

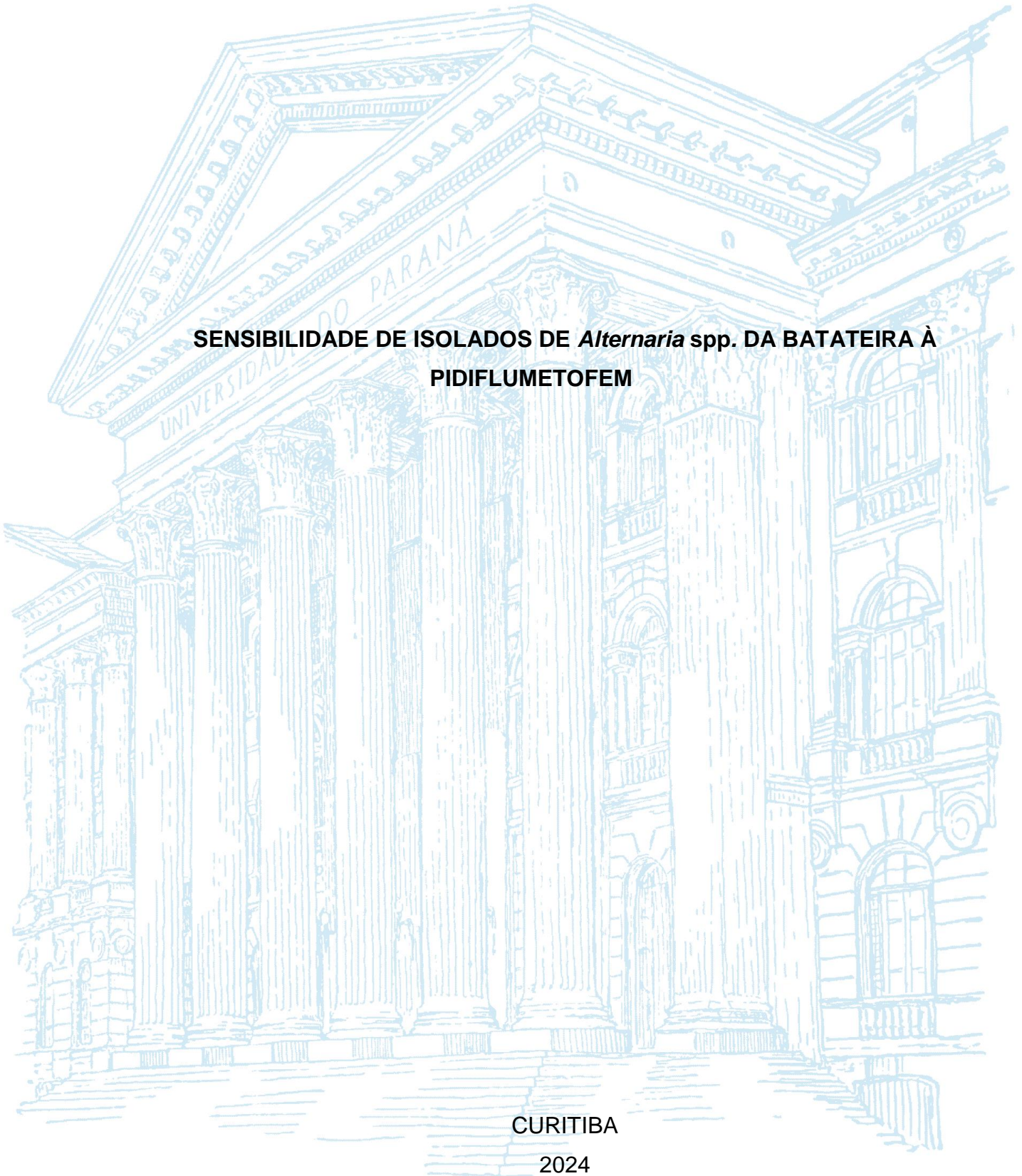
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIA ALICE RODRIGUES PINTO

**SENSIBILIDADE DE ISOLADOS DE *Alternaria* spp. DA BATATEIRA À
PIDIFLUMETOFEM**

CURITIBA

2024



Maria Alice Rodrigues Pinto

SENSIBILIDADE DE ISOLADOS DE *Alternaria* spp. DA BATATEIRA À
PIDIFLUMETOFEM

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Agronomia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Henrique da Silva Silveira Duarte.

CURITIBA

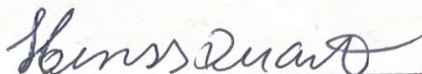
2024

TERMO DE APROVAÇÃO

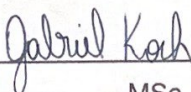
MARIA ALICE RODRIGUES PINTO

**SENSIBILIDADE DE ISOLADOS DE *Alternaria* spp. DA BATATEIRA
À PIDIFLUMETOFEM**

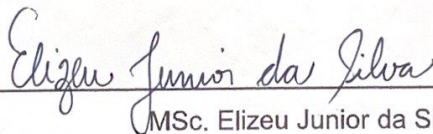
Trabalho apresentado como requisito parcial à obtenção do grau de Engenheiro(a) Agrônomo(a) no Curso de Graduação em Agronomia, pela seguinte banca examinadora:



Orientador Professor Henrique da Silva Silveira Duarte
Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade
Setor de Ciências Agrárias



MSc. Gabriel Koch
Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade Setor de Ciências Agrárias



MSc. Elizeu Junior da Silva
Departamento de Fitotecnia e Fitossanidade Setor de Ciências Agrárias

Curitiba, 19 de dezembro de 2024

"Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo propósito
debaixo do céu." – Eclesiastes 3:1

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder forças, saúde e sabedoria para enfrentar os desafios ao longo desta caminhada.

À minha mãe, Maria Alice Ronca, por todo o amor, apoio incondicional e ensinamentos que sempre me inspiraram.

Ao meu pai, Astolfo, pela força e pelo exemplo de dedicação que me motivaram ao longo desta jornada.

À minha irmã e à minha sobrinha, por estarem sempre ao meu lado, oferecendo palavras de encorajamento e carinho.

Ao Davi, por sua paciência, compreensão, carinho e apoio inestimável em momentos importantes e por alegrar meus dias.

Ao meu orientador, Professor Henrique da Silva Silveira Duarte, pela orientação precisa, paciência e incentivo na carreira acadêmica, que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

Ao meu coorientador, Elizeu, pela disponibilidade, conselhos valiosos e apoio técnico indispensável.

À toda a equipe do LEMID, por compartilhar conhecimentos, auxílio e inúmeros momentos.

À Universidade Federal do Paraná e ao curso de Agronomia, pelo ensino público de qualidade.

A todos que, de alguma forma, contribuíram nesta jornada, meu mais sincero agradecimento.

RESUMO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é uma cultura de grande importância econômica devido sua versatilidade e valor nutricional. Entretanto muitos fatores levam à perdas de produtividade da cultura, entre eles um dos principais fatores são os patógenos, como *Alternaria* spp. que causam a pinta preta (*A. grandis*) e a mancha marrom (*A. alternata* e *A. arborescens*). O manejo dessas doenças é predominantemente feito com a utilização de fungicidas. No entanto, o uso intensivo de fungicidas químicos tem favorecido a seleção de isolados resistentes aos produtos disponíveis no mercado atualmente. Para monitorar o desenvolvimento da resistência de *Alternaria* spp. a fungicidas ao longo do tempo, foi estabelecida uma baseline para pidiflumetofem. O teste com o fungicida consistiu na avaliação da germinação de esporos, nas concentrações 0, 0.001, 0.01, 0.1, 0.5, 1 e 10 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Foram utilizados 27 isolados de *A. alternata* e 23 de *A. arborescens*. A porcentagem de inibição da germinação de esporos foi mensurada, seguida de regressões lineares em \log_{10} . A concentração efetiva para inibir 50% do crescimento micelial (CE_{50}) variou entre $<0,001$ e $0,006494 \mu\text{g mL}^{-1}$ para *A. alternata*, e entre $<0,001$ e $0,0633 \mu\text{g mL}^{-1}$ para *A. arborescens*. Ao analisar a distribuição de frequência de CE_{50} para *A. alternata*, 81,5% dos isolados apresentaram valores $<0,001 \mu\text{g mL}^{-1}$, já para *A. arborescens* e 43,5% dos isolados necessitaram de concentrações inferiores a $0,001 \mu\text{g mL}^{-1}$ para inibir 50% da germinação de esporos. O estudo revelou uma alta sensibilidade dos isolados de *Alternaria* spp. ao fungicida pidiflumetofem, sendo necessário estudos constantes de monitoramento da sensibilidade em campo.

