

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**RESISTÊNCIA DE VARIEDADES COMERCIAIS DE
MANDIOCA À DIFERENTES ESPÉCIES DE *Colletotrichum***

Thayná Barreto Martins

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA
NOVEMBRO - 2022**

RESISTÊNCIA DE VARIEDADES COMERCIAIS DE MANDIOCA À DIFERENTES ESPÉCIES DE *Colletotrichum*

Thayná Barreto Martins
Tecnóloga em Agroecologia, UFRB, 2022

Dissertação apresentada ao Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Ciências Agrárias, Área de Concentração: Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. CARLOS AUGUSTO DÓREA BRAGANÇA

Coorientador: Dr. SAULO ALVES SANTOS DE OLIVEIRA

CRUZ DAS ALMAS - BAHIA

NOVEMBRO - 2022

FICHA CATALOGRÁFICA

M386r	<p>Martins, Thayná Barreto. Resistência de variedades comerciais de mandioca à diferentes espécies de <i>Colletotrichum</i> / Thayná Barreto Martins. _ Cruz das Almas, BA, 2022. 56f.; il.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Mestrado em Ciências Agrárias.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Carlos Augusto Dórea Bragança. Coorientador: Prof. Dr. Saulo Alves Santos de Oliveira.</p> <p>1.Mandioca – Doenças e pragas. 2.Mandioca – Fitopatologia. 3.Antracnose – Análise. I.Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas. II.Título.</p> <p>CDD: 633.682</p>
-------	---

Ficha elaborada pela Biblioteca Universitária de Cruz das Almas - UFRB. Responsável pela Elaboração Antonio Marcos Sarmiento das Chagas (Bibliotecário - CRB5 / 1615).

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA CENTRO DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS CURSO
DE MESTRADO**

**REAÇÃO DE VARIEDADES COMERCIAIS DE
MANDIOCA À
DIFERENTES ESPÉCIES DE *Colletotrichum***

COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
Thayná Barreto Martins Realizada em 18 de Novembro de 2022



Documento assinado digitalmente

CARLOS AUGUSTO DOREA BRAGANCA

Data: 19/01/2023 08:24:09-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Carlos A. Dórea Bragança Universidade Federal do
Recôncavo da Bahia - UFRB
Examinador Interno (Orientador)

Prof. Dr. Rafael Oliva Trocoli Instituto
Federal Baiano - IFBAIANO Examinador
externo

Dr. Leonardo de Oliveira Barbosa JCO
Bioprodutos
Examinador externo

DEDICATÓRIA

A minha família, Telma Almeida, Tífany Barreto, Andrezza Barreto, Cauê Barreto e Tauã Eduardo por todo amor, carinho e acolhimento. A vocês eu dedico toda a minha eterna gratidão.

Sem eles, nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

A minha família, agradeço por todos os momentos onde me encontrei aflita, perdida e desesperançosa, por toda força e amor do qual eu sempre tive certeza que me cercava. Aos meus irmãos Tífany Barreto, Cauê Barreto e Andrezza Barreto por serem o motivo da minha felicidade e os reflexos das minhas personalidades, a minha mãe por me ensinar os valores e a força que uma mulher é capaz de carregar e aos meus sobrinhos Tauã, Bernardo e Eloísa.

Ao meu namorado Tiago Cardoso, meu braço direito em toda essa trajetória, pelas noites perdidas, por toda a força diária da qual me era concedida. Aos meus Sogros Isael Ribeiro e Cidiclea Cardoso por me acolherem como filha e pelo orgulho do qual tanto exalam ao falarem de mim. Ao meu cunhado e amigo Iago Cardoso, por ter me ajudando tanto durante os experimentos e adaptação na minha mais nova casa, tornando-se um irmão.

Aos meus amigos João A. Lima, Railda Santos, Carol Yamamoto, Edson Elói e Laís Silva, por terem suportado tanto ao meu lado. A Mateus Lemos, Gessica Portugal, Adriane Santos e Jonatas de Castro que mesmo em distância, nunca se façam ausentes, por toda a nossa história e amor, a vocês agradeço.

Ao meu orientador Carlos A. Dórea Bragança por ser o meu mentor e amigo, me auxiliando desde a graduação e me guiando durante a vida acadêmica, influenciando corriqueiramente em todas as minhas decisões. A meu coorientador Saulo A. Santos de Oliveira, por toda a paciência e ensinamentos que serão levados para toda a minha vida.

