



DAVID FERREIRA DUARTE

**EFEITO DE PRODUTOS À BASE DE CARBONATO DE
POTÁSSIO, DE ÓLEO ESSENCIAL DE MELALEUCA +
EXTRATO DE ALHO E DE TERPENOS NO CONTROLE DE
Podosphaera xanthii DA ABOBRINHA**

**LAVRAS-MG
2020**

DAVID FERREIRA DUARTE

**EFEITO DE PRODUTOS À BASE DE CARBONATO DE POTÁSSIO, DE ÓLEO
ESSENCIAL DE MELALEUCA + EXTRATO DE ALHO E DE TERPENOS NO
CONTROLE DE *Podosphaera xanthii* DA ABOBRINHA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitopatologia, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Wagner Bettiol
Orientador

**LAVRAS-MG
2020**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Duarte, David Ferreira.

Efeito de produtos à base carbonato de potássio, de óleo
essencial de melaleuca+ extrato de alho e de terpenos no controle de
Podosphaera xanthii da abobrinha / David Ferreira Duarte. - 2020.
57 p. : il.

Orientador(a): Wagner Bettiol.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Podosphaera. 2. Cucurbita pepo. 3. Controle Alternativo. I.
Bettiol, Wagner. II. Título.

DAVID FERREIRA DUARTE

**EFEITO DE PRODUTOS À BASE DE CARBONATO DE POTÁSSIO, DE ÓLEO
ESSENCIAL DE MELALEUCA + EXTRATO DE ALHO E DE TERPENOS NO
CONTROLE DE *Podosphaera xanthii* DA ABOBRINHA**

**EFFECT OF POTASSIUM CARBONATE, TEA TREE OIL + GARLIC EXTRAT, AND
TERPENES BASE PRODUCTS ON THE CONTROL OF *Podosphaera xanthii* FROM
ZUCCHINI**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitopatologia, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA EM 29 DE SETEMBRO DE 2020

Dr. Wagner Bettiol – Embrapa Meio Ambiente

Dra. Lilian Simara Abreu Soares Costa – Embrapa Meio Ambiente

Dr. Eduardo Alves – UFLA

Dr. Flavio Henrique Vasconcelos de Medeiros - UFLA

**Prof. Dr. Wagner Bettiol
Orientador**

**LAVRAS-MG
2020**

*À minha mãe Edna Ferreira de Lima
Duarte e ao meu irmão Tobias Duarte, por
sempre estarem ao meu lado em todos os
momentos.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Fitopatologia, pela oportunidade e aprendizado.

Ao Prof. Dr. Wagner Bettiol, pela orientação, apoio, confiança, ajuda, conselhos de vida, dedicação e incentivo e, principalmente, pelos conhecimentos repassados.

À Empresa Technes[®] (Tecnologia em harmonia com a natureza), por todo auxílio ao longo do projeto.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Meio Ambiente, pela oportunidade e contribuição para o meu desenvolvimento profissional.

Aos meus familiares, em especial minha mãe, minhas tias, minhas avós e ao meu pai, por sempre estarem ao meu lado nos momentos de felicidades e de tristeza, como também, sempre dando apoio e confiança.

Às minhas avós de criação, Madrinha Lai (*In Memoriam*) e Madrinha Céu (*In Memoriam*).

À Ariane Alvarenga, secretária do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia da UFLA, pela amizade e por sempre aconselhar nos momentos de dúvidas, ajuda e colaboração durante os dois anos de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa de estudos e recursos para execução do projeto.

Aos funcionários da Embrapa Meio Ambiente: Neusa Domingues (que me acolheu como filho), Rosely Nascimento, Ana Carolina, Anamaria Dentzien, Célia Lima, Júlio Oliveira, Juliane Fontana, Paulo Rossi, Antônio Souza, Henrique Vieira, Gabriel Mascarin, Elke Vilela e Marcia Assalin, pela colaboração e amizade durante todo período do mestrado.

Aos amigos que sempre estavam comigo, Carolina Batista, Cláudia Viegas, Caetano Davoli, Emanuel Costa, Vanessa Godoi, Edlânia Maria, Elaine Lira, Yasmin Eustáquio, Larissa Aguiar.

Aos grandes amigos do Departamento de Fitopatologia da UFLA e da Embrapa Meio Ambiente: Peterson Nunes, Felipe Leal, Indira Carol, Rafaela Balisa, Thamires Souza, Neveka Moura, Lara Venâncio, Carla Maria, Nayane Souza, Jéssica Vieira, Mário Colares, Marileide Costa, Matheus Henrique, Thalita Maciel, Bárbara Ciskon, Rafaela Guimarães, Janaina Martins, Flávia Capelossi, Nelson Maganhoto, Lucas Guedes, Laura Bononi, Marina Pacífico,

Abilene Pego, João Ventura, Gileno Lacerda, Leonardo Silva, Fernanda Godoy, João Pedro, Camila Simões, Marta Moitinho, Laís Duré, Mirian Rabelo e Lilian Abreu, que tornaram esta caminha mais fácil e divertida.

MUITO OBRIGADO POR TUDO !!!!!

“Se os teus sonhos não te assustam, eles não são grandes o suficiente”

- Desconhecido

RESUMO

O oídio é uma das mais severas doenças da abobrinha podendo causar redução de até 50% na produtividade. A busca por produtos e moléculas de baixo custo, com eficiência no controle do oídio e inócuos ao homem e ao ambiente tem tido um elevado crescimento. O objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência de produtos formulados à base de carbonato de potássio (Carbos[®]), da mistura do óleo essencial de melaleuca + extrato de alho (Melalho[®]) e de terpenos (Botanix Terpex[®]) no controle de oídio da abobrinha. Os ensaios foram conduzidos em casa de vegetação, onde foram utilizadas sementes de abobrinha cv. Caserta a qual apresenta suscetibilidade ao oídio. A inoculação das plantas ocorreu naturalmente mantendo plantas de abobrinha com alta severidade de oídio no interior da casa-de-vegetação. Os produtos foram pulverizados semanalmente nas plantas e os seus efeitos comparados com plantas controle e com um fungicida recomendado. Neste estudo foram realizados quatro experimentos, sendo nos dois primeiros avaliadas diversas concentrações dos produtos Carbos (0,0; 0,2; 0,5; 0,8 e 1,1% v/v), Botanix Terpex (0,0; 0,1; 0,4; 0,7 e 1,0%, v/v) e Melalho (0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0%); no terceiro experimento foram avaliadas as concentrações mais efetivas com base nos dois ensaios anteriores (Carbos[®] = 0,0; 0,3 e 1,0% v/v), Botanix Terpex[®] (0,0; 0,2 e 1,0%, v/v) e Melalho[®] (0,0; 0,5 e 1,0%), também sendo considerados os problemas de fitotoxicidade; e no quarto experimento foram avaliados os efeitos das misturas dos produtos alternativos [(0,2% de Botanix Terpex[®] + 0,5% de Melalho); (0,2% de Botanix Terpex[®] + 0,3% de Carbos[®]); (0,5% de Melalho + 0,3% de Carbos) e (0,2% de Botanix Terpex[®] + 0,5% de Melalho + 0,3% de Carbos). A severidade da doença foi avaliada semanalmente, com base na porcentagem de tecido foliar coberto pelo patógeno. Os dados de severidade, considerando apenas as folhas doentes, foram utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD/FL). Nos dois primeiros experimentos foi verificada que a redução da AACPD/FL foi inversamente proporcional à concentração dos produtos alternativos pulverizados, tendo sido selecionadas as concentrações indicadas acima, para cada produto, para o terceiro experimento, bem como as misturas para o quarto experimento. No terceiro experimento, os produtos Melalho[®] (0,5% e 1,0%) e Botanix Terpex[®] (1,0%) foram os que apresentaram a menor AACPD/FL, diferindo estatisticamente do fungicida. No experimento desenvolvido com misturas de produtos foi verificado que, quando comparadas as misturas desses produtos, tanto com o controle, quanto com o fungicida, todas as misturas reduziram significativamente a severidade da doença em relação a ambos os tratamentos. Todas as misturas foram estatisticamente semelhantes quanto à redução da severidade da doença avaliada por meio da AACPD/FL. As misturas dos produtos Botanix Terpex[®] + Melalho[®] + Carbos[®], Botanix Terpex[®] + Melalho e Melalho[®] + Carbos[®] reduziram a severidade da doença em 94,9%, 94,9% e 94,3%, respectivamente, enquanto o fungicida reduziu a doença em 74,5%. Foram observados problemas de fitotoxicidade para o Melalho[®] nas concentrações de 1,5% e 2%, e para o Carbos[®] na concentração de 0,8% e 1,0%.

Palavras chave: *Podospaera*, *Cucurbita pepo*, Controle Alternativo.

ABSTRACT

Powdery mildew is one of the most severe diseases of zucchini and can cause a reduction of up to 50% in productivity. The search for low-cost products and molecules, which are effective in controlling powdery mildew and are harmless to man and the environment, has grown rapidly. The objective of the present study was to evaluate the efficiency of products formulated based on potassium carbonate (Carbos[®]), the mixture of essential oil + garlic extract (Melalho[®]) and terpenes (Botanix Terpex[®]) in the control of zucchini powdery mildew. The assays were carried out in a greenhouse, using zucchini seeds cv. Caserta, which is susceptible to powdery mildew. The inoculation of the plants occurred naturally, keeping zucchini plants with high severity of powdery mildew inside the greenhouse. The products were sprayed weekly on the plants and their effects compared with control plants and with a recommended fungicide. In this study, four experiments were performed, with the first two evaluating several product concentrations Carbos[®] (0.0; 0.2; 0.5; 0.8; and 1.1% v/v), Botanix Terpex[®] (0.0 ; 0.1; 0.4; 0.7; and 1.0%, v/v) and Melalho[®] (0.0; 0.5; 1.0; 1.5; and 2.0%); in the third experiment, the most effective concentrations were evaluated based on the two previous experiments (Carbos[®] = 0.0; 0.3; and 1.0% v/v), Botanix Terpex[®] (0.0; 0.2; and 1.0%, v/v) and Melalho[®] (0.0; 0.5; and 1.0%), also considering phytotoxicity effects; and in the fourth experiment, the effects of the mixture of the alternative products were assessed [(0.2% Botanix Terpex[®] + 0.5% Melalho); (0.2% Botanix Terpex[®] + 0.3% Carbos[®]); (0.5% Melalho + 0.3% Carbos[®]); and (0.2% Botanix Terpex[®] + 0.5% Melalho + 0.3% Carbos[®])]. The disease severity was assessed weekly, based on the percentage of leaf tissue covered by the pathogen. Severity data, considering only the diseased leaves, were used to calculate the area under the disease progress curve per diseased leaves (AUDPC/DL). In the first two experiments, it was verified that the reduction of AUDPC was inversely proportional to the concentration of the alternative products sprayed, indicating the concentrations mentioned above for each product used in the third experiment, as well as the mixtures tested in the fourth experiment. In the third experiment, the products Melalho (0.5% and 1.0%) and Botanix Terpex (1.0%) showed the lowest AUDPC/DL, differing significantly from the fungicide. In the assay with mixtures of the tested products, it was found that when comparing them with the control and the fungicide, all mixtures significantly reduced the disease severity. All mixtures were statistically similar in terms of reducing the severity of the disease, which was assessed by using the AUDPC/DL. Mixtures of Botanix Terpex[®] + Melalho + Carbos[®] (T+M+C), Botanix Terpex[®] + Melalho[®] (T+M) and Melalho + Carbos[®] (M+C) reduced the severity of the disease by 94.9%, 94.9%, and 94.3%, respectively, while the fungicide reduced the disease by 74.5%. Phytotoxicity problems were observed for Melalho[®] at concentrations of 1.5% and 2% and Carbos[®] at concentrations of 0.8% and 1.0%.

Keywords: *Podosphaera*, *Cucurbita pepo*, Alternative control.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** Ação direta e indireta de sais sobre o patógeno.
- Figura 2** Ação direta e indireta dos óleos essenciais sobre o patógeno.
- Figura 3** Área abaixo da curva de progresso da doença do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha (A) e análise de regressão (B) em função das concentrações do produto comercial Carbos[®] (carbonato de potássio), (C) Controle, (F) Amistar Top (fungicida) no primeiro experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.
- Figura 4** Efeito do produto comercial Carbos[®]. Na horizontal: as concentrações 0,2%, 0,5%, 0,8% e 1,1%, Controle (C), Amistar Top (F) no controle do oídio (*Podosphaera xanthii*) da abobrinha. Na vertical: folhas com diferentes idades, tendo as mais velhas na parte superior e as mais nova na parte inferior da figura.
- Figura 5** Área abaixo da curva de progresso da doença do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha (A) e análise de regressão (B) em função das concentrações do produto comercial Carbos[®] (carbonato de potássio), (C) Controle, (F) Amistar Top (fungicida) no segundo experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.
- Figura 6** Efeito de Carbos[®] (carbonato de potássio) nas concentrações 0,2%, 0,5%, 0,8% e 1,1%, Controle (C), Amistar Top (F) (Fungicida) no controle do oídio da abobrinha.
- Figura 7** Área abaixo da curva de progresso da doença do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha (A) e análise de regressão (B) em função das concentrações do produto Melalho[®] (mistura de óleo essencial de melaleuca e extrato de alho), (C) Controle, (F) Amistar Top (fungicida) no primeiro experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.
- Figura 8** Efeito do produto comercial Melalho[®] (mistura de óleo essencial de melaleuca e extrato de alho). Na horizontal: as concentrações 0,5%, 1%, 1,5% e 2%, Controle (C), Amistar Top (F) no controle do oídio (*Podosphaera xanthii*) da abobrinha. Na vertical: folhas com diferentes idades, tendo as mais velhas na parte superior e as mais nova na parte inferior.
- Figura 9** Área abaixo da curva de progresso da doença do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha (A) e análise de regressão (B) em função das concentrações do produto Melalho[®]

(mistura de óleo essencial de melaleuca e extrato de alho), (C) Controle, (F) Amistar Top (fungicida) no segundo experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.

Figura 10 Efeito de Melalho[®] (mistura de óleo essencial de melaleuca e extrato de alho), nas concentrações de 0,5%, 1%, 1,5% e 2%, Controle (C), Amistar Top (F) (Fungicida) no controle do oídio da abobrinha.

Figura 11 Área abaixo da curva de progresso da doença do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha (A) e análise de regressão (B) em função das concentrações do produto Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja), (C) Controle, (F) Amistar Top (fungicida) no primeiro experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.

Figura 12 Efeito do produto comercial Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja). Na horizontal: as concentrações 0,1%, 0,4%, 0,7% e 1%, Controle (C), Amistar Top (F) no controle do oídio (*Podosphaera xanthii*) da abobrinha. Na vertical: folhas de abobrinhas com diferentes idades, tendo as mais velhas na parte superior e as mais novas na parte inferior.

Figura 13 Área abaixo da curva de progresso da doença do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha (A) e análise de regressão (B) em função das concentrações do produto Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja), (C) Controle, (F) Amistar Top (fungicida) no segundo experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.

