



UNIVERSIDADE DO PLANALTO CATARINENSE PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM AMBIENTE E SAÚDE

CRISTINA ROSA ROSAR

SARNA DA MACIEIRA: INFORMAÇÕES SOBRE A DOENÇA SOB A ÓTICA DOS
AGRICULTORES DA SERRA CATARINENSE E CONTROLE COM FUNGICIDAS
BIOLÓGICOS E ÓLEOS ESSENCIAIS NANOENCAPSULADOS

LAGES

2024

CRISTINA ROSA ROSAR

SARNA DA MACIEIRA: INFORMAÇÕES SOBRE A DOENÇA SOB A ÓTICA DOS
AGRICULTORES DA SERRA CATARINENSE E CONTROLE COM FUNGICIDAS
BIOLÓGICOS E ÓLEOS ESSENCIAIS NANOENCAPSULADOS

Dissertação apresentada para
obtenção do título de Mestre no
Programa de Pós- Graduação em
Ambiente e Saúde da Universidade
do Planalto Catarinense -
UNIPLAC.

Orientadora: Professora Dra. Lenita
Agostinetto
Coorientador: Leonardo Araújo

LAGES

2024

Ficha Catalográfica

R789s

Rosar, Cristina Rosa

Sarna da macieira : informações sobre a doença sob a ótica dos agricultores da Serra Catarinense e controle com fungicidas biológicos e óleo essenciais nanoencapsulados / Cristina Rosa Rosar ; orientadora Prof. Dra. Lenita Agostinnetto ; coorientador Prof. Dr. Leonardo Araújo. – 2024.
108 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Planalto Catarinense. Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Saúde da Universidade do Planalto Catarinense. Lages, SC, 2024.

1. Macieira. 2. Fungos do Gênero Venturia. 3. Nanotecnologia. 4. Agente antifúngico. I. Agostinnetto, Lenita (orientadora). II. Araújo, Leonardo (coorientador). III. Universidade do Planalto Catarinense. Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Saúde. IV. Título.

CDD 610

Catálogo na fonte – Biblioteca Central

Cristina Rosa Rosar

**SARNA DA MACIEIRA: INFORMAÇÕES SOBRE A DOENÇA SOB A ÓTICA
DOS AGRICULTORES DA SERRA CATARINENSE E CONTROLE COM
FUNGICIDAS BIOLÓGICOS E ÓLEOS ESSENCIAS NANOENCAPSULADOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Ambiente e Saúde da Universidade do Planalto Catarinense, para obtenção do título de Mestre em Ambiente e Saúde.

Aprovada em 29/11/2024.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Lenita Agostinetti

(Orientadora e Presidente da Banca Examinadora – PPGAS/UNIPALAC)

Prof. Dr. Leonardo Araujo


(Coorientador – EPAGRI/SJ)


Prof. Dr. Ricardo Trezzi Casa


(Examinador Titular Externo–UDESC/CAV)


Profa. Dra. Cleonice Gonçalves da Rosa

(Examinadora Titular Interna - PPGAS/UNIPALAC)

Documento assinado digitalmente
 **LENITA AGOSTINETTO**
Data: 03/12/2024 09:25:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 **LEONARDO ARAUJO**
Data: 03/12/2024 09:38:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Documento assinado digitalmente
 **RICARDO TREZZI CASA**
Data: 03/12/2024 13:50:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 **CLEONICE GONCALVES DA ROSA**
Data: 03/12/2024 09:21:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DECLARAÇÃO DE ORIGINALIDADE

Declaro que os dados apresentados nesta versão da Dissertação para o Exame de Defesa de Dissertação são decorrentes de pesquisa própria e de revisão bibliográfica referenciada segundo normas científicas.

Lages, 29 de novembro de 2024.

 Documento assinado digitalmente
CRISTINA ROSA ROSAR
Data: 11/03/2025 11:04:32-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Cristina Rosa Rosar

Para Titânia, a estrela que brilha mais forte no céu

AGRADECIMENTOS

A todos que contribuíram para que isso se tornasse realidade, dedico esta poesia.

A Casa Trouxeram Morto Seu Guerreiro

À casa trouxeram morto seu guerreiro:

Ela não desmaiou, nem emitiu ruído:

Suas damas todas disseram bem ligeiro:

Ela deve chorar ou seu fim será doído.

Então o enalteceram, como num breviário.

Chamaram-no digno de ser amado,

Amigo de confiança, nobre adversário;

Ainda assim, ela ficou imóvel e calada.

Levantou-se uma dama do lugar,

E para o guerreiro se encaminhou,

Removeu-lhe o véu do rosto devagar;

Ainda assim, ela não removeu nem chorou.

Ergueu-se uma aia de noventa anos,

Pôs-lhe no joelho o filho dele em segurança,

E as lágrimas lhe vieremem oceano,

Por ti eu vivo, minha doce criança.

- Alfred Lord Tennyson

A FAPESC pelo investimento nos laboratórios imprescindível para a conclusão deste estudo CP FAPESC - LABORATÓRIOS MULTIUSUÁRIOS 15/2023 – TO 2023TR001518 e TO 2023TR001418

“Saíam: pois Vida e Pensamento
Não habitam mais aqui;
Numa cidade gloriosa, porém-
Uma cidade grande e distante-, compraram
Uma mansão indestrutível.
Quem dera ele estivesse conosco também.”

- Trecho da poesia A Casa Abandonada (escrita por Alfred Lord Tennyson)

RESUMO

A maçã (*Malus domestica* Borkh) é um fruto muito consumido no mundo, porém há ocorrência de doenças no seu ciclo de cultivo, como a sarna da macieira, causada pelo fungo *Venturia inaequalis*, e o seu controle ocorre principalmente a partir do uso de fungicidas químicos. O objetivo da pesquisa foi analisar a sarna da macieira na região da Serra Catarinense e o seu controle com fungicidas biológicos e óleos essenciais nanoencapsulados. A pesquisa foi feita em duas etapas: 1) Aplicação de um questionário à 144 agricultores que cultivam maçã no município de São Joaquim/SC, a fim de levantar dados sobre a incidência, perdas e a forma adotada de controle da sarna da macieira na região. 2) Experimentos de campo: O experimento foi conduzido na área experimental da Epagri/São Joaquim/SC em um pomar de macieira copa ‘Gala’ enxertada sobre o porta-enxerto ‘Marubakaido’, distribuído na forma blocos casualizados com quatro repetições. Foram utilizados dois tratamentos constituídos de óleos essenciais nanoencapsulados de eucalipto e de laranja (ambos com concentração de 0,01 g/ml no ciclo 2022/2023 e 0,005 g/ml no ciclo 2023/2024), onde a solução de zeína foi preparada dissolvendo 20 mg. mL⁻¹ de zeína em 10 mL de uma solução aquosa de etanol (85 % v/v), e mantida sob agitação magnética durante 15 h. Posteriormente, 100 mg de cada óleo essencial foram adicionados nas soluções de zeína. As soluções de zeína contendo os óleos essenciais (10 mL) foram dispersas em 30 mL de solução aquosa do surfactante Pluronic F68 (1,5 % m/v) em homogeneização em Ultra Turrax (Modelo T25, IKA-Works, Inc., Cincinnati) a 1000 rpm por 3 minutos. Posteriormente o etanol foi evaporado em capela com exaustão por 15 h. Ainda, foram utilizados três com fungicidas biológicos: *Bacillus pumilus*, *Bacillus velezensis* e *Bacillus subtilis* (7,5 ml Dose por 10 L em ambos os ciclos); *Bacillus amyloliquefaciens* (5g Dose por 10 L em ambos os ciclos), e *Bacillus subtilis* (20 ml Dose por 10 L em ambos os ciclos), além do controle positivo com uso de um fungicida de contato (Mancozeb, 35g Dose por 10 L em ambos os ciclos) para comparação com os demais tratamentos, e o controle negativo sem nenhuma aplicação. As folhas e frutos com sintomas da sarna foram infectados naturalmente por *V. inaequalis*. Foram realizadas oito pulverizações por ciclo com intervalos de sete a dez dias. A avaliação da sarna foi determinada pela incidência da doença em 10 folhas/ramo e 30 frutos/planta no final de novembro de 2022 e 2023, sendo que nos 30 frutos, foi avaliada a severidade do “Russeting”. O questionário forneceu o cenário atual em relação aos métodos de controle utilizados pelos pomicultores para controlar a sarna da macieira na região. Em relação à pesquisa com os agricultores, observou-se que o sexo predominante dos

entrevistados foi o masculino (100%), o grau de escolaridade Ensino Médio completo (49,31%) e faixa etária de 41 a 50 anos (27,78%). Com relação ao tamanho da propriedade, a média foi de 15 ha, a maior parte são proprietários (89,58%), e a maioria possui Responsáveis Técnicos (97,22%). Os produtores de maçã também afirmaram que a sarna é a principal doença no pomar (69,5%), e que a maioria inicia o tratamento com fungicidas químicos no início da brotação (61,11%). Ainda, para o controle da sarna, a maioria utiliza medidas profiláticas (47,22%). A média anual de aplicações de fungicidas químicos é de 20 aplicações, sendo o mais utilizado o Mancozeb (92,36%). Além disso, a maior parte dos produtores afirmaram que utilizam aminoácidos como forma de aumentar a eficiência dos fungicidas (50,7%). Quanto aos produtos nanoencapsulados, a maioria dos entrevistados afirmou que não tem conhecimento sobre o assunto (83,33%), e que usariam estes produtos se mostrarem eficiência (94,44%), entretanto, 67,36% disseram que se o custo fosse elevado não os utilizariam. Os resultados dos experimentos em campo demonstraram que os fungicidas biológicos apresentaram eficiência de 40 à 75% no índice de controle (IC) sobre a incidência da sarna da maçã em folhas e frutos, bem como, não aumentaram a severidade do “Russeting”. Já os óleos essenciais nanoencapsulados reduziram de 70 à 85% a incidência da sarna da macieira em frutos no ciclo 2022/2023, contudo, diferentemente dos *Bacillus*, que apresentaram baixa severidade do “Russeting” (10 à 30%), os óleos essenciais aumentaram o índice de severidade do distúrbio (20 à 85%). Diante desses resultados, faz-se necessário investir em mais pesquisas de campo com óleos essenciais nanoencapsulados e também instigar a capacitação dos agricultores, a fim de garantir maior eficiência no controle da sarna da maçã, para proporcionar um menor risco ao meio ambiente, ao mesmo tempo que fortalece a produção de alimentos seguros e de qualidade para a sociedade.

Palavras-chave: *Malus domestica*. *Venturia inaequalis*. Biofungicida. Nanotecnologia.

ABSTRACT

The apple (*Malus domestica* Borkh) is a fruit that is widely consumed around the world, but there are diseases that occur during its cultivation cycle, such as apple scab, caused by the fungus *Venturia inaequalis*, and its control is mainly based on the use of chemical fungicides. The aim of the research was to analyze apple scab in the Serra Catarinense region and its control with biological fungicides and nanoencapsulated essential oils. The research was carried out in two stages: 1) A questionnaire was administered to 144 farmers who grow apples in the municipality of São Joaquim, Santa Catarina, in order to collect data on the incidence, losses and the form of control adopted for apple scab in the region. 2) Field experiments: The experiment was conducted in the experimental area of Epagri/São Joaquim, Santa Catarina, in an orchard of 'Gala' apple trees grafted onto 'Marubakaido' rootstock, distributed in the form of randomized blocks with four replications. Two treatments were used, consisting of nanoencapsulated essential oils of eucalyptus and orange (both at a concentration of 0.01 g/ml in the 2022/2023 cycle and 0.005 g/ml in the 2023/2024 cycle), where the zein solution was prepared by dissolving 20 mg. mL⁻¹ of zein in 10 mL of an aqueous solution of ethanol (85 % v/v), and kept under magnetic stirring for 15 hr. Subsequently, 100 mg of each essential oil was added to the zein solutions. The zein solutions containing the essential oils (10 mL) were dispersed in 30 mL of aqueous solution of the surfactant Pluronic F68 (1.5 % w/v) and homogenized in an Ultra Turrax (Model T25, IKA-Works, Inc., Cincinnati) at 1000 rpm for 3 minutes. The ethanol was then evaporated in an exhaust hood for 15 hours. In addition, three biological fungicides were used: *Bacillus pumilus*, *Bacillus velezensis* and *Bacillus subtilis* (7.5 ml Dose per 10 L in both cycles); *Bacillus amyloliquefaciens* (5g Dose per 10 L in both cycles), and *Bacillus subtilis* (20 ml Dose per 10 L in both cycles), as well as a positive control using a contact fungicide (Mancozeb, 35g Dose per 10 L in both cycles) for comparison with the other treatments, and a negative control without any application. The leaves and fruit with scab symptoms were naturally infected by *V. inaequalis*. Eight sprays were carried out per cycle at intervals of seven to ten days. The assessment of scab was determined by the incidence of the disease on 10 leaves/branch and 30 fruits/plant at the end of November 2022 and 2023, with the severity of “Russeting” being assessed on the 30 fruits. The questionnaire provided the current scenario in relation to the control methods used by orchardists to control apple scab in the region. In relation to the survey of farmers, it was observed that the predominant gender of those interviewed was male (100%), the level of education was completed high school (49.31%)

and the age range was 41 to 50 years (27.78%). With regard to the size of the property, the average was 15 ha, the majority were owners (89.58%), and the majority had Technical Managers (97.22%). The apple growers also stated that scab is the main disease in the orchard (69.5%), and that the majority start treatment with chemical fungicides at the beginning of budbreak (61.11%). The majority also use prophylactic measures to control scab (47.22%). The average number of chemical fungicide applications per year is 20, with Mancozeb being the most used (92.36%). In addition, most producers said that they use amino acids as a way of increasing the efficiency of fungicides (50.7%). As for nanoencapsulated products, the majority of those interviewed said that they had no knowledge of the subject (83.33%), and that they would use these products if they proved to be effective (94.44%); however, 67.36% said that they would not use them if the cost was high. The results of the field experiments showed that the biological fungicides had an efficiency of 40 to 75% in the control index (CI) on the incidence of apple scab on leaves and fruit, and did not increase the severity of “Russeting”. The nanoencapsulated essential oils, on the other hand, reduced the incidence of apple scab in fruit by 70 to 85% in the 2022/2023 cycle; however, unlike the *Bacillus*, which had a low severity of “Russeting” (10 to 30%), the essential oils increased the severity of the disorder (20 to 85%). In view of these results, it is necessary to invest in more field research with nanoencapsulated essential oils and also to instigate training for farmers, in order to guarantee greater efficiency in controlling apple scab, to provide a lower risk to the environment, while strengthening the production of safe, quality food for society.

Key-words: *Malus domestica*. *Venturia inaequalis*. Biofungicide. Nanotechnology.

IMPACTO E CARÁTER INOVADOR DA PRODUÇÃO INTELECTUAL

O estudo a respeito da ocorrência e controle da sarna da maçã no município de São Joaquim/SC, juntamente com a utilização de óleos essenciais nanoencapsulados e fungicidas biológicos, apresenta impacto econômico, pois o uso e o desenvolvimento de métodos mais sustentáveis quando comparado ao fungicida químico para o controle dessa doença pode contribuir com a redução da incidência da doença e com o manejo integrado de doenças da cultura aumentando a competitividade da produção local no mercado de frutas. Já no aspecto social, o estímulo ao uso de bioinsumos pode promover uma diminuição no uso de produtos químicos e isto pode evitar contaminações ambientais, animais e humanas no contexto de Uma só Saúde, preservando a saúde dos trabalhadores agrícolas, das comunidades vizinhas e consumidores finais, que buscam por produtos mais naturais e seguros. No aspecto ambiental, a aplicação de fungicidas biológicos e óleos essenciais nanoencapsulados, podem diminuir o impacto dos resíduos químicos no ar, na água e no solo, e contribuir para a preservação da biodiversidade e da sustentabilidade dos ecossistemas locais. Por fim, a produção mais limpa e sustentável de maçãs no município de São Joaquim/SC, que é um dos municípios de destaque da produção da fruta no Brasil, pode melhorar ainda mais a qualidade das maçãs produzidas, beneficiando o comércio nacional e internacional da fruta com impacto econômico e social para a região, e ainda contribuiu com alguns dos ODS da agenda 2030 da ONU tais como, ODS 2 meta 2.4, ODS 3 meta 3.9 e ODS 12 meta 12.4. E no campo científico, esta pesquisa trás avanços técnicos para o controle da sarna da maçã, além de instigar a produção sustentável da fruta a partir de bioinsumos como os óleos essenciais nanoencapsulados.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação da proposta interdisciplinar do estudo.....	21
Figura 2 – Ciclo primário e secundário da sarna da maçã.....	27
Figura 3 – Formas de comunicação dos agricultores produtores de maçã, com seus respectivos Responsáveis Técnicos, no município de São Joaquim/SC, 2023. Agricultores que possuem RT (n = 140).....	49
Figura 4 – Principais doenças e pragas da cultura da maçã consideradas pelos produtores de maçã do município de São Joaquim/SC, 2023.	50
Figura 5 – Estratégias de manejo da sarna utilizadas pelo agricultores participantes da pesquisa no município de São Joaquim/SC, 2023. n = 144	51
Figura 6 – Principais critérios adotados pelos participantes da pesquisa para realizar o controle da sarna, no município de São Joaquim/SC, 2023. n = 140.....	52
Figura 7 – Distribuição da frequência de aplicação de fungicidas para o controle da sarna, de acordo com os agricultores produtores de maçã participantes da pesquisa no município de São Joaquim/SC, 2023. n = 144.	53
Figura 8 – Formas de acompanhamento da previsão do tempo pelos produtores de maçã para realizar o controle da sarna no município de São Joaquim/SC, 2023.....	53
Figura 9 – Critérios utilizados pelos produtores de maçã do município de São Joaquim/SC para aquisição dos fungicidas químicos para o controle da sarna, 2023. n = 140.....	56
Figura 10 – Produtos usados para aumentar a eficiência de fungicidas químicos em pomares de maçã do município de São Joaquim/SC, pelos produtores de maçã, 2023.....	57
Figura 11 – Área abaixo da curva de progresso da incidência de sarna em folhas de plantas de macieira do cultivar ‘Gala’ submetidas a diferentes tratamentos com <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>B. subtilis</i> , mix de <i>Bacillus</i> (<i>B. pumilus</i> , <i>B. velezensis</i> e <i>B. subtilis</i>), e óleo essencial de eucalipto e laranja, antes de períodos chuvosos e infectadas por <i>V. inaequalis</i> em condições de campo nos ciclos 2022/2023 (A) e 2023/2024 (B)	76
Figura 12 – Incidência da sarna sobre frutos (%) de plantas de macieira do cultivar ‘Gala’ submetidas a diferentes tratamentos com <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>B. subtilis</i> , mix de <i>Bacillus</i> (<i>B. pumilus</i> , <i>B. velezensis</i> e <i>B. subtilis</i>), e óleo essencial de eucalipto e laranja, antes de períodos chuvosos e infectadas por <i>V. inaequalis</i> em condições de campo nos ciclos 2022/2023 (A) e 2023/2024 (B)	77
Figura 13 – Total mensal de chuva (mm) em SC em outubro de 2023, EPAGRI 2023.	79
Figura 14 – Severidade do “Russeting” (%) em folhas de plantas de macieira do cultivar ‘Gala’ submetidas a diferentes tratamentos com <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>B. subtilis</i> , mix de <i>Bacillus</i> (<i>B. pumilus</i> , <i>B. velezensis</i> e <i>B. subtilis</i>), e óleo essencial de eucalipto e laranja, antes de períodos chuvosos e infectadas por <i>V. inaequalis</i> em condições de campo nos ciclos 2022/2023 (A) e 2023/2024 (B)	80

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Condições favoráveis para o ciclo primário da sarna da maçã.....	25
Quadro 2 – Condições favoráveis para o ciclo secundário da sarna da maçã.....	26
Quadro 3 – Classificação dos agrotóxicos em relação ao grau de toxicidade.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de Mills	29
Tabela 2 – Fungicidas químicos recomendados para o controle da sarna da macieira (<i>Venturia inaequalis</i>) em folhas e frutos de plantas de macieira cultivar Gala mantidas em pomar experimental da Epagri/São Joaquim/SC e o respectivo índice de controle (%).....	40
Tabela 3 – Perfil sociodemográfico dos agricultores produtores de maçã participantes da pesquisa no município de São Joaquim/SC, 2023.	47
Tabela 4 – Perfil da propriedade dos agricultores produtores de maçã participantes da pesquisa no município de São Joaquim/SC, 2023	48
Tabela 5 – Frequência de ocorrência da sarna, início do tratamento e perdas na produção em pomares do município de São Joaquim/SC, 2023.	50
Tabela 6 – Fungicidas utilizados para o controle da sarna e o número médio de aplicações, relatados pelos produtores de maçã do município de São Joaquim/SC, 2023. n = 144.	54
Tabela 7 – Avaliação da eficiência dos fungicidas químicos utilizados para o controle da sarna pelos produtores de maçã do município de São Joaquim/SC, 2023.....	56
Tabela 8 – Avaliação da eficiência dos produtos alternativos utilizados para o controle da sarna pelos agricultores que cultivam maçã no município de São Joaquim/SC, 2023.....	58
Tabela 9 – Percepção dos produtores de maçã do município de São Joaquim/SC, sobre produtos alternativos e nanoencapsulados 2023. n = 140.....	58
Tabela 10 – Índice de controle (IC) sobre área abaixo da curva de progresso da doença em folhas (%) de plantas de macieira do cultivar ‘Gala’ submetidas a diferentes tratamentos com <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>B. subtilis</i> , mix de <i>Bacillus</i> (<i>B. pumilus</i> , <i>B. velezensis</i> e <i>B. subtilis</i>), e óleo essencial de eucalipto e laranja, antes de períodos chuvosos e infectadas por <i>V. inaequalis</i> em condições de campo nos ciclos 2022/2023 (A) e 2023/2024 (B).....	76
Tabela 11 – Índice de controle (IC) sobre incidência da sarna em frutos (%) de plantas de macieira do cultivar ‘Gala’ submetidas a diferentes tratamentos com <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , <i>B. subtilis</i> , mix de <i>Bacillus</i> (<i>B. pumilus</i> , <i>B. velezensis</i> e <i>B. subtilis</i>), e óleo essencial de eucalipto e laranja, antes de períodos chuvosos e infectadas por <i>V. inaequalis</i> em condições de campo nos ciclos 2022/2023 (A) e 2023/2024 (B)	78

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
2	OBJETIVOS	22
2.1	Objetivo Geral.....	22
2.2	Objetivos específicos.....	22
3	REVISÃO DE LITERATURA.	23
3.1	Cultivo de maçã: panorama geral	23
3.2	Sarna da maçã: uma breve descrição sobre a doença	24
3.2.1	Taxonomia.....	24
3.2.2	Epidemiologia e perdas/danos ocasionados	25
3.2.3	Controle químico para a sarna da maçã.....	30
3.2.4	Uso de produtos alternativos para o controle da sarna da maçã.....	33
3.3	Panorama da sarna da maçã e seu controle em Santa Catarina	38
3.3.1	Sarna da maçã e os impactos para Santa Catarina.....	38
3.3.2	Controle da sarna da maçã no município de São Joaquim	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.	42
4.1	Artigo I.....	42
4.2.	Artigo II.....	69
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
	REFERÊNCIAS.....	88
	APÊNDICES	96
	Apêndice I – Instrumento de coleta de dados	96
	ANEXOS.....	106
	Anexo I – Parecer de aprovação do CEP	106

1. INTRODUÇÃO

A maçã (*Malus domestica* Borkh) é um fruto muito consumido no mundo, com produção média anual de 80 milhões de toneladas, representando aproximadamente 10% da produção mundial de frutas (EPAGRI/CEPA, 2020). A fruta pertencente ao gênero *Malus* possui formas, sabores e cores diversas, além de mais de 7.500 variedades e 2,5 mil espécies diferentes, sendo a Gala, Golden delicious e a Fuji as variedades mais cultivadas no mundo (Bueno *et al.*, 2021).

A ingestão cotidiana da maçã é recomendada devido à sua composição ser muito rica em vitaminas C, A e E, ainda contando com a presença de minerais e flavonoides, que beneficiam o organismo de diversas formas, sendo essencial para a saúde física e mental do ser humano (Fernandes; Anami; Steffens, 2019). Ainda, de acordo com os autores, além das ações benéficas da fruta incluem sua atuação como anti-inflamatória e anti-hipertensiva, tudo isso devido às propriedades dos compostos fenólicos. Além de contribuir com uma dieta saudável, diminui os riscos de acidente vascular cerebral e doenças cardiovasculares.

Apesar da maçã conter diferentes propriedades nutricionais, o uso intensivo de agrotóxicos e/ou o não uso das boas práticas agrícolas para o controle de pragas e doenças da cultura pode ocasionar a presença de resíduos químicos na fruta (Stoppelli; Magalhães, 2005). Dependendo do tipo de resíduo contido na fruta, ao ser ingerido pode resultar em complicações à saúde ao sistema nervoso central e respiratório, carcinogênese e hepatotoxicidade, entre outros efeitos adversos (Jardim; Andrade; Queiroz, 2009; Barbosa *et al.*, 2020).

No Brasil, a partir dos anos 2000, o número de exportações de maçã superou o de importações (Bueno *et al.*, 2021), o que contribuiu consideravelmente para o crescimento econômico do país. Destaca-se ainda, que entre os anos de 2011 e 2019, devido à implantação de novas tecnologias, houve intensa melhora na produção e qualidade do produto (Bueno *et al.*, 2021), o que resultou na geração de três empregos diretos e indiretos por hectare cultivada, o que representa no mínimo 100 mil empregos na cadeia produtiva da maçã (Petri *et al.*, 2011).

No Brasil, a região Sul se destaca no cultivo da fruta devido às condições climáticas e ao seu desenvolvimento, sendo o estado de Santa Catarina o maior produtor do país (CIRAM/EPAGRI, 2022). Ainda, de acordo com o mesmo autor, nos anos de 2017 e 2018 a pomicultura no estado resultou em um valor bruto de produção de mais de um bilhão de reais, contando com mais de 13,5 mil produtores. Em relação ao cultivo de maçã no estado,

existem cerca de 2863 produtores, sendo que destes, 2072 (72,4%) (Informação verbal¹) estão situados apenas no município de São Joaquim/SC, com uma área cultivada total estimada de 10.023 hectares na região (EPAGRI, 2024).

Apesar das condições climáticas do sul do Brasil favorecerem o cultivo da maçã, estas condições também propiciam a ocorrência de diversas doenças durante o seu ciclo de cultivo. Dentre elas, a sarna da macieira, causada pelo fungo *Venturia inaequalis* na sua forma perfeita e *Spilocaea pomi* Fr. Ex Fr. na sua forma imperfeita (Agrios, 2005). O desenvolvimento ocorre principalmente em regiões em que o clima é úmido e chuvoso, que favorecem a propagação do patógeno (Araujo *et al.*, 2016). O ciclo de vida do fungo se dá em duas fases: a primeira, que acontece no inverno, período em que as macieiras estão em dormência; e a segunda, que ocorre durante o período vegetativo da cultura.

A doença manifesta-se nas folhas, e também nos frutos. O risco de infecção se torna maior a partir do momento em que se inicia a estação de crescimento, quando as folhas e os frutos são imaturos, e, portanto, mais suscetíveis (Bowen *et al.*, 2011). Nas folhas, há o aparecimento de lesões, progredindo até se tornarem de cor cinza. Já nos pequenos frutos, o aparecimento de rachaduras e deformação é evidente, chegando a causar a queda da fruta imatura (González-Domínguez; Armengol; Rossi, 2017). Em infecções severas há queda precoce do fruto e folhas (Boneti; Katsurayama; Valdebenito-Sanhueza, 2001).

A sarna pode ocasionar danos em até 78% na produção das frutas. Devido aos danos e perdas por causa da doença, o manejo ocorre principalmente a partir do uso de fungicidas químicos, especialmente dos protetores e sistêmicos (Araujo *et al.*, 2016) que são aplicados ao longo do ciclo de cultivo da fruta. Estudo feito na região do Planalto Serrano Catarinense aponta que durante o cultivo da maçã são feitas em média 35 aplicações de agrotóxicos (fungicidas, inseticidas e outros) (Oliveira *et al.*, 2022).

Contudo, muitos fungicidas químicos podem quando mal manejados ou usados em excesso contaminar rios, recursos hídricos e reservatórios, prejudicando a vida de seres aquáticos e dos indivíduos que usufruem destes recursos (Lopes; Albuquerque, 2018; Tudi *et al.*, 2021; Basso; Siqueira; Richards, 2021; Ribas; Matsumura, 2019; Steffen; Steffen; Antonioli, 2011), bem como causar intoxicações humanas. Na região da Serra Catarinense e no município onde a pesquisa foi realizada, estudos têm demonstrado a ocorrência de intoxicação aguda em indivíduos expostos, além de possível ocorrência de intoxicação crônica por agrotóxicos, dentre eles, os fungicidas químicos (Evaristo *et al.*, 2022; Goulart *et al.*, 2020; Prado *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2022). Além disso, a cultura da maçã é muito dependente de polinizadores para que haja efetiva produção (Rocha, 2022) e pesquisa na região tem

detectado a perda de colméias em período de florada o que pode comprometer diretamente a produtividade, e uma das causas atreladas a isto pode ser o uso intensivo de agrotóxicos na cultura (Santos, 2024).