Palavras-chave: Controle químico; Mancha marrom; Sensibilidade; Baseline.

ABSTRACT

Potato (*Solanum tuberosum* L.) is a crop of great economic importance due to its versatility and nutritional value. However, many factors lead to crop productivity losses, among them one of the main factors are pathogens, such as *Alternaria* spp. that cause early blight (*A. grandis*) and brown spot (*A. alternata* and *A. arborescens*). The management of these diseases is predominantly done with the use of fungicides. However, the intensive use of chemical fungicides has favored the selection of isolates resistant to the products currently available on the market. To monitor the development of *Alternaria* spp. resistance to fungicides over time, a baseline for pidiflumetofen was established. The test with the fungicide consisted of evaluating spore germination at concentrations of 0, 0.001, 0.01, 0.1, 0.5, 1 and 10 $\mu\text{g mL}^{-1}$. Twenty-seven isolates of *A. alternata* and 23 of *A. arborescens* were used. The percentage of inhibition of spore germination was measured, followed by linear regressions in \log_{10} . The effective concentration to inhibit 50% of mycelial growth (EC_{50}) ranged from <0.001 to $0.06334 \mu\text{g mL}^{-1}$ for *A. alternata*, and from <0.001 to $0.0633 \mu\text{g mL}^{-1}$ for *A. arborescens*. When analyzing the frequency distribution of EC_{50} for *A. alternata*, 81.5% of the isolates presented values $<0.001 \mu\text{g mL}^{-1}$, while for *A. arborescens* and 43.5% of the isolates required concentrations lower than $0.001 \mu\text{g mL}^{-1}$ to inhibit 50% of spore germination. The study revealed a high sensitivity of *Alternaria* spp. isolates to the fungicide pidiflumetofen, requiring constant studies to monitor sensitivity in the field.

Keywords: Chemical control; Brown spot; Sensitivity; Baseline.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA	10
1.2 OBJETIVOS	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 A CULTURA DA BATATA	11
2.2 MANCHA MARROM.....	12
2.3 CONTROLE	14
2.4 CONTROLE QUÍMICO.....	15
2.5 FUNGICIDAS INIBIDORES DA SUCCINATO DESIDROGENASE (ISDH)	16
2.6 LINHA DE BASE (“BASELINE”).....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
4.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	28
REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

A batata (*Solanum tuberosum* L.) é um tubérculo consumido mundialmente e desempenha um papel fundamental na segurança alimentar e na economia global. Originária da América do Sul, a batata foi introduzida na Europa no século XVI e, posteriormente, no Brasil no final do século XIX (SALAS e TÖFOLI, 2017). Reconhecida por sua riqueza em carboidratos e nutrientes essenciais, a batata é amplamente valorizada como uma fonte de alimentação completa e saudável (TÖFOLI e DOMINGUES, 2022).

No contexto brasileiro, a produção de batata é uma atividade agrícola de grande relevância, com a cultura sendo explorada em diferentes regiões do país e dividida em três safras distintas: águas, seca e inverno. Destas, a safra das águas é particularmente significativa, dada a sua relação com os padrões de chuvas (VALADARES e LANDAU, 2020). Com Minas Gerais liderando o ranking nacional, tendo o maior valor de produção nacional, seguido pelo Paraná (IBGE, 2023), a produção de batata desempenha um papel importante na economia agrícola brasileira. Entretanto, existem desafios significativos aos produtores de batata, sendo as doenças uma das principais preocupações.

A pinta preta, causada pelo fungo *Alternaria grandis*, e a mancha marrom, causada por *Alternaria alternata* e *Alternaria arborescens*, são doenças expressivas da cultura, afetando folhas, caules e tubérculos, resultando em reduções na produção e na qualidade dos cultivos (TÖFOLI e DOMINGUES, 2022). O controle eficaz da pinta preta e da mancha marrom requer uma abordagem integrada que inclui o uso de práticas culturais adequadas, seleção de variedades resistentes e o emprego de medidas de controle químico.

No contexto brasileiro, o manejo de *Alternaria* spp. tem sido predominantemente conduzido por meio da aplicação de fungicidas contendo ingredientes ativos como tebuconazol, difenoconazol, iprodiona, e estrobilurinas, tais como azoxistrobina, trifloxistrobina e piraclostrobina (NOSSLLALA, 2016). Casos de reduzida sensibilidade de espécies de *Alternaria* aos triazóis, também conhecidos como fungicidas inibidores da desmetilação de esteróis (DMIs) já foram documentados na literatura (YANG et al., 2019).

Novos ingredientes ativos têm surgido no mercado para serem usados no manejo da doença, um exemplo é fungicida pidiflumetofem que foi registrado para a

cultura da batata no ano de 2022. O fungicida pidiflumetofem é uma carboxamida que age inibindo a enzima succinato desidrogenase.

Para o monitoramento da sensibilidade fúngica, o estabelecimento de baselines é fundamental, visto que, a linha de base é utilizada como referência para comparar a eficácia entre fungicidas. Esse estudo permite avaliar possíveis reduções na sensibilidade dos fungos aos fungicidas ao longo dos anos de uso em determinada cultura. Na ausência da determinação do CE50 para a cepa selvagem, torna-se mais difícil sua utilização futura para quantificar eventuais diminuições na sensibilidade (DE ROSSI, REIS e BRUSTOLIN, 2015).

Nesse sentido, o presente estudo visou identificar o baseline de isolados *A. alternata* e *A. arborescens* ao fungicida pidiflumetofem.

1.1 PROBLEMA E JUSTIFICATIVA

Na literatura, diversos trabalhos relatam a resistência de *Alternaria* spp. a fungicidas de diferentes grupos químicos, como os QoI's – Inibidores da Quinona Externa (TYMON e JOHNSON, 2014; DING et al., 2019; ODIBELKOV et al., 2019), SDHI – Inibidores da Succinato Desidrogenase (TYMON e JOHNSON, 2014; FAIRCHILD, MILES e WHARTON, 2013; LANDSCHOOT et al., 2017), DMI's – Inibidores da Desmetilação (YANG, 2019; FONSEKA e GUDMESTAD, 2013), dicarboxamidas (KIM, LEE e KIM, 2016), e anilino pirimidina (FAIRCHILD, MILES e WHARTON, 2013; FONSEKA e GUDMESTAD, 2013), por exemplo.

A seleção acelerada de isolados resistentes reforça a importância de implementar estratégias robustas de manejo antirresistência. O ponto de partida deve ser o monitoramento da população do patógeno antes da introdução de novos fungicidas no programa de manejo da cultura. A avaliação da sensibilidade inicial dos isolados é essencial para acompanhar a dinâmica da resistência ao longo dos anos de uso do fungicida (RUSSEL, 2004; GAO et al., 2017). Quando um aumento na frequência de isolados resistentes é identificado em comparação com a sensibilidade inicial, ainda é viável aplicar medidas de contenção, como restringir o número de aplicações do fungicida por ciclo produtivo e alternar produtos com diferentes modos de ação (LATORRE e TORRES, 2012).

1.2 OBJETIVO

Estabelecer a sensibilidade basal de 50 isolados de *Alternaria* spp. (*A. alternata* e *A. arborescens*) causadores da mancha marrom ao fungicida pidiflumetofem, utilizando a CE₅₀ por meio da análise da germinação de esporos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DA BATATA

A batata (*Solanum tuberosum* L.) tem como centro de origem a região andina, ao redor do lago Titicaca no Peru, sendo consumida por povos nativos a mais de 7000 anos e levada à Europa meados de 1570, por conquistadores espanhóis (SALAS e TÖFOLI, 2017). No Brasil, foi implantada no final do século XIX, na Região Sul do país, onde há condições edafoclimáticas favoráveis para a produção da cultura (VALADARES e LANDAU, 2020). A relevância global deste tubérculo foi internacionalmente reconhecida no ano de 2008, designado como o Ano Internacional da Batata, uma iniciativa promovida pela FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação) e por outros organismos internacionais voltados para a saúde e alimentação.

Abundante em carboidratos, a batata representa uma fonte significativa de betacaroteno, fósforo, potássio, magnésio, cálcio, além das vitaminas A, C e do complexo B (B1, B2, B6 e ácido fólico), ainda contém proteínas de alta qualidade, ferro, piridoxina, fibra alimentar e sais alcalinos, a batata é caracterizada por seu valor biológico elevado, baixo teor de lipídios e ausência de colesterol, tornando-a um alimento completo, saudável e universal (TÖFOLI e DOMINGUES, 2022).

