **Anais...** Nova Zelândia: New Zealand Plant Protection Society (Inc.), 1996.

CHOULITOU DI, E. et al. Edible coating enriched with rosemary extracts to enhance oxidative and microbial stability of smoked eel fillets. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 12, n. dezembro 2016, p. 107–113, 2017.

CLOYD, R. A.; CHIASSON, H. Activity of an essential oil derived from *Chenopodium ambrosioides* on greenhouse insect pests. **Journal of Economic Entomology**, v. 100, n. 2, p. 459–466, 2007.

CORTEZ-VEGA, W. R. et al. Using edible coatings from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) protein isolate and organo-clay nanocomposite for improve the conservation properties of fresh-cut “Formosa” papaya. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 22, n. abril 2014, p. 197–202, 2014.

CREMASCO, M. A.; NAZARENO, B. P. Análise termogravimétrica do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervium* C. DC). **Acta Amazonica**, v. 41, n. 2, p. 275–278, 2011.

DA-COSTA-ROCHA, I. et al. *Hibiscus sabdariffa* L. – A phytochemical and pharmacological review. **Food Chemistry**, v. 165, n. 15 dezembro 2014, p. 424–443, 2014.

DA SILVA, M. M. et al. *Schinus terebinthifolius*: Phenolic constituents and in vitro antioxidant, antiproliferative and in vivo anti-inflammatory activities. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 27, n. 4, p. 445–452, 2017.

DE SMEDT, C.; SOMEUS, E.; SPANOGHE, P. Potential and actual uses of zeolites in crop protection. **Pest Management Science**, v. 71, n. 10, p. 1355–1367, 2015.

DEGÁSPARI, C. H.; WASZCZYNSKYJ, N.; PRADO, M. R. M. Atividade antimicrobiana de *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n.

3, p. 617–622, 2005.

DONNELLY, M. J.; GREEN, D. M.; WALTERS, L. J. Allelopathic effects of fruits of the Brazilian pepper *Schinus terebinthifolius* on growth, leaf production and biomass of seedlings of the red mangrove *Rhizophora mangle* and the black mangrove *Avicennia germinans*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 357, n. 2, p. 149–156, 2008.

DOS SANTOS, A. C. A. et al. Antifungal effect of *Schinus molle* L., Anacardiaceae, and *Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae, essential oils of Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 20, n. 2, p. 154–159, 2010.

ELAD, Y. et al. The effect of film-forming polymers on powdery mildew of cucumber. **Phytoparasitica**, v. 17, n. 4, p. 279–288, 1989.

FAKHOURI, F. M. et al. Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 109, n. november 2015, p. 57–64, 2015.

FAKHOURY, F. M. et al. Edible films made from blends of manioc starch and gelatin – Influence of different types of plasticizer and different levels of macromolecules on their properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 49, n. 1, p. 149–154, 2012.

FARALLI, M. et al. Canopy application of film antitranspirants over the reproductive phase enhances yield and yield-related physiological traits of water-stressed oilseed rape (*Brassica napus*). **Crop and Pasture Science**, v. 67, n. 7, p. 751–765, 2016.

FARALLI, M. et al. In-field film antitranspirant application shows potential yield protection from flowering-stage drought periods in winter canola (*Brassica napus*). **Crop and Pasture Science**, v. 68, n. 3, p. 243–253, 2017.

GALE, J.; POLJAKOFF-MAYBER, A. Effect of antitranspirant treatment on leaf temperatures. **Plant and Cell Physiology**, v. 6, n. 1, p. 111–115, 1965.

GATTI, M. et al. Manipulation of ripening via antitranspirants in cv. Barbera (*Vitis vinifera* L.). **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 22, n. 2, p. 245–255, 2016.

GONÇALVES, W. V. et al. **Cama-de-frango e fósforo no cultivo de rosela**. IN: ENEPE/UFGD, 3., 2012, Dourados. **Anais...** Dourados: UFGD, 2012, p.1-10, CDROM.

GONÇALVES, W. V. **Resposta agrônômica de *Hibiscus sabdariffa* L. cultivadas em duas épocas pulverizadas com produtos alternativos**. Dourados, MS : Universidade Federal da Grande Dourados, 2014, 42 p.

HAN, J. Use of antitranspirant epidermal coatings for plant protection in China. **Plant Disease**, v. 74, n. 4, p. 263, 1990.