Atualmente o Brasil é o maior consumidor mundial de agrotóxicos em termos de dólares investidos no seu comércio, sendo o Sul do país responsável pelo comércio de 160,62 mil toneladas destes químicos no ano de 2022 (IBAMA, 2022). Assim, faz-se necessário fomentar práticas de controle de doenças que minimizem o uso dos fungicidas químicos, a partir de tecnologias alternativas limpas e sustentáveis que preservem a saúde vegetal, humana e ambiental, tais como, o uso de fungicidas biológicos e óleos essenciais nanoencapsulados, na perspectiva da Uma só Saúde. A Uma só Saúde tem como objetivo, uma abordagem global integrada e unificadora que visa equilibrar e otimizar de forma sustentável a saúde de pessoas, animais e ecossistemas, e mais recentemente das plantas, visando as práticas de proteção de cultivos, que melhorarem a saúde das plantas cultivadas, sem perder de vista a saúde humana, animal e ambiental (Ministério da Saúde, 2023; Danielsen, 2013; CFMV, 2018; Ratnadass; Sester, 2023).

Quanto ao uso do controle biológico, esta técnica utiliza organismos vivos para regular o número de plantas e animais (Machado; Kaneko; Pinto, 2016). Inicialmente, os fungicidas biológicos foram utilizados no controle de ácaros, insetos e erva daninhas, e com o passar dos anos, esta aplicação se tornou mais ampla, abrangendo patógenos de plantas e vertebrados como sendo os respectivos alvos (Parra *et al.*, 2002). De acordo com os mesmos autores, foram os chineses os pioneiros a usar predadores para controlar lepidópteros, desfolhadores, e outras pragas de citros no século III a.C. Além disso, pode-se citar que o primeiro caso de sucesso de fungicidas biológicos clássico foi obtido com a introdução de *Rodolia cardinalis* (Mulsant), no estado da Califórnia, a qual foi trazida da Austrália no ano de 1888, afim de controlar o “pulgão” branco. Ainda, Parra *et al.* (2002) acrescentam o enorme avanço na área dos fungicidas biológicos, totalizando, entre anos de 1890 e 1975, 176 casos de programas de fungicidas biológicos com sucesso parcial ou total.

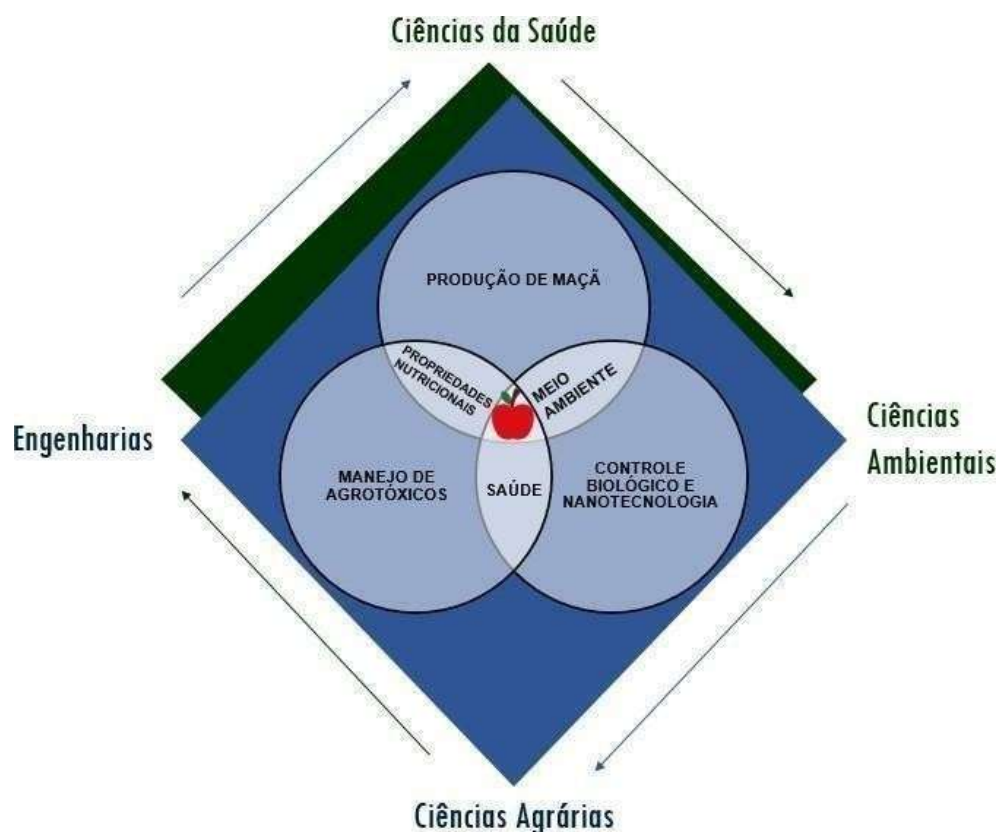
Um dos biofungicidas utilizados para o controle da sarna da macieira é *Athelia bombacina*, que inibe a produção de ascósporos por competição (Stadnik; Araujo; Valdebenito-Sanhueza, 2009). Os autores, ainda citam os fungos *Microsphaeropsis spp.* e *Trichoderma sp.* como agentes de controle de *V. inaequalis*, que atuam reduzindo a produção de ascósporos do patógeno e conseqüentemente a disseminação da doença. Outros fungicidas biológicos muito utilizados no Brasil são os *Bacillus sp.* que podem reduzir a incidência da sarna em até 60%, dependendo da marca e formulação. Logo, pode-se perceber, que

atualmente, o controle biológico está assumindo grande importância em programas de manejo de integrado de pragas, principalmente em relação a produção integrada rumo a uma agricultura sustentável e com vistas a abordagem One Health/Uma só Saúde (Oliveira *et al.*, 2018).

Em estudo de Araujo *et al.* (2020) alguns fungicidas biológicos (principalmente fosfitos, aminoácidos e extratos vegetais) reduziram a incidência da sarna da macieira em até 99% em folhas e 76% em frutos, bem como, melhoraram os parâmetros de qualidade dos frutos. Além disso, outros tratamentos à base de *Bacillus subtilis* e *B. amyloliquefaciens*, e indutores, tais como, acibenzolar-S-metil, aminoácidos + fosfito de potássio, extratos e polissacarídeos algais e fosfitos, têm sido utilizados isolados ou em mistura com fungicidas químicos para melhorar o controle de diversas doenças da macieira (Araujo *et al.*, 2021).

Como outra medida alternativa, a nanotecnologia, que se caracteriza como o estudo da manipulação da matéria numa escala atômica de cerca de 1 e 100 nm, vem ganhando destaque no controle de patógenos, como por exemplo as nanopartículas antimicrobianas que rompem as membranas celulares dos patógenos, relacionados à saúde humana e até mesmo vegetal, através dos nanosensoresbioanalíticos, e na identificação da origem e rastreabilidade dos produtos agrícolas e animais (Granziera *et al.*, 2012). Além disso, o uso da nanotecnologia pode auxiliar no desenvolvimento de setores como o da agricultura minimizando os danos ambientais, com o uso por exemplo de nanomateriais, que permitem que fertilizantes e pesticidas sejam liberados de forma mais efetiva, evitando o desperdício e contaminação no solo e na água (He; Deng; Hwang, 2019). Esta técnica pode auxiliar o desenvolvimento sustentável para os sistemas agrícolas e segurança alimentar, além de promover a proteção ambiental (Massini; De Jesus, 2013). Entretanto, ainda pouco explorada para o uso na agricultura e mais especificamente para o controle da sarna da maçã. Por conta desse cenário, esta pesquisa, como mostra a Figura 1, se propõe, num contexto interdisciplinar e seguindo as diretrizes da Uma só Saúde, conhecer como é realizado o controle da sarna da maçã em pomares de um município da Serra Catarinense, a fim de caracterizar o uso e os fungicidas utilizados. Além disso, avaliar a eficácia de produtos alternativos para o controle da doença, de modo a reduzir o impacto negativo ao meio ambiente, à saúde humana e animal e à sociedade.

Figura 1 – Representação da proposta interdisciplinar do estudo



Fonte: Produção da própria autora.

Assim, esta pesquisa busca atender o que preconiza alguns dos objetivos do desenvolvimento sustentável da agenda 2030 da ONU (2015), tais como, objetivo 2 que visa garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que ajudem a manter os ecossistemas, a qualidade da terra e do solo; objetivo 3 que busca reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar e água do solo; objetivo 15 que busca proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade, dentre outros.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a sarna da macieira na região da Serra Catarinense e o seu controle com fungicidas biológicos e óleos essenciais nanoencapsulados.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever o perfil sociodemográfico dos produtores de maçã da região;
- Levantar informações (incidência, perdas etc) pela percepção dos agricultores sobre a sarna da maçã na região;
- Caracterizar a aplicação de fungicidas e o uso de produtos alternativos no controle da sarna pelos agricultores que cultivam maçã na região;
- Testar a eficiência de produtos alternativos ao controle químico (fungicidas biológicos e óleos essenciais nanoencapsulados) para o manejo da doença.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Cultivo de maçã: panorama geral

O desenvolvimento da cultura da maçã teve início em 1970, e atualmente a produção mundial está estimada em mais de 80 milhões de toneladas (EPAGRI/CEPA, 2020). Nos anos de 2010 a 2018, a produção da China foi de cerca de 348 milhões de toneladas, nos Estados Unidos foi de 42.325.294 toneladas e no Brasil, 11 milhões de toneladas (Bueno *et al.*, 2021).

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, sendo a maçã (*Malus domestica* Borkh) uma das principais frutas comercializadas no país (De Oliveira *et al.*, 2012; Vilvert; De Freitas; Lopes, 2018). Entre os anos de 2011 e 2019, devido à modernização da cadeia produtiva da fruta e as inovações tecnológicas, houve evolução no cultivo da fruta, sendo que o Brasil passou de importador para exportador, abastecendo o mercado interno e externo (Bueno *et al.*, 2021). Com relação ao consumo, o ano de 1994, rendeu 25 milhões de toneladas mundial, e após três anos, este número aumentou para quase 32 milhões de toneladas (EPAGRI, 2002). Atualmente, a produção mundial se encontra próxima de 77 milhões de toneladas, com um consumo médio per capita anual ao redor de 10 quilos/habitante (EMBRAPA, 2018).

No Brasil, os estados de Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul, são os maiores produtores brasileiros de maçã, responsáveis por 99,2% da área plantada no Brasil. Na região Sudeste, os estados de São Paulo e Minas Gerais correspondem com apenas 0,6% da área plantada de maçã (Alves; Hamada; De Oliveira, 2012). Deste modo, o agronegócio da fruta está localizado na região Sul do país, tendo destaque os municípios mais frios, como São Joaquim/SC, Fraiburgo/SC, Palmas/SC e Vacaria/RS (De Oliveira *et al.*, 2012; Petri *et al.*, 2011). De acordo com a Associação Brasileira de Produtores de Maçã (ABPM, 2022), o Brasil possui 3.510 produtores de maçã, sendo 2.863 apenas no estado de Santa Catarina. Ainda, o município de Fraiburgo conta com cerca de 187 produtores e São Joaquim com 2.072 (ABPM, 2022).

As cultivares mais plantadas no Brasil são a Gala, com cerca de 46% e a Fuji, com 45% de participação, porém seus outros clones são mais coloridos e de valor comercial elevado, tais como, Fuji Suprema, Kiku®, Michima Fuji, Royal Gala, Lisgala e Imperial Gala. Tanto a cultivar Fuji quanto Gala são muito suscetíveis a doenças, sendo que as epidemias são mais agressivas em primaveras e verões chuvosos. Dentre as doenças da cultura, desde a implantação dos primeiros pomares de macieira no Brasil a sarna é considerada a principal

doença da cultura e está disseminada em todas as regiões produtoras da fruta no país (Araujo *et al.*, 2016; Pereira *et al.*, 2003).

3.2 Sarna da maçã: uma breve descrição sobre a doença

3.2.1 Taxonomia

A sarna da macieira causado por *Venturia inaequalis* surgiu no continente Asiático, acompanhando a expansão do cultivo da maçã na Europa e em diversas regiões (González-Domínguez; Armengool; Rossi, 2017). O fungo ocorre em países predominantemente de clima frio e úmido (Bowen *et al.*, 2011). As regiões serranas de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul são as áreas mais propícias para a produção de maçã no Brasil, devido às suas ótimas condições climáticas, principalmente quanto ao acúmulo de horas de frio; no entanto, essas condições também favorecem o desenvolvimento da doença (Araujo *et al.*, 2020). Durante a primavera e o verão, períodos prolongados de umidade foliar, e umidade relativa são condições ideais para o desenvolvimento da sarna da macieira. O fungo na sua fase teleomórfica é conhecido como *V. inaequalis* (filo Ascomycota, classe Dothideomycetes) (Passey; Armitage; Xu, 2018). Seu anamorfo é conhecido como *Spilocaea pomi*. Durante o ciclo vegetativo o fungo infecta e vive em associação com os tecidos vivos, já no outono/inverno sobrevive em folhas caídas no chão (Jha; Thakur; Thakur, 2010).

O fungo é o causador de uma das doenças mais prejudiciais da macieira, que é relatada em quase todas as regiões onde se cultiva a maçã (Michalecka *et al.*, 2018). A *V. inaequalis* teve origem na Ásia Central, centro de origem de *Malus* spp., se dispersando juntamente com a maçã domesticada, acompanhando a migração dos europeus para outros territórios (Bowen *et al.*, 2011). Os sintomas da sarna acometem os frutos, folhas, pecíolos, sépalas, pedicelos, flores, pedúnculos, brotos jovens e escamas de gema (Schenato; Duarte; Valdebenito-Sanhueza, 2007; Araujo; Medeiros, 2018; Michalecka *et al.*, 2018), sendo que os primeiros sintomas são vistos na primavera, na forma de lesões nas folhas em expansão (Dos Santos; Furtado; Valdebenito-Sanhueza, 2005). Tanto na parte superior, como inferior das folhas, surgem lesões circulares de cor verde-oliva aveludas, de formato irregular, necróticas ou cloróticas, que com o passar do tempo se tornam acinzentadas (Jha; Thakur; Thakur, 2010; Araujo *et al.*, 2016; Dos Santos; Furtado; Valdebenito-Sanhueza, 2005).

Nos frutos jovens há lesões de cor castanha, e nos frutos maduros aparecem pequenas manchas pretas, além de deformação, restrição no desenvolvimento, rachaduras e queda

prematura do mesmo (Jha; Thakur; Thakur, 2010). Ainda, no período de armazenamento em câmaras frigoríficas, as lesões nos frutos em fases de maturação continuam se desenvolvendo e podem afetar o valor comercial (EPAGRI, 2002).

3.2.2 Epidemiologia e perdas/danos ocasionados

Nas estações de outono e inverno, o micélio da *V. Inaequalis*, que surge através da junção de hifas, penetra no tecido do hospedeiro e inicia a formação do pseudotécio à temperatura de 4°C (Alves; Hamada; De Oliveira, 2012; González-Domínguez; Armengool; Rossi, 2017). Este, sobrevive em folhas mortas caídas no solo (Araujo *et al.*, 2020).

Após o período de sobrevivência do fungo, as novas epidemias acontecem no início da primavera, com temperaturas que variam de 16 a 18°C, favorecendo a maturação e liberação de ascósporos de *V. inaequalis* (Araujo *et al.*, 2016), que são ejetados a partir de pseudotécios em folhas caídas sobre o solo de um ano para outro. É possível observar a liberação de ascósporos após 3 a 6 horas do início da chuva (precipitação pluvial mínima de 0,2 mm) (Dos Santos; Furtado; Valdebenito-Sanhueza, 2005). As correntes de ar auxiliam na disseminação dos ascósporos (Araujo *et al.*, 2016) fazendo com que ocorra o desenvolvimento mais rápido da doença, determinando o maior ou menor número de eventos de risco de infecção (De Paula *et al.*, 2013).

Após a germinação dos ascósporos, em um período que varia de 9 a 17 dias, há o surgimento de lesões com o desenvolvimento da fase assexuada do fungo (*S. pomi*), responsável pelo ciclo secundário da doença (Araujo *et al.*, 2016; Jha; Thakur; Thakur, 2010). Segundo Araujo *et al.* (2016), na fase anamórfica, os responsáveis pela produção de conídios, são os conidióforos, que podem originar até 100 mil esporos por lesão. A descrição das condições favoráveis para o ciclo primário da sarna, pode ser observada no Quadro 1.

Quadro 1 – Condições favoráveis para o ciclo primário da sarna da maçã

Período inicial	No período inicial, deve-se considerar o dia e o horário do início da chuva, sendo contados no início do amanhecer
Período Final	O período final, se dá por meio do dia e do horário, a partir de 10 horas de período seco
Período de molhamento foliar (PMF)	O PMF se dá a partir do amanhecer e da chuva
Temperatura	A temperatura é observada a partir do período de molhamento foliar
Período de infecção	O período indica se houve (esta, sendo destacada da cor da célula), ou não infecção
Severidade Estimada	Valor obtido através do produto entre PMF e temperatura do Período
Sintoma	Data que indica o tempo necessário para o aparecimento das lesões, este, calculado pelo período de molhamento foliar

Precipitação	A precipitação pode ser observada a partir do período de molhamento foliar
--------------	--

Fonte: CIRAM/EPAGRI (2022).

Já o ciclo secundário ocorre a partir dos conídios, resultantes da infecção pelos ascósporos que são produzidos nas lesões da sarna (Bowen *et al.*, 2011). Neste caso, a disseminação é dependente da ocorrência de chuva. A descrição das condições que favorecem o ciclo secundário da sarna, pode ser observada no Quadro 2.

Quadro 2 – Condições que favorecem o ciclo secundário da sarna da maçã

Período inicial	No período inicial, deve-se considerar o dia e o horário do início da chuva
Período Final	O período final, se dá por meio do dia e do horário, a partir de 10 horas de período seco
Período de molhamento foliar (PMF)	O PMF se dá a partir da chuva
Temperatura	A temperatura é observada a partir do período de molhamento foliar
Período de infecção	O período indica se houve (esta, sendo destacada da cor da célula), ou não infecção
Severidade Estimada	Valor obtido através do produto entre PMF e temperatura do Período
Sintoma	Data que indica o tempo necessário para o aparecimento das lesões, este, calculado pelo período de molhamento foliar
Precipitação	A precipitação pode ser observada a partir do período de molhamento foliar

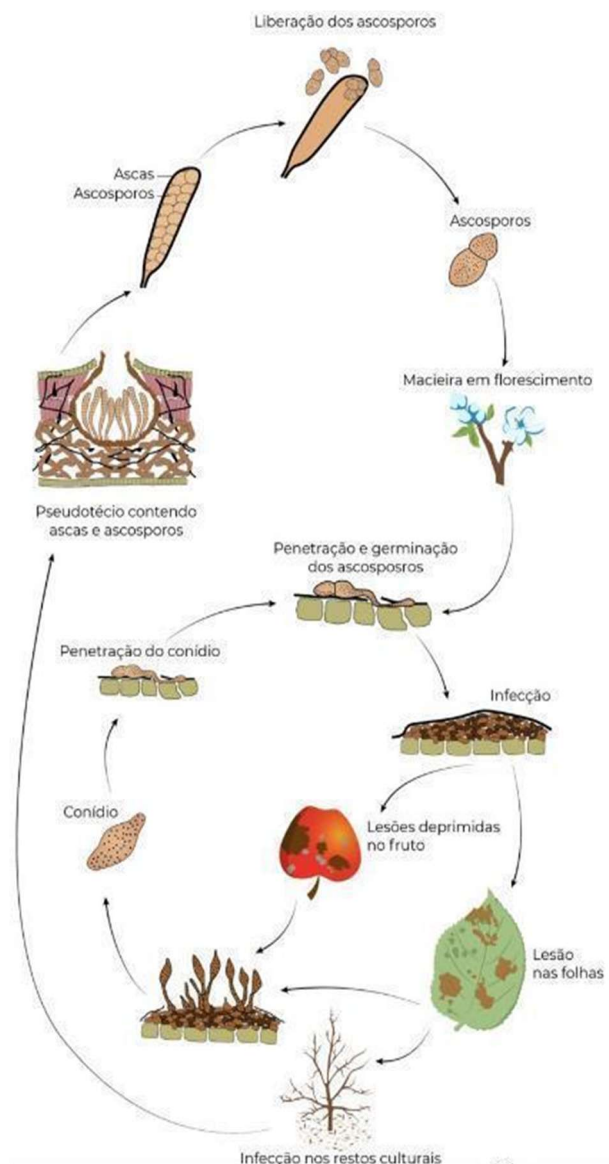
Fonte: CIRAM/EPAGRI (2022).

É no início do inverno e começo da primavera que ocorre a produção e maturação dos ascósporos, e sua liberação se inicia antes da brotação da macieira, se encerrando no final de novembro. Com as folhas úmidas, ocorre o intumescimento das ascas e a projeção dos ascósporos, sendo a corrente de ar a responsável pela disseminação (Boneti; Katsurayama; Sanhueza, 2001). Durante a germinação, os ascósporos emitem um tubo germinativo, do qual sai um tubo micelial delgado que perfura a cutícula e a parede externa da epiderme das folhas ou dos frutos e se estabelece subcuticularmente. Após 9 a 17 dias, surgem as lesões típicas da sarna (Araujo *et al.*, 2016; Jha; Thakur; Thakur, 2010).

Já no ciclo secundário, os conídios são responsáveis pela infecção secundária, sendo a água um fator predominante para a disseminação do patógeno, afinal, esta provoca o inchaço dos conidióforos e a imediata liberação dos conídios, os quais são carregados pelos respingos de água e pela corrente de ar para outras partes das plantas onde começam a germinar e penetrar nos tecidos (Boneti; Katsurayama; Sanhueza, 2001).

O ciclo primário e secundário da sarna da maçã, podem ser observados na Figura 2.

Figura 2 – Ciclo primário e secundário da sarna da maçã



Fonte: Agrios, 2005.

Períodos longos, chuvosos e de temperaturas amenas, favorecem a liberação de ascósporos e conídios, além da formação de novas lesões (Alves; Hamada; De Oliveira, 2012), sendo que 96 a 97% dos ascósporos são liberados durante o dia e 3 a 4% durante o período noturno (Dos Santos; Furtado; Valdebenito-Sanhueza, 2005). O período de duração do molhamento foliar é de extrema importância para o processo de esporulação primária e para a infecção (De Paula *et al.*, 2013). O molhamento por orvalho pode ser responsável por 20% do total de ascósporos capturados na estação. A névoa, irrigação ou chuva também

propiciam as epidemias (Dos Santos; Furtado; Valdebenito-Sanhueza, 2005). De acordo com Alves, Hamada e Oliveira (2012), os períodos de primavera são os mais críticos para a infecção das folhas e frutos por *V. inaequalis*, afinal, é quando ocorre a coincidência entre a fenologia da macieira e uma produção maior de esporos pelo fungo (Alves; Hamada; De Oliveira, 2012).

Os critérios meteorológicos determinantes da duração da umidade necessária para a infecção são conhecidos como períodos de Mills. Estes são uma ferramenta padrão, juntamente com o monitoramento eletrônico do clima e sistemas de computador, cujo objetivo é identificar as condições ideais para a ocorrência da infecção, a fim de que as aplicações de fungicidas possam ser manuseadas de maneira eficaz. Além do período de Mills, há outros modelos que auxiliam a gerenciar as aplicações de fungicidas, que incluem a maturação de ascósporos e modelos de desenvolvimento de dossel de folhas de pomares (Bowen *et al.*, 2011).

A Tabela de Mills (Tabela 1) relaciona o grau de infecção por *V. inaequalis* a temperatura e ao tempo em que as folhas precisam se manter molhadas (Mills, 1944). Após 9 a 17 dias, surgem as lesões da doença, ocorrendo uma alta concentração de produção de conídios (De Paula; Bergmaschi; Del Ponte, 2013). Ela permite identificar o período de risco de infecções (leve, moderada e severa), com base nas condições ambientais favoráveis para o patógeno (Dos Santos; Furtado; Valdebenito-Sanhueza, 2005), a partir de dados horários captados por estações meteorológicas automatizadas (De Paula *et al.*, 2013).

Tabela 1 – Tabela de Mills

Temperatura	Duração do molhamento foliar			Incubação
	Infecção Leve	Infecção Moderada	Infecção Severa	
25,6	13,0	17,0	26,0	-
25,0	11,0	14,0	21,0	-
24,4	9,5	12,0	19,0	-
17,2 - 23,9	9,0	12,0	18,0	9,0
16,7	9,0	12,0	19,0	10,0
16,1	9,0	13,0	20,0	10,0
15,6	9,5	13,0	20,0	11,0
15,0	10,0	13,0	21,0	12,0
14,4	10,0	14,0	21,0	12,0
13,9	10,0	14,0	22,0	13,0
13,3	11,0	15,0	22,0	13,0
12,8	11,0	16,0	24,0	14,0
12,2	11,5	16,0	24,0	14,0
11,7	12,0	17,0	25,0	15,0
11,1	12,0	18,0	26,0	15,0
10,6	13,0	18,0	27,0	16,0
10,0	14,0	19,0	29,0	16,0
9,4	14,5	20,0	30,0	17,0
8,9	15,0	20,0	30,0	17,0
8,3	15,0	23,0	35,0	-
7,8	16,0	24,0	37,0	-
7,2	17,0	26,0	40,0	-
6,6	19,0	28,0	43,0	-
6,1	21,0	30,0	47,0	-
5,5	23,0	33,0	50,0	-
5,0	26,0	37,0	53,0	-
4,4	29,0	41,0	56,0	-
3,9	33,0	45,0	60,0	-
3,3	37,0	50,0	64,0	-
2,7	41,0	55,0	68,0	-
0,5 - 2,2	48,0	72,0	96,0	-

Fonte: Tabela de Mills (1944), modificada por Jones *et al.* (1984).

Os fungicidas químicos ainda constituem a principal medida de controle da sarna. Geralmente estes são pulverizados um a dois dias antes de um período chuvoso com o objetivo de proteger os tecidos de macieira de setembro a dezembro. Embora o sistema de aplicação preventiva seja eficiente no controle da sarna, este tem risco de falha; quando os fungicidas de contato são pulverizados em condições ventosas, ou ocorrem períodos subsequentes de chuva e/ou com altos volumes; quando a pressão de inóculo nos pomares é muito alta.

Quando ocorrem estas condições, os pomicultores podem utilizar o sistema de alerta e previsões (SAP) da Epagri para verificar se uma situação de infecção ocorreu ou está em

andamento, ou se a chuva registrada atingiu a lavagem de um fungicida protetor aplicado antes da chuva. O SAP auxiliam os pomicultores na tomada de decisão em relação ao momento e necessidade de aplicação dos fungicidas curativos ou retroativos (sítio-específicos), trazendo como vantagens maior lucro para o pomicultor, devido à redução de pulverizações; menor probabilidade de risco de ocorrência de severas epidemias nos pomares; redução do problema com resistência de fungos a fungicidas químicos, devido à utilização racional dos produtos sítio-específico; menor poluição ambiental causada pelo uso excessivo de agrotóxicos; frutas produzidas com menos resíduos.

No entanto, devido ao alto valor econômico da cultura da macieira, muitos pomicultores têm aversão ao risco em trocar a segurança de um esquema fixo de pulverizações, pela possibilidade de suprimir alguns tratamentos de forma curativa. Assim muitos pomicultores utilizam calendários fixos de pulverização de fungicidas (multissítios e sítio específicos) antes e após a chuva, independente da condição ambiental (chuva e vento), ou se o SAP indica ou não risco de infecção por *V. inaequalis*. Desta forma, atualmente é comum encontrar alguns pomicultores com 20 registros de fungicidas químicos para controle da sarna da macieira no caderno de campo, enquanto em outros este número pode ultrapassar a marca 40 de pulverizações por ciclo de produção. Pomicultores que não utilizam o SAP costumam aplicar mais fungicidas químicos do que necessário, ultrapassando muitas vezes os limites estabelecidos pelo comitê da PIM para uso dos pesticidas na cultura da macieira (Araujo *et al.*, 2021).

3.2.3 Controle químico para a sarna da maçã

De acordo com a Lei nº 14.785, de 27 de dezembro de 2023, os agrotóxicos são substâncias químicas ou biológicas que servem para prevenir, destruir ou controlar pragas e doenças que afetam plantas. Ainda, os agrotóxicos são classificados em diferentes classes químicas, toxicidade, grupos funcionais e modo de ação (EMBRAPA, 2010). Em relação à toxicidade, são classificados de acordo como demonstrado na Quadro 3.

Quadro 3 – Classificação dos agrotóxicos em relação ao grau de toxicidade

CATEGORIA	GRAU	COR DA FAIXA
Categoria I	Extremamente Tóxico	Faixa vermelha
Categoria II	Altamente Tóxico	Faixa vermelha
Categoria III	Moderadamente Tóxico	Faixa amarela
Categoria IV	Pouco Tóxico	Faixa azul
Categoria V	Improvável de Causar Dano Agudo	Faixa azul

Não Classificado	Não Classificado	Faixa verde
------------------	------------------	-------------

Fonte: ANVISA (2019).

Ainda de acordo com a Lei nº 14.785, de 27 de dezembro de 2023, os produtos químicos são utilizados em diversos setores, como no beneficiamento de produtos agrícolas, em ambientes hídricos e industriais, nas pastagens e em outros ecossistemas. Estes produtos têm como finalidade alterar a composição da fauna e da flora, com o intuito de preservar e minimizar os danos das ações de outros seres vivos. Ainda, só poderão ser produzidos, exportados, importados, comercializados e utilizados, se forem registrados no órgão federal, cumprindo todas as exigências (Brasil, 2023).