A EMBRAPA Mandioca e Fruticultura e a Clínica Fitossanitária por todas as experiências acadêmicas proporcionadas ao longo desses anos, seja no desenvolvimento pessoal ou profissional.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo aporte financeiro fundamental para o desenvolvimento do projeto. À Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias pelo espaço de ensino e pela possibilidade do aperfeiçoamento profissional

RESISTÊNCIA DE VARIEDADES COMERCIAIS DE MANDIOCA À DIFERENTES ESPÉCIES DE *Colletotrichum*

Autora: Thayná Barreto Martins

Orientador: Dr. Carlos A. Dórea Bragança

RESUMO: A antracnose da mandioca é causada por espécies do gênero *Colletotrichum*, caracterizada por ocasionar redução significativa na atividade fotossintética das plantas, ocorrendo nas principais regiões produtoras do mundo. O uso de variedades resistentes é o método de controle mais recomendado para ser adotado, uma vez que contribuem com aumento da produtividade melhora os rendimentos da cultura e não apresenta riscos ou custos onerosos ao produtor. Buscando minimizar os danos ocasionados pela antracnose, este estudo tem como objetivo investigar a susceptibilidade de variedades comerciais de mandioca as espécies de *C. gloeosporioides*, *C. fruticola* e *C. tropicale*. O experimento foi conduzido na Clínica Fitossanitária da UFRB e consistiu na utilização de folhas destacadas das variedades BGM-0655, Cigana, Corrente, Dourada, Eucalipto Roxinha, Eucalipto, Formosa, Gema de Ovo, Kiriris, Mulatinha, Novo Horizonte, Poti Branca, Recife, Salangor, Vassoura Preta e 11-34-45. As variáveis analisadas foram: período de incubação, área de lesão e a taxa de progresso da doença. As avaliações demonstraram que as maiores médias geradas pela AACPD foram em *C. fruticola*, o genótipo mais afetado foi Mulatinha, as menores médias ocorreram em *C. gloeosporioides* e o genótipo menos afetado foi Vassoura Preta. Mulatinha e Poti Branca foram consideradas as mais suscetíveis à antracnose, com maiores diâmetros de lesões. Os resultados apontam BGM0655, Corrente e Dourada como os genótipos que apresentam maior potencial de resistência, sendo o *Colletotrichum tropicale* a espécie mais agressiva a mandioca. A variedade Vassoura Preta indica resistência a *C. Gloeosporioides* e *C. fruticola*.

Palavras-chave: Antracnose; Controle genético; AACPD.

RESISTANCE OF COMMERCIAL CASSAVA VARIETIES TO DIFFERENT SPECIES OF *Colletotrichum*

Autora: Thayná Barreto Martins

Orientador: Dr. Carlos A. Dórea Bragança

ABSTRACT: Cassava anthracnose is caused by species of the genus *Colletotrichum*, characterized by causing a significant reduction in the photosynthetic activity of plants, occurring in the main producing regions of the world. The use of resistant varieties is the most recommended control method to be adopted, since they contribute to increased productivity, improve crop yields and do not pose risks or expensive costs to the producer. Seeking to minimize the damage caused by anthracnose, this study aims to investigate the susceptibility of commercial cassava varieties to the species of *C. gloeosporioides*, *C. fruticola* and *C. tropicale*. The experiment was carried out at the UFRB's Clínica Fitosanitária and consisted of the use of detached leaves of the varieties BGM-0655, Cigana, Corrente, Dourada, Eucalipto Roxinha, Eucalipto, Formosa, Yolk, Kiriris, Mulatinha, Novo Horizonte, Poti Branca, Recife, Salangor, Black Broom and 11-34-45. The variables analyzed were: incubation period, area of the lesion and the rate of disease progression. The evaluations showed that the highest averages generated by AUDPC were in *C. fruticola*, the most affected genotype was Mulatinha, the lowest averages occurred in *C. gloeosporioides* and the least affected genotype was Vassoura Preta. Mulatinha and Poti Branca were considered the most susceptible to anthracnose, with the largest diameters of lesions. The results indicate BGM0655, Corrente and Dourada as the genotypes that present the greatest resistance potential, with *Colletotrichum tropicale* being the most aggressive species to cassava. The Vassoura Preta variety indicates resistance to *C. Gloeosporioides* and *C. fruticola*.