Figura 14 Efeito de Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) nas concentrações 0,1%, 0,4%, 0,7% e 1%, Controle (C), Amistar Top (F) (Fungicida) no controle do oídio da abobrinha.

Figura 15 Efeito de Carbos[®] (carbonato de potássio 62%), Melalho[®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) sobre a área abaixo da curva do progresso de oídio por folha lesionada de abobrinha. C= Controle; T 0,2 e T 1,0 = concentração de 0,2% e 1% de Botanix Terpex[®]; M 0,5 e M 1,0 = concentração de 0,5% e de 1% de Melalho; C 0,3 e C 1,0 = concentração de 0,3% e 1,0% de Carbos[®]; F: Amistar Top (Fungicida). Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si (Tukey 5% de probabilidade).

Figura 16 Efeito da mistura de Carbos[®] (carbonato de potássio 62%), Melalho[®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial

de laranja) sobre a área abaixo da curva do progresso de oídio por folha lesionada de abobrinha. C = Controle; T + M + C = Botanix Terpex[®] + Melalho + Carbos[®]; T + M = Botanix Terpex[®] + Melalho; M + C = Melalho + Carbos[®]; F: Amistar Top (Fungicida). Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si (Tukey 5% de probabilidade).

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Produtos e concentrações utilizadas nos experimentos.

Tabela 2 Efeito de Carbos[®] (carbonato de potássio 62%), Melalho[®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) sobre a área abaixo da curva do progresso de oídio por folha lesionada de abobrinha (experimentos 1 e 2). Os valores entre parênteses indicam a porcentagem de controle em relação à testemunha.

Tabela 3 Efeito de Carbos[®] (carbonato de potássio 62%), Melalho[®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja), bem como de suas misturas sobre a área abaixo da curva do progresso de oídio por folha lesionada de abobrinha (experimentos 3 e 4). Os valores entre parênteses indicam a porcentagem de controle em relação à testemunha.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REFERÊNCIAL TEÓRICO	14
2.1 Importância do Oídio	14
2.2 Uso de Terpenos na Agricultura	15
2.3 Sais no controle de doenças de plantas	17
2.4 Importância de óleos essenciais no controle de doenças de plantas	19
2.5 Modo de ação de sais e óleos essenciais no controle de doenças de plantas	21
3 MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Local dos experimentos	24
3.2 Base Experimental	24
3.3 Análise Estatística.....	26
4 RESULTADOS	27
4.1 Carbos (carbonato de potássio 62%) no controle do oídio da abobrinha (experimentos 1 e 2).....	27
4.2 Melalho (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) no controle do oídio da abobrinha (experimentos 1 e 2)	30
4.3 Botanix Terpex (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) no controle do oídio da abobrinha (experimentos 1 e 2)	33
4.4 Efeito de Carbos [®] (carbonato de potássio 62%), Melalho [®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex [®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) no controle do oídio da abobrinha (experimentos 1 e 2).....	36
4.5 Efeito de Carbos [®] (carbonato de potássio 62%), Melalho [®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex [®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) no controle do oídio da abobrinha.....	38

4.6 Efeito da mistura dos produtos Carbos [®] (carbonato de potássio 62%), Melalho [®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex [®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) no controle do oídio da abobrinha.....	39
5 DISCUSSÃO	42
6 CONCLUSÃO.....	45

1 INTRODUÇÃO

A abobrinha (*Cucurbita pepo* L) é conhecida como abóbora de moita, abobrinha italiana, caserta ou abobrinha de tronco (FILGUEIRA, 2008). No Brasil, a cultura encontra-se entre as dez hortaliças de maior valor socioeconômico, sendo cultivada em diversas regiões do país, na qual a região Sudeste se destaca (OLIVEIRA et al., 2013). Em 2019, somente o estado de São Paulo produziu aproximadamente 3 mil toneladas, que foram cultivadas em 4.135,31 hectares (IEA, 2019).

A cultura se destaca devido à sua produtividade, no entanto, muitos fatores podem causar reduções à produtividade da abobrinha. Plantas invasoras, ataques de insetos e ocorrência de doenças são grandes agravantes, sendo a última delas, uma das mais importantes (AZAMBUJA et al., 2015). Dentre as doenças que acometem à abobrinha, o oídio, causado por *Podosphaera xanthii*, é uma das mais severas e mais frequentes, podendo ocasionar perdas de até 50% na produção. Temperaturas entre 22 a 31 °C, alta umidade relativa e ausência de água livre na superfície foliar são condições ideais ao patógeno, nas quais a germinação dos conídios é favorecida (EL-NAGGAR et al., 2012; TANAKA et al., 2017).

Devido ao potencial destrutivo do oídio, o uso de variedades resistentes e de fungicidas químicos são as alternativas de controle mais empregadas (ARMANIOUS., 2012). No Brasil, 17 produtos estão registrados para o controle da doença (AGROFIT, 2020). Contudo, o uso intensivo de pesticidas pode resultar em sérios problemas, como a seleção de isolados resistentes, contaminação do ambiente, intoxicação de seres humanos e animais, presença de resíduos em frutos; além de reduzir a população de organismos benéficos (PERINA et al., 2013; LEROCH et al., 2013). Neste contexto, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas na busca de produtos e moléculas alternativas que apresentem eficiência de controle, baixo custo e que sejam inócuos ao homem e ao ambiente (STADNIK E RIVERA., 2001). Além disso, diversos compostos naturais, que variam entre sais como o bicarbonato de sódio a óleos essenciais, têm sido amplamente explorados contra diferentes agentes do oídio em várias culturas (HAGILADI E ZIV., 1986; HORST et al., 1992; PASINI et al., 1997; GILARDI et al., 2012).

Wenneker (2015) observou que o bicarbonato de potássio reduziu a incidência e a severidade do oídio em frutos e folhas de groselhas. Santos (2009) observou que bicarbonato de potássio reduziu em, aproximadamente, 85% o oídio da abobrinha. Em soja, Medice et al. (2013) observaram que aplicações de bicarbonato de potássio, nas concentrações 0,75% e 1%, reduziram a severidade de *Erysiphe difusa*. Outros sais e ácidos como Metabissulfito de sódio,

carbonato de cálcio, ácido acético, ácido bórico e ácido ascórbico também foram indicados para o controle de oídio por Bettiol (2003).

Além de sais, substâncias naturais, com propriedades fungicidas, vêm sendo alvo de estudos para o desenvolvimento de produtos alternativos. Dentre as plantas produtoras de tais substâncias estão a melaleuca, o eucalipto e o capim limão entre outras. Ramos et al. (2016) verificaram que os óleos essenciais de melaleuca (*Melaleuca alternifolia*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*), capim limão (*Cymbopogon citratus*) e nim (*Azadirachta indica*) foram eficazes no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*. A mistura de óleos essenciais de alecrim, cravo e orégano também foram eficientes no controle do oídio da abobrinha (DONNARUMMA et al., 2015). Em citros, Kouassi et al. (2010) observaram que a aplicação do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum* reduziu a severidade e a incidência de *Penicillium italicum* e *Penicillium digitatum* em 70 e 82%, respectivamente.

Sais e os óleos essenciais têm sido usados como uma alternativa viável para o controle de doenças de plantas, pois possuem custo equivalente ou inferior aos fungicidas, podem ser facilmente encontrados, são inofensivos ao homem e ao ambiente, não apresentam período de carência e possuem baixo risco de desenvolvimento de patógenos resistentes (MILANO E DONNARUMMA., 2017). Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a eficiência de produtos formulados à base de sais e terpenos no controle de oídio da abobrinha.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Importância do Oídio

Os oídios são parasitas obrigatórios, isto é, necessitam do hospedeiro vivo para o seu crescimento, reprodução e sobrevivência. Com exceção das raízes, todas as partes das plantas podem ser atacadas, mas principalmente a superfície adaxial das folhas e hastes. Os sintomas iniciais se caracterizam pelo crescimento de coloração esbranquiçada que é recorrente a presença do patógeno nas folhas (MEDEIROS et al., 2012; STADNIK E RIVERA, 2001). Os oídios são patógenos especializados em infectar apenas hospedeiros de um gênero ou família de plantas, raramente mais de uma família é afetada por uma única espécie.

Nas cucurbitáceas, o oídio, mostra-se como uma das doenças foliares mais destrutíveis, tornando-se fator limitante na produção. Em pepino cultivado em ambiente protegido as perdas podem atingir de índices de 30 a 50% na produtividade (EL-NAGGAR et al., 2012). Essas perdas se devem à redução da capacidade fotossintética, aumento da respiração e a transpiração, consequentemente o desenvolvimento e produtividade da planta hospedeira são reduzidos (NAKADA-FREITAS et al., 2014).

O desenvolvimento da doença é favorecido pelo crescimento vigoroso das plantas, por temperatura moderada, umidade relativa alta, intensidade de luz reduzida e ausência de água livre no limbo foliar (SHARMA et al., 2016). Dentre as espécies da família das cucurbitáceas que são mais afetadas pelo oídio estão abóbora, abobrinha, melão e pepino (VIANA et al., 2001).

Em locais onde as condições ambientais são propícias ao desenvolvimento da doença, o controle é baseado principalmente em fungicidas. No Brasil, diversos produtos químicos são registrados para o controle de Oídio em cucurbitáceas, tendo quatro grandes grupos: triazóis (atuam na inibição de esterol), benzimidazóis (atuam na inibição da formação de microtúbulos), enxofre (atua na competição de receptores de hidrogênio) e estrobilurinas (atuam no bloqueio da cadeia de elétrons na respiração) como os principais ingredientes ativos (AGROFIT, 2020). Entre os fungicidas usados no controle do oídio estão: Amistar Top [azoxistrobina (estrobilurina) + difenoconazol (triazol) - Syngenta], Avura [azoxistrobina (estrobilurina) + difenoconazol (triazol) - Syngenta], Curygen EC (difenoconazol - triazol -August Crop Protection), Cover DF (enxofre - Basf) (AGROFIT, 2020). A aplicação de fungicidas é uma prática frequente no controle de Oídio, seja ela isolada ou em conjunto com outras medidas. Os fungicidas de contato (protetores) podem resultar num bom controle da doença. Entretanto, os fungicidas sistêmicos são mais eficazes (FRAC, 2020), sendo assim, a melhor estratégia no

controle da doença é iniciar o controle com fungicida sistêmico, e posteriormente um de contato com atividade multisítio (PÉREZ-RODRÍGUEZ et al., 2017).

Um dos grandes problemas gerado com o uso de fungicidas é a seleção de populações resistentes, e os oídios são fungos que desenvolvem uma rápida resistência a fungicidas, principalmente, quando o cultivo é realizado em condições de ambiente protegido. Esta resistência ocorre com mais frequência com uso de fungicidas sistêmicos (ORTUÑO et al., 2003). Além da seleção de isolados resistentes, o uso em excesso de fungicidas, tem favorecido a presença de resíduos sobre os produtos agrícolas, como também, gerado impactos negativos a saúde humana, além da contaminação ao agrossistema (ZAMBOLIM et al., 2000). Os produtos sustentáveis surgem como alternativa para redução no uso de produtos químicos, devido agir diretamente sobre a estrutura do patógeno, como também, induzindo a resistência das plantas, além disso, são biodegradáveis e não contaminam o ambiente, dentre outros benefícios. (PINTO e ZARBIN, 2013).

2.2 Uso de Terpenos na Agricultura

As plantas sintetizam diversos metabólitos secundários nos quais são provenientes de três precursores fundamentais: ácido chiquímico ou chiquimato, que dão origem a compostos aromáticos, ligninas; aminoácidos, onde resultam alguns alcalóides e o acetato. A produção dos metabólitos secundários é conduzida por meio das informações genética de cada planta, todavia, este pode sofrer alterações por fatores abióticos e bióticos. Vale ressaltar que inicialmente os metabólitos secundários foram considerados produtos finais do metabólitos primário ou resíduos, que seriam eliminados, sem utilidade para o vegetal (MORAIS et al., 2009).

Dentro dos metabólitos secundários encontram-se compostos fenólicos (lignina, fitoalexinas e taninos), os compostos nitrogenados (alcaloides, glicosídeos cianogênicos, glucosinatos e aminoácidos não-protéicos) e os terpenos (piretróides, óleos essenciais, cardinolídeos e saponinas) (YAMADA, 2013). Os terpenos possuem um papel fundamental na defesa das plantas, principalmente, contra estresses bióticos e abióticos, além de atua como moléculas sinalizadoras para atrair insetos responsáveis por polinização (BALANDRIN et al. 1985).

Os terpenos constituem o maior grupo de metabolitos secundários, tendo elevado número de substâncias de origem vegetal, além disso, sua importância ecológica no manejo de doenças e pragas está bem estabelecida (VIEGAS JÚNIOR. 2003). Os terpenos são formados por mais

de uma unidade isoprênica, na qual cada molécula de isopreno é constituída por cinco átomos de carbono (C5). Conforme o tamanho da molécula, os terpenos recebem denominações distintas: compostos formados por duas unidades (C10) são denominados de monoterpenos, compostos formados por três unidades (C15) são denominados de sesquiterpenos, compostos formados por quatro unidades (C20) são chamados de diterpenos, por fim, os compostos constituídos de por seis unidades (C30) são denominados triterpenos (MORAIS et al., 2009).

Os monoterpenos e os sesquiterpenos são as substâncias que ocorrem com mais frequência na natureza, sendo responsáveis por grande parte das atividades biológicas no controle de doenças e pragas. Diversos monoterpenos podem ser isolados e analisados, dentre eles, podemos citar α -pineno, β - pineno, 3- caren, limoneno, mirceno, α -terpineno e canfeno. Assim como os monoterpenos, os sesquiterpenos são a classe de terpenos que possui um grande número de representantes, cerca de 5000 compostos são reconhecidos. Vários sesquiterpenos apresentam atividades biológicas, dentre eles estão o β -bisaleno e o bergamoteno, o capsidiol, hemagossipol e debneiol. (VIEGAS JÚNIOR, 2003; GUEDES, 2004; BRUNO et al. 1999).

Diniz et al. (2009) observaram que alguns monoterpenos (timol, p-cimeno e carvacrol) apresentaram atividades antifúngica contra *Corynespora cassiicola*, *Erwinia psidii*, *Sclerotinia minor*, *Colletotrichum musae*, *Fusarium moniliforme* e *Myrothecium verrucaria*. Assim como os compostos citados anteriormente, o mentol apresenta efeito significativo na redução do desenvolvimento de *Corynespora cassiicola*, chegando a inibir em 100% a germinação dos conídios (DINIZ et al. 2009). A atividade antifúngica desses compostos está relacionada a deterioração das hifas, afetando o desenvolvimento do patógeno (ROMERO et al. 2013). Lorenzetti et al. (2011) observaram que os monoterpenos citral e geraniol presentes nos óleos essenciais de capim-limão e palmarosa, respectivamente, demonstraram ação fungicida no controle de *Botrytis cinerea* no morangueiro. Solino et al. (2012) verificaram que o óleo essencial de copaíba reduziu cerca de 99,4% o desenvolvimento de *Colletotrichum gloeosporioides*, a explicação desta redução está relacionada à presença dos diterpenos (ácido copálico) e os sesquiterpenos (β -bisaboleno e β -cariofileno).