De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), entre os anos de 2000 e 2018, a quantidade de venda de agrotóxicos no Brasil foi de 162.461,96 mil toneladas constatando um aumento de cerca de 338,1%. Do valor total, 5.395 toneladas foram destinadas somente no estado de Santa Catarina, sendo a região Sul, responsável pelo consumo de 30% (IBAMA, 2018; Brasil, 2021a). Em 2019, a venda de agrotóxicos sofreu um aumento significativo, com a venda de 620.537,98 mil toneladas no Brasil, e 12.442,49 mil toneladas apenas no estado de Santa Catarina sendo os produtos químicos mais vendidos, o herbicida glifosato e seus sais, 2,4-D e o fungicida Mancozeb, que juntos somaram mais de 318 mil toneladas ao ano (Brasil, 2021a). Já no ano de 2022, foram vendidos cerca de 731,74 mil toneladas de ingredientes ativos (IBAMA, 2022).

Em contrapartida, em outros países, como a França, para controlar a doença, pode ser necessário de 15 a 20 aplicações de agrotóxicos por ano, dependendo do ano e da região (Brun; Didelot; Parisi, 2008). Um dos fatores que levam o Brasil à consumir um número abrangente de agrotóxicos, é devido ao seu tamanho territorial, bem como a extensão do seu setor agrícola, já que o país possui uma das maiores áreas agrícolas do mundo, com diversos tipos de clima e solos. Esta característica do Brasil possibilita a produção de uma grande variedade de produtos, como soja, milho, café, cana-de-açúcar, arroz, entre outros, necessitando o uso de produtos químicos a fim de proteger as lavouras contra pragas e doenças conforme as regiões, os tipos de cultivo e o tamanho das áreas plantadas (Campos, 2017). Ainda, o comércio de agrotóxicos, recebe incentivos fiscais e subsídios, o que pode contribuir para o uso extensivo (Stédile, 2020).

Aplicações preventivas de fungicidas de contato (multissítios) geralmente são realizadas um a dois dias antes de um período chuvoso, a fim de proteger os tecidos de

macieira. Ainda, o sistema de alerta e previsões (SAP) para o controle das doenças, auxilia os pomicultores na tomada de decisão em relação a necessidade ou não de uma aplicação curativa com fungicidas sítio-específicos (Araujo *et al.*, 2016). No SAP os dados climáticos e os modelos epidemiológicos das doenças são atualizados de hora em hora, permitindo assim verificar se uma situação de infecção ocorreu ou está em andamento, ou se a chuva registrada atingiu a lavagem de um fungicida protetor aplicado antes da chuva (Araujo; Medeiros, 2018). No entanto, apesar desta tecnologia disponível, muitos pomicultores têm fundamentado o controle da sarna no uso compulsório de fungicidas de contato (multissítios) e sítio-específicos aplicados antes e após a chuva durante todo o ciclo (Araujo *et al.*, 2019). O uso sem critério de alguns fungicidas químicos nos últimos anos têm ocasionado perdas de eficiência destes produtos resultantes da possível seleção de resistência de *V. inaequalis*. Atualmente estrobilurinas e benzimidazóis não são mais usadas para o controle da sarna da macieira, enquanto que os fungicidas do grupo dos inibidores de biossíntese de ergosterol e anilinopirimidinas apresentam baixo nível de controle (relatos de campo). Atualmente, somente produtos do grupo das carboxamidas e dodina ainda apresentam nível de controle satisfatório da doença (Araujo *et al.*, 2020a).

Apesar da eficiência dos fungicidas químicos para o controle da sarna, alguns dos mais utilizados, como por exemplo, Mancozeb e Captana, podem também ocasionar a longo prazo problemas de saúde como hipotireoidismo; ainda outros, como Tebuconazol e Metolocloro apresentam indícios de interação com o sistema endócrino, além de oferecer riscos de contaminação ambiental (Petarli *et al.*, 2019).

A exposição prolongada aos fungicidas químicos pode provocar uma série de danos à saúde, dependendo do tempo de contato e de que forma ele ocorreu, como alterações psicomotoras, irritação cutânea, tosse persistente e tremores, normalmente antecedendo ao aparecimento de uma doença mais grave (Lini *et al.*, 2021). Outras patologias derivadas da exposição humana a estes químicos são as tireoidopatias, principalmente o hipotireoidismo e neurotoxicidade, e o câncer (Colella *et al.*, 2022), ainda, segundo o autor, a diminuição do hormônio T4 e aumento do TSH sérico, também estão relacionadas ao contato com fungicidas químicos. Em relação ao meio ambiente, estes produtos químicos tem potencial para atingir o solo e as águas, quando mal manejados (Gomes *et al.*, 2016). Além disso, alguns fungicidas químicos não são biodegradáveis, e outros têm sua degradação somente em longo prazo, possibilitando em longo prazo a contaminação da fauna e dos recursos hídricos (Gomes *et al.*, 2016).

Os fungicidas químicos, assim como outros agrotóxicos, podem ainda contaminar o

solo não só apenas pela incorporação direta, mas também por processos de lixiviação e escoamento superficial (Ghini, 1993). Ainda, segundo autor, os seus efeitos no solo são dependentes de determinadas condições físicas e químicas do produto.

Deste modo, o uso intensivo de agrotóxicos na agricultura, pode provocar modificações ao meio ambiente a longo prazo, contaminar sistemas hídricos, solo, ar e os alimentos (Bohner; Araujo; Nishijima, 2013; Mello *et al.*, 2019). O que pode ocasionar efeitos adversos à saúde humana, aumentando o risco de causar intoxicações agudas e crônicas aos indivíduos expostos direta ou indiretamente (Mossini; Nishiyama; Machado, 2017).

Neste sentido, pesquisas feitas na região têm mostrado que dentre os agrotóxicos mais consumidos na região do planalto serrano de Santa Catarina estão também os fungicidas químicos e estes têm sido relacionados pelos agricultores da região como agentes de sintomas de intoxicação (Oliveira *et al.*, 2022; Prado *et al.*, 2021; Evaristo *et al.*, 2022). Assim, a toxicidade dessas substâncias pode ser um risco para a população, que consome a água e alimentos, que estão próximos das regiões que fazem uso destes produtos, bem como, aos trabalhadores que estão em contato direto com estes químicos (Colella *et al.*, 2022).

Diante disto, o desenvolvimento de práticas e produtos alternativos é essencial para buscar uma agricultura mais limpa e sustentável, com o mínimo de impacto no meio ambiente e na saúde da população, de acordo com o que preconiza a FAO e a ONU e com base nos princípios da One Health.

3.2.4 Uso de produtos alternativos para o controle da sarna da maçã

Agricultura biológica e Produção Integrada

A adoção da agricultura biológica e a produção integrada têm sido incentivadas há vários anos, com o intuito de favorecer maior segurança para o meio ambiente e consumidores (Pereira; Cunha; Aguiar, 2021). A agricultura biológica, tem como definição, um sistema de produção agrícola vegetal e animal, cujo objetivo é a obtenção de alimentos de qualidade, envolvendo técnicas de sustentabilidade, a fim de minimizar os impactos no ambiente e na biodiversidade e minimizar o uso de agrotóxicos (Araujo *et al.*, 2016).

Ainda, diversos métodos têm sido utilizados a fim de mitigar a quantidade de agrotóxicos, preservar a qualidade e produtividade da cultura e reduzir os impactos para o meio ambiente e para os seres humanos (Martins; Komatsu, 2021). De acordo com os preceitos do manejo integrado, deve haver a mínima interferência entre os métodos aplicados, sendo

interessante um efeito aditivo ou sinérgico em que cada medida de controle reforce as demais (Ghini, 1991). Ainda, enfatizando a antecipação e prevenção dos problemas, a partir de técnicas que potencializam a ação dos inimigos naturais, a resistência das plantas, adoção de práticas culturais e biológicas, e recorrendo ao uso de agrotóxicos em última instância e de forma racional (Araujo *et al.*, 2020).

Em 1970, a partir da preocupação com o manejo integrado de pragas, surgiu a Produção Integrada, sendo uma estratégia usada para a redução e a racionalização de produtos químicos, considerando a sustentabilidade da atividade frutiagrícola (Martins; Komatsu, 2021). A maçã foi a primeira fruta brasileira a ser certificada e receber a logomarca de Produção Integrada (PIM) (Martins; Komatsu, 2021). A PIM busca reduzir as perdas pelas infecções fúngicas, utilizando o mínimo de produtos químicos na cultura, juntamente com outras ferramentas que não prejudiquem a produção de maçã, se fazendo necessário o conhecimento ambiental e de patógenos que favoreçam o surgimento das doenças (Araujo *et al.*, 2020; Brun; Didelot; Parisi, 2008). Os benefícios da certificação, se referem a produção de frutas com maior qualidade e valorização, maximizando os lucros e diminuindo os custos de produção. Em contrapartida, o consumidor, tem acesso a alimentos de melhor qualidade e mais saudáveis (EMBRAPA, 2011).

Quanto ao controle da sarna da macieira, atualmente, algumas alternativas vêm sendo cada vez mais utilizadas no manejo fitossanitário, a fim de complementar o controle dos fungicidas químicos, dentre eles os bioestimulantes, fungicidas biológicos, e indutores de resistência (Araujo *et al.*, 2020).

Os bioestimulantes são capazes de melhorar a qualidade da produção, auxiliando na nutrição e melhorando a tolerância ao estresse abiótico e biótico (Araujo *et al.*, 2020). Ainda de acordo com os autores, estes podem ser obtidos por intermédio de materiais orgânicos, e tem influência positiva nas atividades enzimáticas que atuam no metabolismo primário e secundário da planta. Diversos bioestimulantes (aminoácidos, extratos vegetais e fosfitos), dependendo de suas classes, forma de aplicação e o ciclo da macieira, são capazes de reduzir a incidência da sarna em até 76% nas frutas, além de auxiliar na melhora da qualidade do produto final (Araujo *et al.*, 2016).

Além disso, a utilização de alternativas, como ativos de plantas e óleos essenciais, bem como o uso de organismos antagonistas, juntamente com o uso de produtos naturais como sais de bicarbonato de sódio e de potássio têm sido eficazes no controle da *V. inaequalis in vitro* (Pereira; Cunha; Aguiar, 2021).

Uso de fungicidas biológicos no controle da sarna da maçã

Uma alternativa, para combater as doenças e pragas das plantas, é o controle biológico, sendo conhecido por sua eficiência e baixo impacto ambiental (Araujo *et al.*, 2020). De acordo com Ghini (1991), a integração do controle químico e biológico pode também ser obtida através da aplicação de doses baixas do produto químico, cuja finalidade é estressar e tornar o patógeno vulnerável aos microrganismos antagônicos (Ghini, 1991).

O controle biológico é realizado utilizando técnicas de estimulação de microrganismos a fim de controlar o patógeno, ou mesmo pela introdução de algum agente de biocontrole (Stadnik; Araujo; Valdebenito-Sanhueza, 2009). Segundo os autores, estes atuam por diferentes mecanismos, dentre os quais pode-se citar o parasitismo, a predação, amensalismo, competição, a indução de resistência e a interferência de produção de enzimas do patógeno. O parasitismo é um mecanismo muito eficiente, afinal, os hiperparasitas dependem de seus hospedeiros para sobreviverem e estão sujeitos às mesmas variações ambientais (Silva *et al.*, 2011).

Atualmente os produtos mais utilizados para cultura da macieira são produtos à base *Bacillus* spp., como por exemplo, *Bacillus subtilis* que possui efeito positivo na prevenção e controle de doenças causadas por várias espécies de patógenos, inibindo a germinação de esporos, o crescimento do tubo germinativo e bloqueando o ataque do patógeno à superfície foliar (Martins; Komatsu, 2021; Ghini, 1991). No estudo de Çaltılı e Arici (2018), *B. subtilis* foram aplicados nas folhas das macieiras e no solo, e os resultados indicaram que houve eficácia de 59,8% no tratamento das folhas com o fungicida biológico. Além disso, fungicidas biológicos à base de *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens*, e indutores tais como acibenzolar-S-metil, aminoácidos + fosfito de potássio, extratos e polissacarídeos algais e fosfitos vem sendo utilizados no tratamento de doenças na macieira, como a sarna da maçã (Araujo *et al.*, 2020).

A utilização de fungicidas biológicos e indutores de resistência são uma estratégia importante para uma agricultura sustentável e podem auxiliar no controle de doenças como a sarna da maçã, quando usados isoladamente ou misturados com outros fungicidas químicos (Araujo *et al.*, 2020). É possível encontrar especificações destes produtos no aplicativo Bioinsumos, o qual oferece informações aos usuários, a respeito da introdução de fungicidas biológicos na produção, auxiliando a procura de produtos seguros e com procedência (EMBRAPA, 2020).

Ainda há inúmeros desafios na inserção de fungicidas biológicos na agricultura, inclusive para o controle da sarna da macieira, como o surgimento de problemas referentes a

logística de armazenamento e transporte, a disponibilidade dos agentes ao agricultor, a formulação para microrganismos, além de um tempo de espera maior para sua ação (Parra, 2019). Porém, mesmo com desafios, é possível, juntamente com a assistência pública e privada, promover técnicas de baixo custo e importantes para o desenvolvimento da agricultura sustentável (Kitamura, 2003), bem como, pesquisas nesta área são de suma importância para auxiliar no estímulo do uso destes produtos na agricultura.

Nanotecnologia

A nanotecnologia (NT) é um sistema de manipulação da matéria em escala molecular (um bilionésimo de metro) (Martins, 2016). Segundo Martins (2016), esta ciência opera no campo de um único átomo e moléculas, e atualmente, envolvem materiais científicos, utilizando a vantagem que resulta da alteração que ocorre nas suas propriedades quando as substâncias são reduzidas à dimensão de nanoescala (Resende *et al.*, 2021).

O reconhecimento da nanotecnologia, teve avanços entre os anos de 1997 e 1998 (Zanetti-Ramos; Creczynski-Pasa, 2008). Os autores ainda relatam a introdução da NT no mercado brasileiro, produzindo diversos resultados na área farmacêutica, como os nanocarreadores, os quais são utilizados em cosméticos e podem ser associados a medicamentos, como alguns quimioterápicos antitumorais (Zanetti-Ramos; Creczynski-Pasa, 2008). Ainda, as nanopartículas na área farmacêutica auxiliam no controle de vírus e bactérias nocivos (Singh *et al.*, 2023). Além disso, as formulações de drogas anticancerígenas estão utilizando nanotubos de carbono, os quais demonstraram aumentar a eficácia anticancerígena em modelos animais (Rajivgandhi *et al.*, 2023).

Deste modo, a fim de fornecer técnicas seguras e reduzir a toxicidade do medicamento, não comprometendo sua eficácia, é que os nanosistemas estão sendo utilizadas neste campo. Na agricultura, a nanotecnologia é ainda um campo a ser explorado. Diversas propriedades como o tamanho, estrutura e carga são parâmetros que podem influenciar no seu efeito positivo ou negativo (Da Rosa *et al.*, 2015; Da Rosa *et al.*, 2020). A avaliação de mecanismos de toxicidade como, citotoxicidade e genotoxicidade são extremamente necessárias, visando às consequências de seu impacto no ambiente e na saúde (Da Rosa *et al.*, 2020).

A possibilidade de uso da nanotecnologia na agricultura é enorme. A incorporação de nanocatalisadores e nanosensores são eficazes em inúmeras possibilidades, como no monitoramento e aceleração no diagnóstico de doenças em plantas, melhoramento na absorção de nutrientes, além de possuir eficiência na aplicação de fertilizantes e pesticidas

(Granziera *et al.*, 2012). Podem-se destacar também outros avanços da agricultura devido a nanotecnologia, como encapsulação de fungicidas, inseticidas, e até nutrientes, os quais são incorporados em matrizes de liberação lenta, melhorando o tempo de ação dos referidos produtos sobre seus alvos (Lira Saldivar *et al.*; 2018).

Um fungicida comercial chamado Bouisol, suspensão de nanoencapsulação de cobre, mostrou proteção positiva contra patógenos fúngicos que afetam uvas e outras culturas produtoras de frutas, e proporcionou aumento de rendimento (Rathna; Kalaiselvi; Nakkeeran, 2018). Além disso, outro estudo microscópico mostrou que a sarna da macieira causada por *V.inaequalis*, e a murcha causada por *Fusarium solani* na cultura do tomate, foram controladas por nanopartículas de enxofre (Rao; Paria, 2013).

Ainda, pesquisa tem mostrado que nanofungicidas à base de molibdênio (Mo) destroem a estrutura vegetativa dos fungos como o da murcha de *Verticillium* na cultura do tomate e da beringela, e também inibem o crescimento de conídios e conidióforos em plantas (Salama *et al.*, 2021). Ambas as plantas foram estimuladas por nanomateriais, transmissão genética de moléculas em graus moleculares celulares em plantas e emenda genética baseada em nanoarray em plantas sob condições de estresse. Segundo os autores, a liberação lenta e gradual desses compostos ativos por nanocápsulas ajuda a superar os efeitos prejudiciais dos fungos, bem como, reduz a quantidade de fungicida usada em comparação com fungicidas sintéticos.

Neste sentido, a nanotecnologia pode contribuir com o aumento da eficiência de substâncias que tem potencial fungitóxico, tais como os óleos essenciais. Os óleos essenciais possuem uma imensa fonte de fitoquímicos, e são um dos métodos sustentáveis mais atrativos de controle de fitopatógenos, devido não apresentarem toxicidade ao ambiente e aos seres humanos e não apresentarem efeito residual (Antonioli *et al.*, 2020).

Por exemplo, o óleo essencial de capim-limão, apresenta boa adaptabilidade edafoclimática, e atua como pesticida natural, o que inclui na ação antifúngica já identificada para diversos microrganismos (Antonioli *et al.*, 2020). O óleo essencial de alecrim tem sido muito utilizado graças às suas propriedades antimicrobianas, antioxidantes e anti-inflamatórias, e suas aplicações incluem nos alimentos, cosméticos e na agricultura (Sganzerla *et al.*, 2023). O óleo essencial de alho possui atividade antifúngica contra *Aspergillus versicolor*, *Aspergillus niger* e *Fusarium oxysporum*, além de mostraram efeitos promotores de crescimento, aumentando a emergência, massa fresca da parte aérea e da raiz em trigo, aveia e cevada (Mondejár-López *et al.*, 2022). Os óleos essenciais de capim-limão e cravo-da-índia também podem ser utilizados contra *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* (Ggt),

um agente causal do mal do pé do trigo, os quais são capazes de melhorar o crescimento das plantas, e aumentar sua estabilidade no ambiente (Sattary; Amini; Hallaj, 2020). O óleo essencial de erva-doce é uma alternativa promissora para o controle de insetos causadores de doenças humanas e prejuízos na agricultura, pois este é capaz de reduzir a longevidade e a fecundidade em larvas do mosquito *Aedes aegypti* e da lagarta do algodoeiro *Spodoptera litura* (Pola *et al.*, 2016).

Apesar dos óleos essenciais apresentarem potencial de controle contra diversos agentes causais de doenças e pragas estes, apresentam diversas limitações como a alta volatilidade, suscetibilidade à oxidação, baixa estabilidade e solubilidade, desta forma, a sua nanoencapsulação usando materiais de revestimento pode melhorar os seus usos industriais deconservantes e ingredientes funcionais, gerando melhor estabilidade e solubilidade (Kumar *et al.*, 2020). No cultivo de maçã, nanocápsulas de poli (ácido lático) contendo óleo essencial de capim-limão mostraram-se eficazes no combate do *Colletotrichum acutatum* e *Colletotrichum gloeosporioides* em frutos de maçã, as quais diminuem as lesões ocasionadas por estes patógenos em até três vezes (Antonioli *et al.*, 2020).

No entanto, para a expansão do uso da nanotecnologia, muitos desafios devem ser enfrentados. Os principais são referentes a implantação de políticas de investimento que viabilizem o avanço científico e sua difusão tecnológica, bem como, a criação de um mecanismo de divulgação sobre os benefícios e riscos decorrentes de sua aplicação (Piscopo *et al.*, 2015).

Desta forma, os nanosistemas podem oferecer oportunidades sustentáveis para a sociedade e para a agricultura, podendo constituir-se em mais uma ferramenta para o manejo integrado de doenças e pragas, e quiçá para o controle da sarna da maçã.

3.3 Panorama da sarna da maçã e seu controle em Santa Catarina

3.3.1 Sarna da maçã e os impactos para Santa Catarina

A produção de maçã no Brasil ocorre principalmente nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, representando mais de 95% da produção total brasileira (Pereira; Simoni, Cario, 2010). Santa Catarina é o maior produtor de maçã do país, sendo responsável por 52,5% da produção e 52% da área plantada (Gasperin; Pereira, 2004). No Estado, a produção está concentrada nos municípios de Fraiburgo e São Joaquim (Pereira; Simoni, Cario, 2010).

No princípio, os cultivos implantados no Estado foram com base nas observações de

outros países com as cultivares Golden delicious e Starkrimson (Santos; Silva, 2015). Novas opções foram surgindo e, atualmente as principais cultivares de maçã em Santa Catarina são a Gala e Fuji, e seus clones são divididos em Imperial Gala, Royal Gala, Mondial Gala e Fuji Suprema (Pereira; Simoni, Cario, 2010).

No estado, as safras dos anos de 2017 e 2018, contaram com cerca de 13,5 mil produtores, representando mais de 55,3 mil hectares, com uma produção de maçã de 1,5 milhão de toneladas, gerando um valor bruto da produção de mais de R\$1,0 bilhão (EPAGRI, 2018). Além disso, de acordo com a safra de 2021 e 2022, o estado ainda conta com cerca de 2.863 produtores (ABPM, 2022).

Apesar das condições climáticas no Estado favorecem o cultivo da fruta, por outro lado, também favorece o desenvolvimento de doenças, tais como, a sarna da maçã que é um fator limitante ao cultivo de macieira, afinal, caso não controlada, a doença pode reduzir a produtividade dos pomares e a qualidade dos frutos em até 100% (Blanchet; Valdebenito-Sanhueza; Spolti, 2012).

3.3.2 Controle da sarna da maçã no município de São Joaquim

Em São Joaquim/SC, a liberação de ascósporos acontece no mês de agosto, antes da brotação da macieira, atingindo o pico nos meses de setembro e outubro, durante a floração, e terminando em novembro (Araujo *et al.*, 2022; Cesa *et al.*, 2006). De acordo com os autores, a severidade e a intensidade da doença variam de acordo com o clima, cultivar utilizada, métodos de manejo e tecnologias aplicadas.

Ao longo dos anos o controle das pragas e doenças na macieira tem sofrido diversas modificações, devido a mudança no comportamento das populações da *V. inaequalis* (Boneti; Katsurayama, 2020). Atualmente, dentre os meios de controle da sarna da macieira está a aplicação de fungicidas químicos.

A recomendação para a safra 2023/2024 para o controle da sarna da maçã é que a proteção dos pomares com fungicidas químicos seja iniciada assim que a planta atingir o estágio fenológico de ponta de prata para ponta verde (Araujo, 2023). Segundo o autor, os pomicultores têm utilizado aplicações preventivas de fungicidas de contato (multissítios) um a dois dias antes do período chuvoso.

Alguns dos fungicidas químicos recomendados atualmente para o controle da doença, estão listados na Tabela 2, juntamente com seu índice de controle.

Tabela 2 – Fungicidas químicos recomendados para o controle da sarna da macieira (*Venturia inaequalis*) em folhas e frutos de plantas de macieira cultivar Gala mantidas em pomas experimental da Epagri/São Joaquim/SC e o respectivo índice de controle (%).

Fungicidas	Índice de controle nas folhas (%) Safra 2022/2023	Índice de controle nos frutos (%) Safra 2022/2023
Difenoconazol ¹	88,0	89,0
Piremetanil ²	66,0	78,0
Dodina ³	90,0	85,0
Fluxapiroxide ⁴ + Piraclostrobina	86,0	76,0
Pidiflumitofem ⁵	99,0	100,0
Captana ⁶	88,0	91,0
Ditianona ⁷	98,0	100,0
Mancozeb ⁸	99,0	27,0
Fluazinam ⁹	94,0	85,0

Produtos e doses comerciais. ¹Score®, 14 ml/100 L; ²Mythos®, 150 ml/100 L; ³Dodex®, 100 ml/100 L, ⁴Orkestra®, 30 ml/100L, ⁵Miravis®, 15 ml/100 L, ⁶Caplan SC®, 250 ml/100L, ⁷Delan®, 100 g/100 L, ⁸Manzale WG®, 200 g/100 L, ⁹Frownicide 500 SC®, 100 ml/100L. A soma de tratamentos destes fungicidas não deverá exceder três (Dodina e Fluxapiroxide + Piraclostrobina), quatro (Pirimelanil) e seis (Difenoconazol e Triflumizol) aplicações por ciclo, devido ao risco do patógeno criar resistência ao princípio ativo de acordo com a grade de Agrotóxicos de Agroquímicos do Produção Integrada de Maçã. As pulverizações ocorreram antes de períodos chuvosos em condições de campo.

Fonte: Adaptado de Araujo, 2023.

Apesar da eficiência dos fungicidas químicos, o uso excessivo tem levado a perda de eficiência devido a seleção de populações do agente causal da doença resistentes aos fungicidas (Araujo, 2023).

Neste sentido, muito se tem discutido sobre a sustentabilidade do ecossistema, e tem se buscado novas alternativas para o manejo da doença. Uma das alternativas é o uso de bioestimuladores, que são substâncias obtidas a partir de diferentes materiais orgânicos e incluem substâncias húmicas, materiais orgânicos complexos, elementos químicos benéficos, peptídeos e aminoácidos, sais inorgânicos, extratos de algas marinhas, derivados da quitina e quitosana, aminoácidos dentre outros (Nardi *et al.*, 2016). Pesquisa feita em São Joaquim/SC, na cultura da maçã e para o controle da sarna demonstrou que alguns fosfitos, aminoácidos e extratos vegetais reduziram a incidência da sarna em folhas e frutos, bem como, melhoraram os parâmetros de qualidade dos frutos, além disso, fosfitos que possuem cobre na formulação apresentaram ótimos índices de controle da doença (Araujo *et al.*, 2020).

No entanto, na região ainda são escassas as pesquisas sobre produtos alternativos, tais como produtos a base de ativos nanoencapsulados, para o controle da sarna da macieira e sobre sua aceitação pelos agricultores. Deste modo, esta pesquisa busca suprir parte desta demanda, a fim de investigar o efeito do uso de ativos nanoencapsulados e de produtos

biológicos no controle da doença na região, bem como, como um levantamento sobre o manejo da doença pelos agricultores da região.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão desta pesquisa serão apresentados na forma de dois artigos científicos, o primeiro que trata sobre o levantamento de informação sobre a sarna da macieira e o segundo que trata dos experimentos realizados em campo para testar produtos alternativos para o controle da doença. A seguir os artigos.

4.1 Artigo I

SARNA DA MACIEIRA: INFORMAÇÕES SOBRE O CONTROLE DA DOENÇA SOB A ÓTICA DOS AGRICULTORES DA SERRA CATARINENSE

RESUMO

O conhecimento dos agricultores é um fator importante para o controle da sarna da maçã. Agricultores que têm maior acesso à informação, bem como, treinamentos técnicos possivelmente adotam melhores práticas de manejo, que podem resultar em menores epidemias de doenças e/ou melhor controle das mesmas ao longo do ciclo de cultivo. Assim, o objetivo deste estudo foi levantar informações sobre o controle da sarna da macieira pelos agricultores de um município da Serra Catarinense. Esta é uma pesquisa quantitativa, descritiva e de campo, realizada com 144 agricultores que cultivam maçã no sistema convencional de cultivo no município de São Joaquim. A coleta de dados foi idealizada por intermédio da aplicação de um questionário estruturado fechado e com algumas perguntas abertas que abordaram questões a respeito de: dados sociodemográficos, danos na produção em decorrência da doença, uso e tipos de fungicidas químicos para o controle da doença, e uso de produtos alternativos para o controle da sarna. Para a aplicação do questionário, foi feita a leitura das perguntas e alternativas de respostas aos pesquisados e as respostas foram anotadas de acordo com o respondido pelo pesquisado, portanto, foi uma aplicação na forma de entrevista. A aplicação dos questionários foi feita no período de maio à julho do primeiro semestre de 2023, e foi aplicada aos pomicultores durante eventos promovidos pela Epagri/São Joaquim. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em pesquisa sob parecer 6.142.970. Os resultados demonstraram que 100% dos pesquisados são do sexo masculino, o grau de escolaridade predominante é Ensino Médio completo (49,31%) e faixa etária de 41 a

50 anos (27,78%). Com relação ao tamanho da propriedade, o maior percentual foi de minifúndios (75%), a maior parte são proprietários (89,58%), e 97,22% de agricultores possuem Responsáveis Técnicos. Todos os participantes afirmaram que a sarna é a principal doença no pomar (69,5%) e que a maioria inicia o tratamento com fungicida químico no início da brotação (61,11%), e utilizam medidas profiláticas (47,22%). Agricultores também relataram, que a média anual de aplicações de fungicidas químicos para o controle da sarna é de 20 aplicações, e o fungicida químico mais utilizado é o Mancozeb (92,36%). Além disso, grande parte dos produtores afirmaram que utilizam aminoácidos para aumentar a eficiência dos fungicidas químicos (50,7%). Sobre os produtos nanoencapsulados, a maioria dos entrevistados afirmou que não tem conhecimento sobre o assunto (83,33%), e a maior parte dos participantes usaria estes produtos nanoencapsulados se mostrarem eficiência (94,44%), entretanto, 67,36% disseram que se o custo for elevado não utilizariam estes como alternativa ao controle da doença. Em suma, esta pesquisa mostra o atual cenário referente ao controle adotado pela sarna da maçã pelos produtores da fruta e torna evidente a necessidade de pesquisas, capacitações e treinamentos sobre novas soluções alternativas pra o controle da sarna da doença, com necessidade de políticas e programas que promovam o uso de tecnologias emergentes para o controle da doença.

