

# RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)  
autor(a), o texto completo desta tese  
será disponibilizado somente a partir  
de 18/05/2022.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS JABOTICABAL**

***Bremia lactucae*: MONITORAMENTO, DINÂMICA  
POPULACIONAL E SENSIBILIDADE A  
FUNGICIDAS**

**Carolina Andrade Franco**

Engenheira Agrônoma

**2020**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS JABOTICABAL**

***Bremia lactucae*: MONITORAMENTO, DINÂMICA  
POPULACIONAL E SENSIBILIDADE A  
FUNGICIDAS**

**Carolina Andrade Franco**

**Orientadora: Profa. Dra. Leila Trevisan Braz**

**Coorientadores: Profa. Dra. Rita de Cássia Panizzi**

**Prof. Dr. Richard Michelmore**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas)

**2020**

F825b

Franco, Carolina Andrade

Bremia lactucae: monitoramento, dinâmica populacional e sensibilidade a fungicidas / Carolina Andrade Franco. -- Jaboticabal, 2020

62 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Leila Trevisan Braz

Coorientadora: Rita de Cássia Panizzi

1. Lactuca sativa L.. 2. Dm genes. 3. Míldio da alface. 4. Resistência genética. 5. Resistência a fungicidas. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO DA TESE:** *Bremia lactucae*: MONITORAMENTO, DINÂMICA POPULACIONAL E SENSIBILIDADE À FUNGICIDAS

**AUTORA:** CAROLINA ANDRADE FRANCO

**ORIENTADORA:** LEILA TREVISAN BRAZ

**COORIENTADOR:** RICHARD MICHELMORE

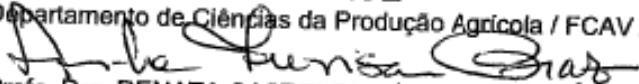
**COORIENTADORA:** RITA DE CÁSSIA PANIZZI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:



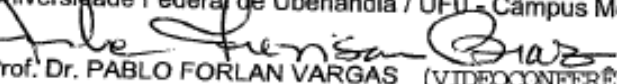
Profa. Dra. LEILA TREVISAN BRAZ

Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV / UNESP - Jaboticabal



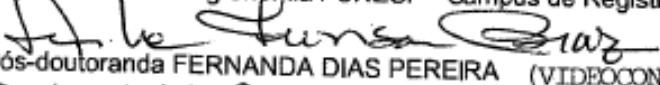
Profa. Dra. RENATA CASTOLDI (VIDEOCONFERÊNCIA)

Universidade Federal de Uberlândia / UFU - Câmpus Monte Carmelo, MG



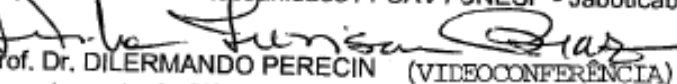
Prof. Dr. PABLO FORLAN VARGAS (VIDEOCONFERÊNCIA)

Departamento de Agronomia / UNESP - Câmpus de Registro/SP



Pós-doutoranda FERNANDA DIAS PEREIRA (VIDEOCONFERÊNCIA)

Departamento de Fitossanidade / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Prof. Dr. DILERMANDO PERES (VIDEOCONFERÊNCIA)

Departamento de Ciências Exatas / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 18 de maio de 2020

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

CAROLINA ANDRADE FRANCO – nascida em 31 de agosto de 1990, na cidade de Uberlândia, localizada no estado de Minas Gerais, filha de Ilce Robsany Andrade Franco e Carlos Franco Souza. Ingressou no curso de Engenharia Agrônômica em março de 2008, na Universidade Federal de Uberlândia, graduando-se em outubro de 2013. Durante a graduação foi bolsista de projeto de extensão, realizando também monitorias e estágios. Realizou o estágio supervisionado obrigatório na Universidade da Flórida, nas áreas de olericultura e fitopatologia. Em fevereiro de 2016 obteve o título de mestre em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) pela Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal, como bolsista CAPES, sob orientação da Profa. Dra. Leila Trevisan Braz. Em 2016 iniciou o curso de doutorado pelo mesmo programa, como bolsista CAPES, realizando parte da sua formação na Universidade da Califórnia, em Davis, sob a orientação do Professor Richard Michelmore, pelo Programa Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE). Atualmente é responsável pelo programa de melhoramento genético de alface da Agristar do Brasil, onde busca desenvolver cultivares adaptadas ao clima brasileiro e principalmente, resistentes às raças de míldio identificadas no Brasil.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por todos os dias me dar a o privilégio da vida e por todas as graças que Ele me concede diariamente.