Além destes compostos serem eficazes para o controle de doenças, os mesmos podem ser utilizados no controle de insetos (pragas), atuando como inibidores ou desaceleradores de crescimento, como também, causando danos na maturação, diminuição da capacidade reprodutiva, supressores de apetite que, conseqüentemente, leva os insetos predadores à morte por inanição ou toxicidade direta (MARANGONI et al. 2013). O número de produtos registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a base de terpenos para o controle de doença de plantas ainda é escasso, apenas o produto Timorex Gold

(*Melaleuca altemifolia* e Extratos de folhas - Stockton Agrimor do Brasil) é registrado para o controle de bactérias e fungos (AGROFIT, 2020)

2.3 Sais no controle de doenças de plantas

Com o crescimento populacional aliado a maior exigência de alimentos produzidos de forma ecologicamente correta, a busca por alimentos livres de quaisquer resíduos vem tornando-se mais frequente. O interesse por métodos alternativos no controle de doenças de plantas tem aumentado nos últimos anos, visando alternativas adicionais aos fungicidas sintéticos e que não apresentem efeitos negativos destes últimos ao ambiente e aos seres humanos.

Atualmente, compostos naturais, como sais, óleos essenciais, extratos vegetais surgem como alternativas aos fungicidas. Os sais são reconhecidos como seguros para uso na indústria alimentícia e em práticas agrícolas, como no controle de agentes antimicrobianos, tendo seu efeito demonstrado em diversos patógenos de pré e pós-colheita, como também em ampla variedade de culturas cultivadas em condições de campo ou de ambiente protegido e em plantas ornamentais (LATIFA et al., 2011). Os sais empregados no controle de doenças fúngicas ou bacterianas são encontrados nos diferentes grupos: bicarbonatos, carbonatos, fosfatos, silicatos, cloretos e fosfitos (DELIOPOULOS et al., 2010).

Dentre os bicarbonatos, dois grupos são utilizados: bicarbonato de potássio e bicarbonato de sódio. Estas substâncias podem ser encontradas em quase todos os organismos vivos, ou em solo e água. Atualmente, seu efeito é relatado no controle de doenças foliares, dentre elas: ferrugem, algumas manchas e a grande maioria das pesquisas é no manejo de oídio em diferentes culturas (WENNEKER et al., 2015). Os fosfitos, uma forma reduzida de fosfato (PO_4^{3-}), são substâncias de um sal de ácido fosforoso, que atuam de maneira sistêmica na planta, demonstrando eficácia no controle de várias doenças como: oídio, ferrugem, antracnose e mofo-branco (NOVAES et al., 2019). Diversas fontes de silício estão entre os sais usados no controle de doença, alguns na forma de silicato de potássio, de cálcio e de sódio (NOJOSA, 2003). A ação da aplicação de silício na fertilização em sistema hidropônico ou na parte aérea das plantas, tem capacidade de controlar diversas doenças (TATAGIBA et al., 2014).

Neste contexto, a utilização de sais de bicarbonato de potássio para redução dos danos a diferentes doenças foi relatada por muitos autores. Hommam (1981) verificou que o uso de bicarbonato de sódio controlou o oídio na cultura do pepino, agindo diretamente na inibição da germinação do patógeno e na ruptura da parede celular dos conídios. Resultados semelhantes

foram observados no controle do oídio da soja, no qual, o bicarbonato de potássio controlou a doença em 99% (MEDICE et al., 2013). Ilhan et al. (2006) relataram que o bicarbonato de sódio, na concentração de 0,5%, reduziu a germinação de conídios e o alongamento do tubo germinativo de *Venturia inaequalis* em 59 a 92,3%, respectivamente. Da mesma forma, o número de frutos infectados por *Botrytis cinerea*, *Alternaria* spp. e *Aspergillus niger* foi reduzido com bicarbonato de potássio (KARABULUT et al., 2003). A aplicação de fosfito de manganês foi eficaz no controle do mofo-branco na cultura da soja, restringindo a infecção do patógeno, isso devido aos fosfitos atuarem de forma direta e indiretamente na estrutura do patógeno (DALIO et al., 2014; NOVAES et al., 2019). Resultados semelhantes foram encontrados por Simonetti et al. (2015) que observaram que o fosfito foi translocado rapidamente na planta, após aplicação, reduzindo o ataque de *Macrophomina phaseolina* por induzir respostas de defesa do hospedeiro. Ramos et al. (2013) verificaram que silicato de potássio diminuiu a severidade do oídio da abobrinha e que a redução no desenvolvimento da doença estava relacionada à ativação do mecanismo de defesa da planta, através do aumento do teor de lignina nas folhas.

Além da utilização desses produtos no campo e em casa de vegetação, alguns são utilizados no tratamento de frutos em pós-colheita. Franco e Bettioli (2002) relataram que bicarbonato de potássio reduziu a incidência de *Penicillium digitatum* em 68% em frutos de laranja em pós-colheita. Resultados semelhantes também foram observados por Palou et al. (2001) com carbonato de sódio no controle de *Penicillium* spp. Do Nascimento et al. (2013) observaram que carbonato de cálcio foi eficiente no controle de *Geotrichum candidum* e *P. digitatum*, sendo uma alternativa em substituição de produtos químicos.

Os sais atuam sobre o patógeno de forma direta ou indireta. No geral, os sais agem na inibição da germinação de esporos fúngicos, no alongamento do tubo germinativo e no colapso da parede celular do patógeno, além da abertura de poros na membrana celular, que consequentemente, ocorre o extravasamento do conteúdo celular e alterações no potencial da membrana. Também age alterando o pH da superfície foliar (ZIV e ZITTER, 1992; ILHAN et al., 2006; KARABULUT et al., 2006; YILDIRIM et al., 2002; FERREIRA et al., 2007). Vale ressaltar, que a adição de surfactante na composição dos carbonatos melhora sua eficácia no controle dos variados patógenos (SAWANT e SAWANT., 2008). A ação indireta dos sais no controle dos patógenos, acontece na ativação do mecanismo de defesa das plantas, como a síntese de ácido fenólicos, fitoalexinas, como também, na produção de lignina, minimizando assim, a penetração dos fungos (DALIO et al., 2014; FIGUEIREDO et al., 2006).

2.4 Importância de óleos essenciais no controle de doenças de plantas

A necessidade de reduzir o uso em excesso de produtos químicos, como também, a busca por alimentos livres de agrotóxicos, aumentou o interesse por substâncias de baixo impacto ambiental e que sucedessem o uso de moléculas químicas. As plantas são naturalmente capazes de sintetizar diversas moléculas, especialmente, metabólitos secundários que possuem papel fundamental na proteção das mesmas contra fitopatógenos (HANCOCK et al., 2017). Um grande número de óleos essenciais é conhecido por suas atividades e por serem fonte de compostos biologicamente ativo com ação inseticida, fungicida, nematicida e herbicida (TUREK et al., 2013). Assim, os óleos essenciais surgem como alternativa para a redução ou substituição de produtos químicos (DONNARUMMA et al., 2017).

Os óleos essenciais são produzidos por diferentes órgãos das plantas, como flores, brotos, folhas, sementes, frutos, raízes, madeira e casca. Desta forma, a composição de cada óleo essencial varia conforme o local de extração, como também, varia entre planta do mesmo gênero e entre variedades das mesmas espécies (SHAABAN et al., 2012). Diversas substâncias são encontradas na composição dos óleos essenciais, possuindo cerca de 20 a 60 substâncias ativas (MORAIS et al., 2009; BAKKALI et al., 2008). A constituição dos óleos essenciais é principalmente de terpenos, derivado da rota do ácido mevalônico ou mevalonato, todavia, existem alguns proveniente dos fenilpropanóides.

Os terpenos são formados por duas ou mais unidades isoprênicas, sendo cada molécula constituída por átomos de carbono (C 5). Conforme o tamanho da molécula, os terpenóides recebem denominações distintas. Os monoterpenos (C 10), dentro deles são encontrados mentol, limoneno, linalol e citral. Os monoterpenos representam 80% da composição dos óleos essenciais (TUREK et al., 2012). Os sesquiterpenos (C 15), como β -selineno e β -cariofileno (MORAIS et al., 2009). Também os compostos oxigenados, constituídos principalmente por álcoois, fenóis, aldeídos e ésteres. Os compostos oxigenados e aromáticos ocorrem com baixa frequência, quando comparado com os terpenos. (BAKKALI et al., 2008).

A composição química também sofre influência das condições de crescimento e desenvolvimento da planta, condições ambientais, local de cultura e momento de colheita (BUCKLE, 2015). A extração dos óleos essenciais ocorre por meio de arraste a vapor d' água, hidrodestilação. Entretanto, outros métodos de extração podem ser utilizados: enfloração, extração por CO₂ supercrítico e por solventes orgânicos apolares (MORAIS et al., 2009).

Diante das propriedades dos óleos essenciais, diversas pesquisas estão sendo desenvolvidas visando obter uma alternativa de reduzir ou eliminar o uso de compostos químicos (ARRUDA et al., 2011). Dentre os óleos essenciais, os de pitanga (*Eugenia uniflora*), melaleuca (*Melaleuca alternifolia*), nim (*Azadirachta indica*), capim-limão (*Cymbopogon citratus*) e copaíba (*Copaifera langsdorffii*) são frequentemente utilizados, tendo em sua composição furanodieno, linalol, limoneno, cineol e pineno, entre outros compostos com atividade antimicrobiana (JESUS et al., 2015).

Salgado et al. (2003) verificaram que óleos essenciais de diferentes espécies de *Eucalyptus* reduziu o crescimento micelial de *Fusarium oxysporum*, *B. cinerea* e *Bipolaris sorokiniana*. Sturchio et al. (2014) observaram que a mistura dos óleos essenciais de alecrim e de cravo reduziu significativamente a incidência do oídio em plantas de abobrinha. Barbosa et al. (2015) verificaram a eficácia do óleo essencial de cravo no controle de *Colletotrichum musae* *in vitro*, sendo que os autores relataram que a eficiência se deve à presença de eugenol em sua composição. Lucas et al. (2012) observaram que óleos essenciais de canela, cravo, citronela, melaleuca, capim-limão, tomilho e eucalipto a 0,1% reduziram a mancha bacteriana do tomate, causada por *Xanthomonas vesicatoria* por meio da indução de resistência do hospedeiro, em condições de casa de vegetação. Além disso, pesquisas mostram que os óleos essenciais têm capacidade de controlar fungos que ocorrem durante o armazenamento. Nascimento et al. (2014) constataram que o óleo essencial de melaleuca inibiu em 85% o desenvolvimento das colônias de *Fusarium solani* em sementes de soja. Garcia et al. (2019) verificaram que os compostos voláteis dos óleos essenciais de melaleuca, pitanga e guaçatonga reduziram o crescimento de *B. cinerea*, devido aos compostos causarem modificações na permeabilidade da membrana das células e na perda funcional das organelas celulares. Segundo os autores, além da ação direta sobre o patógeno, os óleos essenciais atuam na indução de resistência mediante a ativação de algumas enzimas relacionadas ao fortalecimento da parede celular.

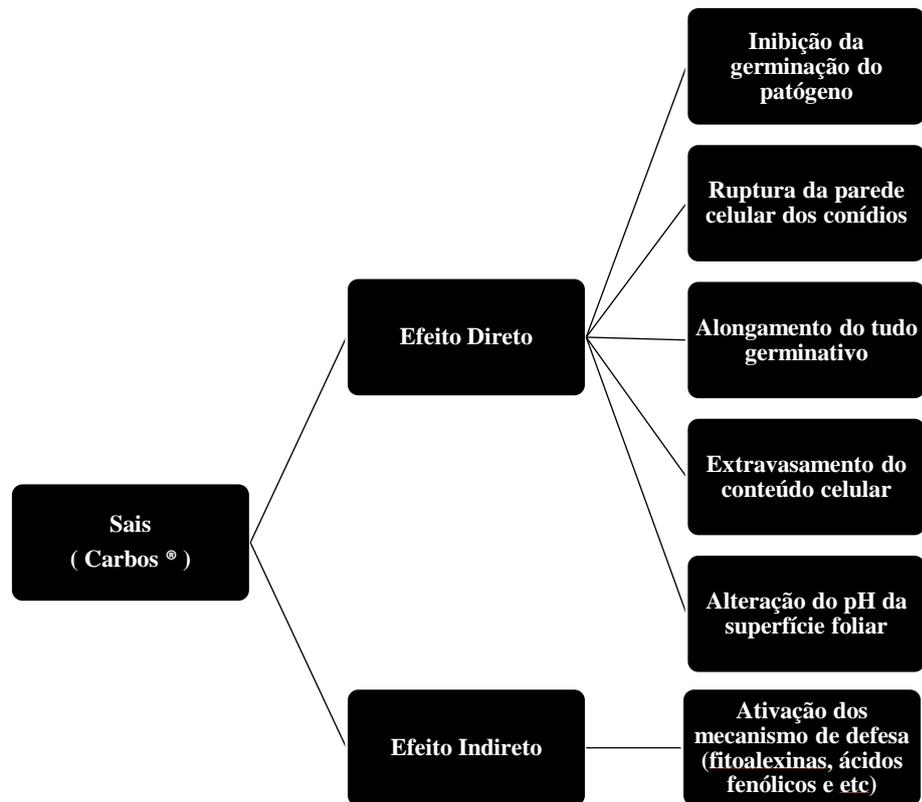
Os mecanismos de ação dos óleos essenciais com relação às propriedades antifúngicas são inibição da formação da parede celular de fungos, rompimento da membrana celular, lesão nas mitocôndrias fúngicas inibindo o transporte de elétrons mitocondriais, inibição da divisão celular, interferência da síntese de DNA e RNA e na produção de proteínas (LAGROUH et al., 2017). Em bactérias os óleos essenciais agem por meio de alterações das estruturas da membrana celular, que ocorre a desnaturação das proteínas, levando a morte celular, alteração da parede celular, perda do material denso em elétrons e alteração na densidade do citoplasma, além de afetar a integridade da membrana celular (CARSON et al., 1995; 2006; PIPER et al., 2001).

Outro mecanismo de ação é por meio da indução de resistência, ativando genes que codificam enzimas envolvidas na síntese de fitoalexinas e lignina (RESENDE et al., 2002). Em estudo realizado em frutos de pêssego, Gholizadeh e Kohnhrouz (2010) observaram que houve redução da área lesionada por *Monilinia fructiicola* devido à ação de enzimas sintetizadoras de fitoalexinas e fenóis, que dificultaram a entrada do patógeno nos tecidos. Segundo Garcia et al. (2012), enzimas relacionadas com a produção de lignina, induzidas por intermédio dos óleos essenciais, aumentaram a resistência da parede celular em frutos de uva 'Rubi', dificultando, desta forma, a colonização do patógeno.