Palavras-chave: *Malus domestica*. *Venturia inaequalis*. Controle da sarna.

ABSTRACT

Farmers' knowledge is an important factor in controlling apple scab. Farmers who have greater access to information and technical training are likely to adopt better management practices, which can result in fewer disease epidemics and/or better disease control throughout the growing season. The aim of this study was to gather information on the control of apple scab by farmers in a municipality in the Serra Catarinense. This is a quantitative, descriptive field study carried out with 144 farmers who grow apples in the conventional cultivation system in the municipality of São Joaquim. The data was collected by means of a structured closed questionnaire with a few open questions that addressed issues such as: socio-demographic data, damage to production as a result of the disease, use and types of chemical fungicides to control the disease, and the use of alternative products to control scab. The questionnaire was administered by reading out the questions and alternative answers to the respondents, and the

answers were noted down according to the respondent's answers. The questionnaires were administered between May and July of the first semester of 2023, and were given to the farmers during events promoted by Epagri/São Joaquim. The study was approved by the Research Ethics Committee under opinion 6.142.970. The results show that 100% of those surveyed are male, the predominant level of education is complete secondary school (49.31%) and the age range is 41 to 50 years (27.78%). With regard to the size of the property, the highest percentage was smallholdings (75%), the majority were landowners (89.58%), and 97.22% of the farmers had Technical Managers. All the participants said that scab is the main disease in the orchard (69.5%) and that the majority start treatment with chemical fungicides at the beginning of budbreak (61.11%) and use prophylactic measures (47.22%). Farmers also reported that the average number of chemical fungicide applications per year to control scab is 20, and the most commonly used chemical fungicide is Mancozeb (92.36%). In addition, a large proportion of producers said that they use amino acids to increase the efficiency of chemical fungicides (50.7%). With regard to nanoencapsulated products, the majority of those interviewed said that they had no knowledge of the subject (83.33%), and most of the participants would use these nanoencapsulated products if they proved to be effective (94.44%); however, 67.36% said that if the cost was high they would not use them as an alternative to controlling the disease. In short, this research shows the current scenario regarding the control adopted by apple scab producers and makes evident the need for research, training and education on new alternative solutions for controlling apple scab, with the need for policies and programs that promote the use of emerging technologies to control the disease.

Key-words: *Malus domestica*. *Venturia inaequalis*. Integrated management of scab.

INTRODUÇÃO

A maçã é uma das frutas mais consumidas no mundo devido a seus inúmeros benefícios nutricionais (Fasolin *et al.*, 2007). A introdução da fruticultura moderna no país, juntamente com condições climáticas favoráveis e técnicas avançadas de cultivo, permitiu que o Brasil se tornasse um importante produtor de maçãs na América Latina (Pommer; Barbosa, 2009).

Entretanto, a produção de maçãs no Brasil enfrenta diversos desafios, entre eles, as doenças que afetam os pomares. Algumas das doenças mais comuns incluem: Sarna da

Macieira, Mancha Foliar de *Glomerella*, Cancro Europeu e Podridões de Frutos (EPAGRI, 2019). Com relação à sarna da macieira, esta é uma doença fúngica que afeta gravemente as macieiras, manifestando-se por meio de manchas escuras aveludadas nas folhas e frutos (Araujo *et al.*, 2016). Estas manchas podem levar à queda prematura das folhas e deformação dos frutos, comprometendo sua qualidade comercial (Araujo *et al.*, 2016; Rossouw; Mcleod; Fourie, 2016). A fim de garantir a produtividade e a qualidade das maçãs, o manejo adequado da sarna é fundamental.

Entre as práticas recomendadas de manejo da sarna estão: o uso de fungicidas; resistência varietal, poda adequada e remoção de folhas caídas no pomar (Carisse; Dewdney, 2002). A identificação precoce dos sintomas e a implementação de estratégias de controle eficazes podem prevenir perdas e danos na produção (Khan *et al.*, 2022). A formação e capacitação dos produtores sobre as melhores práticas de manejo contribuem para a sustentabilidade dos pomares e a garantia de uma colheita saudável e lucrativa (Wilson *et al.*, 2023).

Nesse contexto, o uso de produtos alternativos tem ganhado destaque como uma estratégia sustentável e eficaz no controle da doença. Entre os produtos alternativos, destacam-se biofungicidas, extratos vegetais, indutores de resistência e óleos essenciais (Okoro; El-Hasan; Voegelé, 2024). O uso desses produtos pode reduzir a dependência de fungicidas químicos, contribuindo para a preservação do meio ambiente e a saúde dos envolvidos na produção (Damos; Escudero Colomar; Ioriatti, 2015). No entanto, estes métodos ainda são pouco explorados e utilizados, às vezes por desconhecimento ou falta de informação aos agricultores.

Além disso, para um manejo eficiente das doenças da macieira, é essencial fazer a diagnose precoce do patógeno (Bowen *et al.*, 2011). Isso inclui a identificação dos focos de infecção, monitoramento das condições climáticas que favorecem a doença e a adoção de práticas culturais adequadas, como identificação precisa, monitoramento climático, adaptação de práticas culturais, e integração de técnicas (Wilson *et al.*, 2023).

Ainda são escassas as pesquisas que buscam conhecer o comportamento da sarna da maçã na Serra Catarinense às vistas dos agricultores, bem como, o conhecimento do manejo adotado pelos mesmos. Isto possibilita a implementação do manejo integrado, que une eficácia e sustentabilidade (Bowen *et al.*, 2011), de modo, a contribuir com a produção de maçãs de alta qualidade, ao tempo que pode minimizar os impactos ambientais atrelados ao seu cultivo (Wilson *et al.*, 2023), contribuindo com a promoção da agricultura sustentável e garantindo a segurança alimentar.

Deste modo, esta pesquisa teve por objetivo levantar informações sobre o controle da sarna da macieira pelos agricultores de um município da Serra Catarinense.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo, caracteriza-se como uma pesquisa quantitativa, descritiva e de campo realizada com agricultores que cultivam maçã no município de São Joaquim/SC. O município está localizado no estado de Santa Catarina, com uma latitude de 28°17'38" Sul e a uma longitude de 49°55'54" Oeste, estando a uma altitude de 1.354 metros, a 232 quilômetros da capital do Estado. Esta pesquisa teve início apenas após a aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UNIPLAC (Parecer de aprovação 6.142.970 – Anexo I) e atendeu todos os preceitos e procedimentos éticos cabíveis.

Foi realizado um levantamento sobre a ocorrência e controle da sarna da maçã, e os participantes da pesquisa foram produtores de maçã pertencentes às localidades rurais do município São Joaquim/SC que aceitaram participar da pesquisa no período estipulado para a coleta dos dados que foi de maio a julho de 2023, assim os participantes foram selecionados a partir da amostragem não probabilística por conveniência, totalizando uma amostra de 144 produtores de maçã do município que se enquadraram nos critérios de inclusão estipulados e que aceitaram participar da pesquisa assinando o TCLE.

O instrumento de pesquisa foi idealizado por intermédio da aplicação de um questionário estruturado fechado e com algumas perguntas abertas que abordaram questões a respeito de: dados sociodemográficos dos agricultores, de suas respectivas propriedades e do cultivo, danos na produção em decorrência da doença, uso e tipos mais utilizados de fungicidas químicos para o controle da doença e uso de produtos alternativos (Apêndice I). O questionário foi aplicado aos agricultores durante eventos promovidos pela Epagri/São Joaquim durante o primeiro semestre de 2023 (maio à julho). Para a aplicação do questionário, foi realizada a leitura das perguntas e alternativas de respostas e anotou-se as respostas de acordo com o respondido pelo pesquisado, portanto, foi uma aplicação na forma de entrevista. A duração da aplicação do questionário para cada pesquisado foi de 15 à 20 minutos.

Os dados obtidos com a aplicação dos questionários foram organizados em planilhas do Excel® e posteriormente revisados. Após a organização do banco de dados, estes foram submetidos aos procedimentos estatísticos descritivos (médias, desvio padrão, frequências e percentuais).

Os dados foram analisados de forma descritiva (médias, desvio padrão e percentuais) e

apresentados na forma de gráficos e tabelas.

RESULTADOS

Os dados sociodemográficos dos participantes desta pesquisa (n=144) estão descritos na Tabela 3. Os participantes foram todos do sexo masculino. Em relação à faixa etária, observou-se a predominância de produtores com idade entre 41 e 50 anos (27,78%), e o menor percentual na faixa de 18 a 30 anos (6,25%). Em relação a idade média dos participantes, observou-se que foi de $49,5 \pm 11,92$ (valor máximo = 75; valor mínimo = 23). Já com relação à escolaridade, os participantes que possuem ensino médio completo foram predominantes (49,31%) (Tabela 3).

Tabela 3 – Perfil sociodemográfico dos agricultores produtores de maçã participantes da pesquisa no município de São Joaquim/SC, 2023.

Variáveis	n	%
Sexo		
Masculino	144	100%
Feminino	-	-
TOTAL	144	100,00
Faixa etária	n	%
De 18 à 30	9	6,25%
De 31 à 40	30	20,83%
De 41 à 50	40	27,78%
De 51 à 60	38	26,39%
>60	27	18,75%
TOTAL	144	100,00
Escolaridade	n	%
Analfabeto	-	-
Ensino fundamental completo	27	18,75%
Ensino médio completo	71	49,31%
Ensino superior completo	28	19,44%
Ensino fundamental incompleto	2	1,39%
Ensino médio incompleto	8	5,56%
Ensino superior incompleto	5	3,47%
Especialista	2	1,39%
Outro(s)	1	0,69%
TOTAL	144	100,00

Fonte: Produção da própria autora.

Quanto ao perfil da propriedade dos participantes desta pesquisa estão descritos na Tabela 4. Salienta-se que a média do tamanho das propriedades foi de 15 ha, com área cultivada, de 1 à 10 ha (59,03%) e produtividade de 1 à 50 t/ha (85,42%), sendo que o maior percentual de agricultores trabalham com a cultura da maçã há 21 à 30 anos (29,17%), além disso, o maior percentual de agricultores declaram-se proprietários das terras cultivadas

(89,58%), e o maior percentual possui Responsável Técnico para auxiliar no manejo da cultura da maçã (97,22%). Os agricultores responderam também, que não costumam utilizar mão-de-obra familiar (57,64%) (Tabela 4). De modo geral, o tamanho médio da propriedade foi de 15 ha \pm 52,61 (valor máximo = 300 ha; valor mínimo = 1ha). A área média cultivada foi de 10 ha \pm 7,81(valor máximo = 55 ha; valor mínimo = 1ha). A produtividade média de maçã relatada pelos participantes foi de 30 ton \pm 33,35 (valor máximo = 160 ton; valor mínimo = 15 ton) e a média de anos trabalhados com da maçã foi de 20 anos \pm 11,05 (valor máximo = 48 anos; valor mínimo = 2 anos).

Tabela 4 – Perfil da propriedade dos agricultores produtores de maçã participantes da pesquisa no município de São Joaquim/SC, 2023.

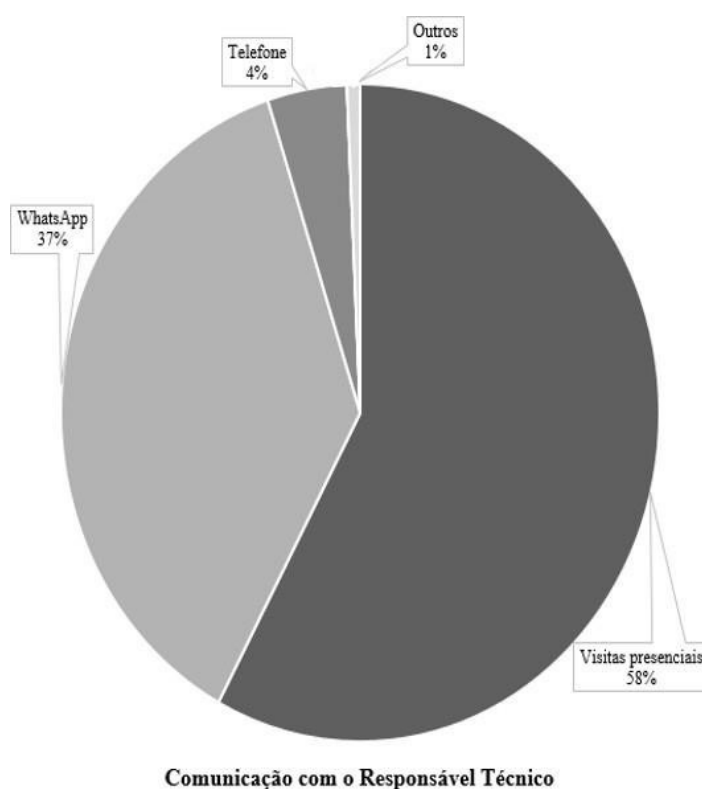
Variáveis		
Tamanho propriedade (média)	15	100%
TOTAL	144	100,00
Área cultivada	n	%
1 à 10	85	59,03%
11 à 20	50	34,72%
21 à 30	5	3,47%
> 30	4	2,78%
TOTAL	144	100,00
Produtividade	n	%
1 à 50	123	85,42%
51 à 100	17	11,8%
> 100	4	2,78%
TOTAL	144	100,00
Anos trabalhados na maçã	n	%
1 à 10	33	22,92%
11 à 20	41	28,47%
21 à 30	42	29,17%
31 à 40	3	2,1%
> 40	25	17,34%
TOTAL	144	100,00
Relação com a propriedade	n	%
Proprietário	129	89,58%
Funcionário	14	9,72%
Arrendatário	1	0,7%
TOTAL	144	100,00
Possui RT	n	%
Sim	140	97,22%
Não	4	2,78%
TOTAL	144	100,00
Uso de mão-de-obra familiar	n	%
Sim	61	42,36%
Nao	83	57,64%
TOTAL	144	100%

Fonte: Produção da própria autora.

Em relação aos agricultores que têm responsável técnico (n = 140), a forma de comunicação com os mesmos é apresentada na Figura 3, sendo que a maior parte dos

pesquisados recebem visitas presenciais (58%).

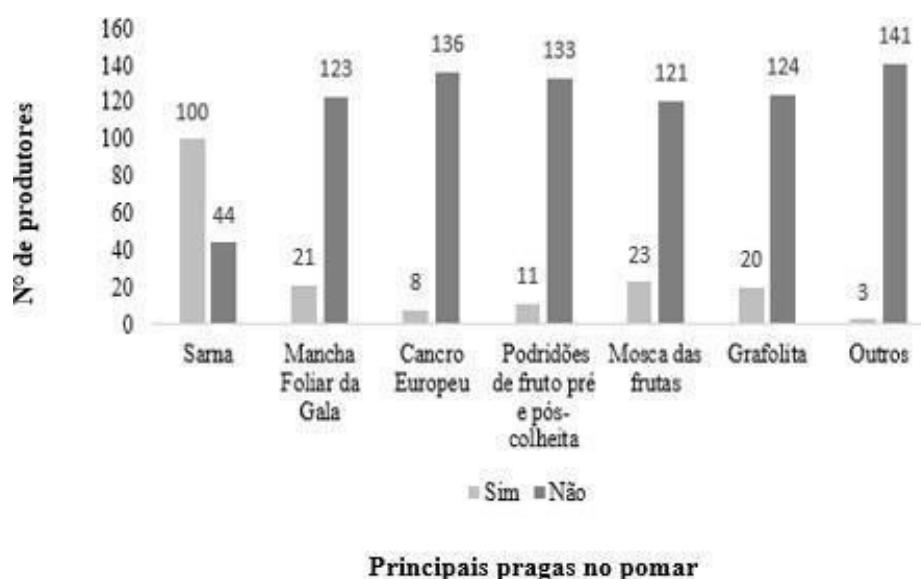
Figura 3 – Formas de comunicação dos agricultores produtores de maçã, com seus respectivos Responsáveis Técnicos, no município de São Joaquim/SC, 2023. Agricultores que possuem RT (n = 140).



Fonte: Produção da própria autora.

Quando questionados sobre as principais doenças e pragas encontradas no pomar o maior número de agricultores informou que é a sarna da maçã (n=100), seguida da Mosca das frutas (n=23), também Mancha Foliar de Glomerella (n=21) e Grafolita (n=20) (Figura 4).

Figura 4 – Principais doenças e pragas da cultura da maçã consideradas pelos produtores de maçã no município de São Joaquim/SC, 2023. n = 144.



Fonte: Produção da própria autora.

Na Tabela 5 estão apresentadas algumas percepções dos agricultores quanto a incidência da sarna da macieira e as perdas provocadas. O maior percentual de agricultores informaram que a frequência de ocorrência da sarna no pomar se dá em todas as safras (47,92%), e que iniciam o tratamento para a doença com fungicidas químicos no início da brotação (61,11%), bem como, o maior percentual também informou que a sarna provoca perdas na produção (59,03%). Dos agricultores que informaram que têm perdas com a sarna, a perda média em percentual por safra, relatada pelos agricultores foi de 5,0% ±10,62% do total da produção (valor máximo = 50%; valor mínimo = 1%). Já com relação ao gasto para o controle da sarna por safra, o percentual médio de custos de produção da maçã informado pelos agricultores foi de 10%±15,66% (valor máximo: 100%; valor mínimo = 0,2%).

Tabela 5 – Frequência de ocorrência da sarna, início do tratamento e perdas na produção em pomares do município de São Joaquim/SC, 2023.

Variáveis		
Ocorrência da sarna	n	%
Todas as safras	69	47,92%
Variável com o clima	34	23,61%
Esporadicamente	41	28,47%
TOTAL	144	100,00
Início do tratamento	n	%
Sempre que pulveriza	31	21,53%
Sempre que vai chover	11	7,64%

Sempre que observa a doença	14	9,72%
Início da brotação	88	61,11%
Não realizo tratamentos	-	-
TOTAL	144	100,00
Sarna provoca perdas	n	%
Sim	85	59,03%
Não	59	40,97%
TOTAL	144	100%

Fonte: Produção da própria autora.

Quanto às estratégias de manejo da sarna, a maioria utiliza medidas profiláticas (n=68), e a menor parte usa cultivares resistentes (n=4) (Figura 5).

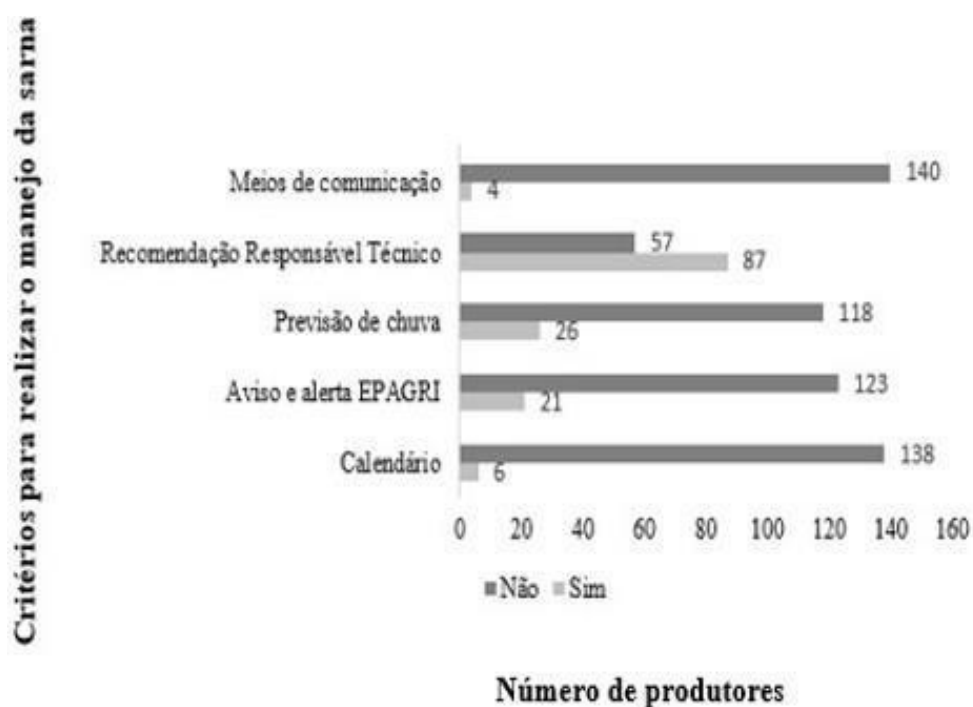
Figura 5 – Estratégias de manejo da sarna utilizadas pelos agricultores participantes da pesquisa no município de São Joaquim/SC, 2023. n = 144.



Fonte: Produção da própria autora.

A Figura 6 mostra, os principais critérios que os agricultores utilizam para realizar o controle da sarna, e a maioria dos participantes informou que baseiam-se na recomendação dada pelos seus respectivos Responsáveis Técnicos (n=87) e a minoria o faz com base em informações recebidas via meios de comunicação como rádio, televisão, WhatsApp e telefone (n=4).

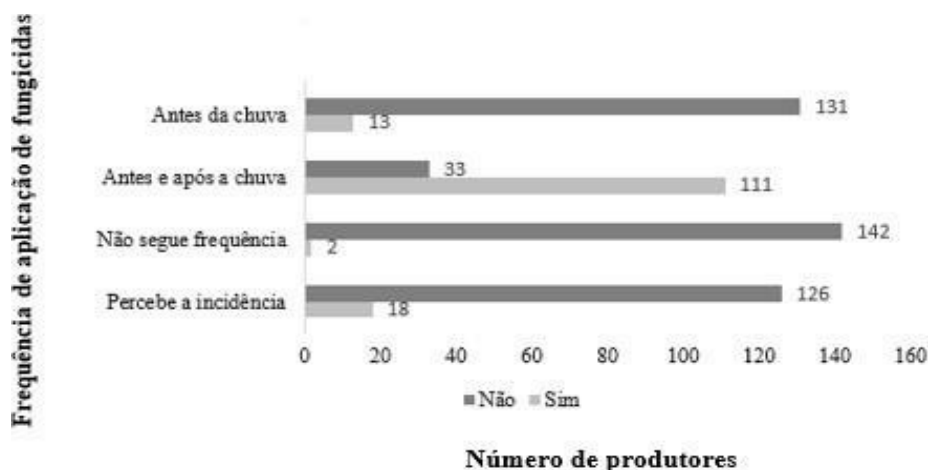
Figura 6 – Principais critérios adotados pelos participantes da pesquisa para realizar o controle da sarna no município de São Joaquim/SC, 2023. n = 144.



Fonte: Produção da própria autora.

Quanto a frequência de aplicação de fungicidas para o controle da sarna, observou-se que a maioria dos agricultores realizam aplicações de fungicidas químicos para o controle da sarna antes e após a chuva (n=111), e poucos não seguem uma frequência pré-definida (n=2) (Figura 7).

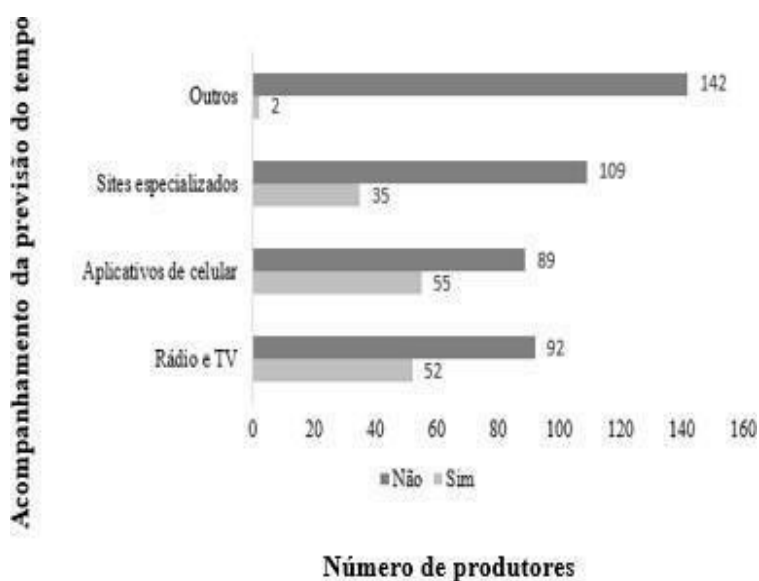
Figura 7 – Distribuição da frequência de aplicação de fungicidas para o controle da sarna, de acordo com os agricultores produtores de maçã participantes da pesquisa no município de São Joaquim/SC, 2023. n = 144.



Fonte: Produção da própria autora.

A Figura 8 retrata como é acompanhado a previsão do tempo pelos agricultores para decidir o momento das aplicações de fungicidas químicos para o controle da sarna. A maioria dos participantes informou que monitora o tempo por aplicativos de celular (n=55), seguida pelos meios de comunicação como rádio e televisão (n=52).

Figura 8 – Formas de acompanhamento da previsão do tempo pelos produtores de maçã para realizar o controle da sarna município de São Joaquim/SC, 2023. n = 144.



Fonte: Produção da própria autora.

Quanto ao número médio de aplicações de fungicidas químicos por ano para o controle da sarna, os agricultores informaram que fazem 20 aplicações \pm 5,59 (valor máximo = 45 aplicações; valor mínimo = 8 aplicações). Ainda, foi questionado aos agricultores se utilizam Sistema de alertas e avisos (Agroconnect) e aviso fitossanitário da EPAGRI para decidir se precisa ou não repetir algum tratamento de fungicida para controle da sarna, e 50% (n= 72) responderam que sim e os outros 50% que não. Os agricultores informaram que em média há uma redução de 5 aplicações por safra \pm 2,10 (valor máximo = 10; valor mínimo = 2) no número de aplicações de fungicidas químicos para o controle da sarna devido ao uso destes sistemas de alertas e avisos.

Quanto aos principais fungicidas químicos utilizados para o controle da sarna e o número médio de aplicações de cada um estão descritos na Tabela 6. O fungicida químico mais utilizado para o controle da sarna pelos agricultores foi o Mancozeb (92,36%), seguido pelo Pirimetanil (63,89%), e Captana (60,54%). Já em relação à média de aplicações por safra, em primeiro lugar se encontra o Mancozeb (13 aplicações), em seguida o Captana (6 aplicações) e Fluazinam (4 aplicações).

Tabela 6 – Fungicidas utilizados para o controle da sarna e o número médio de aplicações, relatados pelos produtores de maçã do município de São Joaquim/SC, 2023. n = 144.

Fungicidas			
Difenoconazol	nº de produtores que usam	% de produtores que usam	Nº médio de aplicações do produto por safra considerando o total de produtores que usam
Sim	43	29,86%	-
Não	101	70,14%	-
TOTAL	144	100,00	3,58
Pirimetanil	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	92	63,89%	-
Não	52	36,11%	-
TOTAL	144	100,00	3,37
Dodina	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	31	21,53%	-
Não	113	78,47%	-
TOTAL	144	100,00	2,84
Tiofanato metílico + Fluazinam	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	30	20,83%	-
Não	114	79,17%	--
TOTAL	144	100,00	3,18
Tebuconazol	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	12	8,33%	-
Não	132	91,67%	-
TOTAL	144	100,00	3,86
Triflumizol	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	53	36,81%	-
Não	91	63,19%	-
TOTAL	144	100,00	2,86

Fluxapyroxad + Piraclostrobina	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	50	34,72%	-
Não	94	65,28%	-
TOTAL	144	100,00	2,9
Pidiflumetofem	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	31	21,53%	-
Não	113	78,47%	-
TOTAL	144	100,00	3
Captana	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	89	60,54%	-
Não	55	38,19%	-
TOTAL	144	100,00	5,94
Ditianona	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	53	36,81%	-
Não	91	63,19%	-
TOTAL	144	100,00	3,52
Clorotalonil	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	48	33,33%	-
Não	98	66,67%	-
TOTAL	144	100,00	3,27
Cloreto de Benzalcônio	n	%	Nº médio de aplicaçõ es
Sim	17	11,81%	-
Não	127	88,19%	-
TOTAL	144	100,00	2,82
Tiofanato metílico	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	30	20,83%	-
Não	114	79,17%	-
TOTAL	144	100,00	3
Mancozeb	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	133	92,36%	-
Não	11	7,64%	-
TOTAL	144	100,00	12,7
Fluazinam	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	48	33,33%	-
Não	96	66,67%	-
TOTAL	144	100,00	3,9
Outros	n	%	Nº médio de aplicações
Sim	1	0,69%	-
Não	143	99,31%	-
TOTAL	144	100,00	3

Fonte: Produção da própria autora.

A descrição da eficiência dos fungicidas químicos utilizados para o controle da sarna de acordo com a avaliação dos produtores de maçã da região estudada está descrito na Tabela 7. Com relação ao Difenconazol, o maior percentual de produtores avaliaram a eficiência em 60% e 80% (n=40). De modo geral, poucos produtores consideraram que os fungicidas utilizados têm eficiência de 80% e 20%, a maioria deles avalia os fungicidas químicos usados com eficiência de 60% e 80% (Tabela 6). Os principais fungicidas que receberam a avaliação de eficiência de 80% pelo maior número de produtores foram: Pirimetanil (n=50); Captana e Mancozeb (n=46) e Difenconazol (n=40); com eficiência de 60% foram, principalmente: Mancozeb (n=46), seguido do Difenconazol (n = 40) e Captana

(n=36); com eficiência de 40% foram os mais relatados: Difenconazol e Mancozeb (n=17).