Keywords: Anthracnose; Genetic control; AACPD.

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1. Médias do período de incubação em dias, dos três isolados de *Colletotrichum* em dezesseis cultivares de mandioca (*Manihot sculenta*), inoculados por deposição de disco de micélio. 37

Tabela 2. Valores médios correspondentes a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) causados por *C. gloeosporioides*, *C. fruticola* e *C. tropicale* em 16 variedades de mandioca38

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1: Ciclo de vida geral de *Colletotrichum* spp..... 18

ARTIGO 1

Figura 2. Folhas de mandioca utilizadas para inoculação 33

Figura 3. Inoculação por deposição de discos de micélio contendo *Colletotrichum*34

Figura 4. Boxplot da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) agrupado por genótipo sob a inoculação de *C. gloeosporioides*, *C. fructicola*, *C. tropicale* 41

Figura 5: Colonização do xilema em folhas de mandioca inoculadas com discos de micélio contendo *Colletotrichum fructicola*..... 42

Figura 6. Mapa de fatores e análise de correspondência múltipla entre os genótipos e isolados de *Colletotrichum* spp 43

Figura 7. Folhas de mandioca inoculadas com *Colletotrichum* spp..... 45

SUMÁRIO

1.0	REVISÃO DE LITERATURA.....	12
1.1	Cultura da mandioca.....	12
1.2	Antracnose na mandioca	15
1.3	Gênero <i>Colletotrichum</i>	18
1.4	Controle Genético.....	24
2.0	REFERÊNCIAS.....	26
CAPÍTULO 1 – Influência de diferentes espécies de <i>Colletotrichum</i> spp. na resistência de folhas destacadas de mandioca		34
.....		
RESUMO.....		35
ABSTRACT.....		36
1.0	INTRODUÇÃO.....	37
2.0	MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.1	Preparo do inóculo.....	38
2.2	Inoculação das plantas.....	38
2.3	Componentes de resistência.....	39
2.4	Análise estatística.....	40
3.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.0	CONCLUSÕES.....	51
5.0	REFERÊNCIAS.....	52

REFERENCIAL TEÓRICO

Cultura da mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) também conhecida como macaxeira ou aipim, é uma planta dicotiledônea, arbustiva de raiz tuberosa com crescimento perene, pertencente à família *Euphorbiaceae* (SANTANA, 2018; VIDIGAL FILHO *et al.*, 2022). Acredita-se que a cultura tenha surgido entre os indígenas na América do Sul, mais especificamente no Brasil, sendo difundida posteriormente para outros continentes como a América Central (MORAIS, 2014; ALVES-PEREIRA *et al.*, 2022).

Devido à alta capacidade de adaptação a diferentes ecossistemas, facilidade de plantio e rendimento satisfatório em solos de baixa fertilidade, seu cultivo passou a ser realizado em regiões tropicais até ser difundido pelo mundo (PUSHPALATHA, GANGADHARAN, 2020; FATHIMA *et al.*, 2022). Em alguns países como África e América do Sul a mandioca é considerada como alimento de subsistência, devido ao seu alto teor calórico, sendo considerada como a principal fonte de carboidratos para a população (PUSHPALATHA, GANGADHARAN, 2020; ALVES-PEREIRA *et al.*, 2022).

O plantio da mandioca pode ser realizado por sementes e manivas, sendo as manivas a forma mais comum de plantio. Geralmente ocorre através de ramos que contenham de 5 a 7 gemas, com 20cm de comprimento e idade de 10 a 12 meses. Para a escolha das manivas, deve-se levar em consideração a variedade, idade, aspectos fisiológicos, viabilidade da gema e a ordem sanitária, com o intuito de evitar a propagação de doenças (FIALHO *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2020). A *Manihot* pode alcançar até 3 metros de altura com uma produção de seis a oito raízes por planta, com massa média de 600g cada (VIDIGAL FILHO *et al.*, 2022). Seu ciclo vegetativo pode atingir de 6 a 24 meses, variando de acordo com as condições de cultivo.