Aos meus pais, Ilce e Carlos, meus melhores amigos, meu cerne, a razão de estar onde estou e de continuar lutando.

Aos meus avós e bisavós, pelas orações, torcidas e sacrifícios que a distância impõe.

Aos meus irmãos, Caio e Carlos, pelo apoio e por sempre me inspirarem a ir além. A toda a minha grande e amorosa família, por todo entusiasmo e suporte.

Ao meu namorado Eduardo, que me apoia todos os dias e me encoraja sempre a ser uma pessoa melhor.

Aos meus sogros e cunhados que sempre me apoiam nos pequenos e grandes detalhes.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (UNESP – FCAV), pela oportunidade de cursar uma das melhores pós-graduações do país, pela estrutura e professores, que foram fundamentais para o meu crescimento.

À Professora Dra. Leila, orientadora de vida.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço pela concessão da bolsa, que me permitiu realizar o curso de doutorado.

Ao Silvio Nakagawa e a empresa Agristar do Brasil Ltda. pela coleta e envio de isolados de míldio da alface, os quais foram essenciais para realização deste trabalho.

Aos Professores Doutores Rita de Cássia Panizzi e Richard Michelmore, por todo auxílio e paciência diante às inúmeras dúvidas.

Aos meus amigos Carlos Caprio e Larissa por todo zelo e companheirismo ao longo dos últimos anos de “Bremia”.

Ao Marcus Vinícius (Sr. Batata), meu amigo irmão, que está sempre presente mesmo com toda distância.

Aos meus amigos da “Horta”, Edgard, Renato, Livia, Edicleide, Marcos, Renan e outros Neonzinhos que também passaram pelo meu caminho, pelo companheirismo e ajuda nessa travessia.

Aos meus velhos e bons amigos, que independente da distância e do tempo, me suportam de onde estiverem.

Aos novos amigos que fiz em Jabuca, Cássia, Matheus (Peão), Nádia, João, Paloma, Anderson (Zang) e Cíntia por toda amizade e companheirismo, principalmente nas horas mais duras.

Aos funcionários do Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, Inauro e Reinaldo Aparecido (Tilápia), por toda ajuda, dedicação e disponibilidade.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade e sugestões para o engrandecimento do trabalho.

A todos que de uma forma indireta contribuíram na minha trajetória até aqui.



## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1 INTRODUÇÃO GERAL.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 A alface.....	2
2.2 O míldio.....	4
2.3 Variabilidade de <i>Bremia lactucae</i> e resistência a fungicidas.....	5
2.4 Resistência genética à <i>Bremia lactucae</i> .....	8
3 REFERÊNCIAS.....	9
CAPÍTULO 2 - Monitoramento e dinâmica populacional de <i>Bremia lactucae</i> nas regiões sul e sudeste do Brasil.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	16
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
2.1 Coleta e multiplicação dos isolados de <i>Bremia lactucae</i> .....	18
2.2 Diferenciação e determinação dos códigos sextetos.....	20
2.3 Determinação da complexidade, diversidade e frequências nas populações de <i>Bremia lactucae</i> .....	21
3 RESULTADOS.....	22
3.1 Monitoramento de <i>Bremia lactucae</i> e fenótipos de virulência identificados.....	22
3.2 Distribuição dos genes ou fatores de virulência.....	27
3.3 Avaliação da complexidade e da diversidade das populações avaliadas de <i>Bremia lactucae</i> .....	29
4 DISCUSSÃO.....	30
5 CONCLUSÕES.....	37
6 REFERÊNCIAS.....	37
CAPÍTULO 3 – Sensibilidade de <i>Bremia lactucae</i> a fungicidas utilizando dois métodos de aplicação.....	42
1 INTRODUÇÃO.....	44
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	46
2.1 Determinação da sensibilidade de um isolado de <i>Bremia lactucae</i> a três fungicidas.....	47