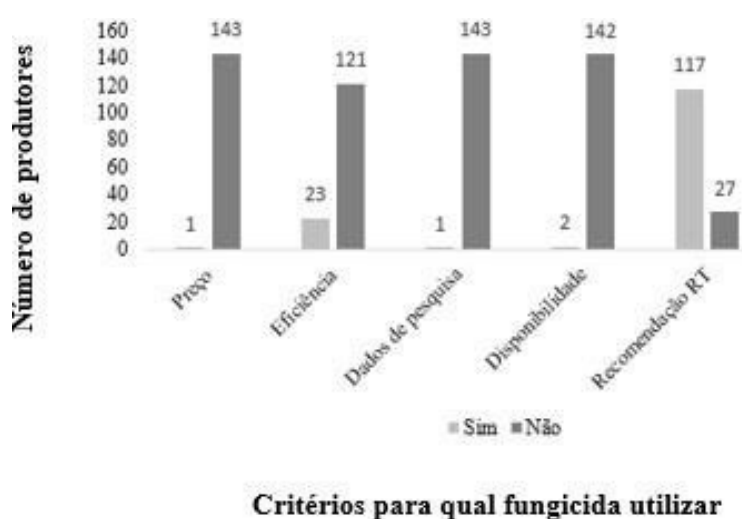
Tabela 7 – Avaliação da eficiência dos fungicidas químicos utilizados para o controle da sarna pelos produtores de maçã do município de São Joaquim/SC, 2023.

Fungicidas	100%	80%	60%	40%	20%
Difenoconazol	1	40	40	17	4
Primetanil	3	50	33	5	-
Dodina	2	18	11	1	-
Tiofanato metílico + Fluazinam	2	12	4	1	-
Tebuconazol	-	10	5	-	-
Triflumizol	2	24	24	1	-
Fluxapyroxad + Piraclostrobina	4	29	14	2	-
Pidiflumetofem	-	19	11	2	-
Captana	2	46	36	2	-
Ditianona	4	32	14	2	-
Clorotalonil	4	34	9	-	-
Cloreto de Benzalcônio	1	6	9	1	-
Tiofanato metílico	2	16	9	2	-
Mancozeb	4	46	65	17	-
Fluazinam	2	34	12	-	-
Outros	-	1	-	-	-

Fonte: Produção da própria autora.

Quanto aos critérios de escolha para adquirir os fungicidas químicos para o controle da doença, a maioria dos produtores utiliza como critério a recomendação do Responsável Técnico (n=117), seguida, pela eficiência do produto (n=23) (Figura 9).

Figura 9 – Critérios utilizados pelos produtores de maçã do município de São Joaquim/SC para aquisição dos fungicidas químicos para o controle da sarna, 2023. n = 144.



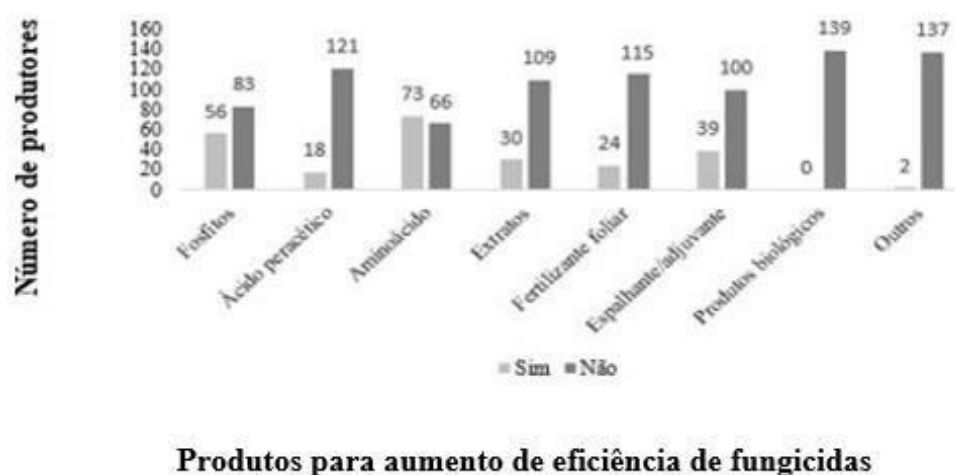
Fonte: Produção da própria autora.

Quando questionado aos agricultores sobre o conhecimento de fungicidas com limites de uso, todos responderam que conhecem (n=144). Da mesma forma, foi perguntado se

realizam manutenção do maquinário, e todos deram respostas positivas (n=144). Com relação à frequência da manutenção do maquinário usado para realizar o manejo da sarna, a maioria respondeu que o faz anualmente (n=68), seguida de quando apresenta problemas (n=57), bianualmente (n=18) e por último outros (n=1). Quando questionado se é mais fácil ou difícil manejar a sarna ao longo dos anos, a maioria respondeu que é mais fácil (n=122), e o restante que está mais difícil (n=22). Já quando perguntado se utilizam algum produto para aumentar a eficácia dos fungicidas químicos, a predominância foi de respostas positivas (n=138), e os demais responderam negativamente (n=6).

Em relação aos produtores que informaram que usam algum produto para aumentar a eficácia dos fungicidas químicos no controle da doença, o aminoácido foi o produto predominante (n=73), seguido, dos fosfitos (n=56) e espalhante/adjuvante (n=39) (Figura 10).

Figura 10 – Produtos usados para aumentar a eficiência de fungicidas químicos em pomares de maçã do município de São Joaquim/SC, pelos produtores de maçã, 2023. n = 139.



Fonte: Produção da própria autora.

Quanto à avaliação da eficiência dos produtos alternativos utilizados para o controle da sarna relatada pelos produtores está descrita na Tabela 7. De modo geral, poucos produtores consideraram que os produtos alternativos utilizados têm eficiência de 80% e nenhum considerou eficiência de 20%, a maioria avalia os produtos alternativos usados com eficiência que varia entre 60% à 80% (Tabela 7). Os principais produtos usados para aumentar a eficácia dos fungicidas que receberam a avaliação de eficiência de 60% e 80% pelo maior número de produtores foram: aminoácido e fosfito.

Tabela 8 – Avaliação da eficiência dos produtos alternativos utilizados para o controle da sarna pelos agricultores que cultivam maçã no município de São Joaquim/SC, 2023. n = 139.

Produtos alternativos	100%	80%	60%	40%	20%
Fosfitos	1	23	25	5	-
Acido peracético	2	6	10	2	-
Aminoácido	5	24	39	4	-
Extratos	-	1	20	8	-
Fertilizante foliar	1	10	11	3	-
Espalhante/adjuvante	3	15	18	4	-
Produtos biológicos	-	-	-	-	-
Outros	-	1	1	-	-

Fonte: Produção da própria autora.

Na Tabela 9 está descrito sobre percepções dos agricultores pesquisados quanto ao uso de produtos alternativos. Foi questionado aos agricultores se usariam produtos alternativos aos fungicidas químicos para o controle da sarna mesmo com um custo alto e a maioria respondeu que sim (84,03%). Foi questionado também aos produtores sobre o conhecimento quanto aos produtos nanoencapsulados, a maioria desconhece sobre o tema (83,33%), bem como, a maioria também desconhece sobre princípios ativos nanoencapsulados (89,58%). Já quando questionado se usariam os princípios nanoencapsulados se os mesmos mostrassem eficiência e se apresentassem custo elevado, a maioria respondeu que sim (94,44% e 67,36%, respectivamente).

Tabela 9 – Percepção dos produtores de maçã do município de São Joaquim/SC, sobre produtos alternativos e nanoencapsulados, 2023. n = 144.

Variáveis		
Usaria produtos alternativos para o controle da sarna mesmo que tivessem custo alto?	n	%
Sim	121	84,03%
Não	23	15,97%
TOTAL	144	100,00
Sabe o que são nanoencapsulados?	n	%
Sim	24	16,67%
Não	120	83,33%
TOTAL	144	100,00
Sabe o que são princípios ativos nanoencapsulados?	n	%
Sim	15	10,42%
Não	129	89,58%
TOTAL	144	100,00
Usaria princípios ativos nanoencapsulados se mostrassem eficientes?	n	%
Sim	136	94,44%
Não	8	5,56%
TOTAL	144	100,00
E se o custo destes produtos fosse mais elevado, usaria?	n	%
Sim	97	67,36%

Não	47	32,64%
TOTAL	144	100,00

Fonte: Produção da própria autora.

Em relação aqueles que mencionaram que não usariam princípios ativos nanoencapsulados (n = 8) mesmo que se mostrassem eficientes, os principais motivos relatados foram: não há benefícios (n=5) e não tem conhecimento sobre o assunto e portanto não usariam (n=3). Quando perguntado sobre o porquê não usariam os princípios nanoencapsulados mesmo se o custo fosse mais elevado, a maioria respondeu exatamente pelo alto custo (n=46), e outro respondeu que era devido ao seu desconhecimento (n=1).

DISCUSSÃO

Esta pesquisa mostra uma predominância de agricultores do sexo masculino, com faixa etária de meia idade à idosos, e baixa escolaridade. Da mesma forma, pesquisas feitas na região têm apontado nesta mesma direção (Morello *et al.*, 2019; Oliveira *et al.*, 2022), e em consonância também ao último censo agropecuário de 2017, que também demonstra que há um pequeno número de produtores com faixa etária menor que 24 anos na área rural brasileira, bem como prevalece os agricultores com menor índice de escolaridade (IBGE, 2017). Além disso, pesquisas como a de Zago (2016), corrobora com o atual estudo, trazendo que um número pequeno de jovens continuam trabalhando na agricultura, como consequência dos efeitos de fatores globais das políticas agrícolas, das transformações sociais no mundo rural e ainda pouca infraestrutura adequada no ambiente escolar. Em acréscimo, outro estudo traz que a migração da zona rural para urbana, são também motivadas por fatores educacionais (Spanavello *et al.*, 2012).

A presente pesquisa aponta para uma predominância de agricultores que cultivam em minifúndios (até 20 ha). De acordo com Trabaquini *et al.* (2021), geralmente diversos pomares são alocados em uma única unidade produtora, situação que se deve ao relevo irregular que impede a mecanização e o cultivo em extensas áreas. A dimensão média dos polígonos de 2,83 hectares, define as áreas produtivas do município de São Joaquim/SC como pequenas propriedades rurais (Trabaquini *et al.*, 2021). Pesquisas desenvolvidas em outros municípios da região apontam também para um cenário semelhante de cultivo em minifúndios (Prado *et al.*, 2021; Evaristo *et al.*, 2022). Este cenário mostra a importância da agricultura familiar para a geração de emprego e renda para a produção de alimentos, além de contribuir para a segurança alimentar e nutricional de milhares de pessoas. Ainda, de acordo com dados do

IBGE (2017), no Brasil, a agricultura familiar representa cerca de 77% dos estabelecimentos rurais, respondendo por uma parcela significativa dos empregos no setor agrícola.

Quanto aos RTs, esta pesquisa mostra que a maioria dos agricultores possuem RT e que o contato é feito pela vistoria no campo na maioria das vezes, além disso, o início das aplicações de fungicidas químicos no pomar para o controle da sarna geralmente é baseada nas suas recomendações. Estudos mostram que a orientação na produção agrícola de profissionais qualificados pode melhorar a eficiência e a produtividade das culturas. Por exemplo, a pesquisa de López-Cruz *et al.* (2021) demonstra que a assistência técnica especializada está diretamente ligada a melhores práticas de manejo e, conseqüentemente, a maiores rendimentos. Responsáveis Técnicos frequentemente introduzem e implementam tecnologias avançadas, como sistemas de monitoramento de clima e de irrigação, técnicas de cultivo de precisão, e uso de insumos de forma mais eficiente (Ferreira; Costa, 2018). Isso é corroborado por estudos como o de Martins *et al.* (2019), que evidenciam que a implementação de tecnologias e boas práticas recomendadas por técnicos tende a levar para uma melhora na produtividade e na qualidade dos frutos. No entanto, esta pesquisa mostra ainda uma carência de informação no campo sobre uso de insumos a base de nanotecnologia, o que pode também indicar falta de conhecimento por parte dos Responsáveis Técnicos sobre este assunto e a necessidade de capacitação tanto aos profissionais quanto aos agricultores.

Em relação ao controle da sarna, os resultados da atual pesquisa mostram que um maior número de produtores iniciam os tratamentos para a sarna no início da brotação, e que as perdas podem chegar até 50% do total dos custos do cultivo. Pesquisas tem demonstrado que este estágio é o mais indicado para iniciar os tratamentos contra a doença pois esta é a fase em que a planta é mais vulnerável à infecção e pode reduzir significativamente a incidência da doença (Martínez; Alaniz; Mondino, 2021; Doolotkeldieva; Bobusheva, 2017). Já em relação as perdas na produção, pesquisa aponta que, principalmente em anos com alta umidade, estas podem chegar até 70%, afetando a quantidade e a qualidade dos frutos (Ferreira; Costa, 2018). Além disso, os resultados deste estudo mostraram que o custo para o manejo da sarna da maçã chegaram até 50%, possivelmente por conta da alta umidade e das chuvas intensas no município de São Joaquim/SC, as quais possuem condições ideais para a proliferação da *V. inaequalis*, necessitando de mais intervenção química. Ainda, outro fator que talvez pode contribuir para o incremento dos custos com o manejo da sarna na região, é a inserção de produtos alternativos com o objetivo de aumentar a eficácia dos fungicidas químicos, já que na presente pesquisa, boa parte dos agricultores (n=138) os utilizam.

Quanto ao uso de sistema de monitoramento para previsão do tempo para o manejo da

sarna baseado no sistema de aviso da Epagri, boa parte dos agricultores participantes desta pesquisa o utilizam como forma de previsão da sarna. Estudos específicos sobre o sistema da Epagri indicam que ele tem sido bem-sucedido em fornecer alertas precisos e oportunos para os produtores de maçãs. A eficácia desse sistema é frequentemente associada à sua capacidade de integrar informações climáticas com dados sobre pragas e doenças específicas da região (EPAGRI, 2020). Além disso, os sistemas de monitoramento tem a capacidade de identificar rapidamente a presença e a intensidade da sarna e permite que os produtores ajustem suas estratégias de manejo de maneira oportuna, o que é fundamental para evitar a disseminação da doença e reduzir os danos (Jiang *et al.*, 2020).

A combinação do monitoramento de doenças com previsões meteorológicas precisas resulta em uma abordagem mais econômica para o manejo da sarna. A literatura sugere que a aplicação de fungicidas químicos somente quando necessário, com base em dados de monitoramento e previsão, reduz o número de aplicações e, conseqüentemente, os custos associados (Santos *et al.*, 2018). Além disso, o controle mais eficaz da doença a partir dessas abordagens resulta em menos perda de frutos e melhora a qualidade da produção, o que pode impactar positivamente na rentabilidade (Zhao *et al.*, 2018).

Na presente pesquisa, todos os agricultores utilizam fungicidas químicos para o controle da sarna, correspondendo a uma média de 20 aplicações/safra, e a aquisição dos mesmos geralmente é baseada nas recomendações dos RTs em detrimento a outras. Há recomendações de que o número médio de aplicações anuais de fungicidas químicos no Brasil para controlar a sarna da macieira varia de 8 a 15 (Kvitschal; Couto; Leite, 2022). No entanto, este número pode variar com base em fatores como a severidade da doença, condições climáticas e o tipo de fungicida utilizado (Rossouw, McLeod; Fourie, 2016). Regiões com alta umidade e chuvas frequentes como São Joaquim/SC, podem necessitar de aplicações mais frequentes de fungicidas químicos.

Dentre os fungicidas mais utilizados para o manejo da doença, o Mancozeb tem destaque. Segundo Ahangar *et al.* (2019), este fungicida químico tende a ser mais acessível em termos de custo, o que é um fator importante para muitos agricultores, especialmente os de pequena e média escala. Outro motivo que também está associado o uso do produto, é que este tem sido usado há décadas, e muitos agricultores confiam na sua eficácia baseada em uma longa história de uso e em recomendações de práticas agrícolas (Rosenberger; Cox, 2012). Entretanto, apesar de muito utilizado no Brasil, no ano de 2020, a comercialização do produto foi proibido na União Européia (UE, 2021), devido ao efeito de desregulação endócrina que o fungicida pode ocasionar em indivíduos expostos, interferindo no desbalanceamento do

sistema endócrino. Além disso, a Comissão Europeia, juntamente com a Autoridade Europeia para a Segurança Alimentar (EFSA) reconheceram que o Mancozeb apresenta alto risco de contaminação para aves, mamíferos, artrópodes, e organismos aquáticos (UE, 2021).

Na presente pesquisa, além do Mancozeb, outros fungicidas também são muito usados pelos produtores de maçã, como Captana e o Pirimetanil. O fungicida Captana tem sido comparado ao Mancozeb em termos de eficiência quando aplicado preventivamente, mantendo o controle da doença (Balaž; Knežević, 2003). O Pirimetanil, tem sido eficaz no controle de sarna da maçã, oferecendo boa proteção sistêmica. Estudo mostra que ele pode ser muito eficiente, especialmente quando usado em combinação com outros produtos para evitar resistência e garantir uma proteção mais completa (Lahlali *et al.*, 2019). Na presente pesquisa, além do alto uso destes fungicidas específicos, de acordo com os produtores, estes ainda possuem uma alta eficiência no controle da sarna da maçã.

Nos resultados desta pesquisa, grande parte dos produtores de maçã destacou que o manejo da sarna está sendo menos difícil ao longo dos anos. Em algumas pesquisas, alguns autores revelam alguns possíveis motivos, dentre os quais podem ser citados: a partir dos dados de pesquisas científicas, profissionais, técnicos e os agricultores tem desenvolvido um conhecimento maior sobre o ciclo de vida do fungo e as melhores condições para seu crescimento o que facilita a tomada de decisão para a escolha dos métodos de controle mais adequados (Pramanik *et al.*, 2020; Muchhadiya *et al.*; 2022; García-Carrasco *et al.*, 2023). No entanto, é preciso salientar a importância das boas práticas agrícolas no campo, tais como rotatividade de princípios ativos, atualização constante sobre novos produtos e métodos de controle dentre outras, para manter este cenário e para garantir o manejo sustentável da doença.

Neste sentido, esta pesquisa também mostra que os agricultores utilizam produtos para aumentar a eficácia dos fungicidas químicos, principalmente aminoácidos, fosfitos e adjuvantes, cuja percepção dos mesmos sobre a eficácia varia entre os agricultores e produtos usados. A eficácia de tais produtos depende, dentre outros fatores, da aplicação e do manejo adequados. Carvalho *et al.* (2020) destacam que a aplicação inadequada pode limitar os benefícios esperados desses produtos. Se os Responsáveis Técnicos e produtores não aplicarem os produtos de acordo com as recomendações ou se houver variações nas práticas de manejo, a eficácia pode ser comprometida, havendo incremento apenas no custo de produção e mais sobrecarga ambiental.

Quanto aos nanoencapsulados para o controle da sarna da maçã, é notável que os agricultores ainda não estão familiarizados com tal tecnologia e seus benefícios específicos.

Apesar de ser uma área de interesse crescente, ainda enfrenta algumas barreiras que podem explicar por que muitos agricultores ainda não adotam essas tecnologias. Algumas pesquisas, como a de Manjunatha *et al.* (2016) apontam que estes produtos tendem a ter um custo mais alto em comparação com os fungicidas químicos tradicionais, o que pode ser uma barreira significativa ao uso, especialmente para pequenos produtores ou aqueles que operam com margens de lucro mais estreitas (Martins *et al.*, 2022).

Isto vai em consonância com os resultados desta pesquisa, onde a maioria dos pesquisados informaram que não usariam tal tecnologia caso o custo fosse muito alto quando comparado ao controle com fungicidas químicos, por exemplo. Além disso, outro fator que pode ser limitante ao uso ainda de tais tecnologias, é que a maioria dos agricultores da região são pequenos produtores, e o investimento em tecnologias mais sofisticadas pode ser mais limitada a estes em comparação aos grandes produtores. Neste sentido, pesquisas abordam que agricultores que possuem maiores áreas de cultivo, normalmente são capazes de investir mais por conta de recursos financeiros (Johnson; Wilson, 2021; Kassam, 2019; Thompson, 2020), o que lhes permite experimentar novas tecnologias e inovações que podem exigir investimentos iniciais significativos para pesquisa e desenvolvimento (Brown; Green, 2022). Desta forma, esses produtores, podem ter mais acesso a fontes de informação e educação continuada sobre inovações tecnológicas no setor agrícola, como os produtos nanoencapsulados, por exemplo (Kassam, 2019; Thompson, 2020).

Ainda nesse aspecto, outro fator que pode ser limitante ao uso dos nanoencapsulados pode estar atrelada a faixa etária dos agricultores, nesta pesquisa, a maior parte dos agricultores estão numa faixa etária mais avançada. Diniz e Cerdan (2017), citam que agricultores com idade mais avançada, por possuírem métodos e práticas que foram passadas por gerações, são mais resistentes a mudanças, mesmo quando novas recomendações técnicas são apresentadas (Clark; Tilman, 2017; Castro, 2023; Dini, 2022). No presente estudo, isto foi evidente quando agricultores mais jovens mostraram mais conhecimento sobre novas tecnologias, como por exemplo, os produtos nanoencapsulados.

Por fim, os princípios ativos nanoencapsulados, seja com base em fungicida químico, biológico ou extratos de plantas representam uma inovação tecnológica avançada que envolve técnicas sofisticadas de química e ciência dos materiais. De acordo com Jones *et al.* (2019), a complexidade inerente à nanoencapsulação pode ser um obstáculo significativo para sua adoção, especialmente em um setor agrícola que tradicionalmente utiliza tecnologias menos complexas. A curva de aprendizado associada a essas novas tecnologias é acentuada, o que pode desmotivar Responsáveis Técnicos e produtores de se aprofundarem na

compreensão e implementação dessas soluções (Silva *et al.*, 2021), e conseqüentemente a falta de familiaridade com a natureza técnica da nanoencapsulação pode resultar em um desconhecimento generalizado sobre seus benefícios e aplicações. Além disso, é importante salientar que no Brasil, um outro fator ainda limitante ao uso destes produtos refere-se às questões legais, uma vez que, legislações específicas sobre o uso destes produtos ainda não existem. Bem como, ainda há carência de estudos científicos nesta área, seja em condições controladas ou que simulem condições reais.

Desta forma, é de extrema importância fomentar pesquisas científicas nesta área que mostrem o comportamento destes produtos em situações reais, e cujos resultados, caso mostrem eficiência, possam ser disseminados e quiçá utilizados como estratégia do manejo integrado da sarna da maçã e outras doenças da cultura.

CONCLUSÃO

De modo geral, a sarna da macieira é identificada pelos agricultores como a principal doença nos pomares de maçã da Serra Catarinense, sendo o tratamento com fungicida químico geralmente iniciado na brotação e o fungicida Mancozeb predominante para o controle, além disso, é comum o uso de aminoácidos para potencializar a eficácia dos fungicidas químicos.

Quanto ao uso de produtos alternativos para o controle da sarna, tais como, nanoencapsulados, o tema ainda é pouco conhecido e difundido entre os agricultores pesquisados, embora mostrem-se dispostos a utilizá-los, desde que sejam eficazes e que o custo não seja elevado. A disposição dos produtores para explorar novas soluções, como os produtos alternativos para o controle de doenças, é um sinal positivo, mas também evidencia a necessidade de maior investimento em pesquisa nesta temática, capacitação técnica, bem como, suporte e informação para a implementação eficaz de tais alternativas no manejo integrado de doenças da cultura.

REFERÊNCIAS

AHANGAR, M. A.; *et al.* Chemical management of apple scab under temperate agro-climatic conditions of Kashmir. **Pesticide Research Journal**, v. 31, n. 1, p. 28-33, 2019.

ARAÚJO, L.; *et al.* Doenças da macieira e da pereira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 37, n. 291, p. 61-74, 2016.

BALAŽ, J.; KNEŽEVIĆ, T. *Efficiency of more recent fungicides in control of apple*

scab and *powdery mildew*. **Pesticidi**, v. 18, n. 3, p. 175-185, 2003.

BOWEN, J. K.; *et al.* *Venturia inaequalis*: the causal agent of apple scab. **Molecular plant pathology**, v. 12, n. 2, p. 105-122, 2011.

BROWN, E. R.; GREEN, T. A. Nanoencapsulation in agriculture: an overview. **Agricultural Innovation Journal**, v. 34, n. 4, p. 678-695, 2022.

CARISSE, O.; DEWDNEY, M. A review of non-fungicidal approaches for the control of apple scab. **Phytoprotection**, v. 83, n. 1, p. 1-29, 2002.

CARVALHO, J. M.; *et al.* Eficácia de Produtos Adjuvantes em Fungicidas. **Ciência e Tecnologia**, v. 30, n. 4, p. 340-352, 2020.

CASTRO, M. L.; *et al.* Grape By-Products in Sustainable Cosmetics: Nanoencapsulation and Market Trends. **Applied Sciences**, v. 13, n. 16, p. 9168, 2023.

CLARK, M.; TILMAN, D. Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 6, p. 064016, 2017.

DAMOS, P.; ESCUDERO COLOMAR, L. A.; IORIATTI, C. Integrated fruit production and pest management in Europe: the apple case study and how far we are from the original concept?. **Insects**, v. 6, n. 3, p. 626-657, 2015.

DINI, I. Contribution of nanoscience research in antioxidants delivery used in nutricosmetic sector. **Antioxidants**, v. 11, n. 3, p. 563, 2022.

DINIZ, J. D. A. S.; CERDAN, C. Produtos da sociobiodiversidade e cadeias curtas: aproximação socioespacial para uma valorização cultural e econômica. **Cadeias curtas e redes agroalimentares alternativas. Negócios e mercados da agricultura familiar**, p. 259-280, 2017.

DOOLOTKELDIEVA, T.; BOBUSHEVA, S. Scab disease caused by *Venturia inaequalis* on apple trees in Kyrgyzstan and biological agents to control this disease. **Advances in Microbiology**, v. 7, n. 6, p. 450-466, 2017.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. Relatório de Eficiência do Sistema de Aviso para Maçãs. Florianópolis: Epagri, 2020.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. Relatório técnico de atividades 2017-2018: Epagri, **Documentos**. 2019.

EVARISTO, A.; *et al.* Pesticides and farmers' health: an analysis of variables related to management and property. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, n. 2, p. e20211335, 2022.

EUROPEAN UNION - UE. Commission Implementing regulation (UE) 2021/745 of 6 may 2021.

FASOLIN, L. H.; *et al.* Biscoitos produzidos com farinha de banana: avaliações química, física e sensorial. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 524-529, 2007.

FERREIRA, J. R.; COSTA, N. A. Compliance and Quality in Apple Production: The Influence of Technical Supervision. **Journal of Food Quality and Safety**, v. 54, n. 1, p. 67-80, 2018.

GARCÍA-CARRASCO, M.; *et al.* Potential agricultural uses of micro/nano encapsulated chitosan: a review. **Macromol**, v. 3, n. 3, p. 614-635, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Censo Agropecuário. Produtores rurais. 2017.

JIANG, L.; *et al.* Evaluation of Pydiflumetofen for Control of Apple Scab. **Crop Protection**, v.130, 105014, 2020.

JOHNSON, M. R.; WILSON, K. L. Adoption of precision agriculture technologies and their impact on farm productivity. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

JONES, P. L.; *et al.* Inovações em Nanoencapsulação e Seus Desafios. **Journal of Agricultural Innovations**, v. 12, n. 1, p. 34-47, 2019.

KASSAM, A. H. Adoption of agricultural innovations and technology transfer. 2. ed. Oxford:Oxford University Press, 2019.

KHAN, A. I.; *et al.* Deep diagnosis: A real-time apple leaf disease detection system based on deep learning. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 198, p. 107093, 2022.

KVITSCHAL, M. V.; COUTO, M.; LEITE, G. B. Necessidade da diversificação de cultivares na cadeia produtiva da maçã no Brasil. **Agropecuária Catarinense**, v. 35, n. 3, p. 7-10, 2022.

LAHLALI, R.; *et al.* Severidade da doença da sarna da macieira na região de sais, Marrocos, e sua sensibilidade a três fungicidas comerciais. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 11, n. 2, p. 249-257, 2019.

LÓPEZ-CRUZ, A.; *et al.* Impact of Technical Assistance on Agricultural Productivity: A Case Study of Apple Production. **Journal of Agricultural Science**, v. 58, n. 2, p. 112-125, 2021.

MANJUNATHA, S. B.; *et al.* Nanotechnology and its applications in agriculture: A review. **J farm Sci**, v. 29, n. 1, p. 1-13, 2016.

MARTÍNEZ, É.; ALANIZ, S.; MONDINO, P. Dinâmica de liberação de ascósporos de *Venturia inaequalis* no Uruguai. **Fitopatologia Tropical**, v. 4, pág. 414-421, 2021.

MARTINS, A. S.; *et al.* Comparação de Sistemas de Aviso na Agricultura. **Engenharia Agrícola**, v. 39, n. 1, p. 77-85, 2019.

MARTINS, V. F. R.; *et al.* Valorisation of micro/nanoencapsulated bioactive compounds from plant sources for food applications towards sustainability. **Foods**, v. 12, n. 1, p. 32,

2022.

MORELLO, L.; *et al.* Disposal of pesticide wastes in apple orchards in the south of Brazil and its compliance with current legislation. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 10, p. 140, 2019.

MUCHHADIYA, R. M.; *et al.* Weed management with the use of nano-encapsulated herbicide formulations: A review. **J. Pharm. Innov**, v. 11, p. 2068-2075, 2022.