2.5 Modo de ação de sais e óleos essenciais no controle de doenças de plantas

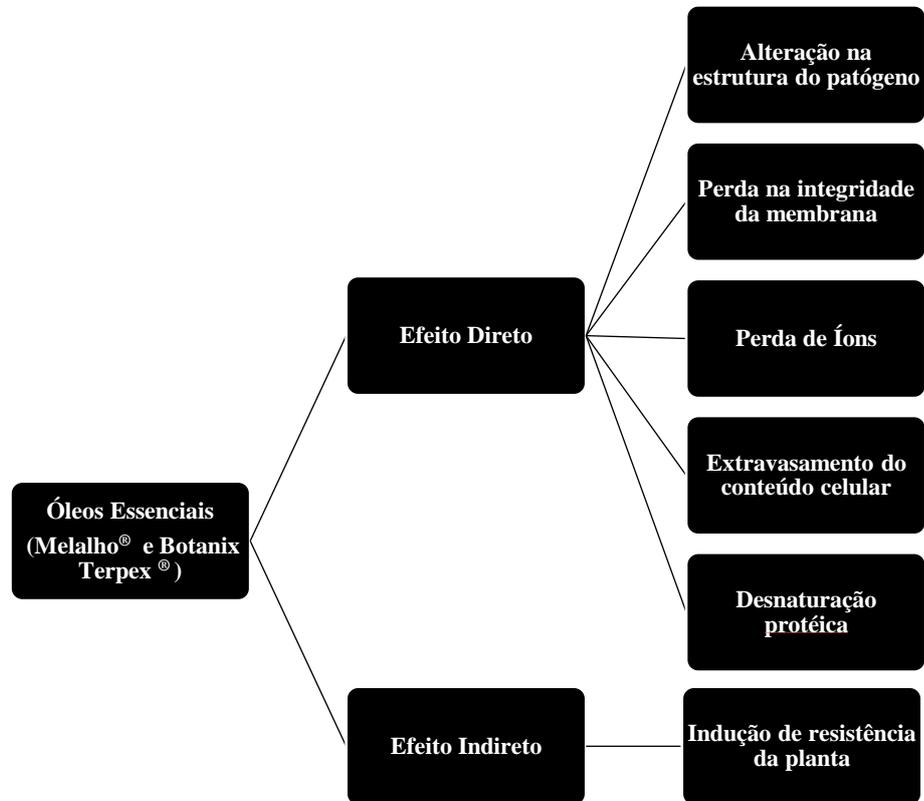
Os óleos essenciais e os sais, quando aplicado no manejo de doenças, podem atuar de forma direta e indiretamente sobre o patógeno (Figuras 1 e 2). A atuação direta dos sais afeta a integridade da membrana celular, como também, na alteração do pH da superfície foliar, tornando-se, assim, um ambiente desfavorável ao crescimento do patógeno. Já na ação indireta dos sais, há uma ativação dos mecanismos de defesa da planta, induzindo o aumento dos mecanismos pré e pós-formados das plantas, onde conseqüentemente, ocorre uma indução de resistência do hospedeiro ao ataque do patógeno (ZIV e ZITTER, 1992; ILHAN et al., 2006; KARABULUT et al., 2006; YILDIRIM et al., 2002; FERREIRA et al., 2007; (DALIO et al., 2014; FIGUEIREDO et al., 2006).

Figura 1. Ação direta e indireta de sais sobre o patógeno.



A capacidade hidrofóbica dos óleos essenciais faz com que interajam com os lipídeos da membrana celular, causando alterações em sua estrutura, conseqüentemente, gerando perda na integridade da membrana e o extravasamento do material celular do patógeno (PANDEY et al. 2017). Em relação as bactérias, os óleos essenciais agem causando danos na membrana celular, na perda de íons, como também na inativação de enzimas celulares que levam à morte das células bacterianas. Assim como os sais, os óleos essenciais atuam na indução de resistência da planta, ativando enzimas de defesa das plantas (Figura 2).

Figura 2. Ação direta e indireta dos óleos essenciais sobre o patógeno



3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local dos experimentos

O trabalho foi realizado no Laboratório de Microbiologia Ambiental “Raquel Ghini” da Embrapa Meio Ambiente (22°43’36”S e 47°00’59”W), localizado no município de Jaguariúna, SP. O clima na região é classificado como subtropical úmido (Cfa de acordo com a classificação de Köppen), apresentando verões quentes e chuvosos e invernos frios e secos. Os trabalhos foram conduzindo entre Agosto de 2019 e Março de 2020.

3.2 Base Experimental

Os ensaios foram realizados com sementes de abobrinha cv. Caserta, a qual apresenta crescimento determinado e suscetibilidade ao oídio. O substrato utilizado foi o Vivatto Slim Plus® (Technes Agrícola Ltda., com a seguinte composição moinha de carvão, casca de pinus, espuma fenólica, fertilizante mineral e vermiculita) e adubado com 5 g de NPK (10-10-10)/litro. No experimento 1 foram semeadas cinco sementes por vaso (3 L de capacidade) e 15 dias após a semeadura foi realizado o desbaste, mantendo apenas uma planta por vaso. Para os experimentos 2, 3 e 4 as mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido com 98 células contendo uma semente de abobrinha por alvéolo. No estágio de uma folha verdadeira as mudas foram transplantadas para os vasos como descrito anteriormente, contendo substrato (Vivatto Slim Plus® - Technes Agrícola Ltda) e Latossolo Vermelho distroférico na proporção de 1:1 (v/v). Todas as plantas foram mantidas em casa de vegetação livre de inóculo de oídio. Posteriormente, com as primeiras folhas expandidas as plantas foram transferidas para casa de vegetação com elevado potencial do inóculo e irrigadas diariamente com água não clorada. Para manutenção do inóculo, plantas doentes foram mantidas dentro da casa de vegetação, no lado oposto aos exaustores, para que o sistema de ventilação de ar realizasse a dispersão de conídios para as plantas saudáveis, simulando inoculação natural do patógeno.

Nos estudos foram avaliados produtos comerciais à base de produtos naturais, como óleos essenciais e sais. Os produtos testados foram o Botanix Terpex® (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja); Carbos® (62% - carbonato de potássio) e Melalho® (20% do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* e 20% de extrato de alho (*Allium sativum*) todos da Technes Agrícola Ltda. As concentrações avaliadas, em cada experimento, estão apresentadas na Tabela 1. As concentrações estabelecidas para serem avaliadas nos experimentos 3 e 4

tiveram como base os resultados obtidos anteriormente. Para obtenção das concentrações utilizadas nos experimentos 3 e 4, foram geradas regressões com base nos resultados dos ensaios anteriores e determinadas as melhores concentrações.

A primeira pulverização dos produtos foi realizada no momento da transferência das plantas para casa de vegetação com alto potencial de inóculo de oídio. Posteriormente, as plantas foram pulverizadas semanalmente com um pulverizador manual (Guarany[®]), com pressão de 3,0 bar, de maneira que o produto alcançasse homogeneamente toda superfície foliar. Foi utilizado como volume de calda inicial 200 ml, conforme o desenvolvimento da cultura o volume de calda final foi de 500 ml para aplicação dos produtos alternativos. Além de um tratamento controle com água, pulverizado semanalmente, também foi incluído um tratamento com o fungicida Amistar Top[®] (azoxistrobina + difenoconazol - Syngenta), pulverizado quinzenalmente conforme a recomendação do produto (400 mL/ha). As pulverizações foram realizadas no final da tarde e os vasos foram redistribuídos dentro da casa de vegetação após cada pulverização para aumentar a casualização. A severidade da doença foi avaliada semanalmente, com base na porcentagem de tecido foliar coberto pelo patógeno. Os dados de severidade, considerando apenas as folhas doentes, foram utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) (MADDEN et al, 2007; SHANER E FINNEY, 1977).

Tabela 1. Produtos e concentrações utilizadas nos experimentos.

EXPERIMENTOS 1 e 2	
Tratamento	Concentrações
Carbos [®]	0,0; 0,2; 0,5; 0,8 e 1,1%
Botanix Terpex [®]	0,0; 0,1; 0,4; 0,7 e 1,0%
Melalho [®]	0,0; 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0%
EXPERIMENTO 3	
Tratamento	Concentrações
Carbos [®]	0,0; 0,3% e 1,0%
Botanix Terpex [®]	0,0; 0,2% e 1,0%
Melalho [®]	0,0; 0,5% e 1,0%
EXPERIMENTO 4	
Tratamento	Concentrações
Botanix Terpex [®] + Melalho [®]	0,2% + 0,5%

Botanix Terpex [®] + Carbos [®]	0,2% + 0,3%
Melalho [®] + Carbos [®]	0,5% + 0,3%
Botanix Terpex [®] + Melalho + Carbos [®]	0,2 % + 0,5% + 0,3%

3.3 Análise Estatística

O primeiro e segundo ensaios foram instalados no delineamento inteiramente casualizado com 6 tratamentos 5 repetições. Para o terceiro foram utilizados 8 tratamentos e 10 repetições, no quarto foram utilizados 6 tratamentos e 10 repetições, ambos instalados em delineamento em blocos casualizados. As análises estatísticas foram realizadas com o software estatístico RStudio[®]. Os dados foram submetidos ao teste de Shapiro Wilk para avaliar quanto à normalidade e homogeneidade dos dados. Os resultados foram avaliados por análise de variância ($p < 0,05$) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS

4.1 Carbos (carbonato de potássio 62%) no controle do oídio da abobrinha (experimentos 1 e 2)

No primeiro experimento, para a área abaixo da curva de progresso do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha em função das concentrações do produto comercial Carbos[®] (carbonato de potássio) (AACPD/FL) ($P < 0,05$) observa-se que houve diferença estatística entre as concentrações dos tratamentos e o controle, onde houve redução da doença com o aumento das concentrações do Carbos (Figuras 1 e 2). Assim, a dose 1,1% e o tratamento com fungicida, apresentaram menor AACPD/FL, com reduções do oídio em 68,56% e 89,2% para o fungicida (Figura 1B), respectivamente. No segundo experimento as reduções da AACPD/FL ($P < 0,05$) do oídio foram de 34,38%, 32,24%, 29,07% e 30,93%, para as concentrações de 0,2%, 0,5%, 0,8% e 1,1%, respectivamente (Figura 3). Por outro lado, para o fungicida a redução da AACPD/FL foi de 67,8% (Figura 3).

Nos dois experimentos as maiores concentrações do produto comercial Carbos[®] causaram sintomas leves de fitotoxicidade os quais não interferiram no desenvolvimento da cultura durante todo seu ciclo (Figura 4).

Figura 3. Área abaixo da curva de progresso da doença do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha (A) e análise de regressão (B) em função das concentrações do produto comercial Carbos® (carbonato de potássio), (C) Controle, (F) Amistar Top (fungicida) no primeiro experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.

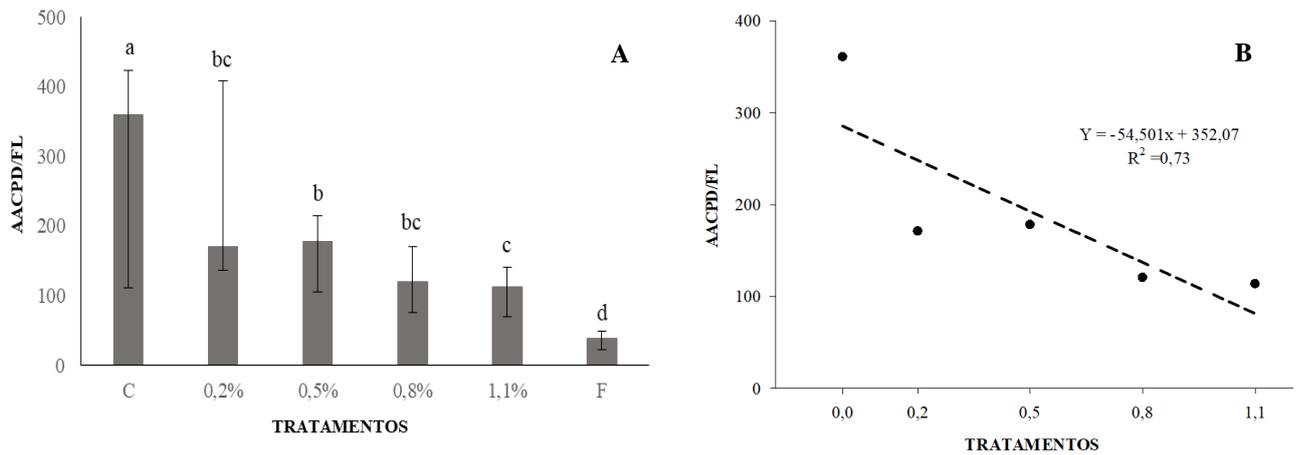
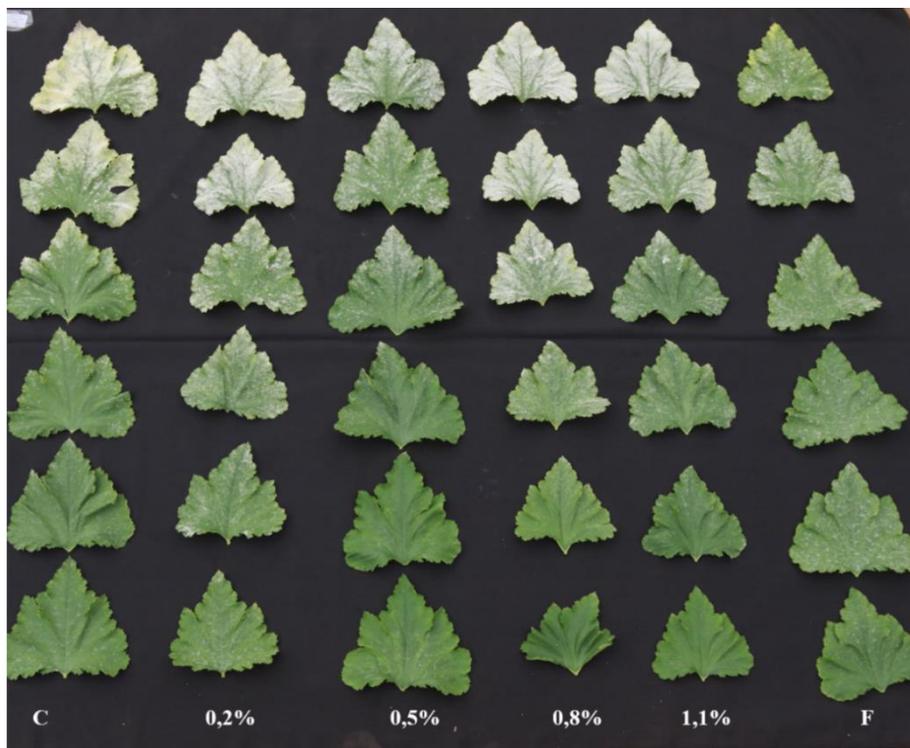


Figura 4. Efeito do produto comercial Carbos®. Na horizontal: as concentrações 0,2%, 0,5%, 0,8% e 1,1%, Controle (C), Amistar Top (F) no controle do oídio (*Podosphaera xanthii*) da abobrinha. Na vertical: folhas com diferentes idades, tendo as mais velhas na parte superior e as mais nova na parte inferior da figura.