2.2 Determinação da sensibilidade de quatro isolados de <i>Bremia lactucae</i> a três fungicidas.....	49
2.3 Análise estatística .....	49
3 RESULTADOS .....	50
3.1 Determinação da sensibilidade de um isolado de <i>Bremia lactucae</i> a três fungicidas.....	50
3.2 Determinação da sensibilidade de quatro isolados de <i>Bremia lactucae</i> a três fungicidas.....	52
4 DISCUSSÃO .....	55
5 CONCLUSÕES .....	60
6 REFERÊNCIAS.....	60

## ***Bremia lactucae*: MONITORAMENTO, DINÂMICA POPULACIONAL E SENSIBILIDADE A FUNGICIDAS**

**RESUMO** - O míldio da alface causado pelo oomiceto *Bremia lactucae* representa uma das doenças mais importantes na cultura da alface. Sua variabilidade genética tem sido estudada no mundo. O monitoramento constante faz-se necessário pois torna possível avaliar a diversidade do patógeno, auxiliando no melhor uso das ferramentas disponíveis para controle de *B. lactucae*, como o uso de fungicidas e cultivares resistentes. Assim, objetivou-se com este trabalho monitorar, estudar a dinâmica populacional e determinar metodologias para a avaliação da sensibilidade dos isolados de *B. lactucae* a fungicidas. Isolados de *B. lactucae* foram coletados no Rio Grande do Sul em 2015, e no Paraná e São Paulo em 2016. Em relação a sensibilidade de *B. lactucae*, foram avaliados os fungicidas dimetomorfe, mandipropamida e oxathiapiprolin, submetidos a diferentes doses, aplicados diretamente nas folhas cotiledonares ou na raiz de plântulas de alface. As populações avaliadas de *B. lactucae* nos estados de Paraná, Rio Grande do Sul e São Paulo possuem semelhança, compartilhando nove dos 15 fatores de virulência avaliados. Foram encontrados 27 fenótipos de virulência, mas apenas os correspondentes aos códigos sextetos 31-00-00, 31-00-02, 31-01-00 e 31-01-02 foram mais frequentes neste estudo. Além disso, a reprodução clonal mostra-se como principal forma de propagação de *B. lactucae*. Os genes e fatores de resistência das cultivares Argelès (*Dm38*), Balesta e Bartoli podem ser recomendados como fontes de resistência para o melhoramento genético visando resistência ao míldio da alface para as três populações brasileiras avaliadas neste estudo. Em relação a sensibilidade dos fungicidas avaliados, mesmo na dose de 50 mg L<sup>-1</sup>, quando aplicado na raiz houve esporulação dos isolados avaliados. Já a dose de 10 mg L<sup>-1</sup> dos fungicidas dimetomorfe, mandipropamida e oxathiapiprolin, quando aplicados diretamente nas folhas foi suficiente para inibir a infecção causada pelo míldio da alface. Assim, a pulverização dos fungicidas nas folhas é mais confiável para a avaliação de sensibilidade de *B. lactucae* em condições similares às avaliadas no presente trabalho.