OKORO, C. A.; EL-HASAN, A.; VOEGELE, R. T. Integrating Biological Control Agents for Enhanced Management of Apple Scab (*Venturia inaequalis*): Insights, Risks, Challenges, and Prospects. **Agrochemicals**, v. 3, n. 2, p. 118-146, 2024.

OLIVEIRA, S. V.; *et al.* Exposição a agrotóxicos e possíveis sintomas de intoxicação aguda em pomicultores no sul do Brasil. **Saúde (Santa Maria)**, 2022.

POMMER, C. V.; BARBOSA, W. O impacto do melhoramento genético na produção de frutas em climas quentes do Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, p. 612-634, 2009.

PRADO, J. A. F.; *et al.* Exposição de trabalhadores rurais aos agrotóxicos. **Gaia Scien**, v. 15, n. 1, p. 141-57, 2021.

PRAMANIK, P.; *et al.* Application of nanotechnology in agriculture. **Environmental Nanotechnology Volume 4**, p. 317-348, 2020.

ROSENBERGER, D.; COX, K. Managing apple scab in high inoculum orchards. **Fruit Notes**, v. 77, p. 16-19, 2012.

ROSSOUW, C. J.; MCLEOD, A.; FOURIE, P. H. **Mancozeb rainfastness and residue thresholds for control of *Venturia inaequalis***. 2016. 82f. Dissertação de Mestrado em Ciências Agrárias - Universidade Stellenbosch, África do Sul, 2016.

SANTOS, A.; *et al.* O Impacto dos Sistemas de Alerta na Eficiência do Uso de Recursos na Agricultura. **Agricultural Systems**, v. 166, p. 53-62, 2018.

SILVA, T. M.; *et al.* Impactos dos Fungicidas na Saúde e Meio Ambiente. **Jornal Brasileiro de Saúde Pública**, v. 44, n. 1, p. 89-99, 2021.

SPANAVELLO, R. M.; *et al.* A migração juvenil e implicações sucessórias na agricultura familiar. **Revista de Ciências Humanas**, v. 45, n. 2, 2012.

THOMPSON, P. A. Technology adoption in large-scale agricultural operations. **São Paulo: Editora Universitária**, 2020.

TRABAQUINI, K.; *et al.* Identificação e espacialização dos pomares de maçã utilizando dados de sensoriamento remoto no estado de Santa Catarina-Brasil. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 60, n. 44, 2021.

WILSON, J. K.; *et al.* Best management practices for pollinator protection in US apple production. **Promovendo polinização e polinizadores na agricultura** (eds. P. Kevan, S. Chen). **Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, Reino Unido**, p. 341-358, 2023.

ZAGO, N. Migração rural-urbana, juventude e ensino superior. **Revista brasileira de educação**, v. 21, n. 64, p. 61-78, 2016.

ZHAO, J.; *et al.* Impact of Fungicide Applications on Apple Fruit Quality and Yield. **Journal of Horticultural Science**, v. 93, n. 4, p. 104-112, 2018.

4.2 Artigo II

FUNGICIDAS BIOLÓGICOS E ÓLEOS ESSENCIAIS NANOENCAPSULADOS NO CONTROLE DA SARNA DA MACIEIRA

RESUMO

A maçã é uma das frutas de clima temperado mais importantes no Brasil. Entretanto, durante o seu cultivo, ocorrem problemas fitossanitários relacionados a doenças e pragas, destacando-se a sarna da maçã (SDM) causada pelo fungo *Venturia inaequalis*. O controle da doença é predominantemente feito com fungicidas químicos, mas o uso intensivo pode acarretar riscos à saúde humana, animal e ambiental no contexto da Uma só Saúde. Alternativas como os fungicidas biológicos e óleos essenciais nanoencapsulados de plantas podem ser opções sustentáveis e eficazes para controlar a doença. O objetivo deste estudo foi testar a eficácia de fungicidas biológicos e óleos essenciais nanoencapsulados no controle da sarna da macieira. O experimento foi conduzido em um pomar de macieira distribuído na forma de blocos casualizados com quatro repetições, localizado na área experimental da Epagri/SJ/SC. Foram utilizados dois tratamentos constituídos de óleos essenciais nanoencapsulados de eucalipto e de laranja e três com fungicidas biológicos: *Bacillus pumilus*, *Bacillus velezensis* e *Bacillus subtilis*; *Bacillus amyloliquefaciens* e *B. subtilis* além do controle positivo com uso do Mancozeb para comparação com os demais tratamentos, e o controle negativo sem nenhuma aplicação. As folhas e frutos foram infectados naturalmente por *V. inaequalis*. Foi realizada oito pulverizações por ciclo com intervalos de sete a dez dias antes de períodos chuvosos. A avaliação da sarna foi determinada pela incidência da doença em 10 folhas/ramo e 20 frutos/planta sendo que nos 20 frutos, foi avaliada a severidade do “Russeting”. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e posteriormente a comparação de médias pelo teste de Duncan ao nível de significância de $p \leq 0,05\%$ utilizando o Programa estatístico Statistica. Os resultados demonstraram que os fungicidas biológicos apresentaram eficiência de 40 à 75% no índice de controle (IC) sobre a incidência da SDM em folhas e frutos, bem como, não aumentaram a severidade do “Russeting”. Já os óleos essenciais nanoencapsulados reduziram de 70 à 85% a incidência da sarna da macieira (SDM) em frutos no ciclo 2022/2023, contudo, diferentemente dos fungicidas a base de *Bacillus* que

apresentaram baixa severidade do “Russeting” (10 à 30%), os óleos essenciais causaram alta severidade do distúrbio de 20 à 85%, necessitando mais pesquisas com diferentes doses, formulações, posicionamentos e cultivares. De qualquer forma, os resultados apontam, que fungicidas biológicos e óleos essenciais nanoencapsulados à base de eucalipto e laranja podem se constituir em ferramenta para o manejo integrado da sarna da macieira.

Palavras-chave: *Malus domestica*. *Venturia inaequalis*. Nanotecnologia.

ABSTRACT

The apple is one of the most important temperate climate fruits in Brazil. However, during its cultivation, there are phytosanitary problems related to diseases and pests, in particular apple scab caused by the fungus *Venturia inaequalis*. The disease is predominantly controlled with chemical fungicides, but intensive use can lead to risks to human, animal and environmental health in the context of One Health. Alternatives such as biological fungicides and nanoencapsulated essential oils from plants could be sustainable and effective options for controlling the disease. The aim of this study was to test the effectiveness of biological fungicides and nanoencapsulated essential oils in controlling apple scab. The experiment was conducted in an apple orchard in a randomized block design with four replications, located in the experimental area of Epagri/SJ/SC. Two treatments were used, consisting of nanoencapsulated eucalyptus and orange essential oils and three with biological fungicides: *Bacillus pumilus*, *Bacillus velezensis* and *Bacillus subtilis*; *Bacillus amyloliquefaciens* and *B. subtilis*, as well as a positive control using Mancozeb to compare with the other treatments, and a negative control without any application. The leaves and fruit were naturally infected by *V. inaequalis*. Eight sprays were carried out per cycle at intervals of seven to ten days before rainy periods. The assessment of scab was determined by the incidence of the disease on 10 leaves/stem and 20 fruits/plant, and the severity of “Russeting” was assessed on the 20 fruits. The data obtained was submitted to analysis of variance (ANOVA), and then the means were compared using Duncan's test at a significance level of $p \leq 0.05\%$ using the Statistica statistical program. The results showed that the biological fungicides had an efficiency of 40 to 75% in the control index (CI) on the incidence of SDM on leaves and fruit, as well as not increasing the severity of “Russeting”. The nanoencapsulated essential oils reduced the incidence of apple scab on fruit by 70 to 85% in the 2022/2023 cycle. However, unlike the *Bacillus*-based fungicides, which had a low severity of “Russeting” (10 to 30%), the essential

oils caused a high severity of the disorder (20 to 85%), requiring further research with different doses, formulations, placements and cultivars. In any case, the results show that biological fungicides and nanoencapsulated essential oils based on eucalyptus and orange could be a tool for the integrated management of apple scab.

Key-words: *Malus domestica*. *Venturia inaequalis*. Nanotechnology.

INTRODUÇÃO

A maçã é uma das frutas de clima temperado mais importantes no Brasil (Petri *et al.*, 2011). A cultura da macieira representa papel importante na economia brasileira, principalmente na região Sul, sendo Santa Catarina responsável por cerca de 50% a 60% da produção da fruta no país, seguida pelo Rio Grande do Sul (Bittencourt *et al.*, 2011). Entretanto, durante o seu cultivo, ocorrem problemas fitossanitários relacionados a doenças e pragas, destacando-se a sarna da maçã (SDM) causada pelo fungo *Venturia inaequalis*, que pode provocar depreciação na qualidade do fruto, redução do valor comercial e aumento dos custos de produção (Araujo *et al.*, 2016).

Dentre os métodos de controle mais utilizados para o manejo da doença, está o controle químico realizado principalmente com o uso de fungicidas protetores, curativos e erradicantes aplicados durante todo o ciclo (EPAGRI, 2002). O número de aplicações durante a safra da maçã pode variar dependendo de vários fatores, visto que cada cultivo possui necessidades específicas com base como clima, histórico de doenças, práticas de manejo e variedades cultivadas (Turechek, 2004). No entanto, no Brasil os fungicidas multissítios são pulverizados um a dois dias antes de um período chuvoso, para proteger os tecidos da macieira contra a infecção de patógenos, devido a períodos prolongados de molhamento foliar, altas temperaturas e umidade relativa na primavera e no verão, resultando entre 30 a 40 aplicações de agrotóxicos nos pomares ao longo do ciclo produtivo (Oliveira *et al.*, 2022).

Contudo, apesar de eficiente, o uso intensivo de agrotóxicos, como os fungicidas químicos, podem trazer riscos à saúde humana, animal e ao meio ambiente (Alengebawy *et al.*, 2021), como a contaminação do solo e dos sistemas hídricos na perspectiva da Uma só Saúde. Também existem os efeitos colaterais dos agrotóxicos, incluindo desequilíbrios populacionais de inimigos naturais e a possível resistência das pragas a estes produtos (Carvalho *et al.*, 2019). Ainda, há exposição aos agrotóxicos aos indivíduos diretamente expostos, tais como, aplicadores, trabalhadores e agricultores, o que pode provocar riscos de intoxicação, e que muitas vezes não são notificadas (Evaristo *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*,

2022).

Desta forma, para minimizar os riscos de exposição humana, animal e ambiental, uma das alternativas para o controle químico no manejo da sarna, é o controle biológico a partir do uso de fungicidas biológicos (Ons *et al.*, 2020). Um destes produtos é o fungo antagonista *Cladosporium cladosporioides*, que tem sido estudado por sua eficácia no controle de *V. inaequalis* (Köhl *et al.*, 2015). Ainda, produtos a base de *Bacillus thuringiensis*, que produz toxinas que são letais para várias espécies de insetos, como as proteínas Cry (proteínas cristalinas), incluindo algumas larvas de mariposas que podem se alimentar da casca da maçã, favorecem a penetração de fungos causadores de podridões (Sharma, 2020).

Também, o *Bacillus subtilis*, conhecido por produzir compostos antibióticos, como a Subtilina e a Bacilomicina, que inibem o crescimento de fungos patogênicos, é eficaz contra diversas doenças, como a sarna da maçã (Nakkeeran *et al.*, 2019); *Trichoderma spp.*, também é utilizado no controle biológico devido à sua capacidade de parasitar outros fungos e produzir enzimas que degradam as paredes celulares dos patógenos, este podendo ser usado para controlar a podridão da raiz (Dendouga; Boureghda; Belhamra, 2016). Ainda, *Ampelomyces quisqualis*, utilizado contra o oídio, um fungo comum em macieiras (Kumhar, 2023). No entanto, apesar do controle biológico já ser uma ferramenta usada algum tempo, ainda se faz necessário investigar a eficiência de produtos especificamente para o controle da sarna da macieira.

Outra alternativa ao controle da sarna da macieira, são os óleos essenciais, os quais tem sido explorado em diversas áreas, incluindo a agricultura, devido às suas propriedades antimicrobianas, antifúngicas e inseticidas (Jampílek; Králova, 2015). Por exemplo, o óleo de cravo e tomilho, possuem propriedades antifúngicas devido ao seu alto teor de eugenol (Pereira; Maia, 2007), além de permitir uma melhor proteção das plantas contra doenças fúngicas, como manchas foliares da macieira. No entanto, alguns destes produtos podem ter eficiência reduzida devido a sua capacidade rápida de dispersão e evaporação, uma vez que, na maioria das vezes, são voláteis (Jafari *et al.*, 2008). Deste modo, com intuito de melhorar problemas de volatilidade, uma alternativa é proteger esses compostos em matrizes poliméricas, produzindo compostos nanoencapsulados, por exemplo.

Neste sentido, vem sendo explorado na agricultura técnicas de nanotecnologia, inclusive na cultura da macieira (Rocha; De Almeida Campos, 2021), tais como, a encapsulação de fungicidas, inseticidas, e até nutrientes, os quais são incorporados em matrizes de liberação lenta, melhorando o tempo de ação dos referidos produtos sobre seus alvos. Neste sentido, alguns óleos essenciais a base de óleo de melaleuca, quando encapsulado,

podem inibir o crescimento do fungo causador da sarna da macieira além reduzir a incidência de podridão durante o armazenamento, preservando a qualidade das frutas (Das; Ghosh; Mukherjee, 2021).

Desta forma, o objetivo desta pesquisa foi testar a eficácia de fungicidas biológicos e óleos essenciais nanoencapsulados no controle da sarna da macieira.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo, caracterizado como experimental e de campo, foi realizado no município de São Joaquim, o qual está localizado no estado de Santa Catarina, com uma latitude de 28°17'38" Sul e a uma longitude de 49°55'54" Oeste, estando a uma altitude de 1.354 metros. Foi usado um pomar de macieira copa 'Gala' enxertada sobre o porta-enxerto 'Maru-bakaido'. O solo do campo experimental é classificado como Cambissolo Húmico e as mudas foram plantadas no inverno de 2011. O espaçamento utilizado foi de 1,5m entre plantas e 4,5m entre linhas (população final de 1.482 plantas por hectare). As plantas foram conduzidas no sistema líder central, sem sistema de sustentação.

O experimento foi distribuído na forma blocos casualizados com quatro repetições, sendo que uma planta representou uma unidade experimental (uma repetição). Deste modo, cada tratamento foi composto por quatro plantas pulverizadas com o produto correspondente.

Foram realizadas oito pulverizações por ciclo com intervalos de sete a dez dias antes de períodos chuvosos. Foram utilizados seis tratamentos, sendo dois constituídos de óleos essenciais nanoencapsulados e três com fungicidas biológicos, além do controle positivo com uso de um fungicida químico de contato para comparação, além do controle negativo sem nenhuma aplicação. Os tratamentos utilizados nos ciclos 2022/2023 e 2023/2024, bem como, marcas e doses são descritos a seguir:

No ciclo 2022/2023: 01) Concentração de 0,01 g/mL de óleo essencial de eucalipto nanoencapsulado em matrizes de zeína; 02) Concentração de 0,01 g/mL de óleo essencial de casca de laranja nanoencapsulado em matrizes de zeína; 3) Fungicida biológico a base de *Bacillus pumilus*, *Bacillus velezensis* e *Bacillus subtilis* 7,5 ml (Dose por 10 L); 4) Fungicida biológico a base de *Bacillus amyloliquefaciens* (Duravel®) 5g (Dose por 10 L); 5) *Bacillus subtilis* (BSU) (Serenade) 20 ml (Dose por 10 L); 6) Controle positivo com fungicida Mancozeb (Dithane® NT) 35g (Dose por 10 L) e 7) Controle negativo sem aplicação.

No ciclo 2023/2024: 01) Concentração de 0,005 g/mL de óleo essencial de eucalipto nanoencapsulado; 02) Concentração de 0,005 g/mL de óleo essencial de casca de laranja

nanoencapsulado; 3) Fungicida biológico a base de *B. pumilus*, *B. velezensis* e *B. subtilis* 7,5 ml (Dose por 10 L); 4) Fungicida biológico a base de *B. amyloliquefaciens* (Duravel®) 5g (Dose por 10 L); 5) *B. subtilis* (BSU) (Serenade) 20 ml (Dose por 10 L); 6) Controle positivo com fungicida Mancozeb (Dithane® NT) 35g (Dose por 10 L) e 7) Controle negativo sem aplicação.

Para a obtenção dos sistemas nanoencapsulados foi realizado os seguintes procedimentos:

Síntese e caracterização das nanocápsulas.

Nanocápsulas de zeína carregadas com óleo essencial de eucalipto e óleo de casca de laranja foram preparadas pelo método de nanoprecipitação, de acordo com metodologia descrita por Da Rosa *et al.* (2020). A solução de zeína foi preparada dissolvendo 20 mg. mL⁻¹ de zeína em 10 mL de uma solução aquosa de etanol (85 % v/v), e mantida sob agitação magnética durante 15 h. Posteriormente, 100 mg de cada óleo essencial foram adicionados nas soluções de zeína. As soluções de zeína contendo os óleos essenciais (10 mL) foram dispersas em 30 mL de solução aquosa do surfactante Pluronic F68 (1,5 % m/v) em homogeneização em Ultra Turrax (Modelo T25, IKA-Works, Inc., Cincinnati) a 1000 rpm por 3 minutos. Posteriormente o etanol foi evaporado em capela com exaustão por 15 h.

Para confirmar a síntese das nanocápsulas foi realizado posteriormente as caracterizações físico-químicas de eficiência de encapsulação de acordo com metodologia descrita por Da Rosa *et al.* (2020), tamanho médio de partícula pela técnica de Espalhamento de Luz Dinâmico (DLS) e morfologia por Microscopia Eletrônica de Transmissão (MET).

Para a pulverização dos produtos nas plantas foi utilizado uma lança com ponteira de 3 bicos Yamaha D-6 (vazão de 1,16L min.⁻¹) acoplada a um pulverizador estacionário de acionamento por motor de combustão interna e bomba regulado na pressão de 200lb pol⁻², com volume de calda de 1.000L ha⁻¹. As datas das pulverizações dos tratamentos no ciclo 2022/2023 foram: 08/09/2022; 15/09/2022; 21/09/2022; 28/09/2022; 05/10/2022; 13/10/2022; 18/10/2022 e 26/10/2022. Já no ciclo 2023/2024 foram nos dias 03/11/2022; 27/09/2023; 28/09/2023; 03/10/2023; 10/10/2023; 18/10/2023; 25/10/2023; 01/11/2023 e 08/11/2023.

Para a avaliação da sarna após as pulverizações, foram selecionados 10 ramos terminais ao acaso por planta, determinando-se a incidência da doença em 10 folhas/ramo. Também foram coletados aleatoriamente 20 frutos/planta no final do mês de novembro de cada ano (Araujo *et al.*, 2020), e avaliado a severidade do distúrbio fisiológico do “Russeting” de acordo com cinco classes propostas por Camilo e Denardi (2001), conforme descrito: 1- ausência de

“Russeting”, sendo tolerado somente aquele restrito à cavidade peduncular; 2 - presença de “Russeting” não superando 10% da superfície do fruto; 3 - incidência de “Russeting” entre 10% e 30 % da superfície do fruto; 4 - incidência de “Russeting” entre 30% e 50% da superfície do fruto; 5 - incidência de “Russeting” superior a 50% da superfície do fruto.

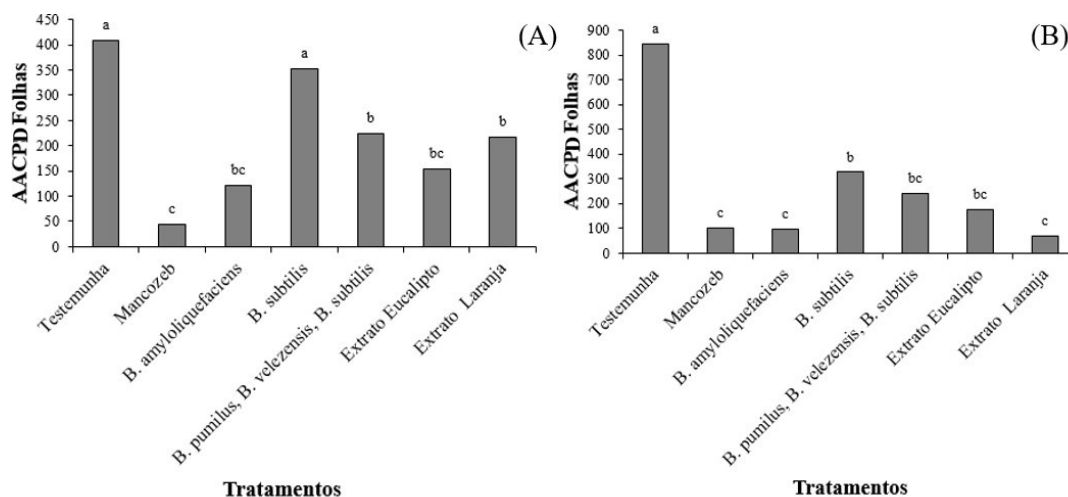
Para a análise, após verificar a homogeneidade e normalidade dos dados, estes foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e posteriormente a comparação de médias pelo teste de Duncan ao nível de significância de $p \leq 0,05\%$ utilizando o Programa estatístico Statistica.

RESULTADOS

Nesta pesquisa foram utilizados dois tratamentos com óleos essenciais nanoencapsulados, sendo um de eucalipto e outro de laranja, bem como três fungicidas biológicos, *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* e mix de *Bacillus* (*B. pumilus*, *B. velezensis* e *B. subtilis*). Os resultados mostraram que o fungicida biológico *B. amyloliquefaciens* reduziu a incidência da sarna da maçã em frutos em 85% (ciclo 2022/2023), e 65% no ciclo 2023/2024, e não aumentou a severidade do “Russeting”. O mesmo aconteceu com os óleos essenciais nanoencapsulados na redução da incidência da doença em frutos (70 à 85% e 45 à 65% em ambos os ciclos), entretanto, estes aumentaram a severidade do distúrbio nos dois ciclos.

Em relação a área abaixo da curva de progresso da incidência da doença (AACPD) em folhas, na Figura 11, pode-se perceber que o óleo essencial de eucalipto e o *B. amyloliquefaciens* apresentaram índices de 110 à 150 de AACPD, os quais podem ser comparados de forma equivalente com o fungicida Mancozeb (40) no ciclo de 2022/2023 (Figura 11A). Os tratamentos mix de *Bacillus* e óleo essencial de laranja apresentaram o valor de 210 na AACPD da doença, sendo inferiores aos da testemunha (400). No ciclo 2023/2024 (Figura 11B) o tratamento biológico de *B. amyloliquefaciens* e o nanoencapsulado de eucalipto apresentaram índices de 100 à 150 de AACPD e foram semelhantes ao fungicida químico (100). O mix de *Bacillus* apresentou os mesmos valores de AACPD do ciclo anterior (210), porém neste ciclo, o nanoencapsulado de laranja mostrou-se mais eficiente (AACPD 70).

Figura 11 – Área abaixo da curva de progresso da incidência da doença em folhas de plantas de macieira do cultivar ‘Gala’ submetidas a diferentes tratamentos com *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, mix de *Bacillus* (*B. pumilus*, *B. velezensis* e *B. subtilis*), e óleo essencial de eucalipto e laranja, antes de períodos chuvosos e infectadas por *V. inaequalis* em condições de campo nos ciclos 2022/2023 (A) e 2023/2024 (B).



Fonte: Produção da própria autora.

Como demonstrado na Tabela 10, no que se refere ao índice de controle sobre a AACPD no ciclo 2022/2023, o tratamento biológico com *B. amyloliquefaciens* se mostrou tão eficiente (70%), quanto o fungicida Mancozeb (90%), sendo que este fungicida biológico não diferiu de ambos os óleos essenciais. No ciclo 2023/2024, os resultados foram semelhantes ao ciclo anterior, sendo que os índices de controle da sarna obtidos com os nanoencapsulados de eucalipto e laranja (80% e 95%) foram semelhantes ao efeito do Mancozeb e do *B. amyloliquefaciens* (90%).

Tabela 10 – Índice de controle (IC) sobre a área abaixo da curva de progresso da doença em folhas (%) de plantas de macieira do cultivar ‘Gala’ submetidas a difrentes tratamentos com *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, mix de *Bacillus* (*B. pumilus*, *B. velezensis* e *B. subtilis*), e óleo essencial de eucalipto e laranja, antes de períodos chuvosos e infectadas por *V. inaequalis* em condições de campo nos ciclos 2022/2023 (A) e 2023/2024 (B).

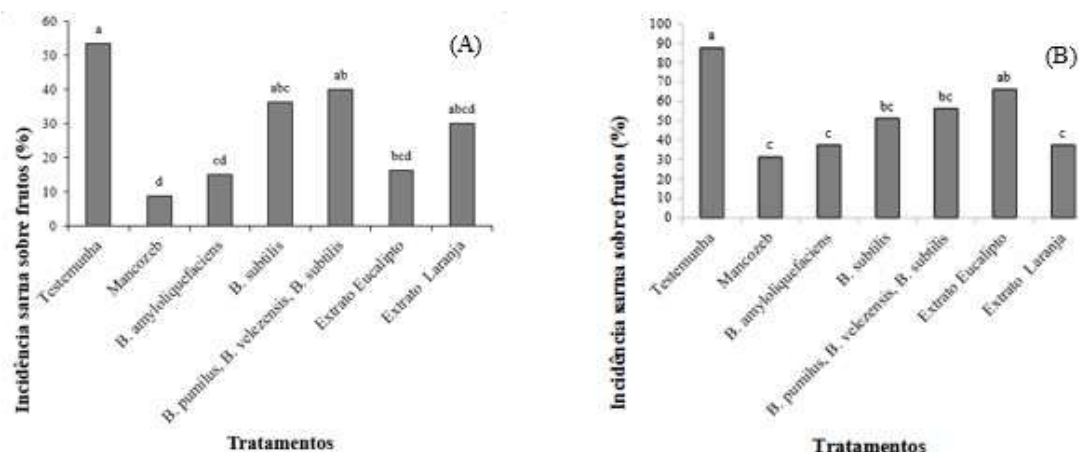
Tratamentos	Índice de controle (IC) sobre AACPD em folhas (%)
Ciclo 2022/2023	
Testemunha	0
Mancozeb	90%
<i>B. amyloliquefaciens</i>	70%
<i>B. subtilis</i>	25%
Mix of <i>B. pumilus</i> , <i>B. velezensis</i> e <i>B. subtilis</i>	45%
Óleo de eucalipto	60%
Óleo de laranja	45%
Ciclo 2023/2024	
Testemunha	2%
Mancozeb	90%
<i>B. amyloliquefaciens</i>	90%
<i>B. subtilis</i>	60%
Mix of <i>B. pumilus</i> , <i>B. velezensis</i> e <i>B. subtilis</i>	70%

Óleo de eucalipto	80%
Óleo de laranja	95%

Fonte: Produção da própria autora.

De acordo com a Figura 12, dentre os produtos utilizados durante o ciclo 2022/2023 (Figura 12A), o *B. amyloliquefaciens* e o óleo essencial de eucalipto mostraram níveis de incidência da doença (15% cada) semelhantes ao controle positivo (10%) em frutos. Em contraste, no ciclo 2023/2024 (Figura 12B), o nanoencapsulado de laranja (35%) e o tratamento biológico *B. amyloliquefaciens* (35%) foram os que mostraram menores valores de incidência de sarna em frutos. Já em relação aos demais tratamentos, no ciclo de 2022/2023, o mix de *Bacillus* e o *B. subtilis*, apresentaram incidência de 40% e 35%, respectivamente, semelhante aos frutos da testemunha não tratada (55%), diferentemente do observado no ciclo 2023/2024.

Figura 12 – Incidência da sarna sobre frutos (%) de plantas de macieira do cultivar ‘Gala’ submetidas a diferentes tratamentos com *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, mix de *Bacillus* (*B. pumilus*, *B. velezensis* e *B. subtilis*), e óleo essencial de eucalipto e laranja, antes de períodos chuvosos e infectadas por *V. inaequalis* em condições de campo nos ciclos 2022/2023 (A) e 2023/2024 (B).



Fonte: Produção da própria autora.

Como observado na Tabela 11, em relação ao índice de controle (IC) sobre a incidência da sarna em frutos no ciclo de 2022/2023, os tratamentos que apresentaram melhores resultados foram o *B. amyloliquefaciens* (75%) e o nanoencapsulado de eucalipto (70%), que foram semelhantes ao fungicida Mancozeb (85%). Já no ciclo de 2023/2024, o *B. amyloliquefaciens* (55%), *B. subtilis* (40%) e o óleo essencial de laranja (55%), se mostraram tão eficazes quanto o controle positivo (65%).