Trata-se de uma planta dicotiledônea, da família Solanaceae, gênero *Solanum*, que abriga mais de 2.000 espécies, com pouco mais de 150 delas sendo produtoras de tubérculos. Há o conhecimento de aproximadamente 200 espécies selvagens de batata e 20 cultivadas. A parte aérea da batateira é herbácea, atingindo alturas que variam entre 50 e 70 centímetros, podendo, em estágios adultos, alcançar até 1,5 metro. O ciclo vegetativo da cultura pode ser classificado como precoce (menos de 90 dias), médio (entre 90 e 110 dias) ou longo (mais de 110 dias), dependendo da variedade cultivada (FORTES e PEREIRA, 2003).

A produção de batata no Brasil é categorizada em três safras distintas: a primeira, conhecida como safra das águas, ocorre de dezembro a março; a segunda, denominada safra da seca, abrange os meses de abril a agosto; e a terceira é a safra de inverno, com plantações realizadas entre setembro e novembro. A safra das águas é considerada a mais significativa, pois viabiliza o cultivo em praticamente todas as regiões do país devido ao padrão de chuvas (VALADARES e LANDAU, 2020).

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), a produção de batata no Brasil, em 2023, foi de 4.188.704 toneladas, tendo como o maior produtor o estado de Minas Gerais. No Paraná, produziu-se 791.855 toneladas, na safra de 2023, totalizando o valor da produção em 1.802.354 mil reais (IBGE, 2023).

Dentre os diversos fatores que limitam a produção de batata, pode-se destacar as doenças. De acordo com Töfoli e Domingues (2022), a bataticultura é impactada por uma ampla variedade de patógenos, que abrange desde microrganismos relativamente primitivos, como oomicetos e protozoários, até os fungos propriamente ditos.

Das doenças ocasionadas por oomicetos na produção de batata, as mais notáveis são a requeima (*Phytophthora infestans*), a podridão aquosa (*Globisporangium* spp.) e a sarna pulverulenta (*Spongospora pulverulenta*). Já dentre as principais doenças causadas por fungos destacam-se a rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*), a murcha de fusarium e a podridão seca (*Fusarium* spp.), o mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*), a sarna prateada (*Helminthosporium solani*), o olho pardo (*Calonectria brassicae*), a murcha de verticillium (*Verticillium dahliae*) e a pinta preta (*Alternaria* spp.) (TÖFOLI e DOMINGUES, 2022).

2.2 MANCHA MARROM

Na última década, várias espécies de *Alternaria* de esporos pequenos foram associadas à mancha marrom, incluindo *A. alternata*, *A. tenuissima*, *A. dumosa*, *A. interrupta*, *A. arborescens*, *A. longipes*, *A. infectoria*, *A. telliensis* e *A. arbusti*. A ocorrência dessa doença foi relatada em diversos países, como Irã (TAHERI 2019), Rússia (ORINA et al. 2011; KOKAEVA et al. 2018), Paquistão (SHOAIIB et al. 2014), China (ZHENG et al. 2015), Estados Unidos (TYMON et al. 2016), Bélgica

(LANDSCHOOT et al. 2017; VANDECASTEELE et al. 2018), Argélia (BESSADAT et al. 2020), Índia (LINGWAL et al. 2022) e Coreia do Sul (CHOI et al. 2022).

A mancha marrom caracteriza-se por lesões pequenas, circulares e irregulares nas folhas, de coloração marrom-escuro, com cerca de 10 mm de diâmetro. Essas lesões podem agrupar-se, formando grandes áreas necróticas, com ou sem halo amarelo, que coalescem e causam danos expressivos à lâmina foliar. Também podem surgir lesões superficiais alongadas e escuras nos caules e pecíolos (STEVENSON et al. 2001; KIRK e WHARTON 2012; LEIMINGER et al. 2015; LINGWAL et al. 2022). Em folhas jovens, os sintomas podem ser confundidos com os da pinta preta, que nos estágios iniciais também se apresentam como pequenas lesões circulares. No entanto, as lesões da mancha marrom não possuem anéis concêntricos (VAN DER WAALS et al. 2011; SOLEIMANI e KIRK 2012; ZHANG et al. 2020). A doença inicia-se quando esporos se depositam nas folhas de plantas suscetíveis e, após a germinação, o tubo germinativo penetra diretamente nos tecidos por meio da epiderme ou por aberturas como estômatos e ferimentos (KIRK e WHARTON 2012). Os conídios são dispersos pelo vento e pela água de respingos de chuva, atuando como inóculo primário e secundário em novos ciclos de doença (DING et al. 2019).

A patogenicidade das espécies de *Alternaria* de esporos pequenos foi comprovada, e a intensidade das epidemias causadas por esse patógeno aumentou em várias regiões do mundo, tornando-se uma espécie predominante em muitas áreas (VANDECASTEELE et al. 2018; DING et al. 2019; TAHERI 2019; LINGWAL et al. 2022; CHOI et al. 2022). A sobrevivência de *Alternaria* spp. é assegurada por sua característica saprofítica e pela capacidade de permanecer viável no solo sob a forma de conídios, clamidósporos e micélio, ou em tecidos vegetais em decomposição (ROTEM 1994; KOKAEVA et al. 2018), e ainda, o patógeno se reproduz assexuadamente e causa doenças policíclicas (DING et al. 2019).

De acordo com Kirk e Wharton (2012) e Soleimani e Kirk (2012), epidemias de mancha marrom podem ocorrer em uma ampla variedade de condições climáticas. Temperaturas entre 20 e 30°C, alta umidade contínua ou a alternância entre períodos de chuva e seca favorecem a esporulação, germinação dos esporos e infecção dos tecidos vegetais. A intensidade da doença, no entanto, depende principalmente da frequência de molhamento da parte aérea causado por chuva, neblina, orvalho ou irrigação, do estado nutricional da planta e da suscetibilidade do

hospedeiro (STEVENSON et al. 2001; VANDECASTEELE et al. 2018). A suscetibilidade do hospedeiro à mancha marrom tende a aumentar com a idade do tecido, característica comum em muitos patossistemas que envolvem espécies de *Alternaria*. Além disso, em conjunto com outras espécies de *Alternaria*, as espécies de esporos pequenos são consideradas agentes patogênicos predominantes em plantas senescentes (ROTEM 1994).

As perdas associadas à doença podem alcançar, em média, aproximadamente 20% da produção, entretanto, em situações mais graves, essas perdas podem atingir até 80%, comprometendo significativamente o rendimento da cultura (SOLEIMANI e KIRK 2012).

2.3 CONTROLE

De acordo com Tofoli, Domingues e Ferraz (2014), o alto potencial destrutivo de *Alternaria* spp. na cultura da batata torna obrigatória a adoção de medidas integradas de controle, visando a sustentabilidade da produção. Os autores ainda ressaltam um conjunto de práticas recomendadas, tais como plantio de tubérculos saudáveis, local de plantio adequado, aliado ao uso de cultivares com algum nível de resistência e evitando plantios adensados, assim como a sucessão de solanáceas na área, juntamente com a prática de adubação balanceada pois, níveis apropriados de nitrogênio, magnésio e matéria orgânica têm demonstrado a capacidade de mitigar os efeitos da doença, irrigação controlada, manejo correto de plantas invasoras, desinfecção dos equipamentos utilizados em culturas afetadas, paralelo a vistoria constante da cultura e a aplicação de fungicidas registrados.

O uso de cultivares resistentes, destaca-se por sua elevada eficiência, baixo custo e simplicidade de manejo (ROMERO et al., 2020). Além disso, cultivares com níveis mais altos de resistência demandam uma menor aplicação de fungicidas (ZAMBOLIM et al., 2011), o que torna essa estratégia uma ferramenta relevante no manejo integrado da doença. Em contrapartida, conforme apontado por Duarte et al. (2013), as cultivares de batata cultivadas no Brasil apresentam variações nos níveis de resistência genética à *Alternaria* spp., sendo que as variedades mais amplamente plantadas, por atenderem às preferências dos produtores, são frequentemente suscetíveis à requeima.

Em vista disso, o emprego de fungicidas representa a estratégia de controle mais amplamente adotada para prevenir perdas na produção agrícola (ROMERO et al., 2020).