**Palavras-chave:** *Lactuca sativa* L., *Dm* genes, míldio da alface, resistência genética, resistência a fungicidas.

## ***Bremia lactucae*: MONITORING, POPULATION DYNAMIC AND SENSITIVITY TO FUNGICIDES**

**ABSTRACT-** Lettuce downy mildew caused by the oomycete *Bremia lactucae* represents one of the most important diseases in lettuce culture. Its genetic variability has been studied worldwide. Constant monitoring is necessary because it makes it possible to assess the diversity of the pathogen, helping to make the best use of the tools available to control *B. lactucae*, such as the use of fungicides and resistant cultivars. Thus, the aim of this work was to monitor, study population dynamics and determine methodologies for assessing the sensitivity of *B. lactucae* isolates to fungicides. Isolates of *B. lactucae* were collected in Rio Grande do Sul in 2015, and in Paraná and São Paulo in 2016. Regarding the sensitivity of *B. lactucae*, dimethomorph, mandipropamid and oxathiapiprolin fungicides were evaluated, submitted to different doses, applied directly on cotyledons leaves or on the root. The populations evaluated for *B. lactucae* in the states of Paraná, Rio Grande do Sul and São Paulo are similar, sharing nine of the 15 virulence factors evaluated. 27 virulence phenotypes were found, but only those corresponding to the sextet codes 31-00-00, 31-00-02, 31-01-00 and 31-01-02 were more frequent in this study. In addition, clonal reproduction seems to be the main propagation of *B. lactucae*. The genes and resistance factors of the cultivars Argelès (*Dm38*), Balesta and Bartoli can be recommended as sources of resistance for genetic improvement aiming resistance to lettuce downy mildew for the three Brazilian populations evaluated in this study. Regarding the sensitivity of the evaluated fungicides, even at the dose of 50 mg L<sup>-1</sup>, when applied to the root, there was sporulation of the evaluated isolates. The 10 mg L<sup>-1</sup> dose of the fungicides dimethomorph, mandipropamid and oxathiapiprolin, when applied directly to the leaves, was enough to inhibit the infection caused by lettuce downy mildew. Thus, the spraying fungicides on the leaves is more reliable for assessing the sensitivity of *B. lactucae* under conditions similar to those evaluated in the present study.

**Keywords:** *Lactuca sativa* L., *Dm* genes, lettuce downy mildew, genetic resistance, fungicide resistance.

## CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

A alface (*Lactuca sativa* L.) é a hortaliça folhosa, economicamente mais importante para o Brasil, além de ser de grande importância social na agricultura familiar e para a alimentação humana. O cultivo dessa hortaliça possibilita obter elevada produção por hectare, por possuir ciclo curto, tornando-se atividade atrativa e de alta rentabilidade para o pequeno produtor (Araújo, 2010).

Entretanto, pode ser acometida por inúmeras doenças que reduzem sua produção. Uma das principais doenças que ocorre na alface mundial na estação do inverno, é o míldio da alface, cujo agente causal é o oomiceto *Bremia lactucae* Regel (IPM, 2001; Lebeda et al., 2002; Michelmore e Wong, 2008). Na região sul e sudeste do Brasil, nos períodos em que o clima é mais ameno, esta doença provoca grandes perdas. Trata-se de um patógeno com grande variabilidade, apresentando várias raças/fenótipos de virulência (Crute, 1992; Lebeda et al., 2002, Töfoli et al., 2014).

Em 1998, com o intuito de padronizar procedimentos para identificação e classificação da variação populacional europeia de *B. lactucae*, foi criado, por pesquisadores de empresas públicas e privadas na Europa, o “International Bremia Evaluation Board” (IBEB), (Guenard et al., 1999; van Ettehoven e van der Arend, 1999). Definiu-se assim um conjunto de cultivares diferenciadoras, as quais são periodicamente atualizadas; bem como protocolos para determinação dos fenótipos de virulência e denominação das raças. Na Europa, mais de 100 padrões de virulência diferentes são encontrados a cada ano e 36 raças de *B. lactucae* foram denominadas (ISF, 2020).

Em contrapartida, no Brasil, o Núcleo de Estudos em Olericultura e Melhoramento (NEOM) da UNESP-FCAV, tem pesquisado o míldio da alface no estado de São Paulo desde 2003, tendo identificado até 2015, 17 fenótipos de virulência de *B. lactucae* (Braz et al., 2007; Souza et al., 2011; Castoldi et al., 2012; Galatti et al., 2012; Franco, 2016; Nunes et al., 2016; Marin et al., 2019).

A interação entre alface e *B. lactucae* é baseada na relação gene-a-gene, sendo que genes de resistência da alface (*Dm* ou *FR*) correspondem a fatores de

avirulência no patógeno (*Avr*) (Crute, 1992; Lebeda et al., 2002; Bueno et al., 2006; Lebeda et al., 2007). Portanto, esse tipo de resistência é monogênica dominante, completa ou qualitativa, também sendo denominada de resistência vertical. Até o momento, pelo menos 52 genes *Dm* ou FR são descritos (Crute, 1992; Michelmore e Wong, 2008; Parra et al., 2016; ISF, 2020). Assim, entender a dinâmica populacional do míldio nas regiões produtoras é de fundamental importância, a fim de recomendar genes de resistência (*Dm*) para o desenvolvimento de cultivares de alface resistentes à *B. lactucae*.