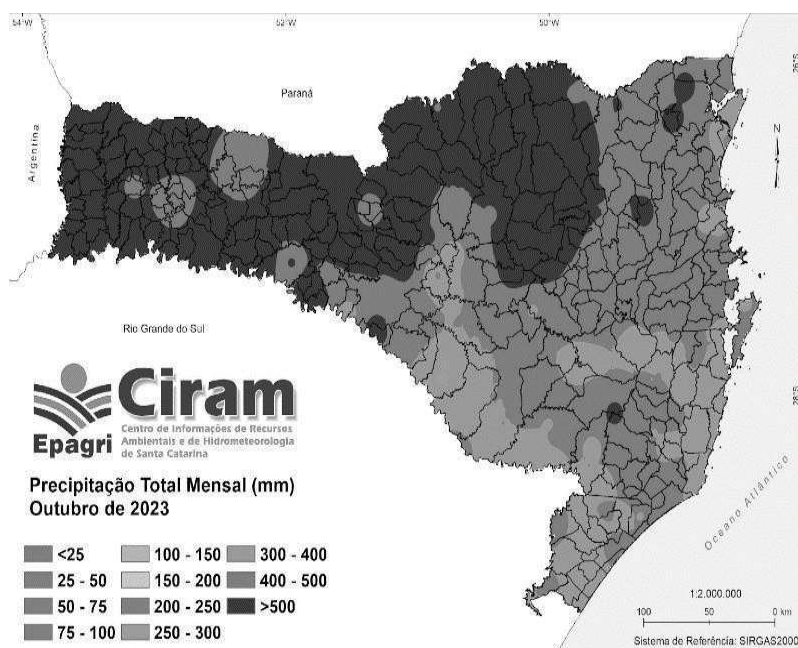
Tabela 11 – Índice de controle (IC) sobre incidência da sarna em frutos (%) de plantas de macieira do cultivar ‘Gala’ submetidas a diferentes tratamentos com *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, mix de *Bacillus* (*B. pumilus*, *B. velezensis* e *B. subtilis*), e óleo essencial de eucalipto e laranja, antes de períodos chuvosos e infectadas por *V. inaequalis* em condições de campo nos ciclos 2022/2023 (A) e 2023/2024 (B).

Tratamentos	Índice de controle (IC) sobre incidência da sarna em frutos (%)
Ciclo 2022/2023	
Testemunha	1%
Mancozeb	85%
<i>B. amyloliquefaciens</i>	75%
<i>B. subtilis</i>	40%
<i>B. pumilus</i> , <i>B. velezensis</i> e <i>B. subtilis</i>	40%
Óleo de eucalipto	70%
Óleo de laranja	50%
Ciclo 2023/2024	
Testemunha	
Mancozeb	65%
<i>B. amyloliquefaciens</i>	55%
<i>B. subtilis</i>	40%
<i>B. pumilus</i> , <i>B. velezensis</i> e <i>B. subtilis</i>	35%
Óleo de eucalipto	25%
Óleo de laranja	55%

Fonte: Produção da própria autora.

No presente estudo, entre 2022 e 2023, observaram-se muitas variações das condições climáticas, principalmente no mês de outubro de 2023 (Figura 13), quando foi registrado o fenômeno El Niño, o qual marcou o Sul do Brasil com chuvas fortes, com totais acima da média (EPAGRI, 2023). Ainda, de acordo com a EPAGRI (2023), dos dias 06 à 08 de outubro de 2023, em apenas 72 horas, as chuvas ficaram entre 100 mm e 150 mm em boa parte do estado de Santa Catarina chegando a 200 mm ou mais em São Joaquim/SC. O total mensal foi de 466,4 mm. Por conta das variações climáticas observadas durante o período dos experimentos, houve algumas variações no controle da sarna da macieira de um ciclo para outro.

Figura 13 – Total mensal de chuva (mm) em SC em outubro de 2023, EPAGRI 2023.

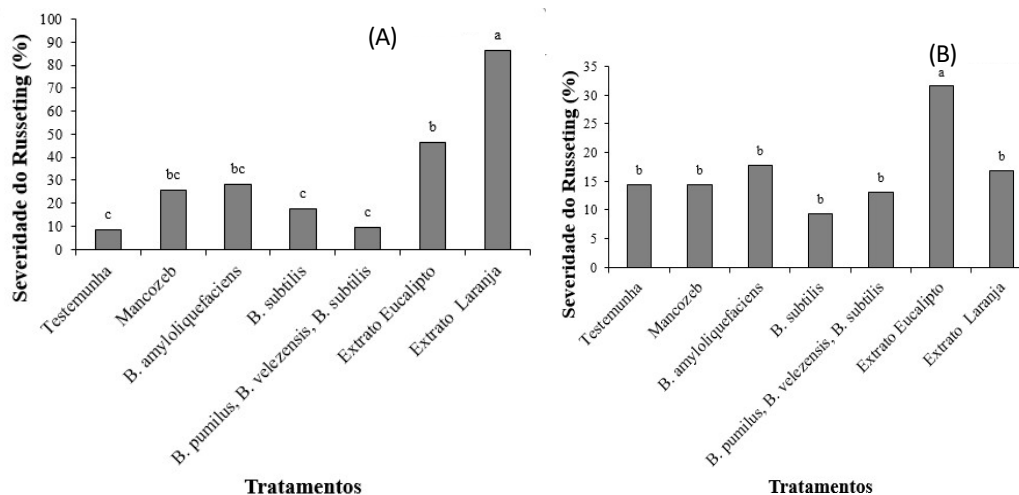


Fonte: EPAGRI, 2023.

Como mostrado na Figura 14, com relação a severidade do “Russeting”, no ciclo 2022/2023 (Figura 14A), se mostrou mais presente no óleo essencial de laranja (85%). Já no ciclo 2023/2024 (Figura 14B), do mesmo modo que no ciclo anterior, o “Russeting” se mostrou presente de forma mais intensa no produto nanoencapsulado relativo ao óleo essencial de eucalipto (30%). Já em relação aos fungicidas biológicos, estes não aumentaram a severidade do “Russeting”.

No ciclo 2023/2024, a dose dos óleos essenciais nanoencapsulados de eucalipto e laranja foram reduzidas pela metade, na tentativa de reduzir a severidade deste distúrbio, entretanto, não o suficiente para não afetar a qualidade dos frutos. Embora tenha sido observado que a diminuição nas doses dos óleos essenciais nanoencapsulados reduziu a severidade do “Russeting”, porém, não teve efeito sobre a redução de controle da sarna em folhas e frutos, no caso do óleo de laranja, porém o óleo de eucalipto com a diminuição da dose mostrou redução de controle, o que leva a crer que cada óleo nanoencapsulado tem uma característica e dose ótima para mostrarem seu melhor desempenho, assim, mais pesquisas para investigar cada situação isoladamente são necessárias.

Figura 14 – Severidade do “Russeting” (%) de plantas de macieira do cultivar ‘Gala’ submetidas a diferentes tratamentos com *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, mix de *Bacillus* (*B. pumilus*, *B. velezensis* e *B. subtilis*), e óleo essencial de eucalipto e laranja, antes de períodos chuvosos e infectadas por *V. inaequalis* em condições de campo nos ciclos 2022/2023 (A) e 2023/2024 (B).



Fonte: Produção da própria autora.

DISCUSSÃO

A aplicação de *Bacillus spp.* e óleos essenciais nanoencapsulados têm sido empregados como estratégias inovadoras no controle de doenças de plantas, incluindo a sarna da maçã (*V. inaequalis*). Nesta pesquisa, nos ciclos de 2022/2023 e 2023/2024, o *B. amyloliquefaciens* se destacou diminuindo a incidência da sarna da maçã em até 85%, e não aumentando a severidade do “Russeting”. Este resultado, corrobora com a literatura, a qual informa que o *B. amyloliquefaciens*, tem sido amplamente estudado devido sua eficácia como biofungicida, agindo por meio da produção de antibióticos naturais e pela competição com patógenos (Santos; Lima, 2021). Outros estudos, como o de Moraes e Carvalho (2017) também destacam a capacidade desses microrganismos em manejar eficazmente doenças, incluindo a sarna da maçã, ao estimular defesas naturais das plantas e inibir o crescimento de fungos fitopatogênicos (Santos; Lima, 2021).

Ainda, como observada nesta pesquisa, a utilização de *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* no controle da sarna da maçã revela que, ambos os grupos de microrganismos podem ser eficazes em suas respectivas funções, se destacando pela sua eficácia direcionada e sustentável no controle da sarna. Em comparação com outros estudos, a pesquisa de Leconte *et al.* (2022) também demonstrou que lipopeptídeos de *B. subtilis* foram eficazes no controle da doença da

sarna da macieira, pois a mistura de micosubtilina/surfactina, permitiu uma redução significativa da *V. inaequalis* de cerca de 60%, e em menor medida com a mistura de fengicina/surfactina. Outro estudo corrobora com estes resultados, onde os lipopeptídeos produzidos por *B. amyloliquefaciens* têm demonstrado eficácia no controle da sarna da maçã e de várias outras doenças de plantas (Farouk *et al.*; 2022). Também, a pesquisa de Pagno e Ribeiro (2009), demonstrou que isolados de *Bacillus spp.* foram eficientes no controle de fungos fitopatogênicos causadores de podridões no período pós-colheita da maçã. De toda forma, uso de *B. subtilis* e *B. amyloliquefaciens* proporcionam um controle mais direto e confiável da sarna, contribuindo para uma abordagem mais prática e ecológica no manejo de doenças em maçãs.

Além disso, o estudo de Ajuna *et al.* (2024), aborda também a eficácia do mix de *Bacillus spp.* (*B. thuringiensis* e *B. Subtilis*), que apresentou bons resultados no combate à sarna da maçã por diferentes mecanismos de ação, entre eles competição e exclusão. Emacréscimo, a pesquisa de Ambrosio *et al.* (2017) mostra que a combinação do óleo essencial de laranja com os *Bacillus spp.* pode ter um efeito sinérgico, e aumenta a eficácia do controle sobre o fungo *V. inaequalis*, já que ataca o agente causal da doença por diferentes vias (competição, produção de substâncias antimicrobianas e efeitos diretos de compostos antifúngicos). Corroborando com o estudo, os achados na atual pesquisa mostram que o mix de *Bacillus* obteve média eficiência (60%), no combate à incidência da sarna da maçã no ciclo de 2022/2023 entretanto oposto no ciclo posterior, eficiência de 45%, possivelmente resultado das condições climáticas, como temperatura, umidade e precipitação, afetando a sobrevivência e a eficácia dos *Bacillus*.

Já em relação aos óleos essenciais nanoencapsulados, neste estudo, estes obtiveram efeito positivos na redução da AACPD e na incidência da sarna da maçã, dando destaque para o nanoencapsulado de eucalipto no primeiro ciclo (65%), e o óleo de laranja no ciclo seguinte (95%). O mesmo pode-se dizer que aconteceu na pesquisa de Benaliouche *et al.* (2021), que avaliou a composição química dos óleos essenciais (OE) extraídos da parte aérea de *Thymus vulgaris L.* e avaliou sua atividade antifúngica sobre o patógeno *V. inaequalis*, concluindo que apesar da ausência de timol e do baixo teor de carvacrol, conhecido pela sua elevada toxicidade, o OE de tomilho foi eficaz e revelou uma atividade muito poderosa contra o fungo. Este efeito é provavelmente devido à presença de elevados níveis de monoterpenos (36,96%) e monoterpenos oxigenados (55,51%) associados a outros componentes que atuam em sinergia mesmo em baixas doses (Benaliouche *et al.*, 2021; Serrato; Garcia, 2020). Desta forma, no que se refere aos óleos essenciais

nanoencapsulados de eucalipto e laranja, a variabilidade nos resultados desta pesquisa em ambos os ciclos, pode ser resultado de diversos fatores como, temperatura, umidade, luz, condições do solo, estágios de crescimento diferentes, estado de saúde das plantas, e a presença de outros microorganismos, os quais podem variar entre os ciclos de aplicação e afetar a eficácia dos óleos.

Nos anos em que esta pesquisa foi realizada, 2022 e 2023, foi registrado o fenômeno El Niño, trazendo chuvas mais volumosas nos meses de outubro e novembro de 2023, que registraram acumulados muito acima da média (EPAGRI, 2023). A literatura indica que a presença de água livre na superfície da maçã pode contribuir para o desenvolvimento de “Russeting” (Klein *et al.*, 2016). De acordo com estudo, o acúmulo de água na superfície do fruto pode causar danos à cutícula e alterar a estrutura da pele, tornando-a mais suscetível a “Russeting”. A água livre pode resultar de práticas de irrigação inadequadas ou de condições climáticas úmidas (Khan; Javid, Shahid, 2020). Desta forma, é possível que devido a variação no clima no período dos experimentos, houve aumento do “Russeting” nos óleos essenciais nanoencapsulados nos ciclos de 2022/2023 e 2023/2024. Além das condições climáticas, maçãs que atingem um diâmetro superior a 2 cm geralmente têm uma cutícula mais espessa e bem desenvolvida (Khan, Javid, Shahid, 2020; Klein *et al.*, 2016), que atua como uma barreira protetora contra estresses ambientais, como água livre e temperaturas extremas, que podem contribuir para diminuir a severidade do “Russeting”. (Barret; Beaulieu, Shewfelt, 2019).

Alguns estudos sugerem que a aplicação de óleos nanoencapsulados pode ter efeito positivo na redução da severidade do “Russeting”, na sarna da maçã (Jampílek; Králova, 2015). Os autores ainda citam que isto pode ser atribuído à capacidade dos óleos nanoencapsulados de aderir melhor à superfície da fruta, fornecendo uma camada protetora mais eficaz contra patógenos e outros fatores ambientais que contribuem para o “Russeting” (Zhang; Liu, 2019). Outro estudo *in vitro* retrata que alguns destes óleos são o de canela e de hortelã-pimenta (concentração 0,05%), que demonstraram atividade antifúngica contra patógenos causadores de doenças em frutas, incluindo os que estão associados à *V. inaequalis* (Behdani *et al.*, 2012). A aplicação desses óleos essenciais, além de ajudar a reduzir o “Russeting”, diminuíram a incidência da doença. Entretanto, isto não foi observado neste estudo, cujos óleos essenciais nanoencapsulados reduziram a incidência da sarna da maçã em folhas e frutos nos dois ciclos, todavia causaram incremento da severidade do distúrbio, desta forma necessitando mais pesquisas.

Sugere-se, portanto, que mais pesquisas sejam efetuadas na cultura testando outros óleos essenciais nanoencapsulados e em diferentes doses, a fim de buscar um ativo

nanoencapsulado que tenha potencial simultâneo para o controle da sarna e do “Russeting”. Além disso, estes óleos poderão ser posicionados em estágios fenológicos mais avançados, por exemplo, com frutos com mais 2 cm de diâmetro onde a cutícula é mais robusta, o que poderia reduzir o efeito destes produtos sobre o agravamento da severidade do “Russeting”, ainda é preciso testar também diferentes ferramentas e tecnologias de aplicação para averiguar se estas podem interferir na efetividade de controle dos óleos essenciais nanoencapsulados. Deste modo, percebe-se que este é um campo de estudo relativamente recente e que tem apontado para resultados promissores, no entanto, há muito para ser explorado e compreendido.

CONCLUSÃO

De modo geral, os resultados desta pesquisa demonstram que fungicidas biológicos e produtos nanoencapsulados a base de óleo essencial tem potencial para o controle da sarna da maçã e podem se constituir em alternativa aos fungicidas químicos, bem como, podem ter potencial para inserção ao manejo integrado da doença.

No entanto, como os óleos essenciais nanoencapsulados testados aumentaram a incidência de “Russeting” mais pesquisas devem ser feitas para explorar novas doses, outros produtos nanoencapsulados, tecnologias de aplicação e diferentes estágios fenológicos para a aplicação. Quanto aos *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis* e Mix de *Bacillus* (*B. pumilus*, *B. velezensis* e *B. subtilis*), estes apresentam eficiência no índice de controle sobre a incidência da sarna em folhas e frutos e também não aumentam a severidade do “Russeting” sendo uma potencial ferramenta ao manejo integrado da doença e uma alternativa ao uso de fungicidas químicos.

Ainda, sugere-se que mais ensaios sejam realizados a fim de obter mais informações sobre os óleos essenciais nanoencapsulados (número e tecnologias de aplicações, período, e concentrações para as diferentes cultivares e regiões produtoras de maçã) para que possam ser inseridos ao manejo integrado da sarna e fazer parte das práticas agrícolas empregadas pelos agricultores, a fim de fomentar uma agricultura mais limpa e sustentável e em consonância com os princípios da Uma só Saúde e dos ODS atrelados a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AJUNA, H. B.; *et al.* The prospect of antimicrobial peptides from *Bacillus* species with

biological control potential against insect pests and diseases of economic importance in agriculture, forestry and fruit tree production. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 38, n. 1, p. 2312115, 2024.

ALENGEBAWY, A.; *et al.* Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications. *Toxics*, v. 9, n. 3, p. 42, 2021.

AMBROSIO, C. M. S.; *et al.* Atividade antimicrobiana de diversos óleos essenciais sobre bactérias patogênicas e benéficas. **Culturas e Produtos Industriais**, v. 97, p. 128-136, 2017.

ARAUJO, L.; *et al.* Doenças da macieira e da pereira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 37, n. 291, p. 61-74, 2016.

ARAUJO, L.; *et al.* Uso de bioestimulantes para o manejo da sarna da macieira em pomares. *Revista Agropecuária Catarinense*, v. 33, p. 60-66, 2020.

BARRET, D. M.; BEAULIEU, J. C.; SHEWFELT, L. "Temperature Stress and "Russetting" in Apples: A Review." **Postharvest Biology and Technology**, v. 154, p. 98-104, 2019.

BEHDANI, M.; *et al.* Evaluation of antifungal activity of some medicinal plants essential oils against *Botrytis cinerea*, causal agent of postharvest apple rot, in vitro. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 4, n. 14, p. 1012-1016, 2012.

BENALIOUCHE, F.; *et al.* Chemical characterisation of the essential oil of *Thymus vulgaris* and evaluation of its antifungal activity on the apple scab pathogen (*Venturia inaequalis* L). **Catrina: The International Journal of Environmental Sciences**, v. 23, n.1, p. 57-65, 2021.

BITTENCOURT, C. C.; *et al.* A cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina: competitividade segundo produção e packing house. **Revista de Administração pública**, v. 45, p. 1199-1222, 2011.

CAMILO, A. P. DENARDI, F. Efeito do carbaryl sobre o "Russetting" da maçã (*Malus domestica* Borkh), cultivares "Gala", "Fuji" e "Golden delicious". **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 580-583, 2001.

CARVALHO, G. A.; *et al.* Seletividade fisiológica e ecológica de pesticidas para inimigos naturais de insetos. **Inimigos naturais de insetos-praga em agroecossistemas neotropicais: Controle biológico e biodiversidade funcional**, p. 469-478, 2019.

DA ROSA, C. G.; *et al.* Application in situ of zein nanocapsules loaded with *Origanum vulgare* Linnaeus and *Thymus vulgaris* as a preservative in bread. **Food Hydrocolloids**, v. 99, p. 105339, 2020.

DAS, S.; GHOSH, A.; MUKHERJEE, A. Nanoencapsulation-based edible coating of essential oils as a novel green strategy against fungal spoilage, mycotoxin contamination, and quality deterioration of stored fruits: An overview. **Frontiers in Microbiology**, v. 12, p. 768414, 2021.

DENDOUGA, W.; BOUREGHDA, H.; BELHAMRA, M. Biocontrol of wheat *Fusarium crown* and root rot by *Trichoderma* spp. and evaluation of their cell wall degrading enzymes activities. **Acta phytopathologica et entomologica Hungarica**, v. 51, n. 1, p. 1-12, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis. 743p. 2002.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. Outubro de 2023 histórico com chuva acima de 600 mm em SC, 2023.

EVARISTO, A.; *et al.* Pesticides and farmers' health: an analysis of variables related to management and property. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, n. 2, p. e20211335, 2022.

FAROUK, A.; *et al.* O impacto da nanoencapsulação nos constituintes voláteis do óleo essencial de *Citrus sinensis* L. e sua atividade antifúngica. **Revista Egípcia de Química**, v. 65, n. 3, pág. 527-538, 2022.

JAFARI, S. M.; *et al.* Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. **Drying technology**, v. 26, n. 7, p. 816-835, 2008.

JAMPÍLEK, J.; KRÁLOVA, K. Application of nanotechnology in agriculture and food industry, its prospects and risks. **Ecological Chemistry and Engineering S**, v. 22, p. 321-361, 2015.

KHAN, M. A.; JAVID, A.; SHAHID, M. Impact of Water Management on “Russeting” and Quality of Apples. **Journal of Horticultural Science**, p. 265-272, 2020.

KÖHL, J.; *et al.* Toward an Integrated Use of Biological Control by *Cladosporium cladosporioides* H39 in Apple Scab (*Venturia inaequalis*) Management. **Plant Disease**, v. 99, n. 4, p. 535-543, 2015.

KLEIN, B.; *et al.* Desenvolvimento de métodos para determinação de compostos voláteis e cera cuticular de maçãs e a aplicação no armazenamento em atmosfera controlada dinâmica, 2016.

KUMHAR, K. C.; *et al.* Application of *Ampellomyces quisqualis* and some Non-Chemical Measures for Managing Powdery Mildew Disease: A Review. 2023.

LECONTE, A.; *et al.* Assessment of lipopeptide mixtures produced by *Bacillus subtilis* as biocontrol products against apple scab (*Venturia inaequalis*). **Microorganisms**, v. 10, n. 9, p.1810, 2022.

MORAES, D. T.; CARVALHO, M. C. The role of *Bacillus* spp. in the integrated management of apple diseases: Focus on scab control. **Crop Protection**, v. 96, p. 123-131, 2017.

NAKKEERAN, S.; *et al.* Antimicrobial peptides of *Bacillus* species: biosynthesis, mode of action and their role in plant disease management. **Microbial antagonists: their role in biological control of plant diseases**, p. 487-514, 2019.

OLIVEIRA, S. V.; *et al.* Exposição a agrotóxicos e possíveis sintomas de intoxicação aguda em pomicultores no sul do Brasil. **Saúde (Santa Maria)**, 2022.

ONS, L.; *et al.* Combining Biocontrol Agents with Chemical Fungicides for Integrated Plant

Fungal Disease Control. **Microorganisms**, v. 8, n. 12, p. 1930, 2020.

PAGNO, R. S. RIBEIRO, R. T. S. **Avaliação do potencial antagônico de isolados de *Bacillus* spp. no controle de fungos fitopatogênicos, causadores de podridões no período pós-colheita da maçã.** Orientadora: Rute Terezinha da Silva Ribeiro, 104f. 2009. Dissertação - Mestrado em Biotecnologia, Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2009.

PEREIRA, C. A. M.; MAIA, J. F. Estudo da atividade antioxidante do extrato e do óleo essencial obtidos das folhas de alfavaca (*Ocimum gratissimum* L.). **Food Science and Technology**, v. 27, p. 624-632, 2007.

PETRI, J. L.; *et al.* Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 48-56, 2011.

ROCHA, L.; DE ALMEIDA CAMPOS, M. L. Análise da estrutura classificatória dos portfólios de projetos da Embrapa: uma aplicação da Teoria da Classificação Facetada. **Em Questão**, p. 240-266, 2021.

SANTOS, A. M.; LIMA, J. A. Effectiveness of *Bacillus amyloliquefaciens* Against Apple Scab and Its Impact on Fruit Quality. **Plant Disease Management Reports**, p. 230-241, 2021.

SERRATO, G. M.; GARCIA, R. S. Advances in Nanoencapsulation Techniques for the Delivery of Essential Oils. **International Journal of Nanomedicine**, v. 15, p. 6101-6120, 2020.

SHARMA, N. Gerenciando doenças pós-colheita: tecnologias clássicas versus novas. Em: **Biomanejo de doenças pós-colheita e fungos micotoxigênicos**, p. 7-56, 2020.

TURECHEK, W. W. Doenças da macieira e seu manejo. **Doenças de Frutas e Vegetais Volume I: Diagnóstico e Manejo**, p. 1-108, 2004.

ZHANG, Q.; LIU, Y. Controlled Release of Plant Essential Oils from Nano-encapsulation Systems: Implications for Plant Disease Management. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 158, p. 12-21, 2019.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do levantamento sobre o controle da sarna da macieira no município de São Joaquim/SC, revelam que a doença é reconhecida como a principal ameaça nos pomares, exigindo um controle intensivo de fungicidas, sendo o Mancozeb o mais utilizado. Todavia, apesar da maioria dos agricultores adotarem medidas profiláticas e iniciarem os tratamentos com fungicidas químicos na brotação, a dependência de fungicidas tradicionais aponta para uma necessidade de práticas mais sustentáveis. Apesar do interesse em produtos alternativos, como os nanoencapsulados, a falta de conhecimento e os custos elevados representam barreiras para sua adoção.

Quanto aos testes feitos com os fungicidas biológicos e óleos essenciais nanoencapsulados, nota-se que ambos tem potencial de uso como ferramenta ao manejo integrado de doenças da macieira, apesar de que os óleos essenciais testados incrementaram o “Russeting”, por este motivos mais pesquisas precisam ser conduzidas a fim de buscar uma alternativa para que tais produtos possam conter o avanço da doença ao mesmo tempo que também não incrementem os danos causados por este distúrbio. Instigar e fomentar o uso destas ferramentas é importante para a redução do impacto ambiental no sistema produtivo da macieira, pois estes tratamentos podem apresentar menor risco de desenvolvimento de resistência por parte do fungo e ter menor efeito residual no ambiente quando comparado aos fungicidas tradicionais. Além disso, a nanoencapsulação permite a liberação lenta e controlada dos agentes de controle, prolongando sua eficácia.

Desta forma, este estudo possui relevância para a cultura da maçã, para a ciência e para a sociedade em geral, oferecendo um panorama sobre o perfil dos agricultores que cultivam maçã na região, suas práticas de manejo, e os desafios enfrentados no controle da sarna da maçã, bem como testar produtos alternativos para o controle da mesma. Entretanto, por existir ainda uma lacuna de conhecimento a respeito dos óleos essenciais nanoencapsulados, se faz necessário investimentos em pesquisa e educação a fim de reconhecer as potencialidades e limitações de tal tecnologia como estratégia ao controle da doença.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA - ANVISA. Reclassificação toxicológica, 2019.

AGRIOS, G. N. *Plant Pathology*. **5th ed. London: Elsevier Academic Press**, p. 922, 2005.

ALVES, S. A. M.; HAMADA, E.; DE OLIVEIRA, T. C. Distribuição espacial e sazonal da favorabilidade climática à ocorrência da sarna da macieira no Brasil. **Climapest - EMBRAPA Meio Ambiente**, 2012.

ANTONIOLI, G.; *et al.* Poly (lactic acid) nanocapsules containing lemongrass essential oil for postharvest decay control: In vitro and in vivo evaluation against phytopathogenic fungi. **Food chemistry**, v. 326, p. 126997, 2020.

ARAUJO, L. Manejo da sarna da macieira para a safra 2023/2024. Especial pós colheita da maçã. **Revista Da Fruta**, a. Z, ed. 35, 2023.

ARAUJO, L.; *et al.* Doenças da macieira e da pereira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 37, n. 291, p. 61-74, 2016.

ARAUJO, L.; *et al.* Fungicidas sítio-específicos em mistura com fertilizantes foliares a base de ácido peracético para o controle da sarna da macieira no ciclo 2020/2021. **I Encontro Sul-Brasileiro de Fitossanidade**, 2022.

ARAUJO, L.; *et al.* **Programa de produção integrada para controle de doenças da macieira**. Fitopatologia no Brasil: um panorama de Norte a Sul. 1ed. Viçosa: GEAFIP - UFV, p. 92-98, 2021.

ARAUJO, L.; *et al.* Uso de bioestimulantes para o manejo da sarna da macieira em pomares. **Agropecuária Catarinense**, v. 33, n. 3, p. 60-66, 2020.

ARAUJO, L.; *et al.* Sistema de alerta e previsões para o controle das doenças da macieira no estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 32, n. 1, p. 86-91, 2019.

ARAUJO, L.; *et al.* **Fitopatologia no Brasil: um panorama de Norte a Sul - Simpósio sobre Atualidades em Fitopatologia**. Estudos Avançados em Fitopatologia. Viçosa, MG. GEAFIP, 2020.

ARAUJO, L.; *et al.* *Pseudomonas syringae* causing bacterial canker on apple trees in Brazil. **Bragantia**, Campinas, v. 79, n. 4, p. 467-473, 2020a.

ARAUJO, L.; *et al.* Viability and release of *Neonectria ditissima* ascospores on apple fruit in Brazil. **Plant Pathology**, v. 71, n. 3, p. 654-667, 2022.

ARAUJO, L.; MEDEIROS, H. A. **Principais doenças e seu controle**. Sistema de produção para a cultura da macieira em Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, p. 79-88, 2018.

ARAUJO, L.; MEDEIROS, H. A. **Sistema de produção para a cultura da macieira em Santa Catarina**. Florianópolis: EPAGRI, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MAÇÃ - ABPM. 2022.

BARBOSA, R. S.; *et al.* As possíveis consequências da exposição a agrotóxicos: uma revisão sistemática. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e45191110219- e45191110219, 2020.

BASSO, C.; SIQUEIRA, A. C. F.; RICHARDS, N. S. P. S. Impactos na saúde humana e no meio ambiente relacionados ao uso de agrotóxicos: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, p. e43110817529- e43110817529, 2021.

BLANCHET, F.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; SPOLTI, P. Resistência parcial de cultivares antigas de macieira a *Venturia inaequalis*. **Patologia de Plantas Tropicais**. v. 37, p. 291-297, 2012.

BOHNER, L. T. O.; ARAUJO, L. E. B.; NISHIJIMA, T. O impacto ambiental do uso de agrotóxicos no meio ambiente e na saúde dos trabalhadores rurais. **Revista Eletrônica Do Curso De Direito Da UFSM**. v. 8, p. 329–341, 2013.

BONETI, J. I. S.; KATSURAYAMA, Y.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. V. Manejo da sarna na produção integrada de maçã. **Embrapa-Circular Técnica**. p. 1-19, 2001.

BONETI, J. I.; KATSURAYAMA, Y. Controle da sarna da macieira. **Cultivar Hortaliças e Frutas**. ed. 79, 2020.