Fonte: Alfredo Tzusuki

Figura 5. Área abaixo da curva de progresso da doença do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha (A) e análise de regressão (B) em função das concentrações do produto comercial Carbos® (carbonato de potássio), (C) Controle, (F) Amistar Top (fungicida) no segundo experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.

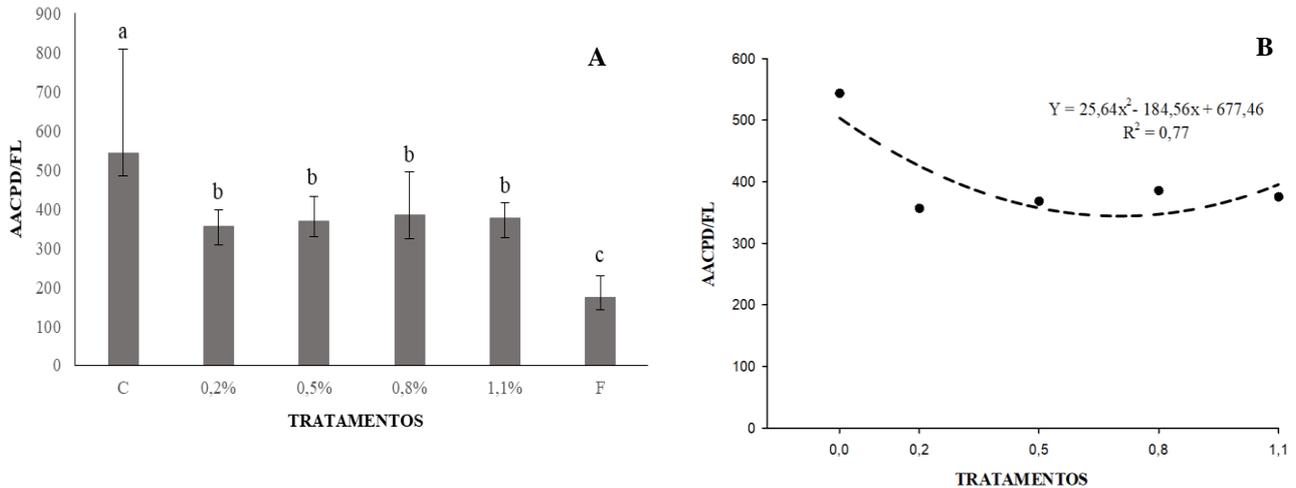
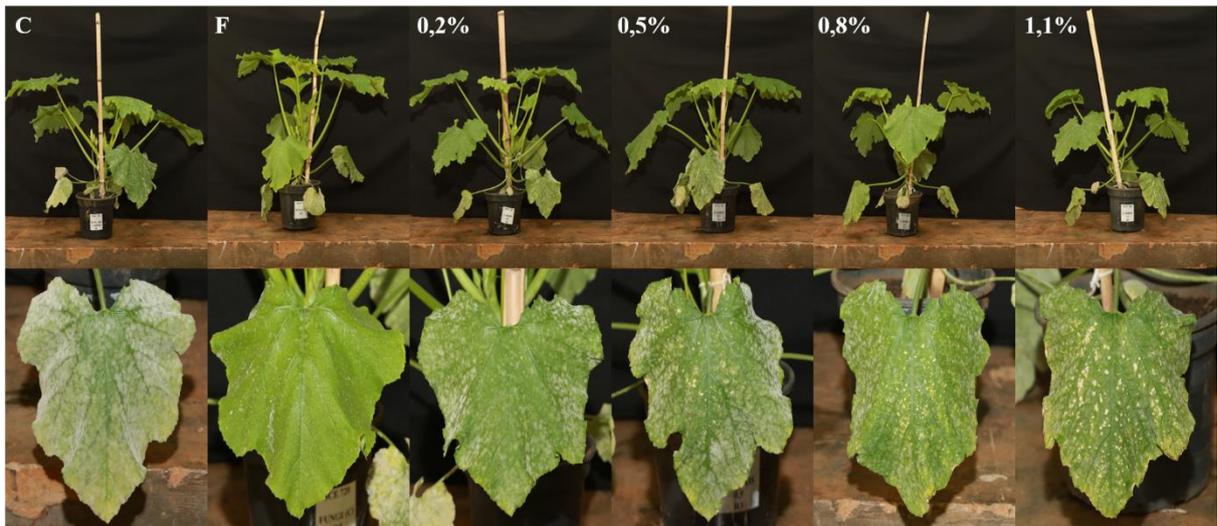


Figura 6. Efeito de Carbos® (carbonato de potássio) nas concentrações 0,2%, 0,5%, 0,8% e 1,1%, Controle (C), Amistar Top (F) (Fungicida) no controle do oídio da abobrinha.



Fonte: Alfredo Tzuzuki

4.2 Melalho (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) no controle do oídio da abobrinha (experimentos 1 e 2)

No primeiro experimento, para a área abaixo da curva de progresso do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha em função das concentrações do produto comercial Melalho[®] (AACPD/FL) ($P < 0,05$) observa-se que houve diferença estatística entre as concentrações e o tratamento controle, onde ocorreu uma redução da severidade da doença (Figura 1 e 2). Assim, as concentrações 0,5 e 1,0%, apresentaram menor AACPD/FL com redução do oídio em 91,97% e 92,08%, respectivamente. A redução da AACPD/FL foi de aproximadamente 82,1% para o fungicida (Figura 5B). Apesar da maior eficiência no controle da doença, as maiores concentrações causaram problemas de fitotoxicidade (Figura 8).

No segundo experimento, para o produto Melalho[®], os resultados da AACPD/FL ($P < 0,05$) (Figura 7 e 8) foram semelhantes ao primeiro experimento, com redução da AACPD/FL do oídio foram de 90,61%, 91,35%, 98,01% e 97,59% para as concentrações de 0,5%, 1,0%, 1,5% e 2,0% do produto Melalho[®], respectivamente (Figura 8). Por outro lado, para o fungicida a redução da AACPD foi de 75% (Figura 8).

Nos dois experimentos as concentrações de 1,5% e 2,0% do produto comercial Melalho[®] causaram severos sintomas de fitotoxicidade nas condições do estudo em casa-de-vegetação (Figura 8).

Figura 7. Área abaixo da curva de progresso da doença do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha (A) e análise de regressão (B) em função das concentrações do produto Melalho® (mistura de óleo essencial de melaleuca e extrato de alho), (C) Controle, (F) Amistar Top (fungicida) no primeiro experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.

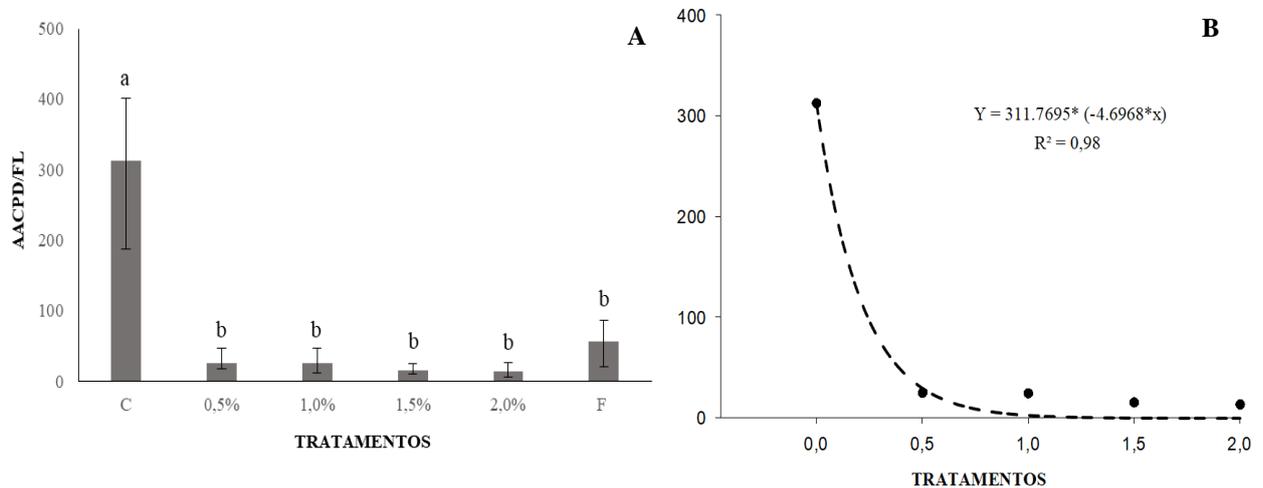
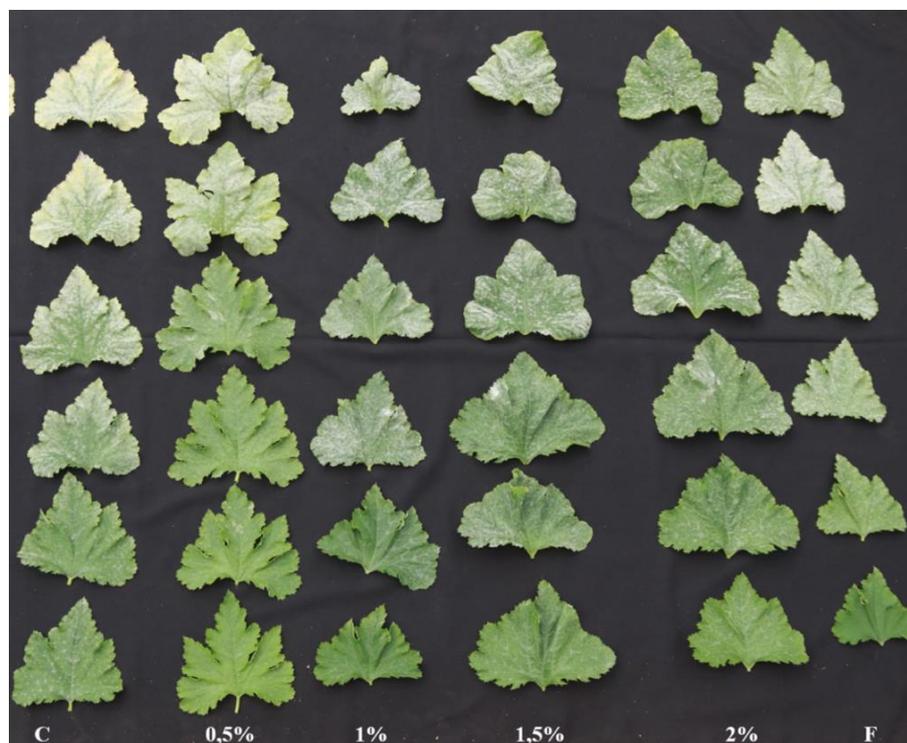


Figura 8. Efeito do produto comercial Melalho® (mistura de óleo essencial de melaleuca e extrato de alho). Na horizontal: as concentrações 0,5%, 1%, 1,5% e 2%, Controle (C), Amistar Top (F) no controle do oídio (*Podosphaera xanthii*) da abobrinha. Na vertical: folhas com diferentes idades, tendo as mais velhas na parte superior e as mais nova na parte inferior.



Fonte: Alfredo Tzusuki

Figura 9. Área abaixo da curva de progresso da doença do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha (A) e análise de regressão (B) em função das concentrações do produto Melalho® (mistura de óleo essencial de melaleuca e extrato de alho), (C) Controle, (F) Amistar Top (fungicida) no segundo experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.

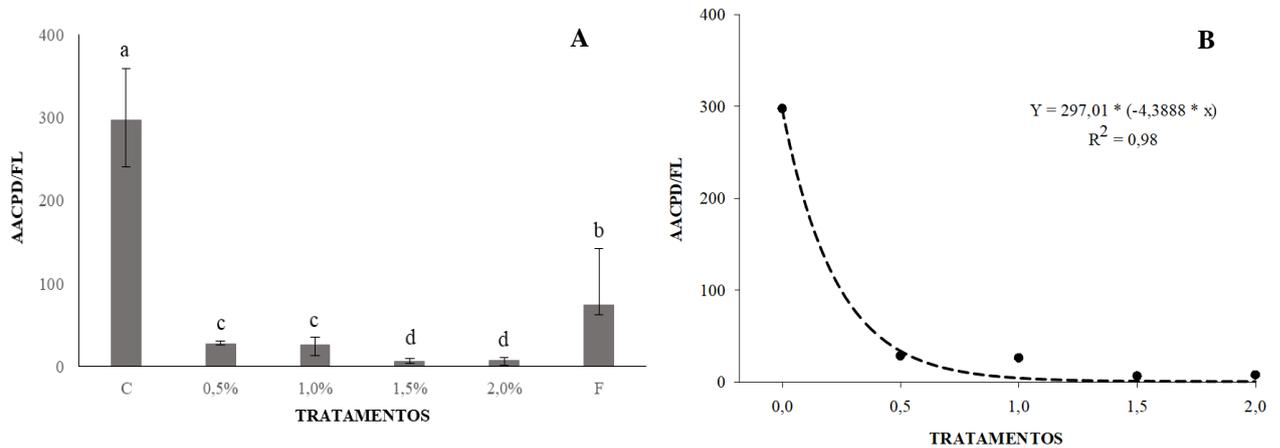
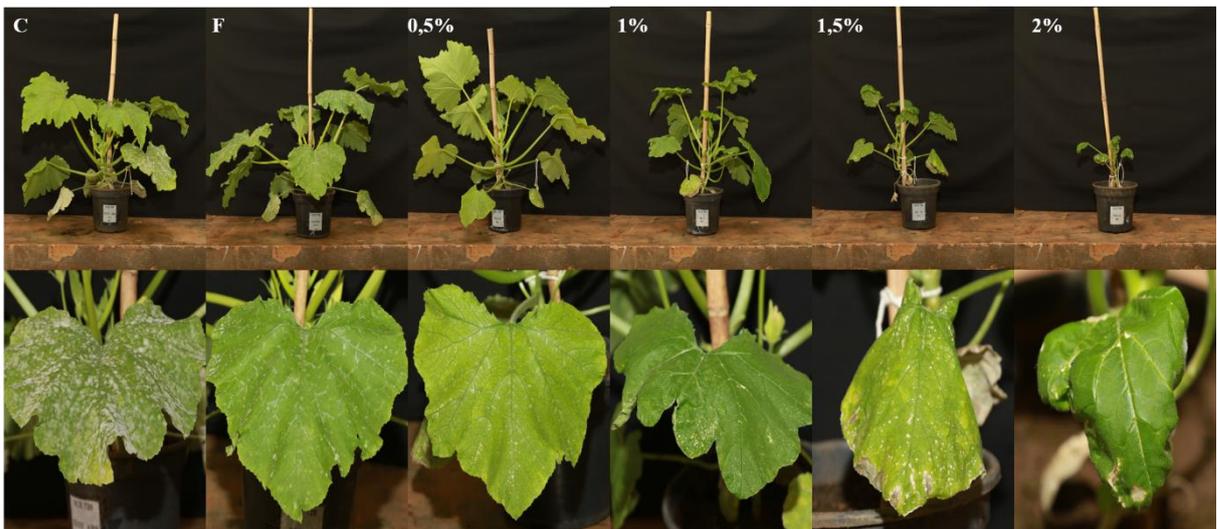


Figura 10. Efeito de Melalho® (mistura de óleo essencial de melaleuca e extrato de alho), nas concentrações de 0,5%, 1%, 1,5% e 2%, Controle (C), Amistar Top (F) (Fungicida) no controle do oídio da abobrinha.