O uso de cultivares resistentes é a alternativa de controle mais eficiente pois, representa menor custo ao produtor e é ambientalmente correto, por reduzir a utilização de produtos fitossanitários (Vargas et al., 2012). Contudo, a falta de informação sobre cultivares resistentes aos comportamentos de míldio encontrados nas regiões produtoras, ainda desfavorece o seu uso.

A utilização de proteção química apresenta uma série de inconvenientes como, a persistência de resíduos, altos custos, baixa eficiência - dado o ciclo de cultivo curto - e a alta pressão de seleção sobre o patógeno, favorecendo a seleção de linhagens resistentes a fungicidas (Schettini e Michelmore, 1991; Brown et al., 2004). No entanto, essa ainda é a ferramenta mais utilizada pelos produtores de alface.

No Brasil, o custo com insumos para a produção de 1.600 engradados ha<sup>-1</sup> de alface é R\$ 6.080,45, sendo que 626,00 (10,29%) do valor total, são gastos apenas com fungicidas (AGRIANUAL, 2020). Até o presente momento, não foi realizado nenhum estudo no Brasil quanto a ocorrência de resistência do míldio da alface a fungicidas. Tais estudos, são extremamente necessários pois poderiam evitar o uso de produtos fitossanitários ineficazes, além de auxiliar no manejo contra desenvolvimento de novas resistências do patógeno no campo.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho monitorar, estudar a dinâmica populacional e determinar metodologias para a avaliação da sensibilidade dos isolados de *B. lactucae* a fungicidas.

## 5 CONCLUSÕES

- A dose de 10 mg L<sup>-1</sup> de dimetomorfe, mandipropamida e oxathiapiprolin pulverizada diretamente nas folhas foi suficiente para evitar o processo de infecção de *B. lactucae*;
- A dose de 50 mg L<sup>-1</sup> de dimetomorfe, mandipropamida e oxathiapiprolin aplicada nas raízes não impediu a infecção de *Bremia lactucae*;
- Não foi constatada insensibilidade dos isolados de *B. lactucae* aos fungicidas dimetomorfe, mandipropamida e oxathiapiprolin;
- Aplicar os fungicidas diretamente nas folhas é mais confiável para avaliar a sensibilidade de *B. lactucae* a fungicidas.

## 6 REFERÊNCIAS

Agrianual 2020: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2020. p. 110-112.

Crute IR, Dixon GR (1981) Downy mildew diseases caused by the genus *Bremia* Regel. In: Spencer DM (Eds.) **Downy Mildews**. London: Academic Press, p. 423-455.

Gisi U, Sierotzki H (2008) Fungicide modes of action and resistance in downy mildews. **European Journal of Plant Pathology** 122:157–167.

Crute IR (1992) The role of resistance breeding in the integrated control of downy mildew (*Bremia lactucae*) in protected lettuce. **Euphytica** 63:95102.

Schettini TM, Legg EJ, Michelmore RW (1991) Insensitivity to metalaxyl in California populations of *Bremia lactucae* and resistance of California lettuce cultivars to downy mildew. **Phytopathology** 81:64-70.

Cohen Y (2008) Activity of carboxylic acid amide (CAA) fungicides against *Bremia lactucae*. *European Journal of Plant Pathology* 122:169-183.

Harp T, Cloud G, Minton B, Cochran A. (2006). Mandipropamid: A new fungicide for control of late blight and downy mildews. **Phytopathology** 96:185.

Huggenberger F, Kuhn PJ (2006). Biological and physicochemical properties of mandipropamid, a new fungicide for the control of oomycete pathogens. **Phytopathology** 96:S51.

Huggenberger F, Lamberth C, Iwanzik W (2005) Mandipropamid a new fungicide against Oomycete pathogens. Proceedings of the BCPC International Congress Crop Science & Technology, Glasgow, UK, 1, 93–98.

Wang H, Shuangjian Y, Maosheng W, Xia H, Wenhong L, Zhang H, Cao Yi, Lu N, Shang S, Shi J (2013) Sensitivity of *Phytophthora parasitica* to mandipropamid: In vitro determination of baseline sensitivity and in vivo fungitoxicity. **Crop Protection** 43: 251-255.