2.4 CONTROLE QUÍMICO

A aplicação de fungicidas representa a estratégia predominante adotada para mitigar potenciais perdas na produção agrícola, (Romero et al., 2020). As abordagens de manejo empregadas com fungicidas visam principalmente à prevenção e/ou redução da incidência de doenças no campo. Para tal propósito, é imprescindível um entendimento detalhado do potencial de ação desses agentes, visando alcançar os mais eficazes níveis de controle, seja por meio de programas de aplicação específicos ou sistemas de previsão de doenças. Diversos fatores, tais como a suscetibilidade das cultivares, condições climáticas, seleção do produto, estágio fenológico da cultura e “*timing*” da aplicação, exercem influência direta sobre a eficácia do controle proporcionado por um fungicida (TOFOLI et al., 2014).

A classificação dos fungicidas é geralmente baseada na natureza química e no modo de ação do produto contra o fitopatógeno: são protetores ou de contato, erradicantes e sistêmicos (ZAMBOLIM et al., 1995; KIMATI, 1995). Os protetores, ou de contato, qual se enquadra o pidiflumetofem (fungicida do estudo), de acordo com Garcia (1999), são eficazes apenas quando aplicados antes da penetração do patógeno nos tecidos do hospedeiro, pois atuam reduzindo ou impedindo a probabilidade de desenvolvimento da doença. Ao serem depositados na superfície dos órgãos vegetais, formam uma barreira química capaz de inibir a germinação dos esporos e o desenvolvimento do tubo germinativo, prevenindo, assim, a penetração dos fungos e o estabelecimento do patógeno (GARCIA, 1999).

No Brasil, os ingredientes ativos juntamente com seus respectivos grupos químicos registrados para o controle de *Alternaria* spp. são: azoxistrobina, picoxistrobina e piraclostrobina (estrobilurina); cimoxanil (acetamida); mancozebe, propinebe, metiram, e oxicloreto de cobre (ditiocarbamatos); ciprodinil e pirimetanil (anilino pirimidina); captana, iprodiona e procimidona (dicarboxamida); fluazinam (fenilpiridinilamina); fenamidona (imidazolinona); hidróxido de cobre, oxicloreto de cobre, sulfato de cobre e óxido cuproso (inorgânicos); clorotalonil (isoflalonitrila); famoxadona (oxazolidinadiona); difeconazol, bromuconazol, flutriafol, metconazol,

tebuconazol e miclobutanil (triazol); bentiavalicarbe isopropílico (vanilamida carbamato) e fluxapiroxade e boscalida (carboxamida) (AGROFIT, 2024).

2.5 FUNGICIDAS INIBIDORES DA SUCCINATO DESIDROGENASE (ISDH)

O fungicida pidiflumetofem pertence ao grupo dos inibidores da succinato desidrogenase (ISDH), os quais atuam no complexo mitocondrial II, especificamente na enzima succinato desidrogenase (SDH). Esses compostos interrompem o transporte de elétrons entre o succinato e a ubiquinona, além de inibir a conversão de succinato em fumarato. Dessa forma, os fungicidas ISDH comprometem dois processos essenciais: o transporte de elétrons na cadeia mitocondrial e o ciclo do ácido tricarboxílico (Krebs) (AVENOT e MICHAILIDES, 2010; STAMMLER et al., 2015; KLAPPACH e STAMMLER, 2019).

Com a fundação do FRAC e a categorização dos fungicidas com base no modo de ação e no sítio-alvo, os fungicidas anteriormente chamados de carboxamidas hoje pertencem à classe dos inibidores da succinato desidrogenase (ISDH), refletindo sua ação específica (STAMMLER et al., 2015).

Os fungicidas ISDH foram lançados no mercado no final da década de 60 e em 2003, o fungicida boscalida foi introduzido no mercado, resultado de modificações moleculares no ingrediente ativo. Este produto destacou-se pelo amplo espectro de ação contra fungos fitopatogênicos, incluindo basidiomicetos e ascomicetos, além de proporcionar maior eficiência no controle de doenças. Com isso, os fungicidas ISDH ganharam relevância no mercado de produtos fitossanitários (AVENOT e MICHAILIDES, 2010; STAMMLER et al., 2015; LUCAS et al., 2015; KLAPPACH e STAMMLER, 2019).

A partir do lançamento de boscalida, outros ingredientes ativos foram desenvolvidos, como bixafem, fluopyram, benzovindiflupir e fluxapiroxade (SIEROTZKI e SCALLIET, 2013; STAMMLER ET AL., 2015; AMARO et al., 2019). Em 2015, foi introduzido o pidiflumetofem, pertencente a um novo grupo químico dos ISDH, caracterizado por sua eficácia no controle de um amplo espectro de patógenos (JEANMART et al., 2021; MAIENFISCH e MANGELINCKX, 2021).

Todavia, mesmo que os fungicidas ISDH apresentem elevada eficiência no manejo de doenças, o uso intensivo desses produtos, sem a adoção de estratégias de rotação de ingredientes ativos, tem contribuído para o surgimento de resistência

ou redução da sensibilidade em diferentes fitopatógenos (AVENOT e MICHAILIDES, 2010). Segundo o FRAC (2024), fungicidas ISDH são classificados como de médio a alto potencial para fungos fitopatogênicos desenvolverem resistência, devido ao seu modo de ação específico.

Moléculas como carboxina, flutalanil e boscalida, perderam a eficiência no controle de doenças logo após serem lançadas no mercado (HU et al., 2016). Os primeiros relatos de resistência de fungos fitopatogênicos a fungicidas ISDH ocorreram na década de 1970 para *Ustilago maydis* e *Aspergillus nidulans*. Subsequente, a resistência foi observada em *Botrytis cinerea*, *Alternaria alternata*, *Corynespora cassiicola* e *Podosphaera xanthi* (VELOUKAS et al., 2013; SIEROTZKI e SCALLIET, 2013; YANG et al., 2015).

Diante do exposto, atualmente, diversos patógenos resistentes a fungicidas ISDH já foram identificados, incluindo isolados de *Alternaria alternata* em culturas como pistache (AVENOT e MICHAILIDES, 2007), pêssago (YANG et al., 2015) e batata (LANDSCHOOT et al., 2017).

2.6 LINHA DE BASE ("BASELINE")

Antes da introdução de novos ingredientes ativos como produtos comerciais, é fundamental estabelecer uma linha de base, ou "baseline", para a sensibilidade dos patógenos. A linha de base consiste na análise preliminar da resposta de um conjunto de isolados a um fungicida específico, considerando que esses isolados não tiveram contato prévio com o referido produto. Para sua determinação, é essencial empregar métodos validados, uma vez que abordagens distintas podem gerar diferenças nos parâmetros de sensibilidade observados (FRAC, 2024).

A linha de base estabelece um ponto de referência para a sensibilidade fúngica aceita a um fungicida. Isolados ou populações que apresentam perfis de sensibilidade fora do padrão estabelecido geralmente são considerados "menos sensíveis" ou "resistentes" ao fungicida (RUSSELL, 2004).

De acordo com o FRAC (2024), a definição do baseline, é acompanhada pelo monitoramento contínuo das populações do patógeno após sua implementação, a fim de detectar alterações na sensibilidade ao longo do tempo. Durante esses testes de sensibilidade, são aplicadas múltiplas doses do fungicida para determinar o valor de CE₅₀, que representa a concentração do produto necessária para inibir 50% do

crescimento do patógeno, em comparação com um controle não tratado. Este parâmetro é crucial para entender a eficácia do fungicida e orientar seu uso no manejo fitossanitário. A principal função do baseline é servir como ferramenta para estabelecer estratégias de manejo de resistência e realizar o monitoramento subsequente (Russel, 2004). Este termo é aplicado principalmente a novos compostos químicos.

Como os patógenos-alvo, provavelmente, ainda não tenham sido expostos ao novo modo de ação, representando, portanto, uma população natural e não selecionada, os dados de eficácia podem servir como um padrão de resposta esperado na ausência de resistência. Com isso, monitoramento contínuo da eficácia ao longo do tempo pode indicar o desenvolvimento potencial de resistência. Qualquer redução na eficácia abaixo de um limite previamente estabelecido pode levantar preocupações e justificar investigações adicionais para verificar se a resistência é a causa (RUSSELL, 2004).

Portanto, a construção de baselines e o monitoramento contínuo, como destaca Russel (2004), são ferramentas cruciais tanto para prevenir o surgimento de resistência quanto para maximizar a eficácia e a sustentabilidade dos fungicidas no campo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 OBTENÇÃO DOS ISOLADOS

Os 50 isolados de *Alternaria* spp. foram obtidos em áreas de cultivo comercial de batata nas principais regiões produtoras dos estados que integram a região Sul do Brasil (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul).