Fonte: Alfredo Tzuzuki

4.3 Botanix Terpex (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) no controle do oídio da abobrinha (experimentos 1 e 2)

No primeiro experimento, para a área abaixo da curva de progresso do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha em função das concentrações do produto comercial Botanix Terpex[®] (AACPD/FL) ($P < 0,05$) verificou-se que houve diferença estatística entre as concentrações e o tratamento controle, onde houve redução da doença com o aumento das concentrações do produto comercial Botanix Terpex[®] (Figuras 9 e 10). Assim, as concentrações 0,4%, 0,7% e 1,0% apresentaram menor AACPD/FL com redução do oídio 93,66%, 93,60% e 94,98%, respectivamente. A redução da AACPD/FL foi de aproximadamente 92% para o fungicida (Figura 9B).

No segundo experimento, a AACPD/FL ($P < 0,05$) (Figuras 11 e 12) para o produto Botanix Terpex[®], os resultados foram semelhantes ao primeiro. No segundo experimento, observa-se que as reduções da AACPD do oídio foram de 57,10%, %, 89,85%, 91,56% e 95,11%, para as concentrações 0,1%, 0,4%, 0,7% e 1,0% do produto, respectivamente (Figuras 11 e 12). Por outro lado, para o fungicida a redução da AACPD foi de 59,94% (Figura 11). Nos dois experimentos o produto comercial Botanix Terpex[®] não causou sintomas de fitotoxicidade nas concentrações estudadas (Figura 12).

Figura 11. Área abaixo da curva de progresso da doença do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha (A) e análise de regressão (B) em função das concentrações do produto Botanix Terpex® (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja), (C) Controle, (F) Amistar Top (fungicida) no primeiro experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.

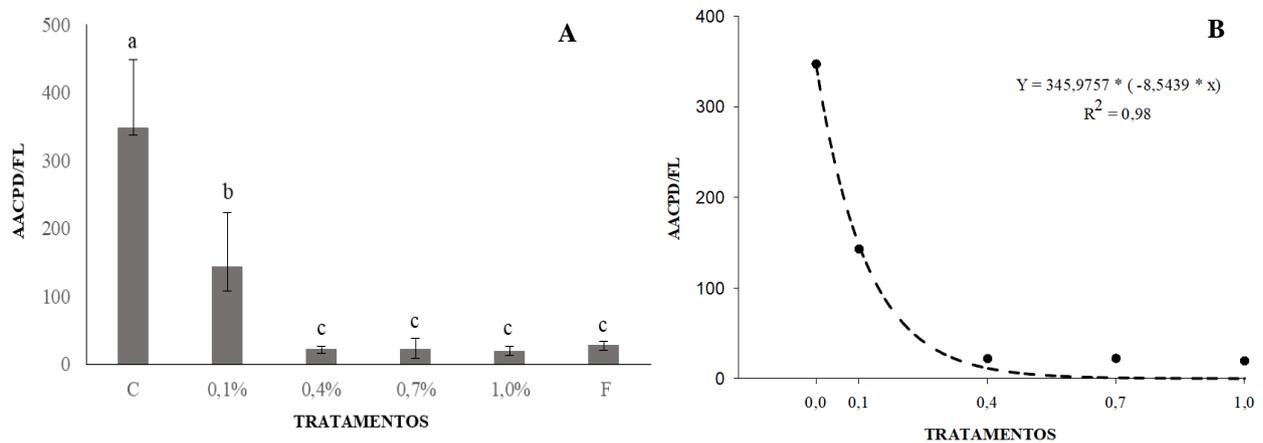
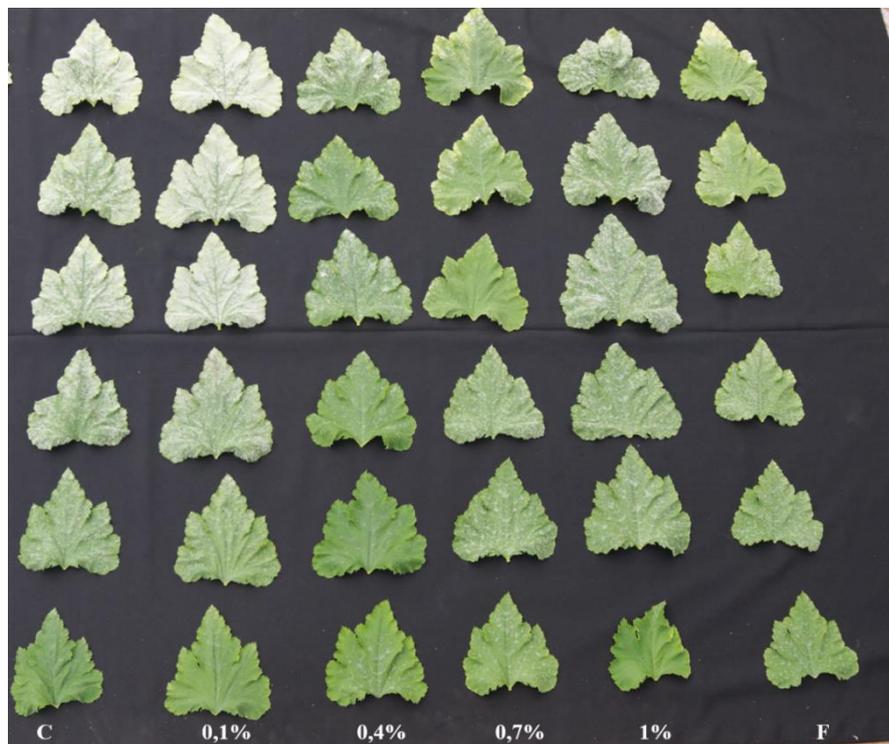


Figura 12. Efeito do produto comercial Botanix Terpex® (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja). Na horizontal: as concentrações 0,1%, 0,4%, 0,7% e 1%, Controle (C), Amistar Top (F) no controle do oídio (*Podosphaera xanthii*) da abobrinha. Na vertical: folhas de abobrinhas com diferentes idades, tendo as mais velhas na parte superior e as mais novas na parte inferior.



Fonte: Alfredo Tzusuki

Figura 13. Área abaixo da curva de progresso da doença do oídio (*Podosphaera xanthii*) por folhas lesionadas (AACPD/FL) de abobrinha (A) e análise de regressão (B) em função das concentrações do produto Botanix Terpex® (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja), (C) Controle, (F) Amistar Top (fungicida) no segundo experimento. Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente ($P < 0,05$), pelo Teste de Tukey.

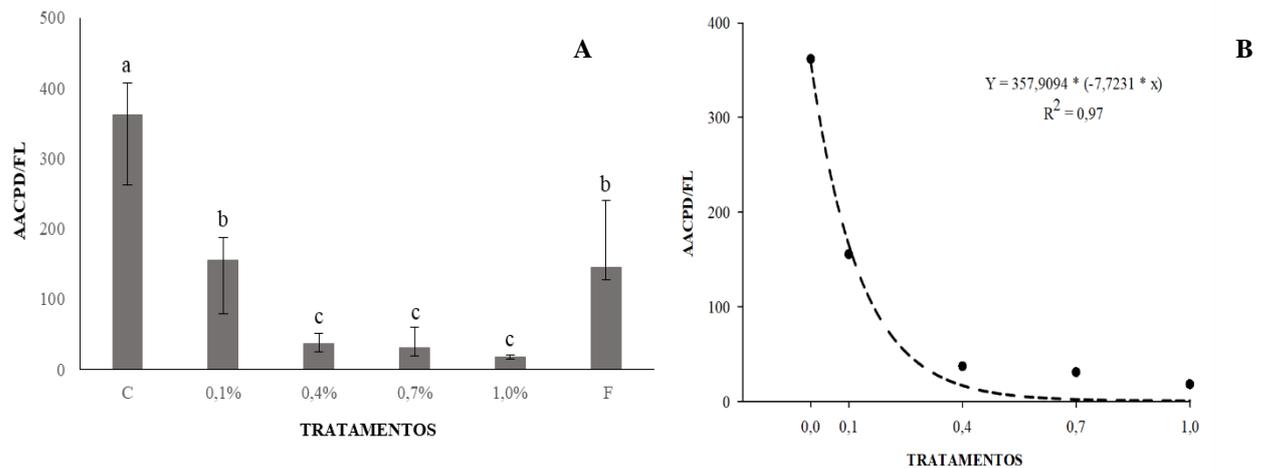
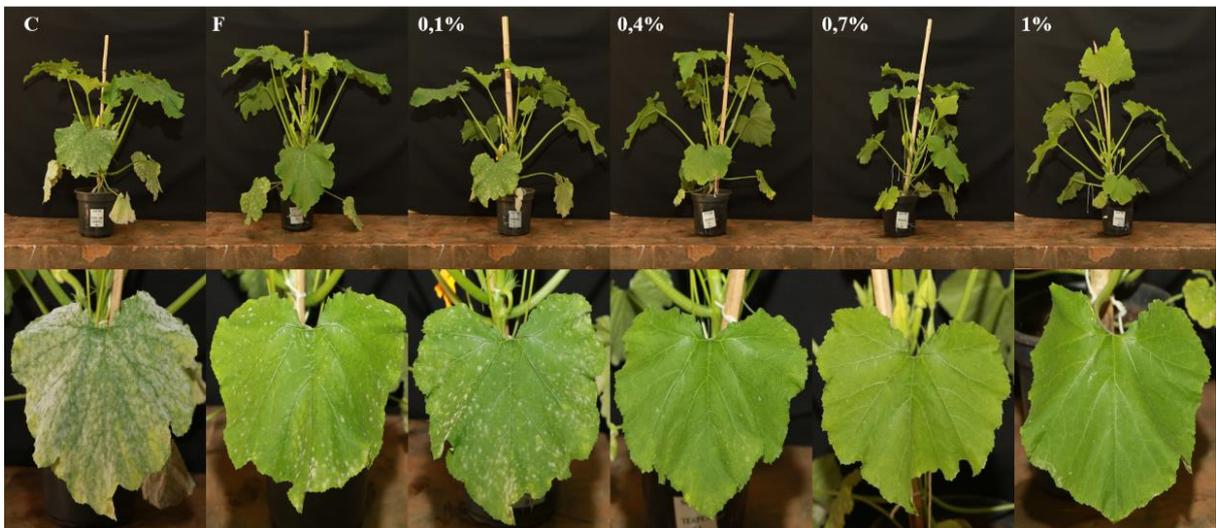


Figura 14. Efeito de Botanix Terpex® (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) nas concentrações 0,1%, 0,4%, 0,7% e 1%, Controle (C), Amistar Top (F) (Fungicida) no controle do oídio da abobrinha.



Fonte: Alfredo Tzusuki

4.4 Efeito de Carbos[®] (carbonato de potássio 62%), Melalho[®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) no controle do oídio da abobrinha (experimentos 1 e 2)

Na Tabela 2 são apresentadas as médias, bem como as análises de comparação das médias, dos dados obtidos nos experimentos 1 e 2. De um modo geral, foi observada redução da severidade do oídio da abobrinha diretamente proporcional às concentrações dos produtos alternativos utilizados. O produto Botanix Terpex[®] foi o que apresentou a maior eficiência em controlar a doença. Esses dados foram considerados para decidir as concentrações dos experimentos 3 e 4.

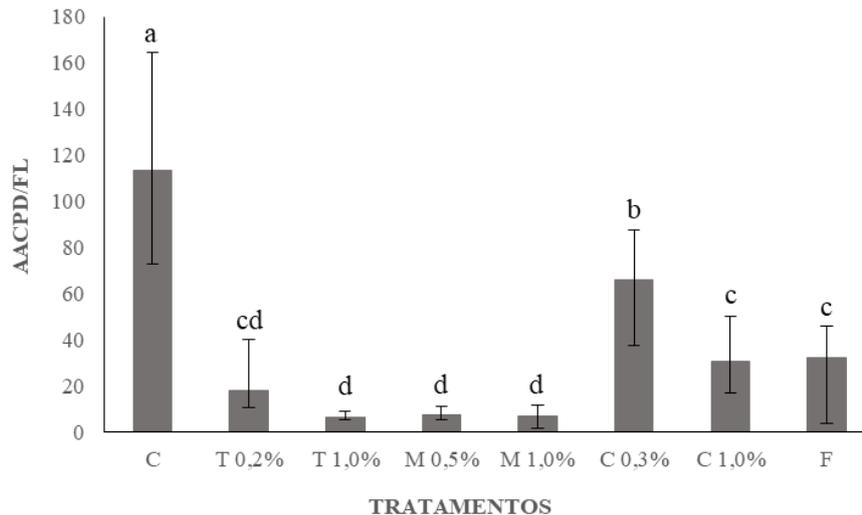
Tabela 2. Efeito de Carbos[®] (carbonato de potássio 62%), Melalho[®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) sobre a área abaixo da curva do progresso de oídio por folha lesionada de abobrinha (experimentos 1 e 2). Os valores entre parênteses indicam a porcentagem de controle em relação à testemunha.