A *Manihot esculenta* apresenta glicosídeo cianogênico em sua composição, que ao entrar em contato com enzimas presentes na própria estrutura da mandioca libera o ácido cianídrico (HCN), substância tóxica que limita o uso das diversas variedades de mandioca (DE ASSIS LINHAREA, COSTAS SEIXAS; DE OLIVEIRA MAIA, 2019; VIDIGAL FILHO *et al.*, 2022). A quantidade de cianeto presente nas

polpas das raízes é utilizada para caracterizar as variedades de mandioca, permitindo classificá-las entre mandioca mansa e mandioca brava. As espécies que apresentam um teor de cianeto abaixo de 100 mg/kg em suas raízes são denominadas de mandioca mansa, sendo geralmente comercializadas e consumidas *in natura*, teores acima de 100mg/kg são considerados impróprios para o consumo *in natura* e são denominadas de mandioca brava (OLIVEIRA, 2022).

Tradicionalmente a mandioca tem sido empregada principalmente para a alimentação humana e animal, como uma opção de baixo custo e fácil acesso. O aproveitamento de todas as partes da planta (NOGUEIRA *et al.*, 2021), permite que o cultivo seja utilizado como alimento alternativo para alguns animais, a exemplo de bovinos, vacas lactantes, suínos, cordeiros confinados e semiconfinados, influenciando na eficiência econômica, sem afetar o desenvolvimento dos animais ou o sabor da carne (PEREIRA *et al.*, 2018; HORWAT *et al.*, 2021; TININI *et al.*, 2021; VIEIRA, 2021). Tal como ocorre em frangos de corte, o uso do resíduo seco de fecularia (RSF), subproduto da mandioca, apresenta um alto potencial na substituição efetiva do milho, principal fonte alimentícia dos frangos. Quando associado a enzimas carboidrases passam a compor uma alimentação rica em fibras e com alto valor nutricional, mantendo o rendimento dos animais, assim como a sua rentabilidade (BROCH *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2020).

No segmento industrial, a mandioca é utilizada para fins fármacos, alimentícios, siderúrgicos e têxtil, sendo uma rica fonte de matéria-prima para a produção de amido, farinha, etanol e biopolímeros nos países em desenvolvimento (ZOUNGRANAN *et al.*, 2020; VIDIGAL FILHO *et al.*, 2022; FATHIMA *et al.*, 2022). No Brasil, a fécula é destinada principalmente para o uso alimentício na produção de macarrão, sobremesas, pães, biscoitos, entre outros (COÊLHO, XIMENES, 2020), além do consumo de forma *in natura* (raízes inteiras com casca), congelada (embaladas a vácuo), cozida ou pré-cozida, na forma de farinha e polvilho. Dentre as variedades comerciais mais recomendadas para o uso industrial estão: Verdinha, Mulatinha, Formosa, Poti, Poti Branca e Kiriris (EMBRAPA, 2018; SOUZA, DE LIMA, 2019). Para o consumo *in natura*, são mais exploradas as variedades: Gema de ovo, Dourada, Japonesa, Aipim Manteiga, BRS 399 e 396 (SOUZA, DE LIMA).

A mandioca desempenha um papel crucial na resolução da insegurança alimentar global. Segundo a Cúpula Mundial de Alimentação, da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) o impulsionamento da mandiocultura em países subdesenvolvidos, como África e Ásia, segue com crescentes investimentos públicos e privados no setor rural, energético e industrial, sendo este um segmento a ser difundido e, outros países. Em 2020, o Brasil ocupou a 6ª posição na produção mundial de mandioca (correspondendo a 10,6% da produção total) com área colhida de cerca de 1,2 milhão de hectares, produção da ordem de 18,2 milhões de toneladas de raízes, produtividade média de 14,9 t/ha, gerando um valor bruto de R\$ 10,8 bilhões de reais (IBGE, 2022). Dentre os estados produtores que obtiveram os maiores índices de produção estão: Pará (20,94%), Paraná (19,08%), São Paulo (8,26%), Mato Grosso do Sul (4,97%) e Amazonas (4,88%), constituindo 58,16% da produção nacional (IBGE, 2022).