Para a obtenção dos isolados de *Alternaria* spp., fez-se a coleta de folhas sintomáticas provenientes de campos de cultivo comercial de batata. Foram empregadas técnicas de isolamento indireto, no qual fragmentos de tecido doente foram retirados e desinfestados, em solução aquosa de álcool 70% por 60 segundos e transferidos para solução de hipoclorito de sódio 2% durante um minuto, posteriormente alocados em placas de Petri contendo meio de cultura BDA e incubados a 25°C em câmaras de crescimento do tipo B.O.D., com fotoperíodo de 12 horas, para o desenvolvimento das colônias (ALFENAS e MAFIA, 2016).

Após o crescimento, colônias puras foram obtidas e submetidas a isolamentos monospóricos. Após isolamento monospórico, discos de micélio de 5mm de diâmetro foram transferidos para meio BDA e incubados por 10 dias. Fragmentos colonizados foram retirados e armazenados a -20°C (RODRIGUES, 2005). Os isolados foram mantidos no Laboratório de Epidemiologia para Manejo Integrado de Doenças de Plantas (LEMID) da Universidade Federal do Paraná.

3.2 DETERMINAÇÃO DA LINHA DE BASE

A sensibilidade dos 50 isolados de *Alternaria* spp., sendo 27 de *A. alternata* e 23 de *A. arborescens*, ao fungicida pidiflumetofem foi avaliada mediante a germinação de esporos. As concentrações utilizadas para quantificar a inibição de 50% da germinação de conídios foram: 0, 0,001, 0,01, 0,1, 0,5, 1 e 10 µg mL⁻¹ (MOSTAFANEZHAD; EDIN; GRENVILLE-BRIGGS; LANKINEN e LILJEROTH, 2022). Cada isolado foi submetido a duas repetições por concentração, e o experimento foi realizado em duplicata.

Para a avaliação da produção de esporos, discos de micélio foram transferidos para placas de BDA e incubadas por 10 dias a 24°C na luz negra.

O fungicida foi diluído em água destilada e deionizada para a obtenção de solução estoque. Posteriormente, as diferentes concentrações do fungicida foram adicionadas em meio de cultura ágar-água, à temperatura em torno de 45°C. Para homogeneização, foi realizada leve agitação do erlenmeyer contendo meio ágar-água e o fungicida. Em seguida, o meio com as concentrações mencionadas de pidiflumetofem foi vertido em placas de Petri descartáveis, de 90 mm de diâmetro, sendo mantido posteriormente em bancada laboratorial, por 24 h.

Para o preparo da suspensão dos conídios, as placas de BDA, com as colônias dos isolados após os 10 dias de incubação, foram lavadas com 5 ml de água destilada estéril. Cada suspensão de esporos foi filtrada por duas camadas de gaze, e o número de conídios foi estimado usando uma câmara de Neubauer, adicionou-se 100 µL da suspensão de esporos calibrada, na concentração de 10⁵ esporos/ml, nas placas de ágar-água com pidiflumetofem.

A porcentagem de inibição da germinação de esporos foi calculada pela fórmula %IGE = [(C-T)/C] x 100, em que C representa o número de conídios germinados da testemunha e T a germinação média do tratamento com fungicida. Regressões

lineares entre os valores de %IGE e as concentrações dos fungicidas em log₁₀ foram empregadas para estimar a concentração que inibe 50% da germinação dos esporos (CE₅₀).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de CE_{50} para os 50 isolados de *Alternaria* spp., quando expostos ao fungicida pidiflumetofem indicam uma variação na sensibilidade entre as espécies e regiões amostradas (TABELA 1).

Os isolados de *A. alternata* apresentaram, de maneira geral, valores de CE_{50} baixos, com destaque para várias amostras com $CE_{50} < 0,001 \mu\text{g mL}^{-1}$, o que evidencia uma alta sensibilidade ao fungicida. Em contrapartida, os isolados de *A. arborescens* demonstraram maior variabilidade nos resultados. Valores mais elevados de CE_{50} foram observados em alguns isolados, como ADSC10 ($0,06334 \mu\text{g mL}^{-1}$, Água Doce/SC) e HSPR1 ($0,04843 \mu\text{g mL}^{-1}$, Honório Serpa/PR).

Do ponto de vista geográfico, os isolados provenientes do Paraná (PR) apresentaram, em sua maioria, alta sensibilidade, com valores baixos de CE_{50} em localidades como Guarapuava, Palmas e Lapa. Em Santa Catarina (SC), os isolados de Água Doce mostraram maior variabilidade, com valores que variaram de $< 0,001$ até $0,06334 \mu\text{g mL}^{-1}$. Já no Rio Grande do Sul (RS), as amostras de regiões como Bom Jesus e Lagoa Vermelha apresentaram sensibilidade elevada.

TABELA 1 – RESULTADOS DE CE_{50} ($\mu\text{g mL}^{-1}$) PARA OS 50 ISOLADOS DE *Alternaria* spp. SUBMETIDOS AOS FUNGICIDA PIDIFLUMETOFEM.

Isolado	Espécie	Cidade	UF	CE_{50} ($\mu\text{g mL}^{-1}$)
GUAPR2	<i>Alternaria alternata</i>	Guarapuava	PR	<0,001
GUAPR3	<i>Alternaria alternata</i>	Guarapuava	PR	<0,001
CONPR1	<i>Alternaria alternata</i>	Contenda	PR	0,00297
LAPR1	<i>Alternaria alternata</i>	Lapa	PR	<0,001
LAPR3	<i>Alternaria alternata</i>	Lapa	PR	0,00649
LAPR4	<i>Alternaria alternata</i>	Lapa	PR	<0,001
UFPR2	<i>Alternaria alternata</i>	Pinhais	PR	<0,001
UFPR3	<i>Alternaria alternata</i>	Pinhais	PR	<0,001
PSPR2	<i>Alternaria alternata</i>	Palmas	PR	<0,001
PSPR3	<i>Alternaria alternata</i>	Palmas	PR	<0,001

ADSC7	<i>Alternaria alternata</i>	Água Doce	SC	<0,001
ADSC8	<i>Alternaria alternata</i>	Água Doce	SC	<0,001
EUFPR1	<i>Alternaria alternata</i>	Curitiba	PR	<0,001
EUFPR2	<i>Alternaria alternata</i>	Curitiba	PR	<0,001
LAPR6	<i>Alternaria alternata</i>	Lapa	PR	<0,001
LAPR9	<i>Alternaria alternata</i>	Lapa	PR	<0,001
LAPR10	<i>Alternaria alternata</i>	Lapa	PR	<0,001
IBRS1	<i>Alternaria alternata</i>	Ibiraiaras	RS	0,00468
IBRS2	<i>Alternaria alternata</i>	Ibiraiaras	RS	0,00197
LVRS6	<i>Alternaria alternata</i>	Lagoa Vermelha	RS	<0,001
LVRS7	<i>Alternaria alternata</i>	Lagoa Vermelha	RS	<0,001
BJRS3	<i>Alternaria alternata</i>	Bom Jesus	RS	<0,001
SFPRS8	<i>Alternaria alternata</i>	São Francisco de Paula	RS	<0,001
PINPR2	<i>Alternaria alternata</i>	Pinhão	PR	<0,001
PINPR3	<i>Alternaria alternata</i>	Pinhão	PR	0,00198
PSPR7	<i>Alternaria alternata</i>	Palmas	PR	<0,001
CSRS5	<i>Alternaria alternata</i>	Cambará do Sul	RS	<0,001
ARPR3	<i>Alternaria arborescens</i>	Araucária	PR	0,00253
GUAPR1	<i>Alternaria arborescens</i>	Guarapuava	PR	0,00382
PALPR1	<i>Alternaria arborescens</i>	Palmeira	PR	0,01462
PALPR2	<i>Alternaria arborescens</i>	Palmeira	PR	0,04761
PALPR4	<i>Alternaria arborescens</i>	Palmeira	PR	0,00626
LAPR5	<i>Alternaria arborescens</i>	Lapa	PR	<0,001
ADSC1	<i>Alternaria arborescens</i>	Água Doce	SC	<0,001
ADSC3	<i>Alternaria arborescens</i>	Água Doce	SC	<0,001
LVRS1	<i>Alternaria arborescens</i>	Lagoa Vermelha	RS	<0,001
LVRS3	<i>Alternaria arborescens</i>	Lagoa Vermelha	RS	0,01451
LVRS8	<i>Alternaria arborescens</i>	Lagoa Vermelha	RS	<0,001
SFPRS2	<i>Alternaria arborescens</i>	São Francisco de Paula	RS	<0,001

SFPRS4	<i>Alternaria arborescens</i>	São Francisco de Paula	RS	0,01411
SFPRS5	<i>Alternaria arborescens</i>	São Francisco de Paula	RS	0,01140
BJRS1	<i>Alternaria arborescens</i>	Bom Jesus	RS	<0,001
BJRS4	<i>Alternaria arborescens</i>	Bom Jesus	RS	<0,001
BJRS5	<i>Alternaria arborescens</i>	Bom Jesus	RS	<0,001
HSPR1	<i>Alternaria arborescens</i>	Honório Serpa	PR	0,04843
HSPR2	<i>Alternaria arborescens</i>	Honório Serpa	PR	<0,001
ADSC10	<i>Alternaria arborescens</i>	Água Doce	SC	0,06334
CDSPR1	<i>Alternaria arborescens</i>	Coronel Domingos Soares	PR	0,01389
CDSPR2	<i>Alternaria arborescens</i>	Coronel Domingos Soares	PR	0,00319
ARPR7	<i>Alternaria arborescens</i>	Araucária	PR	0,00541

FONTE: O autor (2024).