Tratamento	Primeiro experimento	Segundo Experimento
Carbos[®]		
Controle	360,620 a	543,394 a
Carbos [®] 0,2%	170,762 bc (52,65%)	356,622 b (34,38%)
Carbos [®] 0,5%	177,870 b (50,68%)	368,232 b (32,24%)
Carbos [®] 0,8%	120,192 bc (66,68%)	385,446 b (29,07%)
Carbos [®] 1,1%	113,402 c (68,56%)	375,354 b (30,93%)
Fungicida	39,014 d (89,19%)	174,734 c (67,85%)
Botanix Terpex[®]		
Controle	347,386 a	361,55 a
Botanix Terpex [®] 0,1%	142,954 b (58,85%)	155,142 b (57,10%)
Botanix Terpex [®] 0,4%	22,038 c (93,66%)	36,728 c (89,85%)
Botanix Terpex [®] 0,7%	22,264 c (93,60%)	30,558 c (91,56%)
Botanix Terpex [®] 1,0%	19,524 c (94,39%)	17,696 c (95,11%)
Fungicida	28,854 c (91,70%)	144,856 b (59,94%)
Melalho[®]		
Controle	312,78 a	297,31 a
Melalho [®] 0,5%	25,122 b (91,97%)	27,934 c (90,61%)
Melalho [®] 1,0%	24,784 b (92,08%)	25,748 c (91,35%)
Melalho [®] 1,5%	15,692 b (94,99%)	5,926 d (98,01%)
Melalho [®] 2,0%	13,732 b (95,62%)	7,176 d (97,59%)
Fungicida	56,17 b (82,05%)	74,622 b (74,91%)

4.5 Efeito de Carbos[®] (carbonato de potássio 62%), Melalho[®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) no controle do oídio da abobrinha

No terceiro experimento, no qual foram avaliadas as melhores concentrações referente a cada produto alternativo testados nos experimentos anteriores, observa-se que houve diferença estatística entre todos os tratamentos com os produtos alternativos e o controle. Os produtos Melalho[®] (0,5% e 1,0%) e Botanix Terpex[®] (1,0%) foram os que apresentaram a menor AACPD/FL, diferindo estatisticamente do fungicida. Para os produtos Botanix Terpex[®] (0,2%) e Carbos[®] (1,0%) a AACPD/FL foi semelhante ao fungicida (Figura 13). O produto Carbos[®] 0,3% reduziu a AACPD/FL significativamente em relação ao controle, mas foi o que apresentou a menor eficiência em relação aos demais tratamentos. Reduções das AACPD do oídio de 41,98% e 73,09% foram observadas para as Carbos 0,3% e 1,0%; 93,32% e 94,07% para Melalho 0,5% e 1,0%, e 84,41% e 94,37% para Botanix Terpex[®] 0,2% e 1,0%, respectivamente. A redução da AACPD/FL foi de aproximadamente 72% para o fungicida (Figura 13).

Figura 15. Efeito de Carbos[®] (carbonato de potássio 62%), Melalho[®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) sobre a área abaixo da curva do progresso de oídio por folha lesionada de abobrinha. C= Controle; T 0,2 e T 1,0 = concentração de 0,2% e 1% de Botanix Terpex[®]; M 0,5 e M 1,0 = concentração de 0,5% e de 1% de Melalho; C 0,3 e C 1,0 = concentração de 0,3% e 1,0% de Carbos[®]; F: Amistar Top (Fungicida). Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si (Tukey 5% de probabilidade).



4.6 Efeito da mistura dos produtos Carbos[®] (carbonato de potássio 62%), Melalho[®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) no controle do oídio da abobrinha

No experimento com misturas de produtos foi verificado que quando comparadas as misturas desses produtos, tanto com o controle, quanto com o fungicida, todas as misturas reduziram significativamente a severidade da doença em relação a ambos os tratamentos (Figura 14). Todas as misturas foram estatisticamente semelhantes quanto a redução da severidade da doença avaliada por meio da AACPD/FL (Figura 14). As misturas dos produtos Botanix Terpex[®] + Melalho + Carbos[®] (T + M + C), Botanix Terpex[®] + Melalho (T + M) e Melalho + Carbos[®] (M + C) reduziram a severidade da doença em 94,93%, 94,86% e 94,26%, respectivamente, enquanto o fungicida reduziu a doença em 74,46%.

Figura 16. Efeito da mistura de Carbos[®] (carbonato de potássio 62%), Melalho[®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja) sobre a área abaixo da curva do progresso de oídio por folha lesionada de abobrinha. C = Controle; T + M + C = Botanix Terpex[®] + Melalho + Carbos[®]; T + M = Botanix Terpex[®] + Melalho; M + C = Melalho + Carbos[®]; F: Amistar Top (Fungicida). Colunas seguidas de mesma letra não diferem entre si (Tukey 5% de probabilidade).

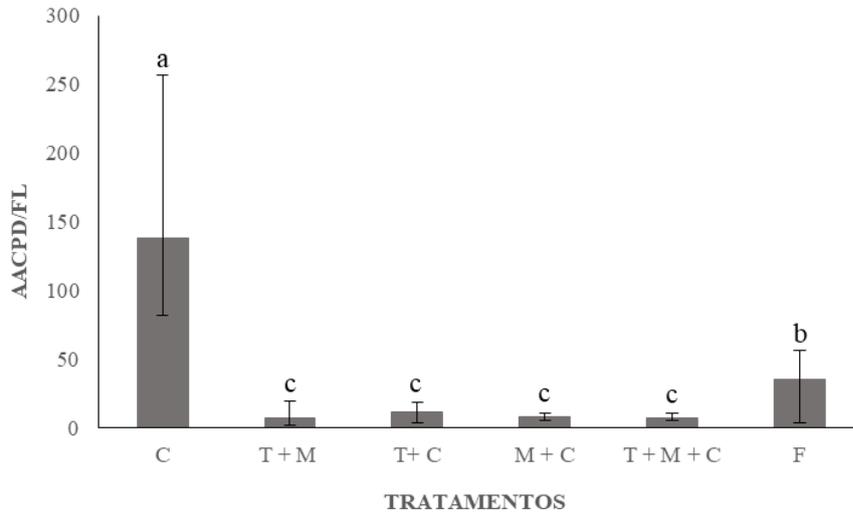


Tabela 3. Efeito de Carbos[®] (carbonato de potássio 62%), Melalho[®] (mistura de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho) e Botanix Terpex[®] (1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja), bem como de suas misturas sobre a área abaixo da curva do progresso de oídio por folha lesionada de abobrinha (experimentos 3 e 4). Os valores entre parênteses indicam a porcentagem de controle em relação à testemunha.

Tratamento	Terceiro experimento
Controle	113,535 a
Carbos [®] 0,3%	65,881 b (41,98%)
Carbos [®] 1,0%	30,560 c (73,09%)
Botanix Terpex [®] 0,2%	17,718 cd (84,41%)
Botanix Terpex [®] 1,0%	6,407 d (94,37%)
Melalho [®] 0,5%	7,593 d (93,32%)
Melalho [®] 1,0%	6,749 d (94,07%)
Fungicida	32,058 c (71,77%)
Tratamento	Quarto Experimento
Controle	137,931 a
Botanix Terpex [®] + Melalho (0,2% + 0,5%)	7,106 c (94,86%)
Botanix Terpex [®] + Carbos [®] (0,2% + 0,3%)	11,168 c (91,91%)
Melalho + Carbos (0,5% + 0,3%)	7,920 c (94,26%)
Botanix Terpex [®] + Melalho + Carbos [®] (0,2 % + 0,5% + 0,3%)	7,002 c (94,93%)
Fungicida	35,231 b (74,46%)

5 DISCUSSÃO

A redução da severidade da doença nas plantas pode estar associada a ação direta sobre a estrutura do patógeno, podendo, desta forma, ter ocorrido murchamento dos conídios, redução da esporulação, ruptura da parede celular e/ou na inibição da germinação dos conídios (SANTOS et al., 2009; CAJUHI et al., 2012). Medice et al (2013) relataram que a aplicação de bicarbonato de potássio controlou de maneira eficaz no oídio da soja. Entretanto, assim como observado no presente estudo, as maiores concentrações causaram fitotoxicidade nas plantas. A ocorrência de fitotoxidez nas folhas tratadas com as maiores concentrações podem ter ocorrido devido aos ensaios serem realizados em condições de casa-de-vegetação, sendo que nessas condições os problemas de fitotoxicidade ocorrem com mais frequência. Em plantas de Feijão – caupi tratadas com diferentes concentrações de bicarbonato de potássio, a redução no desenvolvimento da severidade do oídio ocorreu de maneira significativa. Para aumentar a eficiência do carbonato de potássio há necessidade de incluir em sua composição um surfactante para aumentar a eficácia do mesmo por causar uma melhor cobertura foliar, além disso, o mesmo não possui uma ação duradoura, pois são rapidamente convertidos em compostos ineficazes e perdidos por precipitação (SAWANT e SAWANT., 2008; WENNEKER e KANNE., 2010).

A mistura do óleo essencial de melaleuca + extrato de alho, contida no produto Melalho, em todas as concentrações reduziu o desenvolvimento da doença nos dois primeiros experimentos. Isto devido a atividade antifúngica que a melaleuca e o alho apresentam. Esses produtos naturais agem na integridade da membrana, que conseqüentemente, a liberação de materiais intracelulares, além disso, os conídios sofrem alterações morfológicas, afetando desta forma, sua germinação, ou seja, interrompendo o ciclo de vida do patógeno (MAIA et al., 2015). Diferentes moléculas são encontradas na composição dos produtos que compõem a mistura. Entretanto, o terpinem-4-ol apresenta-se em uma quantidade maior na melaleuca e, alicina e garlicina para o extrato de alho, tendo estas moléculas uma maior atividade fungicidas (TERZI et al., 2007). Nos dois experimentos as concentrações de 1,5% e 2,0% do produto comercial Melalho[®] causaram severos sintomas de fitotoxicidade nas condições do estudo em casa-de-vegetação, não sendo indicadas para aplicações em ambiente de casa-de-vegetação. Contudo não foram detectados problemas de fitotoxicidade nas concentrações de 0,5% e 1,0% e ambas foram eficientes em reduzir a severidade de oídio (Tabela 2, Figuras 5, 6, 7 e 8).

A redução da severidade da doença quando aplicado o produto comercial à base de 1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja (Botanix Terpex[®]) tanto no primeiro, quanto

no segundo está relacionada com a indução de resistência da planta, por meio da ativação das vias de defesa bioquímica das plantas tratadas com o óleo essencial, isto devido, à quantidade de metabólitos secundários presente na sua composição (GUERRA et al., 2014). Lucas et al. (2012) verificaram que o óleo essencial de cravo reduziu a severidade da mancha bacteriana no tomateiro, além de induzir o aumento da atividade de enzimas (β -1,3- glucanase, quitinase e peroxidase) relacionadas à indução de resistência nas plantas. Além da indução de resistência, os óleos essenciais podem atuar diretamente sobre a estrutura do patógeno. Fialho et al. (2015) observaram que, nas concentrações de 0,5 e 1%, os óleos essenciais de camomila azul (*Matricaria recutita*) e da pimenta preta (*Piper nigrum*) reduziram a severidade de *Phakopsora euvitis*. Segundo os autores, os óleos essenciais tiveram ação direta sobre o patógeno (desorganização da estrutura mitocondrial e a desorganização da estrutura da parede celular, que conseqüentemente, a liberação do conteúdo celular). Vale ressaltar que em nenhuma concentração Botanix Terpex[®] causou fitotoxicidade durante o ciclo da cultura.

No experimento no qual foram avaliadas as melhores concentrações foi observado que todos os produtos em todas as concentrações estudadas reduziram a AACPD/FL em relação ao controle (Figura 13). Os produtos Melalho (0,5% e 1,0%) e Botanix Terpex[®] (1,0%) foram os que apresentaram a menor AACPD/FL, diferindo estatisticamente do fungicida. Esses produtos foram os que apresentaram as maiores reduções das AACPD nos primeiros experimentos. O modo de ação dos componentes desses dois produtos alternativos, isto é, pela ação direta ou através da possível indução dos mecanismos de defesa da planta (PERINA et al., 2013), podem explicar esse resultado. O efeito direto dos óleos essenciais afeta a permeabilidade ou o funcionamento da membrana, levando à morte celular do patógeno (MAIA et al., 2015), como também, atacando e interrompendo as paredes celulares, além das membranas, na qual comprometem suas funções; já a ação indireta pode ser explicada pela capacidade de induzir a resistência de plantas, por meios de metabólicos secundários (GHNAYA et al., 2013; LUCIARDI et al., 2016; RAVEAU et al., 2020).

No experimento onde foram avaliados os efeitos das misturas dos produtos alternativos foi verificado que, quando comparadas as misturas desses produtos, tanto com o controle, quanto com o fungicida, todas as misturas reduziram significativamente a severidade da doença em relação a ambos os tratamentos. Todas as misturas foram estatisticamente semelhantes quanto a redução da severidade da doença avaliada por meio da AACPD/FL. Os resultados obtidos com as pulverizações das misturas dos produtos alternativos na redução da severidade da doença indicam que essa pode ser uma alternativa eficiente no controle do oídio da abobrinha. A vantagem da mistura de produtos está relacionada com o potencial de diferentes

mecanismos de controle interferirem no patógeno (STURCHIO et al., 2014) e também sobre a planta por meio da indução de resistência.

Os resultados sugerem que os três produtos alternativos avaliados poderão ser utilizados em substituição aos fungicidas químicos, com destaque para o Melalho (0,5% e 1,0%) e o Botanix Terpex (1,0%).

6 CONCLUSÃO

Os produtos comerciais à base das misturas dos óleos essenciais de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho (Melalho) e de 1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja (Botanix Terpex[®]) foram eficientes em reduzir a severidade do *Podospaera xanthii* em abobrinha.

O produto comercial à base de 62% de carbonato de potássio (Carbos[®]) reduziu a severidade de oídio da abobrinha, mas foi menos eficiente do que os à base das misturas dos óleos essenciais de 20% de óleo essencial de melaleuca e 20% de extrato de alho (Melalho) e de 1% de N, 0,2% de B e 15% de óleo essencial de laranja (Botanix Terpex[®]).

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AGROFIT. Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 16 Mar. 2020.
- ARMANIOUS, H. Effect of chemical inducers on root rot and wilt diseases, yield and quality of tomato. **International Journal of Agricultural Sciences**, v. 2, n. 7, p. 2011-220, 2012.
- ARRUDA, M. C. et al. Atmosfera modificada em laranja 'Pêra' minimamente processada. **Bragantia**, v. 70, n. 3, p. 664-671, 2011.
- AZAMBUJA, L. O. et al. Produtividade da abobrinha 'Caserta' em função do nitrogênio e gel hidrorretentor. **Científica**, v. 43, n. 4, p. 353-358, 2015.
- BARBOSA, M. S. et al. Atividade biológica *in vitro* de própolis e óleos essenciais sobre o fungo *Colletotrichum musae* isolado de bananeira (*Musa* spp.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.17, n.2, p. 254-261, 2015.
- BATISTA, V. V.; BRESSAN, D. F.; OLIGINI, K. F.; LINK, L.; FUNGHETTO, D. J.; MAZARO, S. M. Óleos essenciais no controle de *Rhizoctonia* sp. *in vitro*. In: IV CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA UTFPR-DV, 2017. Dois Vizinhos. **Anais**. Revista da UTFPR-DV, 2017. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. p. 346-48.
- BETTIOL, W. Controle de doenças de plantas com agentes de controle biológico e outras tecnologias alternativas. **Embrapa Meio Ambiente**, p. 192 – 215, 2003.
- BRUNO, M. et al. A diterpenoid with antifeedant activity from *Scutellaria rubicunda*. **Phytochemistry**, v. 50, n. 6, p. 973-976, 1999.
- BUCKLE, J. Basic plant taxonomy, basic essential oil chemistry, extraction, biosynthesis, and analysis. **Clinical Aromatherapy**, v.2, n. 1. p. 37-72, 2015.
- CAJUHI, L. F. et al. Seleção de produtos alternativos para o controle do oídio (*Oidium* sp.) em feijão-caupi (*Vigna unguiculata*). **Embrapa Semiárido**, v. 2, n.1. p. 313-318, 2012.
- CARSON, C. F. et al. Susceptibility of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* to the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v.35, n. 3, p.421-424, 1995.
- CARSON, C.F. et al. *Melaleuca alternifolia* (tea tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. **Clinical Microbiology Reviews**, v.19, n.1, p.50-62, 2006.
- CRISP, P. **Sustainable control of grapevine powdery mildew (*Uncinula necator* Schweinitz Burrill) in vineyards in South Australia**. 2004. p. 205. Tese de Doutorado - University of Adelaide, School of Agriculture and Wine, 2004
- DALIO, R. J. D et al. Phosphite protects *Fagus sylvatica* seedlings towards *Phytophthora plurivora* via local toxicity, priming and facilitation of pathogen recognition. **PLOS ONE**, v. 9, n. 1, p. 1-10, 2014.