Embora as projeções da FAO indiquem uma crescente nos índices de produção nos próximos 10 anos (18%) em países subdesenvolvidos, o desempenho no Brasil vem em um constante declínio. Ao compararmos dados de 1970 a 2020 é possível observar as sucessivas reduções na produtividade da mandioca com uma diferença de 38,22% (entre o ano de 1970 e o ano de 2020) de produtividade, embora o rendimento de t/ha tenha sido superior ao longo desse período (IBGE). De acordo com a FAO, isto é o resultado de uma maior diversificação agropecuária, apesar dos avanços tecnológicos e do melhor rendimento da produtividade, a área colhida se tornou um gargalo quanto a produção.

Alguns dos fatores que contribuem para um menor desempenho das áreas produtivas incluem material genético de baixo potencial, manejo inadequado do solo e a incidência de pragas e doenças, que geralmente ocorrem devido a condições de práticas inadequadas, transporte e armazenamento impróprio dos materiais propagativos (FIALHO *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2020). Dentre as principais doenças que acometem a cultura da mandioca estão as podridões radiculares e as doenças foliares, com destaque para as bacterioses, complexo passarola e a antracnose (COSTA, RIBEIRO, 2021; DE OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Antracnose na mandioca

A doença da antracnose na mandioca (CAD – do inglês “Cassava Anthracnose Disease”) é causada por espécies do gênero *Colletotrichum*, uma doença caracterizada por acometer culturas em diversos países, como Nigéria, Costa do Marfim, Tailândia, Índia, China e Brasil (NESTOR *et al.*, 2018; SANGPUEAK, PHANSAK, BUENSANTEAI, 2018; LIU *et al.*, 2019; DE OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Os sintomas mais atribuídos ao CAD é a formação de cancrios nos caules, galhos, frutas e folhas, ocasionando a morte da parte aérea de plantas doentes (LIU *et al.*, 2019; COSTA, RIBEIRO, 2021). Nas folhas, as lesões de formato irregular, apresentam coloração amarronzada, variando de clara a escura. Quando gerado os corpos de frutificação pelo fungo, a coloração passa a apresentar pontos rosados (PERUCH *et al.*, 2013; DALAROSA, STRAGLIOTTO, 2018; DE OLIVEIRA *et al.*, 2020). Em decorrência da severidade da infecção pode ocorrer desfolha, murcha e morte de ponteiros, assim como a deformação de hastes nas cultivares mais suscetíveis, levando a uma redução significativa na atividade fotossintética das plantas (HORMHUAN *et al.*, 2020; COSTA, RIBEIRO, 2021). O impacto na produção de tubérculos pode chegar até 90%, caso os genótipos apresentem suscetibilidade ao patógeno (HORMHUAN *et al.*, 2020; NTUI *et al.*, 2021).

Alguns dos fatores que favorecem a ocorrência da antracnose estão relacionados ao clima. Regiões que apresentam uma alta umidade relativa do ar e temperaturas entre 18 °C a 28 °C contribuem para o desenvolvimento de CAD (SILVA, ANDRADE, 2011; PERUCH *et al.*, 2013; SILVA, 2021). A chuva além de proporcionar o aumento da umidade também é o principal meio de disseminação dos esporos dentro do cultivo (NASCIMENTO *et al.*, 2015; HORMHUAN *et al.*, 2020).

O manejo de CAD geralmente é realizado com tratamentos culturais, que vão desde a fase de preparo do plantio até a fase de crescimento. Para tal, deve-se levar em consideração a escolha da área, dando preferência para áreas ensolaradas, ventiladas e afastadas de plantas em final de cultivo, respeitando o espaçamento, utilizando de mudas ou sementes sadias (COSTA, RIBEIRO, 2021). As plantas devem receber adubação equilibrada, irrigação por aspersão deve ser evitadas, plantas e restos culturais contaminados devem ser eliminados, com a

finalidade da diminuição de fontes de inóculos em campo (PERUCH *ET AL.*, 2013). O manejo cultural também pode ser consorciado com o manejo físico do solo, para que as plantas tenham um melhor desenvolvimento radicular, menor incidência de doenças e maior absorção de nutrientes. Neste caso, o tratamento térmico do solo/substrato com a solarização é um grande aliado no controle de doenças subjacentes.