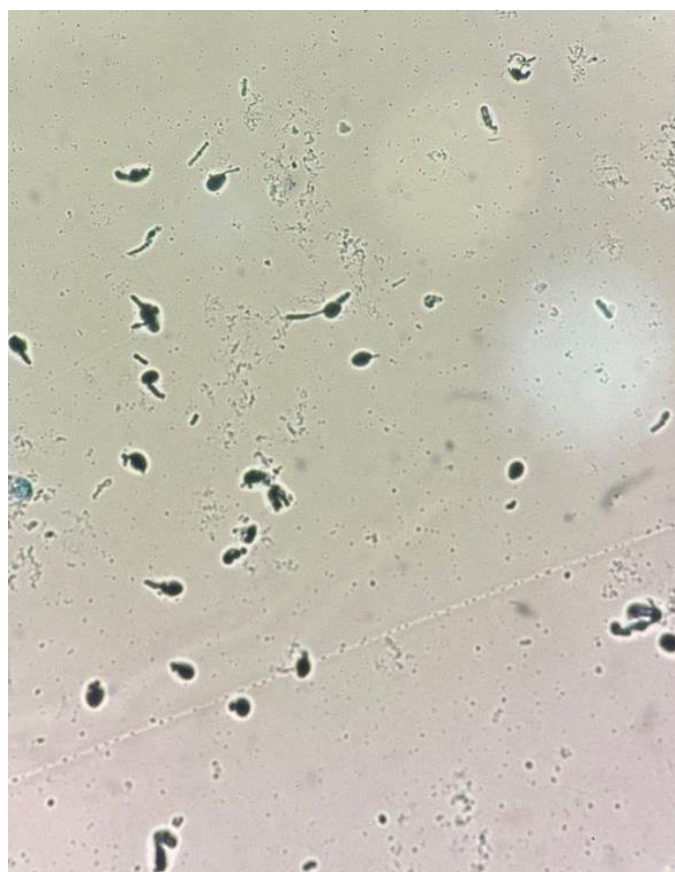
A germinação dos esporos foi considerada quando o comprimento do tubo germinativo atingiu ou ultrapassou o dobro do tamanho do próprio esporo (FIGURA 1). Esse critério foi adotado para assegurar a definição precisa do início do processo germinativo, diferenciando-o de pequenas protrusões ou deformações que podem ocorrer na superfície dos esporos sem caracterizar germinação efetiva (FIGURA 2).

FIGURA 1 – TESTEMUNHA COM ESPOROS GERMINADOS (ISOLADO LAPR10- *A. alternata*).



FONTE: O autor (2024).

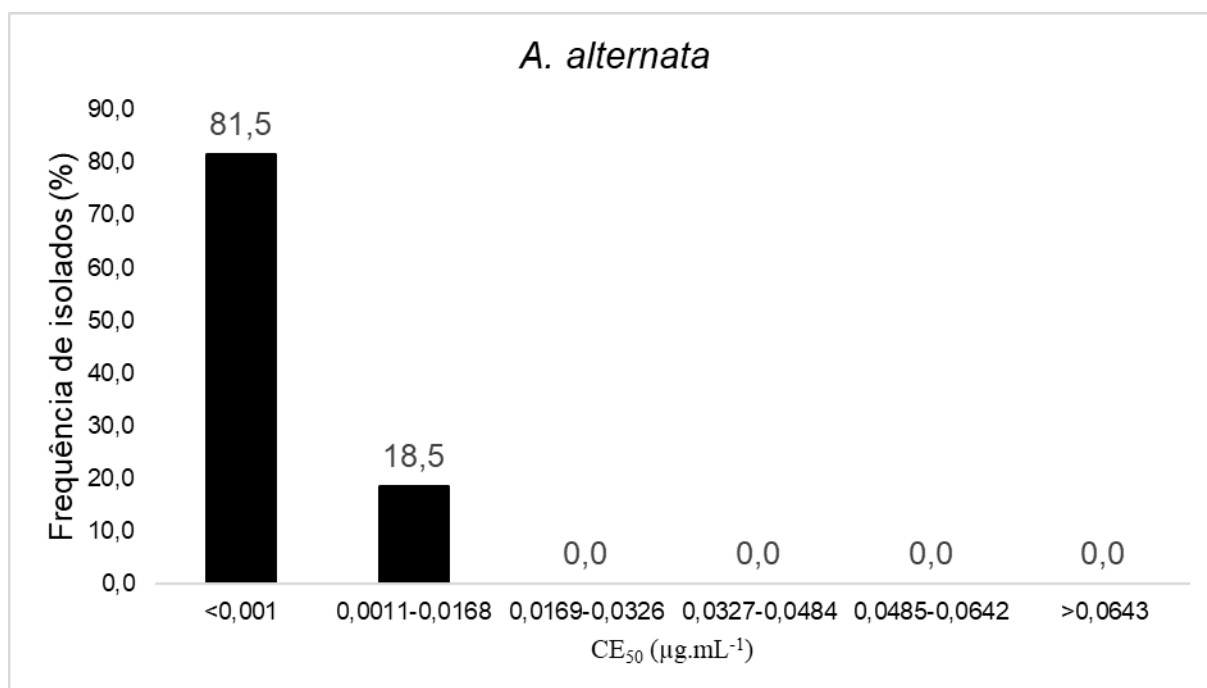
FIGURA 2 – TRATAMENTO COM PIDIFLUMTOFEM, NA CONCENTRAÇÃO $0,001 \mu\text{g mL}^{-1}$ INIBINDO A GERMINAÇÃO DE ESPOROS (ISOLADO LAPR10- *A. alternata*).



FONTE: O autor (2024).

Após observarmos a frequência de distribuição dos isolados de *Alternaria alternata* à pidiflumetofem (GRÁFICO 1), tem-se que a maior parte dos isolados (81,5%) apresentou CE_{50} (concentração efetiva para inibir 50% da germinação dos conídios) inferior a $0,001 \mu\text{g mL}^{-1}$, indicando alta sensibilidade ao produto, adicionalmente, 18,5% dos isolados situaram-se na faixa de CE_{50} entre $0,0011$ e $0,0168 \mu\text{g mL}^{-1}$. Não foram detectados isolados nas faixas de CE_{50} superiores a $0,0168 \mu\text{g mL}^{-1}$.

GRÁFICO 1 – DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA DE CE_{50} DOS ISOLADOS DE *Alternaria alternata* À PIDIFLUMETOFEM.