BOWEN, J. K.; *et al.* *Venturia inaequalis*: the causal agente of apple scab. **Molecular Plant Phatology**, v. 12, n. 2, p. 105-122, 2011.

BRASIL. Ibama. Ministério do Meio Ambiente. **Relatórios de comercialização de agrotóxicos**. 2021a.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Secretaria Especial para Assuntos Jurídicos. **Lei n.º 14.785, de 27 de dezembro de 2023**. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, 2023.

BRUN, L.; DIDELOT, F.; PARISI, L. Effects of apple cultivar susceptibility to *Venturia inaequalis* on scab epidemics in apple orchards. **Crop Protection**. v. 27, n. 6, p. 1009- 1019, 2008.

BUENO, M. P.; *et al.* Análise da comercialização da cadeia produtiva da maçã brasileira: produção, importação e exportação no período 2015 a 2019. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 34061-34078, 2021.

ÇALTILI, O.; ARICI, Ş. E. The Determination of the Efficacy of some Microbial Preparations against Apple Scab Disease (*Venturia Inaequalis* (cke) Wint.) in Isparta. **Black Sea Journal of Agriculture**, v. 1, n. 1, p. 6-10, 2018.

CAMPOS, L. S. S. **Agrotóxicos: O impacto da agricultura química na saúde e no meio ambiente**. São Paulo: Editora Hucitec, 2017.

CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE

HIDROMETEOROLOGIA DE SANTA CATARINA - CIRAM; EMPRESA DE PESQUISAAGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. **Mapeamento por satélite da Epagri confirma: SC é o maior produtor de maçã do país, 2022.**

CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HIDROMETEOROLOGIA DE SANTA CATARINA - CIRAM; EMPRESA DE PESQUISAAGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. Sarna Macieira 2022/2023 - Estação: (2275) São Joaquim - Cruzeiro. Ciclo primário - Ascósporos;Ciclo secundário - Conídios, descrição de metodologia, 2022.

CESA, L. P.; *et al.* Análise temporal da sarna da macieira nas cultivares Royal Gala e Fuji sobos sistemas convencional e orgânico de produção. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 585-59, 2006.

COLELLA, A. J. P.; *et al.* Exposição a Fungicidas na Saúde Humana: Uma Revisão Bibliográfica. **Revista Higei@-Revista Científica de Saúde**, v. 4, n. 8, 2022.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA VETERINÁRIO - CFMV. **O que é saúde pública?** 2018.

DA ROSA, C. G.; *et al.* Application in situ of zein nanocapsules loaded with *Origanum vulgare* Linneus and *Thymus vulgaris* as a preservative in bread. **Food Hydrocolloids**, v. 99, p. 105339, 2020.

DA ROSA, C. G.; *et al.* Characterization and evaluation of physicochemical and antimicrobial properties of zein nanoparticles loaded with phenolics monoterpenes. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 481, p. 337- 344, 2015.

DANIELSEN. **Solveig**. Including plant health in the ‘one health’ concept-in theory and in Uganda. 2013.

DE OLIVEIRA, T. C.; *et al.* Impactos das mudanças climáticas sobre a distribuição espacial e temporal da sarna da macieira. **Embrapa Meio Ambiente**, 2012.

DE PAULA, V. A.; *et al.* Molhamento foliar e sazonalidade de epidemias de sarna da macieira em Vacaria, RS. **Embrapa Uva e Vinho-Comunicado Técnico**, 2013.

DE PAULA, V. A.; BERGAMASCHI, H.; DEL PONTE, E. M. **Caracterização e modelagem de riscos climáticos para epidemias de sarna da macieira na região de Vacaria**. Orientador: Homero Bergamaschi, 2013. 161f. Tese (Doutorado) - Curso em Fitotecnia - Programa de Pós-Graduação em em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

DOS SANTOS, M. C.; FURTADO, E. L.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. Controle da sarna da macieira com utilização da Tabela de Mills, na região de Vacaria, RS. **Summa Phytopathologica**. v. 31, p. 254-260, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA SEMIÁRIDO. **Sistemas de Produção**. 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Aplicativo bioinsumos**, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Indicadores econômicos e financeiros em sistemas típicos de produção de maçã no Brasil. **CircularTécnica 141**, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Perfil de consumidores em relação à qualidade de alimentos e hábitos de compras. **Journal of HealthSciences**, v. 13, n. 2, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Produção integrada**, 2010.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis, p. 743, 2002.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. Área plantada com maçã na Serra Catarinense cresceu 16% nos últimos três anos, aponta pesquisa da EPAGRI, 2024.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI/CEPA. Aspectos socioeconômicos da região de São Joaquim (SC): perspectiva para indicação geográfica da maçã Fuji. **SOBER**, 2020.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI. **Sistema de produção para a cultura da macieira em Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2018.

EVARISTO, A.; *et al.* Pesticides and farmers? health: an analysis of variables related to management and property. **Anais da academia brasileira de ciências**, v. 94, p. 1-16, 2022.

FERNANDES, R.; ANAMI, J. M.; STEFFENS, C. A. Maçã: compostos fenólicos e saúde. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, p. 29-33, 2019.

GASPERIN, N.; PEREIRA, L. B. **Estudo da cadeia produtiva da maçã em Santa Catarina**. Orientador: Laércio Barbosa Pereira, 2004. 97f. Monografia (Graduação) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

GHINI, R. **Efeito de fungicidas sobre microrganismos não alvo**. 1993.

GHINI, R. Integração do controle biológico com outros métodos de controle de doenças de plantas. **Controle biológico de doenças de plantas. Jaguariúna: Embrapa - CNPDA**, 1991.

GOMES, G. R.; *et al.* **Risco ambiental de fungicidas como critério para a recomendação de uso na cultura do milho**, 2016.

GONZÁLEZ-DOMÍNGUEZ, E.; ARMENGOL, J.; ROSS, I. V. Biology and epidemiology of *Venturia* species affecting fruit crops: a review: **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 1496, 2017.

GOULART, I. O.; *et al.* **Percepção dos maleicultores com sintomas de intoxicação aguda sobre a exposição aos agrotóxicos e a sua relação com os resultados do teste de colinesterase.** Orientadora: Lenita Agostinetto, 122f. 2020. Dissertação - Mestrado em Ambiente e Saúde, Universidade do Planalto Catarinense, Lages, 2020.

GRANZIERA, L. S.; *et al.* Nanotecnologia na agricultura: prospecção dos indicadores de impactos ambientais e sociais. In: **Congresso Interinstitucional De Iniciação Científica**, 6.,2012, Jaguariúna. [Anais...] Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2012.

HE, X.; DENG, H.; HWANG, H. The current application of nanotechnology in food and agriculture. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 27, n. 1, p. 1-21, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Relatórios de Comercialização de agrotóxicos**, 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Relatórios de Comercialização de agrotóxicos**, 2018.

JARDIM, I. C. S. F.; ANDRADE, J. A.; QUEIROZ, S. C. N. Resíduos de agrotóxicos em alimentos: uma preocupação ambiental global - Um enfoque às maçãs. **Química Nova**, v. 32,p. 996-1012, 2009.

JHA, G.; THAKUR, K.; THAKUR, P. The *Venturia* apple pathosystem: pathogenicity mechanisms and plant defense responses. **Journal of Biomedicine and Biotechnology**, 2010.

KITAMURA, P. C. **Agricultura sustentável no Brasil: avanços e perspectivas**. 2003.

KUMAR, A.; *et al.* Application of nanotechnology to boost the functional and preservative properties of essential oils. In: **Functional and preservative properties of phytochemicals**. Academic Press, p. 241-267, 2020.

LINI, R. S.; *et al.* Occupational exposure to pesticides from fungicide class on a vineyard farm population. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e59410313796, 2021.

LIRA SALDIVAR, R. H.; *et al.* Potencial da nanotecnologia na agricultura. **Registro universitário**, v. 28, p. 9-24, 2018.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humanae ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, 2018.

MACHADO, A. C. Z.; KANEKO, L.; PINTO, Z. V. Controle biológico. **Nematoides fitoparasitas do algodoeiro nos cerrados brasileiros: Biologia e medidas de controle**. IMAmt, p. 287-312, 2016.

MARTINS, P. R. Agricultura familiar, segurança e soberania alimentar e nanotecnologia: onde estamos, para onde vamos. **Revista TOMO**, n. 29, p. 151-184, 2016.

MARTINS, T.; KOMATSU, R. A. **Produção orgânica - enfoque na maçã**. Orientador: Roberto Akitoshi Komatsu, 38f. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso - Pós-Graduação em Manejo de Pomares de Macieira e Pereira, Instituto Federal de Santa Catarina, Urupema, 2021.

MASSINI, K. C.; DE JESUS, K. R. E. **Prospecção dos riscos ambientais das nanotecnologias aplicadas à agricultura.** 2013.

MELLO, F. A.; *et al.* Agrotóxicos: impactos ao meio ambiente e à saúde humana. In: **Colloquium Vitae**, p. 37-44, 2019.

MICHALECKA, M.; *et al.* Population structure of *Venturia inaequalis*, a causal agent of apple scab, in response to heterogeneous apple tree cultivation. **BMC Evolutionary Biology**, 2018.

MILLS, W. D. Efficient use of sulfur dusts and sprays during rain to control apple scab. **Cornell Extension Bulletin**, Ithaca, n. 630, p. 3-4, 1944.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Saúde de A a Z. Uma só saúde, 2023.

MONDÉJAR-LÓPEZ, M.; *et al.* Chitosan nanoparticles loaded with garlic essential oil: A new alternative to tebuconazole as seed dressing agent. **Carbohydrate Polymers**, v. 277, p. 118815, 2022.

MOSSINI, S. A. G.; NISHIYAMA, P.; MACHADO, P. A. L. Agrotóxicos - aspectos gerais e implicações para a saúde humana. **Agrotóxicos. um enfoque multidisciplinar.** EDUEM, p.63-83, 2017.

NARDI, S.; *et al.* Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 73, n. 1, p. 18-23, 2016.

OLIVEIRA, F. Q.; *et al.* Importância da criação de predadores em laboratório para o avanço do conhecimento e da aplicação do controle biológico em sistema de produção agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

OLIVEIRA, S. V.; *et al.* Exposição a agrotóxicos e possíveis sintomas de intoxicação aguda em pomicultores no sul do Brasil. **Revista Saúde (Santa Maria)**, v. 47, n. 1, 2022.

PARRA, J. R. P. Controle biológico na agricultura brasileira. **Entomological Communications**, v. 1, p. 2675-1305, 2019.

PARRA, J. R. P.; *et al.* Controle biológico: terminologia. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole**, p. 1-16, 2002.

PASSEY, T. A. J.; ARMITAGE, A. D.; XU, X. Annotated Draft Genome Sequence of the Apple Scab Pathogen *Venturia inaequalis*. **Microbiology Resource Announcements**, v. 7, 2018.

PEREIRA, A. J.; *et al.* Joaquina: nova cultivar precoce de macieira resistente à sarna. **Agropecuária Catarinense**, v. 16, n. 3, p. 70-73, 2003.

PEREIRA, L. B.; SIMIONI, F. J.; CARIO, S. A. F. Evolução da produção de maçã em Santa Catarina: novas estratégias em busca de maior competitividade. **Ensaio FEE**, v. 31, n. 1, 2010.

PEREIRA, L. T.; CUNHA, A. C. G.; AGUIAR, C. A. A. **Própolis portugueses como agente de biocontrole de doenças na maçã.** Orientadora: Ana Cristina Gomes da Cunha, 2021. 121f. Dissertação - Mestrado em Biologia Molecular, Biotecnologia e

Bioempreendedorismo em Plantas, Escola de Ciências, Universidade do Minho, Portugal, 2021.

PETARLI, G. B.; *et al.* Exposição ocupacional a agrotóxicos, riscos e práticas de segurança na agricultura familiar em município do estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 44, 2019.

PETRI, J. L.; *et al.* Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, p. 48-56, 2011.

PISCOPO, M. R.; *et al.* O setor brasileiro de nanotecnologia: Oportunidades e desafios. **Revista de Negócios**, v. 19, n. 4, p. 43-63, 2015.

POLA, C. C.; *et al.* Cellulose acetate active films incorporated with oregano (*Origanum vulgare*) essential oil and organophilic montmorillonite clay control the growth of phytopathogenic fungi. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 9, p. 69-78, 2016.

PRADO, J. A. F.; *et al.* Exposição de trabalhadores rurais aos agrotóxicos. **Gaia Scien**, v. 15, n. 1, p. 141-57, 2021.

RAJIVGANDHI, G.; *et al.* Anti-cancer ability of chitosan loaded plant essential oils evaluated against A549 human lung cancer cells through invitro approaches. **Journal of KingSaud University-Science**, p. 102598, 2023.

RAO, K. J.; PARIA, S. Uso de nanopartículas de enxofre como pesticida verde em fitopatógenos *Fusarium solani* e *Venturia inaequalis*. **RSC Advances**, p. 10471 – 10478, 2013.

RATHNA, R.; KALAISELVI, A.; NAKKEERAN, E. Potential applications of nanotechnology in agriculture: Current status and future aspects. **Bioorganic phase in natural food: an overview**, p. 187-209, 2018.

RATNADASS, A.; SESTER, M. Crop protection practices and risks associated with human fungal infectious diseases: a One Health perspective. **Cahiers Agricultures**, v. 32, n. 7, 2023.

RESENDE, M. L. V.; *et al.* Produtos alternativos para o controlo de doenças das plantas. **Química**, v. 45, n. 163, 2021.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. **Revista Liberato**, v. 10, n. 14, p. 149-158, 2009.

ROCHA, L. R. Potencialidades e desafios para adoção da polinização dirigida em cultivos agrícolas no Brasil. 2022.

SALAMA, D. M.; *et al.* Applications of nanotechnology on vegetable crops. **Chemosphere**, v. 266, p. 129026, 2021.

SANTOS, R. P. A.; SILVA, A. L. **Pós colheita de maçãs na empresa Maná Maçã Ltda, em São Joaquim, Santa Catarina**. Orientador: Aparecido Lima da Silva, 2015. 61f. Relatório de Estágio Obrigatório (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

SANTOS, V. Z. C. Percepção das mudanças climáticas e estratégias de adaptação na

agricultura familiar orgânica e convencional do Rio Grande do Sul. 2024.

SATTARY, M.; AMINI, J.; HALLAJ, R. Antifungal activity of the lemongrass and clove oilencapsulated in mesoporous silica nanoparticles against wheat's take-all disease. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 170, p. 104696, 2020.

SCHENATO, P. G.; DUARTE, V.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. **Identificação da raça 1 de *Venturia inaequalis* no sul do Brasil e reação de acessos de macieira à sarna**. Orientador: Valmir Duarte, 2007. 118f. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia -Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SGANZERLA, W. G.; *et al.* Production of nanocomposite films functionalized with silver nanoparticles bio-reduced with rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oil. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 11, p. 100479, 2023.

SILVA, J. C. O.; *et al.* Biocontrole de doenças de plantas: Uso de *Trichoderma* spp na agricultura. IV Semana de Ciência e Tecnologia do IFMG - Campus Bambuí. IV Jornada Científica, 2011.

SINGH, S.; *et al.* Nanoparticle formulations: A smart era of advanced treatment with nanotoxicological imprints on the human body. **Chemico-Biological Interactions**, p. 110355, 2023.

STADNIK, M. J.; ARAUJO, L.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M. Estratégias alternativas de controle da mancha foliar de *Glomerella* e da sarna da macieira. **Manejo integrado de doenças da macieira**. 1ed. Florianópolis, v. 1, p. 105-126, 2009.

STÉDILE, J. P. **A tragédia do agro**. São Paulo: Editora Boitempo, 2020.

STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; ANTONIOLLI, Z. I. Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos. **Tecno-lógica**, v. 15, n. 1, p. 15-21, 2011.

STOPPELLI, I. M. B. S.; MAGALHÃES, C. P. Saúde e segurança alimentar: a questão dos agrotóxicos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, p. 91-100, 2005.

TUDI, M.; *et al.* Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 3, p. 112, 2021.

VILVERT, J. C.; DE FREITAS, S. T.; LOPES, P. R. C. **Qualidade de maçãs Eva cultivadas em diferentes regiões do Brasil**. 2018.

ZANETTI-RAMOS, B. G.; CRECZYNSKI-PASA, T. B. O desenvolvimento da nanotecnologia: cenário mundial e nacional de investimentos. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 89, n. 2, p. 95-101, 2008.

APÊNDICES

Apêndice I - Instrumento de coleta de dados

Instrumnto de coleta de dados: Questionário de pesquisa que será aplicado aos produtores de maçã pertencentes ao município de São Joaquim/SC

Perguntas de inclusão na pesquisa:

- a. Já houve incidência da sarna da maçã no seu pomar?
 Sim Não
- b. Você utiliza fungicidas para o controle da sarna da maçã?
 Sim Não

IDENTIFICAÇÃO

1) Código:

2) Gênero:

Feminino Masculino Não binário

3) Qual é sua idade (anos)?

4) Qual sua renda mensal (em R\$)?

5) Qual é seu nível de escolaridade?

Analfabeto ()	Ensino médio incompleto ()
Ensino fundamental completo ()	Ensino superior incompleto ()
Ensino médio completo ()	Especialista ()
Ensino superior completo ()	Outro () Qual?
Ensino fundamental Incompleto ()	

6) Qual a localidade rural de São Joaquim que pertence?

POMICULTURA E CARACTERIZAÇÃO DA PROPRIEDADE

7) Qual é o tamanho da propriedade (ha)?

8) Qual a área cultivada (ha)?

9) Qual é a produtividade (t/ha)?

10) Quantos anos faz que você trabalha com a cultura da maçã?

11) Qual sua relação com a propriedade?

Proprietário () Funcionário () Arrendatário ()

12) Você possui Responsável Técnico?

Sim () Não ()

Se sim, quantas visitas técnicas seu Responsável Técnico faz no pomar por ano?

13) Qual é a principal forma de comunicação com seu Responsável Técnico?

() Visitas presenciais () Whatsapp () Telefone () E-mail () Outro(s) Qual(is)?

14) Na propriedade se faz uso de mão-de-obra familiar?

Sim () Se sim, quantos indivíduos da família trabalham na propriedade?

Não () Se não, quantos funcionários trabalham na propriedade?

SARNA DA MACIEIRA**15) Qual é a principal praga que ocorre em seu pomar? (pode assinalar mais de uma resposta)**

() Sarna

() Mancha foliar de Glomerella () Cancro Europeu

() Podridões de fruto pré e pós-colheita () Mosca das frutas

() Grafolita () Outro(s) Qual(is)?

16) Qual a frequência de ocorrência de sarna da macieira no seu(s) pomar(es)?

() Ocorre em todas as safras

() É variável de acordo com o clima

() Ocorre esporadicamente

17) Quando você inicia os tratamentos específicos para sarna da macieira?

() Sempre que pulverizo o pomar utilizo algum fungicida específico para a doença

() Sempre que vai chover

() Sempre que observa a doença no pomar

- No início da brotação
- Não realizo tratamentos específicos para esta doença

18) Quando há ocorrência da sarna no pomar, a doença provoca perdas na produção de maçã?

Sim Não

Se sim, qual é a perda média (percentual de fruto com sarna/ha) estimada em cada safra que ela ocorre?

10% 20% 30% Outra Qual?

19) Do total do seu custo de produção, qual percentual você gasta com o manejo da sarna da macieira em seu pomar?

10% 25% 50% 75% Outra Qual?

MANEJO DA SARNA

20) Quais são as principais estratégias de controle que você utiliza quando detecta sarna em seu pomar? (pode assinalar mais do que uma resposta)

- Incremento o número de ingredientes ativos
- Utilizo práticas de profilaxia
- Amplio o uso de práticas culturais
- Uso cultivares resistentes
- Usa produtos alternativos (fosfito, ácido peracético, nanotecnologia e biológicos)
- Melhora as tecnologias de aplicação

21) Para fazer o manejo da sarna você se baseia em qual(is) critério(s)?

- Calendário
- Sistema de alertas e avisos da EPAGRI
- Previsão de chuva
- Recomendação do Responsável Técnico ou cooperativa

Meios de comunicação como Rádio, TV, Whatsapp, Telefone

Outro(s) Qual(is)?

22) Com qual frequência você costuma fazer aplicação de fungicida para o manejo da sarna?

Sempre que percebo a incidência da doença

Não sigo uma frequência pré-definida

Antes e após a chuva

Antes da chuva

Após a chuva

23) Como você acompanha a previsão do tempo para decidir o momento da pulverização para o controle da sarna?

Meios de comunicação como Rádio e TV

Aplicativo de celular

Sites especializados

Outro(s) Qual(is)?

24) Quantas aplicações de fungicidas você faz em média para o manejo da sarna durante o ano?

25) Você utiliza o Sistema de alertas e avisos (Agroconnect) e aviso fitossanitário da EPAGRI para decidir se precisa ou não repetir algum tratamento de fungicida para controle da sarna

Sim Não

Se sim, quantas pulverizações de fungicidas por ano você consegue deixar de fazer com estas tecnologias?

26) Que fungicidas você costuma utilizar para o manejo da sarna? (pode assinalar mais do que uma resposta)

Score ()	Captan ()
Mythos ()	Delan ()

Dodex ()	Bravonil ()
Approve ()	Fegatex ()
Alterne ()	Cercobin ()
Trifimine ()	Mancozeb ()
Orkestra ()	Frowncide ()
Miravis ()	Outro Qual? ()

27) Ao longo da safra, quantas aplicações de cada fungicida abaixo relacionados para o manejo da sarna você faz em média?

Fungicida	Nº aplicações
Score	
Mythos	
Dodex	
Approve	
Alterne	
Trifimine	
Orkestra	
Miravis	
Captan	
Delan	
Bravonil	
Fegatex	
Cercobin	
Mancozeb	
Frowncide	
Outro	

28) Como você avalia a eficiência de controle dos fungicidas que você costuma utilizar

para o manejo da sarna?

Fungicida	Eficiência de controle					
	Muito alta	Alta	Média	Baixa	Muito baixa	Ineficiente
Score						
Mythos						
Dodex						
Approve						
Alterne						
Trifimine						
Orkestra						
Miravis						
Captan						
Delan						
Bravonil						
Fegatex						
Cercobin						
Mancozeb						
Frownicide						
Outro						

29) Que critério você utiliza para definir que fungicida utilizar num tratamento para o controle da sarna:

- Preço Eficiência do produto
- Dados de pesquisa Disponibilidade na agropecuária
- Recomendação do Responsável Técnico ou cooperativa Outro(s) Qual(is)?

30) Você sabia que existem fungicidas que têm limite de uso?

Sim Não

Se sim, quais?

31) Você realiza manutenção do maquinário utilizado no manejo da sarna?

Sim Não

Se sim, qual frequência?

Anual

Bianual

Quando apresenta algum problema

Outro(s) Qual(is)?

32) Ao longo dos anos você acha que está mais fácil ou mais difícil manejar a sarna da macieira?

Fácil Difícil

Se acha que está mais difícil, aponte os motivos disto:

33) Você utiliza algum produto para aumentar a eficiência dos fungicidas para o controle da sarna?

Sim Não

Se sim, qual(is)?

Fosfitos

Ácido peracético

Aminoácido

Extratos

Fertilizante foliar

Espalhante/Adjuvante

Fungicidas biológicos

Outro(s) Qual(is)?

34) Como você avalia a eficiência destes produtos alternativos que você costuma utilizar para o manejo da sarna?

Se não usa, qual o motivo?

FUNGICIDA	EFICIÊNCIA DE CONTROLE					
	Muito alta	Alta	Média	Baixa	Muito baixa	Ineficaz
Fosfitos						
Ácido peracético						
Aminoácido						
Extratos						
Fertilizante foliar						
Espalhante/Adjuvante						
Fungicidas biológicos						
Outro, quais?						

35) Se você soubesse que estes produtos alternativos podem controlar de forma inespecífica diversas doenças da macieira, reduzir risco de seleção de população de fungos resistentes a fungicidas, aumentar a manutenção das folhas no pomar, aumentar a produtividade e qualidade de frutos, e permitir a utilização da dose de bula dos fungicidas nas pulverizações, você usaria mesmo que aumentasse um pouco o custo de produção?

Sim Não

36) Você sabe o que são produtos nanoencapsulados?

Sim Não

37) Já ouviu falar de princípios ativos nanoencapsulados usados na agricultura para o manejo de doenças e pragas?

Sim Não

38) Se estes princípios nanoencapsulados mostrassem eficiência para o controle da sarna damaçã você os utilizaria?

Sim Não

Se não, qual(is) motivo(s) para não usar?

39) Se estes princípios nanoencapsulados mostrassem eficiência para o controle da sarna da maçã, mas tivessem um custo mais elevado que os fungicidas você os utilizaria mesmo assim?

Sim Não

Se não, por qual(is) motivo(s)?

ANEXOS

Anexo I – Parecer de aprovação do CEP

UNIVERSIDADE DO PLANALTO
CATARINENSE - UNIPLAC



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: SARNA DA MACIEIRA NA SERRA CATARINENSE: OCORRÊNCIA, MANEJO UTILIZADO E CONTROLE COM PRODUTOS BIOLÓGICOS E

Pesquisador: Lenita Agostinetto

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 70025723.1.0000.5388

Instituição Proponente: Universidade do Planalto Catarinense - UNIPLAC

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.142.970

Apresentação do Projeto:

SARNA DA MACIEIRA NA SERRA CATARINENSE: OCORRÊNCIA, MANEJO UTILIZADO E CONTROLE COM

PRODUTOS BIOLÓGICOS E NANOENCAPSULADOS

Pesquisa direcionada aos produtores de maçã pertencentes às localidades rurais do município São Joaquim -SC.

Projeto de Dissertação do Mestrado em Ambiente e Saúde

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Conhecer a ocorrência e o manejo da sarna da macieira na Serra Catarinense e avaliar o controle da doença com uso de produtos biológicos e nanoencapsulados.

Objetivo Secundário:

Descrever o perfil sociodemográfico dos produtores de maçã da região; Levantar informações (incidência, perdas etc) pela percepção dos agricultores sobre a sarna da maçã na região; Caracterizar o manejo e o uso de produtos alternativos no controle da sarna pelos agricultores que

Endereço: Av. Castelo Branco, 170 - Prédio da Reitoria - 2º andar, sala 10

Bairro: Universitário

CEP: 88.509-900

UF: SC

Município: LAGES

Telefone: (49)3251-1086

E-mail: cep@uniplaclages.edu.br

Continuação do Parecer: 6.142.970

cultivam maçã na região.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Na ocorrência de qualquer dano ou iminência de risco à integridade física ou psicológica, será provida à assistência imediata ao(s) participante(s) independente da fase da pesquisa ou até mesmo após o seu encerramento. Na aplicação dos questionários, o risco é mínimo e está relacionado a possibilidade de algum participante apresentar qualquer tipo de desconforto emocional ou constrangimento referente às questões abordadas, o que também pode provocar abalo físico. Caso o participante se sinta de algum modo lesado, constrangido e/ou sofra alguma complicação devido às coletas, o mesmo terá apoio e atenção prestados pelos pesquisadores durante todo o processo, que será de forma totalmente gratuita, sendo encaminhado para a Unidade Básica de Saúde (UBS) mais próxima. Salienta-se ainda que os participantes terão direito de pleitear indenização por reparação de danos que apresente nexo causal com a pesquisa, mesmo após o seu término.

Benefícios:

Quanto aos benefícios da pesquisa, estes se referem a instigar sistemas sustentáveis de produção de alimentos e práticas agrícolas resilientes, que ajudem a manter os ecossistemas, progressivamente a qualidade da terra e do solo, além de reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação, poluição do ar, água, solo, e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres em consonância com os objetivos do desenvolvimento sustentável da agenda 2030 da ONU.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa está de acordo ou não com a Resolução CNS Nº 510/2016

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide conclusões

Endereço: Av. Castelo Branco, 170 - Prédio da Retoria - 2º andar, sala 10
 Bairro: Universitário CEP: 86.509-900
 UF: SC Município: LAGES
 Telefone: (49)3251-1086 E-mail: cep@uniplaclages.edu.br

Continuação do Parecer: 6.142.970

Recomendações:

Vide conclusões

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências

Considerações Finais a critério do CEP:

O desenvolvimento da pesquisa, deve seguir os fundamentos, metodologia e preposições, do modo em que foram apresentados e avaliados por este CEP, qualquer alteração, deve ser imediatamente informada ao CEP-UNIPLAC, acompanhada de justificativa.

O pesquisador deverá observar e cumprir os itens relacionados abaixo, conforme descrito na Resolução nº 466/2012.

- a) Desenvolver o projeto conforme delineado;
- b) Elaborar e anexar na Plataforma Brasil os relatórios parcial e final;
- c) Apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento;
- d) Manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa;
- e) Encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores associados e ao pessoal técnico integrante do projeto; e
- f) Justificar fundamentalmente, perante o CEP ou a CONEP. Interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_2144769.pdf	30/05/2023 10:35:24		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto.pdf	30/05/2023 10:34:41	Lenita Agostinnetto	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	tcle.pdf	30/05/2023 10:33:35	Lenita Agostinnetto	Aceito
Declaração de Pesquisadores	TermoPesquisador.pdf	23/05/2023 19:32:27	Lenita Agostinnetto	Aceito
Folha de Rosto	FolhaRostoAssinada.pdf	23/05/2023	Lenita Agostinnetto	Aceito

Endereço: Av. Castelo Branco, 170 - Prédio da Reitoria - 2º andar, sala 10
 Bairro: Universitário CEP: 88.509-900
 UF: SC Município: LAGES
 Telefone: (49)3251-1086 E-mail: cep@uniplaclages.edu.br