Blum M, Boehler M, Randall E, Young V, Csukai, Kraus S, Moulin F, Scalliet G, Avrova AO, Whisson SC, Fonne-Pfister R (2010) Mandipropamid targets the cellulose synthase-like PiCesA3 to inhibit cell wall biosynthesis in the oomycete plant pathogen, *Phytophthora infestans*. **Mol Plant Pathol** 11:227-243.

Hewitt EJ (1952) Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition. *Techn Commun* 22, Commonwealth Bureau Horticulture Plantation Crops, East Malling, Maidstone, Kent

Osara K, Crute IR (1981) Variation for specific virulence in the Finnish *Bremia lactucae* populations. **Annales Agriculture Fenniae** 20:198-209.

Cohen Y (2020) Root treatment with oxathiapiprolin, benthiavalicarb or their mixture provides prolonged systemic protection against oomycete foliar pathogens. **PLoS One** 15 (1): e0227556. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0227556>.

Olaya G, Linley R, Edlebeck K, Humann R, Rapicavoli J (2019) Baseline sensitivity distribution of *Bremia lactucae* isolates to the fungicide oxathiapiprolin. In: **Annual Meeting da American Phytopathological Society**. Resumo... Cleveland, Ohio, EUA. Disponível em: <https://apsnet.confex.com/apsnet/2019/meetingapp.cgi/Paper/14647>.

Wicks TG, Hall B, Pezzaniti P (1994) Fungicidal control of metalaxyl-insensitive strains of *Bremia lactucae* on lettuce. **Crop Protection** 13:617-623.

Cohen Y (2015) The Novel Oomycide Oxathiapiprolin Inhibits All Stages in the Asexual Life Cycle of *Pseudoperonospora cubensis* - Causal Agent of Cucurbit



Downy Mildew. **PLoS One** 10 (10) e0140015. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4599937/>>.

Cohen Y (2018) Oxathiapiprolin-based fungicides provide enhanced control of tomato late blight induced by mefenoxam-insensitive *Phytophthora infestans*. **PLoS One** 13(9): e0204523. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6160094/>>.

Qu T, Shao Y, Csinos AS, Ji P (2016) Sensitivity of *Phytophthora nicotianae* from tobacco to fluopicolide, mandipropamid, and oxathiapiprolin. **Plant Disease** 10:2129-2125.

Ghini R, Kimati H (2000) **Resistência de fungos a fungicidas**. Jaguariúna: Embrapa – Meio Ambiente. 78p.

Cohen Y, Rubin E, Hadad T, Gotlieb D, Sierotzki, Gisi U (2007) Sensitivity of *Phytophthora infestans* to mandipropamid and the effect of enforced selection pressure in the field. **Plant Pathology** 56:836-842

Rubin AR, Werdiger AC, Blum M, Gisi U, Sierotzki H, Hermann D, Cohen Y (2011) EMS and UV irradiation induce unstable resistance against CAA fungicides in *Bremia lactucae*. **European Journal Plant Pathology** 129:339-351.

Ji P, Csinos AS, Hickman LL, Hargett U (2014) Efficacy and application methods of oxathiapiprolin for management of black shank on tobacco. **Plant Disease** 98:1551-1554.

Gray MA, Hao W, Forster H, Adaskaveg JE (2018) Baseline sensitivities of new fungicides and their toxicity to selected life stages of *Phytophthora* species from citrus in California. **Plant Disease** 102:734-742.

Saville A, Graham K, Grunwald NJ, Myers K, Fry WE, Ristaino JB (2015) Fungicide sensitivity of U.S. genotypes of *Phytophthora infestans* to six oomycete-targeted compounds. **Plant Disease** 99:659-666.

Jackson KL, Yin J, Ji P (2012) Sensitivity of *Phytophthora capsici* on vegetable crops in Georgia to mandipropamid, dimethomorph, and cyazofamid. **Plant Disease** 96:1337-1342.

Brown S, Koike ST, Ochoa OE, Laemmlen F, Michelmore RW (2004) Insensitivity to the fungicide fosetyl-aluminum in California isolates of the lettuce downy mildew pathogen, *Bremia lactucae*. **Plant Disease** 88:502-508.