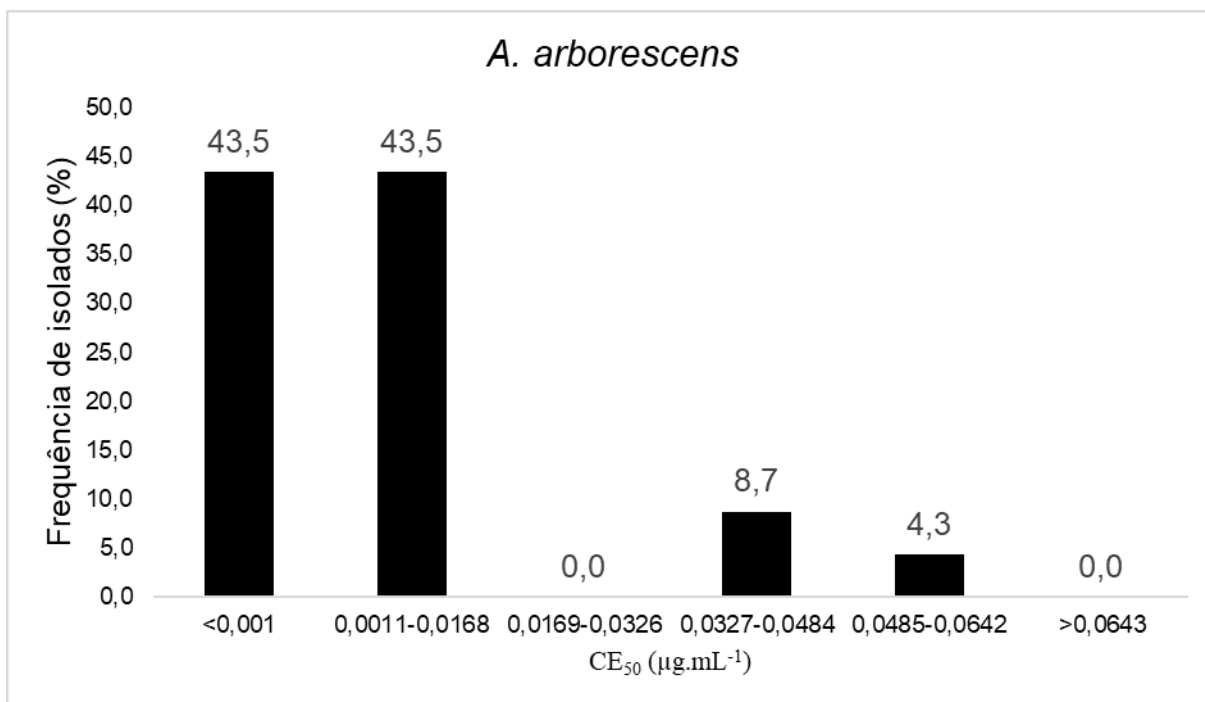
FONTE: O autor (2024).

A análise da sensibilidade dos isolados de *Alternaria arborescens* ao fungicida pidiflumetofem, expressa em termos de CE_{50} (GRÁFICO 2), evidenciou uma predominância de isolados altamente sensíveis. Cerca de 43,5% dos isolados apresentaram CE_{50} inferior a $0,001 \mu\text{g/mL}$, enquanto outros 43,5% situaram-se na faixa de $0,0011$ a $0,0168 \mu\text{g/mL}$.

Nenhum isolado foi identificado nas faixas de CE_{50} entre $0,0169$ e $0,0326 \mu\text{g/mL}$, nem acima de $0,0643 \mu\text{g/mL}$, o que sugere a ausência de resistência ao

pidiflumetofem. Contudo, 8,7% dos isolados apresentaram CE_{50} entre 0,0327 e 0,0484 $\mu\text{g/mL}$, e 4,3% entre 0,0485 e 0,0642 $\mu\text{g/mL}$.

GRÁFICO 2 – DISTRIBUIÇÃO DA FREQUÊNCIA DE CE_{50} DOS ISOLADOS DE *Alternaria arborescens* À PIDIFLUMETOFEM.



FONTE: O autor (2024).

Até onde sabemos, este é o primeiro estudo no Brasil que avaliou a sensibilidade basal de *Alternaria alternata* e *Alternaria arborescens* da batateira ao fungicida pidiflumetofem. A definição de uma baseline para a sensibilidade dos isolados ao fungicida constitui um avanço significativo no monitoramento da resistência fúngica (FRAC, 2024).

A interpretação dos resultados obtidos neste estudo foi limitada pela escassez de referências específicas na literatura científica para comparação direta. Embora estudos relacionados estejam disponíveis, a falta de trabalhos com enfoque semelhante ao adotado dificulta uma análise mais aprofundada e a validação dos dados apresentados.

Contudo, as informações obtidas são importantes para monitorar o desenvolvimento de resistência a esse fungicida nos anos seguintes ao seu uso inicial. Além disso, este estudo mostrou que os isolados de *Alternaria* spp. apresentaram alta sensibilidade ao fungicida pidiflumetofem. Portanto, tal perfil de

sensibilidade pode ser útil para o manejo integrado da doença, sobretudo em estratégias que visem retardar o desenvolvimento de resistência.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu determinar a sensibilidade basal de isolados de *Alternaria alternata* e *A. arborescens* ao fungicida pidiflumetofem, utilizando a metodologia de CE₅₀. Os resultados indicaram que a maioria dos isolados apresentaram sensibilidade elevada, destacando-se pela predominância de valores de CE₅₀ inferiores a 0,001 µg/mL. Isto reforça o potencial do pidiflumetofem como uma ferramenta eficiente para o manejo da mancha marrom na batateira.

Além de oferecer um ponto de referência confiável, os dados relatos possibilitam futuras avaliações da eficácia do produto ao longo dos anos de uso.

Ademais, os resultados obtidos ressaltam a importância de estratégias de manejo integrado de doenças, associando a utilização de fungicidas eficazes a práticas culturais sustentáveis.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Por fim, este trabalho destaca a necessidade de estudos contínuos sobre a sensibilidade de isolados de *Alternaria* spp. da cultura da batata em diferentes regiões produtoras; o estabelecimento de baseline para as demais espécies de *Alternaria*, como *A. grandis* e *A. solani*, espécies de esporos grandes que também afetam a cultura; bem como a investigação de possíveis mudanças na sensibilidade do pidiflumetofem frente às populações do patógeno em campo.

REFERÊNCIAS

AGROFIT (Sistema de agrotóxicos fitossanitários). Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Coordenação-Geral de Agrotóxicos e Afins/DFIA/DAS. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 03 mar. 2024.

ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em Fitopatologia**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2016. 516 p.

AMARO, A. C. E.; BARON, D.; ONO, E. O.; RODRIGUES, J. D. Physiological effects of strobilurin and carboxamides on plants: an overview. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 42, n. 1, p. 1-10, 2019.

AVENOT, H. F.; MICHAILIDES, T. J. Progress in understanding molecular mechanisms and evolution of resistance to succinate dehydrogenase inhibiting (SDHI) fungicides in phytopathogenic fungi. **Crop Protection**, v. 29, n. 7, p. 643-651, 2010.

AVENOT, H. F.; MORGAN, D. P.; MICHAILIDES, T. J. Multiple resistance to pyraclostrobin and boscalid confers resistance to Pristine (pyraclostrobin + boscalid) fungicide in *Alternaria alternata* causing *Alternaria* late blight of pistachios in California. In: **California Pistachio Commission Production Research Reports**. Crop Year 2006.

BRENT, K. J.; HOLLOWAY, D. W. Fungicide resistance in crop pathogens: how can it be managed? **FRAC Monograph**, n. 1, (second, revised edition), 2007.

DE ROSSI, R. L.; REIS, E. M.; BRUSTOLIN, R. Concentração de referência de fungicidas para a inibição miceliana de isolados de *Exserohilum turcicum*, agente causal da hemintosporiose do milho. **Summa Phytopathologica**, v. 41, p. 25-30, 2015.

DING, S.; HALTERMAN, D. A.; MEINHOLZ, K.; GEVENS, A. J. Distribution and stability of quinone outside inhibitor fungicide resistance in populations of potato pathogenic *Alternaria* spp. in Wisconsin. **Plant Disease**, v. 103, p. 2033-2040, 2019.

FANCELLI, M. I. Comparação patogênica, cultural, serológica e eletroforética entre isolados de *Alternaria solani* do tomate e da batata e variabilidade patogênica de *A. solani* f. sp. *Lycopersici*. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

FAIRCHILD, K. L.; MILES, T. D.; WHARTON, P. S. Assessing fungicide resistance in populations of *Alternaria* in Idaho potato fields. **Crop Protection**, v. 49, p. 31-39, 2013.

GAO Y, HE L, MU W, LI B, LIN J, LIU F. Assessment of the baseline sensitivity and resistance risk of *Colletotrichum acutatum* to fludioxonil. **European Journal of Plant Pathology** 150:639–65. 2017.

GARCIA, A. **Fungicidas I**: utilização no controle químico de doenças e sua ação contra os fitopatógenos. Porto Velho: EMBRAPA-CPAF Rondônia, 1999. 26 p.

GUDMESTAD, N.C.; ARABIAT, S.; MILLER, J.S.; PASCHE, J.S. Prevalence and impact of SDHI fungicide resistance in *Alternaria solani*. **Plant Disease**, Saint Paul, v.97, n.7, p.952-960, 2013.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – Safra 2023. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618>. Acesso em: 03 mar. 2024.