O manejo integrado de doenças é uma prática comum que vem ganhando notoriedade ao longo dos tempos. Podendo utilizar de mais de uma técnica de controle para a proteção do cultivo. O controle biológico baseia-se na redução da densidade de inóculo ou das atividades determinantes da doença, através de um ou mais organismos não patogênicos (COOK; BAKER, 1983). Na antracnose, seu uso é projetado para culturas como maracujá, mamão, goiaba, manga, citros e guaranazeiro (KUPPER; GIMENES-FERNANDES; GOES. 2003; MARTINS *et al.*, 2006; ALVES *et al.*, 2020; CASAS, 2021; FERNADES, 2021) e apesar de ser um manejo de ótimo desempenho, não existem estudos voltados para o controle da antracnose na mandioca.

O uso de fungicidas é uma prática muito utilizada entre os agricultores, embora apresente resultados satisfatórios no controle de doenças foliares, o manejo químico ainda é um desafio devido ao custo, risco e o desenvolvimento de resistência por alguns patógenos. No Brasil, os fungicidas mais utilizados são azoxistrobina, difenoconazol, clorotalonil, piraclostrobina, tebuconazol, flutriafol, hidróxido de cobre entre outros (AGROFIT, 2022). A efetividade dos fungicidas está de acordo com a dose aplicada, assim como o tempo de aplicação e a resposta de sensibilidade do fungo (JOSHI, 2018; DOS SANTOS NUNES, 2019).

Naturalmente as plantas já apresentam uma resposta de defesa contra doenças, de modo que, na natureza a resistência das plantas a infecção é regra e a suscetibilidade uma exceção (AGRIOS, 1997). A resistência é a capacidade que a planta apresenta ao atrasar ou impedir um patógeno de desenvolver a doença em seus tecidos, podendo esta variar quanto a sua intensidade de acordo ao patógeno e a espécie hospedeira (FERNANDES *et al.*, 2009).

A resposta da planta a entrada do patógeno geralmente requer duas camadas do sistema imunológico inato da planta. Na primeira camada, a planta é capaz de identificar padrões moleculares associados ao patógeno (PAMPs) para

desencadear a imunidade (YOOSOMBOON *et al.*, 2021; PINWEHA *et al.*, 2022). As moléculas são reconhecidas por receptores de reconhecimento padrão (PRRs) que induzem a resposta imune nas plantas, denominada de imunidade desencadeada por PAMP (PTI) (NADARAJAH, 2017). Os sinais são transduzidos por cascata de proteínas ativadas (MAPK) e fatores de transcrição WRKY que induzem a produção de moléculas de defesa, ativando a deposição de calose, produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e a expressão de genes relacionados a defesa, como metabólitos secundários e proteínas relacionadas a partenogênese (RP) (UTSUMI *et al.*, 2016; YOOSOMBOON *et al.*, 2021; PINWEHA *et al.*, 2022). Contudo, alguns patógenos possuem a habilidade para superar a PTI, desencadeando a segunda camada de imunidade da planta, nomeada como imunidade acionada por efetores (ETI). Neste mecanismo secundário, os agentes patogênicos são reconhecidos por receptores específicos, codificados por genes de resistência (genes R) que acionam a morte celular programada chamada de resposta de hipersensibilidade (HR) nos locais infectados (FERNANDES *et al.*, 2009; NADARAJAH, 2017).

A via de sinalização através de fitormônios como ácido salicílico (SA), jasmonato (JA) e etileno (ET) desempenham um papel crucial na defesa vegetal (UTSUMI *et al.*, 2016). Em infecções provocadas por patógenos necrosantes, as plantas demonstram maior resistência a novos ataques em órgãos não infectados. Este estado de imunidade aumentada é denominada como resistência sistêmica adquirida (SAR) (YOOSOMBOON *et al.*, 2021). A SAR está envolvida na regulação genética relacionada a patogênese (RP) local e sistêmica, promovendo uma resistência aumentada para as plantas, tornando-as mais ágeis e eficazes nas respostas de defesa (NADARAJAH, 2017). Com o entendimento das relações complexas entre patógeno-hospedeiro, pôde-se avançar quanto a proteção de plantas. O que antes era visualizado apenas como ocorrência natural passou a ser adaptado para a indução com intervenção humana e assim ser utilizado em escala comercial (CARVALHO, 2012; NADARAJAH, 2017).