HASHEMI, S. M. B.; MOUSAVI KHANEGHAH, A. Characterization of novel basil-seed gum active edible films and coatings containing oregano essential oil. **Progress in**

Organic Coatings, v. 110, n. setembro 2016, p. 35–41, 2017.

HASHEMI GAHRUIE, H. et al. Characterization of basil seed gum-based edible films incorporated with *Zataria multiflora* essential oil nanoemulsion. **Carbohydrate Polymers**, v. 166, n. 15 junho 2017, p. 93–103, 2017.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, E. et al. Effect of nanoemulsified and microencapsulated mexican oregano (*Lippia graveolens* Kunth) essential oil coatings on quality of fresh pork meat. **Journal of Food Science**, v. 82, n. 6, p. 1423–1432, 2017.

HOSSEINI, S. F. et al. Bio-based composite edible films containing *Origanum vulgare* L. essential oil. **Industrial Crops and Products**, v. 67, n. maio 2015, p. 403–413, 2015.

ISMAIL, A. et al. Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) Seeds – Nutritional Composition, Protein Quality and Health Benefits. **Food**, v. 2, n. 1, p. 1–16, 2008.

KHAIRY, E. A.; MICHAIL, S. H.; ABD EL REHIM, M. Occurrence of powdery mildews of roselle and mulberry in U.A.R. (Egypt). **Phytopathologia Mediterranea**, v. 10, n. 3, p. 269–271, 1971.

LENTH, R. V. Least-Squares Means: The R Package lsmeans. **Journal of Statistical Software**, v. 69, n. 1, p. 1–33, 2016.

MORGAN, E. C.; OVERHOLT, W. A. Potential allelopathic effects of Brazilian pepper (*Schinus erebinthifolus* Raddi, Anacardiaceae) apueous extract on germination and growth of selected Florida native plants. **Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 132, n. 1, p. 11–15, 2005.

MWASIAGI, J. I. et al. Characterization of the Kenyan *Hibiscus sabdariffa* L. (Roselle) bast fibre. **Fibres and Textiles in Eastern Europe**, v. 105, n. 3, p. 31–34, 2014.

PAWLOWSKI, Â. et al. Essential oils of *Schinus terebinthifolius* and *S. molle* (Anacardiaceae): Mitodepressive and aneugenic inducers in onion and lettuce root meristems. **South African Journal of Botany**, v. 80, n. maio 2012, p. 96–103, 2012.

PERTOT, I. et al. Sensitivity of two *Podosphaera aphanis* populations to disease control agents. **Journal of Plant Pathology**, v. 89, n. 1, p. 85–96, 2007.

PINHEIRO, J. et al. **nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models**, 2016. Disponível em: <<http://cran.r-project.org/package=nlme>>

PRESS, M. C. et al. Antitranspirant-induced heat stress in the parasitic plant *Striga hermonthica* - a novel method of control. **Journal of Experimental Botany**, v. 40, n. 5, p. 585–591, 1989.

QAVAMI, N. et al. Overview on Chitosan as a valuable ingredient and biostimulant in pharmaceutical industries and agricultural products. **Trakia Journal of Science**, v. 15, n. 1, p. 83–91, 2017.

QI, Y. et al. Biological characteristics, nutritional and medicinal value of roselle, *Hibiscus sabdariffa*. **Circular-Urban Forestry Natural Resources and Environment**, s. v., n. 604, p. 1–2, 2005.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria R Foundation for Statistical Computing, 2017. Disponível em: <<https://www.r-project.org/>>

REDDY, P. P. Disguising the leaf surface. In: **Recent advances in crop protection**. New Delhi: Springer India, 2013. p. 91–101.

REZA, M. M.; MEHRDAD, A.; A., N. First report of powdery mildew on roselle caused by *Leveillula taurica* in Iran. **Iranian Journal of Plant Pathology**, v. 43, n. 4, p. 158–158, 2007.

SANDIER, H. A. Application of antitranspirant and reduced rate fungicide combinations for fruit rot management in cranberries. **Plant Disease**, v. 79, n. 9, p. 956, 1995.