KIMATI, H.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A.; REZENDE, J. A. M. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 5. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2014.

KIMATI, H. Controle químico. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de Fitopatologia**. 3 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p.761-785.

KOKAEVA, L. Y.; BELOSOKHOV, A. F.; DOEVA, L. Y.; SKOLOTNEVA, E. S.; ELANSKY, S. N. Distribution of *Alternaria* species on blighted potato and tomato leaves in Russia. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 125, p. 205–212, 2018.

LANDSCHOOT, S.; CARRETTE, J.; VANDECASTEELE, M.; HÖFTE, M.; AUDENAERT, K.; HAESAERT, G. Boscalid-resistance in *Alternaria alternata* and *Alternaria solani* populations: an emerging problem in Europe. **Crop Protection**, v. 92, p. 49-59, 2017.

LATORRE BA, TORRES R (2012) Prevalence of isolates of *Botrytis cinerea* resistant to multiple fungicides in Chilean vineyards. **Crop Protection** 40:49–52

LEIMINGER, J.; BÄßLER, E.; KNAPPE, C.; BAHNWEG, G.; HAUSLADEN, H. Quantification of disease progression of *Alternaria* spp. on potato using real-time PCR. **European Journal of Plant Pathology**, v. 141, p. 295–309, 2015.

LINGWAL, S.; SINHA, A.; RAI, J. P.; PRABHAKAR, C. S.; SRINIVASARAGHAVAN, A. Brown spot of potato caused by *Alternaria alternata*: an emerging problem of potato in Eastern India. **Potato Research**, v. 65, n. 3, p. 693-705, 2022.

LUCAS, J. A.; HAWKINS, N. J.; FRAAIJE, B. A. The evolution of fungicide resistance. **Advances in Applied Microbiology**, v. 90, p. 29-92, 2015.

MA, Z.; MICHAILIDES, T. J. Advances in understanding molecular mechanisms of fungicide resistance and molecular detection of resistant genotypes in phytopathogenic fungi. **Crop Protection**, v. 24, n. 10, p. 853-863, 2005.

MAIENFISCH, P.; MANGELINCKX, S. Recent innovation in crop protection research. In: **Recent Highlights in the Discovery and Optimization of Crop Protection Products**. Academic Press, p. 1-23, 2021.

MOSTAFANEZHAD, H.; EDIN, E.; GRENVILLE-BRIGGS, L. J.; LANKINEN, Å.; LILJEROTH, E. Rapid emergence of boscalid resistance in Swedish populations of *Alternaria solani* revealed by a combination of field and laboratory experiments. **European Journal of Plant Pathology**, v. 162, p. 289-303, 2022.

NOSSLLALA, S. K. Sensibilidade in vitro de isolados de *Alternaria grandis* e *Alternaria solani* a fungicidas. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

ODIBELKOV, F.; EDIN, E.; MOSTAFANEZHAD, H.; COOLMAN, H.; GRENVILLE-BRIGGS, L.J.; LILJEROTH, E. Within-season changes in *Alternaria solani* populations in potato in response to fungicide application strategies. **European Journal of Plant Pathology**. v.155, p.953-965, 2019.

PEREIRA, W. V.; PADILHA, A. C. N.; KAISER, J. A. O.; NESI, C. N.; FISCHER, J. M. M.; MAY-DE-MIO, L. L. *Monilinia* spp. from imported stone fruits may represent a risk to Brazilian fruit production. **Tropical Plant Pathology**, v. 44, p. 120–131, 2019.

REIS, E. M.; REIS, A. C.; CARMONA, M. A. **Manual de fungicidas: guia para o controle químico racional de doenças de plantas**. 8. ed. Passo Fundo: Editora Berthier, 2019. 264 p.

RODRIGUES, M. A. T. Classificação de fungicidas de acordo com o mecanismo de ação proposto pelo FRAC. 2006. 249 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, 2006.

RODRIGUES, T. T. M. S. Produção in vitro de conídios infectivos de *Alternaria solani*. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 33 p., 2005.

ROMERO, P. I. A.; MACHADO, J. P. H.; MIZUNUTTI, E. S. G.; SANDOVAL, N. S. E. A pinta preta (*Alternaria grandis*): a inimiga da bataticultura brasileira. **Revista Agrária Acadêmica**, v. 3, n. 4, p. 57-65, 2020.

SALAS, F. J. S.; TÖFOLI, J. G. Cultura da batata: pragas e doenças. 2017.

SHOAIB, A.; AKHTAR, N.; AKHTAR, S.; HAFEEZ, R. First report of *Alternaria longipes* causing leaf spot of potato cultivar Sante in Pakistan. **Plant Disease**, v. 98, p. 1742, 2014.

SILVA, G. O.; LOPES, C. A. Sistema de produção da batata. In: **Sistema de Produção Embrapa**, 2015. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo>. Acesso em: 19 mai. 2024.

SIMMONS, E. G. *Alternaria* themes and variations (244-286) species on Solanaceae. **Mycotaxon**, v. 75, p. 1-115, 2000.

SOLEIMANI, M. J.; KIRK, W. Enhance resistance to *Alternaria alternata* causing potato brown leaf spot disease by using some plant defense inducers. **Journal of Plant Protection Research**, v. 52, p. 83–90, 2012.

STRANDBERG, J. O. *Alternaria* species that attack vegetables crops: biology and options for disease management. **Amsterdam: Elsevier**, 1992.

TAHERI, P. Disease resistance and virulence screen in *Solanum tuberosum*–*Alternaria tenuissima* interaction: the role of pathogenicity factors. **Euphytica**, v. 215, p. 15, 2019.

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J.; FERRAR, J. T. Requeima e mancha de *Alternaria* nas culturas da batata e tomate. **Biológico**, v. 76, n. 1, p. 41-50, 2014.

TÖFOLI, J. G.; DOMINGUES, R. J. Sintomatologia, etiologia e manejo de doenças causadas por fungos e chromistas na cultura da batata. 2022.

TÖFOLI, J. G. et al. Controle da requeima e pinta preta da batata por fungicidas: conceitos, evolução e uso integrado. **Biológico**, v. 75, n. 1, p. 33-52, 2013.

TYMON, L.; JOHNSON, D. A. Fungicide resistance of two species of *Alternaria* from potato in the Columbia Basin of Washington. **Plant Disease**, v. 98, n. 12, p. 1648-1653, 2014.

TYMON, L. S.; PEEVER, T. L.; JOHNSON, D. A. Identification and enumeration of small-spored *Alternaria* species associated with potato in the U.S. Northwest. **Plant Disease**, v. 100, p. 465–472, 2016.

VALADARES, G. M.; LANDAU, E. C. Evolução produção de batata-inglesa (*Solanum tuberosum*, Solanaceae). 2020.

VANDECASTEELE, M.; LANDSCHOOT, S.; CARRETTE, J.; VERWAEREN, J.; HÖFTE, M.; AUDENAERT, K.; et al. Species prevalence and disease progression studies demonstrate a seasonal shift in the *Alternaria* population composition on potato. **Plant Pathology**, v. 67, p. 327–336, 2018.

WOUDEBERG, J. H. C.; GROENEWALD, J. Z.; BINDER, M.; CROUS, P. W. *Alternaria* redefined. **Studies in Mycology**, v. 75, p. 171-212, 2013.

YANG, L. N.; HE, M. H.; OUYANG, H. B.; ZHU, W.; PAN, Z. C.; SUI, Q. J.; SHANG, L. P.; ZHAN, J. Cross-resistance of the pathogenic fungus *Alternaria alternata* to fungicides with different modes of action. **BMC Microbiology**, v. 19, p. 205, 2019.

ZAMBOLIM, L. **Fungicidas: benefícios e riscos**. Ação Ambiental. Viçosa, MG, n. 5, p. 24-27. 1999.

ZAMBOLIM, L. **Produção integrada de batata**. v.1, Viçosa: Editora UFV, 2011, 438p.

ZHANG, Y.; TIAN, P.; DUAN, G.; GAO, F.; SCHNABEL, G.; ZHAN, J.; et al. Histone H3 gene is not a suitable marker to distinguish *Alternaria tenuissima* from *A. alternata* affecting potato. **PLoS One**, v. 15, 2020.

ZHENG, H. H.; ZHAO, J.; WANG, T. Y.; WU, X. H. Characterization of *Alternaria* species associated with potato foliar diseases in China. **Plant Pathology**, v. 64, p. 425–433, 2015.