A indução de resistência em plantas por fitormônios consiste no aumento do nível de resistência basal da planta em resposta à infecção pelo patógeno, utilizando a aplicação exógena de um indutor. Para tal, são usadas duas formas distintas de indução, em caso da aplicação de agentes abióticos (SA, JA, ET),

temos a SAR e na aplicação de agentes bióticos (bactérias promotoras de crescimento), têm-se a resistência sistêmica induzida (ISR) (RODRIGUES; SILVEIRA; CACIQUE, 2019). A resistência induzida em condições naturais representa custos adaptativos na presença do patógeno, uma vez que há alterações metabólicas para exercer a defesa. Aplicações exógenas de indutores promovem um investimento dos recursos no combate à doença, mesmo que não haja a presença do patógeno, tais ações podem refletir negativamente na produtividade das culturas, traçando uma linha tênue entre custo e benefício (CARVALHO, 2012).

O controle genético constitui do uso de variedades com características genéticas resistentes a patógenos. No caso da mandioca o controle genético faz-se presente por meio de variedades melhoradas geradas por programas de melhoramento genético (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ-NETO, 2021). As variedades contribuem com aumento da produtividade sem gerar custos adicionais, além de apresentarem resistência a seca ou a chuvas recorrentes, tornando-se de fácil adaptação e manejo, facilitando a adoção por parte dos produtores que apresentam baixa capacidade de investimentos (COSTA, RIBEIRO, 2021). Em alguns casos, o controle genético torna-se a única alternativa para o controle de patógenos.

Dessa forma, é possível entender que a exploração de variedades genéticas é o método mais recomendado para ser adotado em campo (DALAROSA, STRAGLIOTTO, 2018). Isso se deve ao fato do desenvolvimento de cultivares resistentes a doenças apresentar-se como uma medida estratégica para a conservação e aumento da competitividade na produção de mandioca, possibilitando a obtenção de cultivares resistentes sem apresentar riscos ou custos onerosos de aplicação ao agricultor (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ-NETO, 2021).

Gênero *Colletotrichum*

O gênero *Colletotrichum* (fase teleomorfa - *Glomerella*,) compreende o Reino Fungi, Filo Ascomycota, Ordem Glomerellales, de Família Glomerallaceae (ROJO-BAÉZ *et al.*, 2017; JUNIOR, AUER, WOLF, 2021; FAVARO, FERNANDES,

MAUMARY, 2022). Devido à similaridade fenotípica entre as diferentes espécies, o gênero é considerado confuso, passando por diversas mudanças quanto a sua taxonomia e biologia durante o curso da história.

Inicialmente, o gênero foi proposto por Tode (1790), com a denominação de *Vermicularia*, posteriormente foi reclassificado por Corda (1831) como *Colletotrichum*, mas em 1894, um novo gênero foi descrito, o *Gloeosporium* Desm., Mont., correspondendo a fase anamorfa do *Colletotrichum*, com ausência de setas nos acérvulos. Foi então que em 1937, Corda novamente alterou para a denominação vigente, estabelecendo que a formação de setas é uma característica mutável, a depender das condições de temperatura e ambiente. O *Colletotrichum* foi então caracterizado por apresentar conídios hialinos, retos, fusiformes ou curvados e acérvulos com setas, produzidos em massa de coloração alaranjada ou creme (MENEZES, 2006; SILVA, 2016; JOSHI, 2018).

A identificação morfológica do gênero geralmente inclui tamanho, forma dos conídios, apressórios, presença ou ausência de setas, esclerócios, acérvulos, estado teleomorfo e as características culturais, como a coloração da colônia, textura e taxa de crescimento, podendo haver distinção entre as espécies (MENEZES, 2006; ROJO-BAÉZ *et al.*, 2017; FAVARO, FERNANDES, MAUMARY, 2022). Apesar das delimitações entre as espécies serem confusas e ambíguas, marcadores genéticos têm sido usados para delimitar fronteiras quanto a identificação dos patógenos. Em virtude do avanço tecnológico e científico os espécimes de *Colletotrichum* puderam ser tipificadas e divididas por complexos e dentro de cada complexo há peculiaridades quanto a morfologia e estilo de vida dos microrganismos (ROJO-BAÉZ *et al.*, 2017; JAYAWARDENA *et al.*, 2021). Atualmente, o gênero *Colletotrichum* conta com 14 complexos e 248 espécies aceitas, no complexo *gloeosporioides* se encontram 52 espécies identificadas (BHUNJUN *et al.*, 2021; FAVARO, FERNANDES, MAUMARY, 2022). Embora as espécies fitopatogênicas sejam as mais reconhecidas devido a sua importância agrônômica, há espécies descritas como endofíticas, epífitas, saprófitas e patogênicas ao homem (LIMA, 2013; DA SILVA *et al.*, 2020; JUNIOR, AUER, WOLF, 2021).