DELIOPOULOS, T. et al. Fungal disease suppression by inorganic salts: a review. **Crop Protection**, v. 29, n. 10, p. 1059-1075, 2010.

DO NASCIMENTO, L. M.; DOS SANTOS, P. C. Controle de doenças fúngicas e de danos por frio em pós-colheita de lima ácida Tahiti. **Instituto Biológico**, v. 80, n. 2, p. 193-205, 2013.

DONNARUMMA, L. et al. Effectiveness of essential oils mixtures based on soy emulsifier against powdery mildew on zucchini plants. **Journal of Plant Physiology & Pathology**, v.5, n. 4, p. 2, 2017.

DONNARUMMA, L. et al. Use of essential oils in control strategies against zucchini powdery mildew. **Journal of Phytopathology**, v. 163, n. 11, p. 877-885, 2015.

EL-NAGGAR, M. A. et al. Applied approach for controlling powdery mildew disease of cucumber under plastic houses. **Pakistan Journal of Agriculture**, v. 28, n. 1, p. 52-61, 2012.

FERREIRA, E. M. S. et al. Substâncias GRAS no controle do crescimento de *Colletotrichum gloeosporioides* e *Fusarium guttiforme* *in vitro*. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 2, n. 4, p. 183-188, 2015.

FIALHO, R. O. et al. Efeito fungitóxico de óleos essenciais sobre *Phakopsora euvitis*, agente causal da ferrugem da videira. **Instituto Biológico**, v. 82, n. 3, p. 1-7, 2015.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção comercialização de hortaliças**. 3. ed. Viçosa: UFV, p. 421, 2008. FRAC. Fungicide Resistance Action Committee. Disponível em: <<https://www.frac.info/>>. Acesso em: 24 Jul. 2020

FRANCO, D. A. S.; BETTIOL, W. Efeito de produtos alternativos para o controle do bolor verde (*Penicillium digitatum*) em pós-colheita de citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 569-572, 2002.

GARCIA, C. et al. Óleos essenciais no controle de *Botrytis cinerea*: influência na qualidade pós-colheita de uvas 'Rubi'. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, n.8, p. 1-13, 2019.

GHNAYA, A. et al. Chemical composition of *Eucalyptus erythrocorys* essential oils and evaluation of their herbicidal and antifungal activities. **Journal of Pest Science**, v. 86, n. 3, p. 571-577, 2013.

GHOLIZADEH, A; KOHNEHROUZ, B. B. Activation of phenylalanine ammonia lyase as a key component of the antioxidative system of salt-challenged maize leaves. **Journal of Plant Physiology**, v. 22, n. 4, p. 217-223, 2010.

GILARDI, G. et al. Efficacy of biocontrol agents and natural compounds against powdery mildew of zucchini. **Phytoparasitica**, v. 40, n. 2, p. 147-155, 2012.

GUERRA, M. L. et al. Essential plant oils in reducing the intensity of soft rot in Chinese cabbage. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 4, p. 760-766, 2014.

- HAGILADI, A.; ZIV, O. The use of antitranspirants for the control of powdery mildew of roses in the field. **Journal of Environmental Horticulture**, v. 4, n.3, p. 69-71, 1986.
- HANCOCK, R. D. et al. Mechanisms of plant–insect interaction. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 2, p. 421-424, 2015.
- HOMMA, Y. et al. Effect of sodium bicarbonate on each growth stage cucumber powdery mildew fungus (*Sphaerotheca fuliginea*) in its life cycle. **Journal of Pesticide Science**, v. 6, n.1, p. 201-209, 1991.
- HORST, R. K. et al. Effect of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. **Plant Disease**, v. 7, n. 3, p. 247-251, 1992.
- IEA. Instituto de Economia Agrícola. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/>>. Acesso em: 16 Mar. 2020.
- ILHAN, K. et al. The effect of sodium bicarbonate alone or in combination with a reduced dose of tebuconazole on the control of apple scab. **Crop protection**, v. 25, n. 9, p. 963-967, 2006.
- JESUS, E. R. et al. Óleo essencial de *Melaleuca Alternifolia*: otimização do método analítico. **UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 6, n. 1, p. 1-6, 2015.
- KARABULUT, O. A. et al. The effect of sodium bicarbonate alone or in combination with a reduced rate of mancozeb on the control of leaf rust (*Puccinia triticina*) in wheat. **Canadian journal of plant pathology**, v. 28, n. 3, p. 484-488, 2006.
- KOUASSI, K. H. et al. Evaluation of three essential oils as potential sources of botanical fungicides. **Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences**, v. 75, n. 4, p. 525-529, 2010.
- LAGROUH, F. et al. The antifungal activity of Moroccan plants and the mechanism of action of secondary metabolites from plants. **Journal de Mycologie Medicale**, v. 27, n. 3, p. 303-311, 2017.
- LATIFA, A. et al. Effects of organic acids and salts on the development of *Penicillium italicum*: the causal agent of citrus blue mold. **Plant Pathology**, v. 10, n. 3, p. 99-107, 2011.
- LEROCH, M. et al. Gray mold populations in German strawberry fields are resistant to multiple fungicides and dominated by a novel clade closely related to *Botrytis cinerea*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 79, n. 1, p. 159-167, 2013.
- LORENZETTI, E. R. et al. Bioatividade de óleos essenciais no controle de *Botrytis cinerea* isolado de morangueiro. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 1, p. 619-627, 2011.
- LUCAS, G. C. et al. Antibacterial activity of essential oils on *Xanthomonas vesicatoria* and control of bacterial spot in tomato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 3, p. 351-359, 2012.
- LUCAS, G. C. et al. Óleo essencial de cravo da Índia no controle da mancha bacteriana do tomate. **Plant Pathology**, v. 94, n. 1, p. 45-51, 2012.

LUCIARDI, M. C. et al. Mandarin essential oils inhibit quorum sensing and virulence factors of *Pseudomonas aeruginosa*. **LWT - Food Science and Technology**, v. 68, n.2, p. 373-380, 2016.

MADDEN, L. et al. **The study of plant disease epidemics**. Ed: St. Paul. 2007.

MAIA, T. F. et al. Atividade antifúngica de óleos essenciais de plantas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 17, n. 1, p. 105-116, 2015.

MARANGONI, C. et al. UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS E EXTRATOS DE PLANTAS NO CONTROLE DE INSETOS. **Revista de ciências ambientais**, v. 6, n. 2, p. 92-112, 2013.

MEDEIROS, F. H. V. et al. Microorganisms, application timing and fractions as players of the milk-mediated powdery mildew management. **Crop Protection**, v. 40, n. 1, p. 8-15, 2012.

MEDICE, R. et al. Efeito de bicarbonato de potássio sobre a severidade do oídio em plantas de soja. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 1, p. 35-39, 2013.

MILANO, F; DONNARUMMA, L. Determination of essential oils residues on zucchini fruits by GC-MS. **Natural Product Research**, v. 31, n. 8, p. 976-979, 2017.

MORAIS, L. A. S. et al. **Óleos essenciais no controle de doenças de plantas**. In: BETTIOL, W.; MORANDI, M. A. B. **Biocontrole de doenças de plantas: uso e perspectivas**. 1. ed. Ed: Embrapa Meio Ambiente. 2009.

NAKADA-FREITAS, P. G. et al. Controle alternativo de oídio em abobrinha de moita com solução de vinagre. **Nucleus**, v. 11, n. 2, p. 325-331, 2014.

NASCIMENTO, D. M. et al. Controle *in vitro* do *Fusarium* sp. causador da Fusariose na soja. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p. 1-11, 2014.

NIETO, G. Biological activities of three essential oils of the Lamiaceae family. **Medicines**, v. 4, n. 3, p. 63, 2017.

NOVAES, M. I. C. et al. Physiological and biochemical responses of soybean to white mold affected by manganese phosphite and fluazinam. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 41, n. 12, p. 186, 2019.

OLIVEIRA, N. L. C. et al. Crescimento e produção da abobrinha em função de concentração e via de aplicação da urina de vaca. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.2, p.129-136, 2013.

ORTUÑO, D. F. et al. Resistencia a fungicidas em oídio de cucurbitáceas. **Phytoma España**. v. 5, n. 152, p. 123-124, 2003.

PALOU, L. et al. Control of postharvest blue and green molds of oranges by hot water, sodium carbonate, and sodium bicarbonate. **Plant Disease**, v.85, n. 4, p. 371-376, 2001.

- PANDEY, A. K. et al. Essential oils: Sources of antimicrobials and food preservatives. **Frontiers in microbiology**, v. 7, n. 4, p. 2161, 2017.
- PASINI, C. et al. Effectiveness of antifungal compounds against rose powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*) in glasshouses. **Crop Protection**, v. 16, n. 3, p. 251-256, 1997.
- PÉREZ-RODRÍGUEZ, A. et al. Epidemiology and strategies for chemical management of powdery mildew in mango. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 715-723, 2017.
- PERINA, F. J. et al. Essential oils and whole milk in the control of soybean powdery mildew. **Ciência Rural**, v. 43, n. 11, p. 1938-1944, 2013.
- PINTO, D. M.; ZARBIN, P. H. G. A química na agricultura: perspectivas para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1509-1513, 2013.
- RAMOS, A. R.P. et al. Efficiency of potassium silicate in powdery mildew control and development of summer squash. **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 432-438, 2013.
- RAMOS, K. et al. Óleos essenciais e vegetais no controle in vitro de *Colletotrichum gloeosporioides*. **Revista Brasileira de Plantas Medicináveis**, v. 18, n. 2, p. 605-612, 2016.
- RAVEAU, R. et al. Essential oils as potential alternative biocontrol products against plant pathogens and weeds: A Review. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 365, 2020.
- ROMERO, A. L. et al. Efeito de monoterpenos naturais no crescimento micelial e germinação de conídios de *Corynespora cassiicola*. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 18, n. 1, p. 3-7, 2013.
- SAAD, N. Y. et al. Major bioactivities and mechanism of action of essential oils and their components. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 28, n. 5, p. 269-279, 2013.
- SALGADO, A. P. S. P. et al. Avaliação da atividade fungitóxica de óleos essenciais de folhas de *Eucalyptus* sobre *Fusarium oxysporum*, *Botrytis cinerea* e *Bipolaris sorokiniana*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 2, p. 249-254, 2003.
- SAWANT, S. D.; SAWANT, I. S. Use of potassium bi-carbonates for the control of powdery mildew in table grapes. **Acta Horticulturae**, v. 14, n. 3, p. 285-292, 2008.
- SHAABAN, H. A. E et al. Bioactivity of essential oils and their volatile aroma components. **Journal of Essential Oil Research**, v. 24, n. 2, p. 203-212, 2012.
- SHANER, G.; FINNEY, R. E. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.
- SHARMA, A et al. **Important Diseases of Cucurbitaceous Crops and Their Management**. 1. ed. Ed: Mohammad Pessaraki, 2016.
- SIMONETTI, E. et al. Evaluation of native bacteria and manganese phosphite for alternative control of charcoal root rot of soybean. **Microbiological Research**, v. 180, n.1, p. 40-48, 2015.

SOLINO, AJS et al. Severidade da antracnose e qualidade dos frutos de maracujá-amarelo tratados com produtos naturais em pós-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.57-66, 2012.

STADNIK, M.J., RIVERA, M.C. Oídios. **Embrapa Meio Ambiente**, Jaguariúna. p. 484, 2001.
STURCHIO, E. et al. Essential oils: an alternative approach to management of powdery mildew diseases. **Phytopathologia Mediterranea**, v.2, n. 1, p. 385-395, 2014.

TANAKA, K. et al. Importance of prumycin produced by *Bacillus amyloliquefaciens* SD-32 in biocontrol against cucumber powdery mildew disease. **Pest Management Science**, v. 73, n. 12, p. 2419-2428, 2017.

TATAGIBA, S. D. et al. Physiological responses of rice plants supplied with silicon to *Monographella albescens* infection. **Journal of Phytopathology**, v. 162, n. 9, p. 596-606, 2014.

TERZI, V. et al. *In vitro* antifungal activity of the tea tree (*Melaleuca alternifolia*) essential oil and its major components against plant pathogens. **Letters in Applied Microbiology**, v. 44, n. 6, p. 613-618, 2007.

TUREK, C.; STINTZING, F. C. Impact of different storage conditions on the quality of selected essential oils. **Food Research International**, v. 46, n. 1, p. 341-353, 2012.

TUREK, C.; STINTZING, F. C. Stability of essential oils: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 12, n. 1, p. 40-53, 2013.

VIANA, F. M. P. et al. Recomendações para o controle das principais doenças que afetam a cultura do melão na região Nordeste. **Embrapa Agroindústria Tropical**, v. 15, n. 12, p. 1-24, 2001.

VIEGAS JÚNIOR, C. Terpenes with insecticidal activity: an alternative to chemical control of insects. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 390-400, 2003.

WENNEKER, M. Controlling powdery mildew (*Sphaerotheca mors-uvae*) of gooseberry (*Ribes uva-crispa*) with potassium bicarbonate and risk of phytotoxicity. In: **XI International Rubus and Ribes Symposium**. p. 515-520. 2015.

WENNEKER, M.; KANNE, H. J. Effect of potassium bicarbonate on the control of powdery mildew (*Sphaerotheca mors-uvae*) of gooseberry (*Ribes uva-crispa*). In: **Proceedings of the International Conference on Organic Fruit-Growing**. p. 360-370. 2010.

YAMADA, T. RESISTÊNCIA DE PLANTAS ÀS PRAGAS E DOENÇAS: pode ser afetada pelo manejo da cultura?. **Piracicaba: Informações Agronômicas Potafós**, v. 1, n. 108, p. 1-7, 2004.

YILDIRIM, I. et al. Investigations on the efficacy of some natural chemicals against powdery mildew (*Uncinula necator* (Schw.) Burr.) of grape. **Journal of Phytopathology**, v. 150, n. 11-12, p. 697-702, 2002.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VALE, FXR. Situação atual do controle químico de doenças de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 18, n. 2, p. 96-110, 2000.

ZIV, O.; ZITTER, T. A. Effects of bicarbonates and film-forming polymers on cucurbit foliar diseases. **Plant Disease**, v. 76, n. 1, p. 513-517, 1992.