SANTANA, C. V. DA S. et al. Impacto de alterações da temperatura sobre a infecção de *Oidium* sp em Feijão-Caupi. In: WORKSHOP SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PROBLEMAS FITOSSANITÁRIOS, 1. **Anais eletrônicos...** Jaguariúna: EMBRAPA MEIO AMBIENTE, p. 1–4, 2012. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61252/1/Fran6.pdf>>. Acesso em: 12 mai. 18.

SANTOS, A. C. A. DOS et al. Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi, Anacardiaceae, do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, n. 2, p. 154–159, 2010.

SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a model. **The Annals of Statistics**, v. 6, n. 2, p. 461–464, 1978.

SEPÚLVEDA-CHAVERA, G.; SALVATIERRA-MARTÍNEZ, R.; ANDÍA-GUARDIA, R. The alternative control of powdery mildew complex (*Leveillula taurica* and *Erysiphe* sp.) in tomato in the Azapa Valley, Chile. **Ciencia e investigación agraria**, v. 40, n. 1, p. 119–130, 2013.

SHANER, G. et al. The Effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, s. n., p. 1051–1056, 1977.

SIMKO, I.; PIEPHO, H.-P. The area under the disease progress stairs: Calculation, advantage, and application. **Phytopathology**, v. 102, n. 4, p. 381–389, 2012.

SINGH, T.; CHITTENDEN, C. Efficacy of essential oil extracts in inhibiting mould growth on panel products. **Building and Environment**, v. 45, n. 10, p. 2336–2342, 2010.

SWART, L.; LANGENHOVEN, P. First report of Botrytis blight, caused by *Botrytis cinerea*, on *Hibiscus* in South Africa. **Plant Disease**, v. 84, n. 4, p. 487.1–487.1, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant Physiology**. 5. ed. Sunderland, MA, USA: Sinauer Associates, Inc, 2010. 782p.

ULIANA, M. P. et al. Composition and biological activity of Brazilian rose pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) leaves. **Industrial Crops and Products**, v. 83, n. maio 2016, p. 235–240, 2016.

VASANT, B.; RAO, G. Diseases of fibre crops in India. **Sydowia**, v. 30, s. n., p.164–185, 1973.

VENABLES, W. N.; RIPLEY, B. D. **Modern Applied Statistics with S**. New York, NY: Springer New York, 2002. 498p.

WANG, P.; QIAN, X.; SHEN, J. Superhydrophobic coatings with edible biowaxes for reducing or eliminating liquid residues of foods and drinks in containers. **BioResources**, v. 13, n. 1, p. 1–2, 2018.

WICKHAM, H. **ggplot2 Elegant Graphics for Data Analysis**. New York NY: Springer New York, 2009. 213p.

WILSON, F. D.; MENZEL, M. Y. Kenaf (*Hibiscus cannabinus*), roselle (*Hibiscus sabdariffa*). **Economic Botany**, v. 18, n. 20, p. 80–91, 1964.

ZANELLA, C. DE S. et al. Atividade de óleos e extratos vegetais sobre germinação carpopôgica e crescimento micelial de *Sclerotinia sclerotiorum*. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 82, n. Epub Abril 28, p. 1–8, 2015.

ZEKARIA-OREN, J. Effect of film-forming compounds on the development of leaf rust on wheat seedlings. **Plant Disease**, v. 75, n. 3, p. 231, 1991.

ZHEN, J. et al. Phytochemistry, antioxidant capacity, total phenolic content and anti-inflammatory activity of *Hibiscus sabdariffa* leaves. **Food Chemistry**, v. 190, n. 1 janeiro 2016, p. 673–680, 2016.

ZIV, O. Control of *Septoria* leaf blotch of wheat and powdery mildew of barley with antitranspirant epidermal coating materials. **Phytoparasitica**, v. 11, n. 1, p. 33–38, 1983.

ZIV, O.; FREDERIKSEN, R. A. The effect of film-forming anti-transpirants on leaf rust and powdery mildew incidence on wheat. **Plant Pathology**, v. 36, n. 3, p. 242–245, 1987.

ZIV, O.; HAGILADI, A. Controlling powdery mildew in *Euonymus* with polymer coatings and bicarbonate solutions. **HortScience**, v. 28, n. 2, p. 124–126, 1993.

ZIV, O.; ZITTER, T. A. Effects of bicarbonates and film-forming polymers on cucurbit foliar diseases. **Plant Disease**, v. 76, n. 5, p. 513, 1992.