As espécies do gênero *Colletotrichum* acometem uma ampla variedade de culturas, que incluem herbáceas, lenhosas, frutíferas, hortaliças, tuberosas,

ornamentais, oleaginosas, cereais, culturas tropicais e subtropicais, causando sintomas de antracnose (SILVA, 2016; JOSHI, 2018; JUNIOR, AUER, WOLF, 2021; FAVARO, FERNANDES, MAUMARY, 2022). Em virtude da preferência por ambientes úmido e com temperaturas elevadas, este patógeno costuma se concentrar em zonas temperada, tropical e subtropical (JOSHI, 2018). No Brasil, a antracnose ocorre em todas as regiões produtoras, com mais intensidade nas regiões do Nordeste e Sudeste (SILVA, ANDRADE, 2011). Considerada Cosmopolita, uma espécie de *Colletotrichum* pode ocorrer de forma singular, afetando diversos hospedeiros, bem como diversas espécies podem infectar diferentes partes de uma planta, causando doenças distintas durante o desenvolvimento da cultura, tornando-a um dos 10 gêneros de maior importância econômica no mundo (DEAN *et al.*, 2012; DE SILVA *et al.*, 2017; DA SILVA *et al.*, 2020).

Devido as características morfológicas e fenotípicas apresentarem várias semelhanças, como tamanho e forma de conídios e apressório, torna-se muito desafiador a identificação precisa das espécies. Alterações geradas pelo ambiente e manipulações laboratoriais excessivas podem levar a perdas quanto aos aspectos morfológicos dos microrganismos, sendo necessário o uso de ferramentas moleculares para realizar identificações mais precisas (LIANG *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2018). Atualmente, a delimitação de espécies de *Colletotrichum*, depende do uso de análises filogenéticas multilocus, com abordagem polifásica, que inclui análises de dados ecológicos, geográficos, morfológicos, fisiológicos, combinações de análises de marcadores genéticos, além de testes de patogenicidade e análise da produção de metabólitos para uma melhor resolução taxonômica (SILVA *et al.*, 2020; BHUNJUN *et al.*, 2021; JAYAWARDENA *et al.*, 2021).

O complexo *Gloeosporioides* é formado por 52 espécies, dentre elas estão *C. tropicale*, *C. fructícola*, *C. gloeosporioides*, *C. crysophillum*, *C. theobromicoa*, *C. brasiliense*, entre outros. (BHUNJUN *et al.*, 2021; FAVARO, FERNANDES, MAUMARY, 2022). A maioria das espécies são compostas por fitopatógenos, havendo poucos endofíticos relatados. Os conídios destas espécies apresentam formato cilíndricos com extremidades arredondadas e ligeiramente afuniladas em direção a base (JAYAWARDENA *et al.*, 2021). Os patógenos podem infectar folhas,

caules e frutos, causando epidemias graves em cultivos espalhados pelo mundo (LIANG *et al.*, 2017). De acordo com o estilo de vida, especificidade do hospedeiro e a estratégia de adaptação na interação planta-patógeno podem ser classificadas como generalistas ou especialistas (LIANG *et al.*, 2017).

Embora o *C. gloeosporioides* f. sp. *manihotis* seja caracterizado como o principal agente causal da antracnose associados a mandioca, um levantamento realizado na Região do Recôncavo, na Bahia em 2014, identificou sete espécies diferentes de *Colletotrichum* (*C. fructicola*, *C. tropicale*, *C. gloeosporioides*, *C. theobromicola*, *C. siameses*, *C. brevisporum* e *C. plurivorum*), com base na pesquisa e análise genética, *C. fructicola* foi relatado como o principal agente causal de CAD na Região do Recôncavo, sendo o primeiro relato das linhagens de *C. fructicola* como o patógeno mais provável que causa a antracnose na mandioca no Brasil (BRAGANÇA *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2019; DE OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Considerado um gênero complexo, o *Colletotrichum* apresenta diferentes estilos de vida, dos quais a maioria dos táxons fitopatogênicos podem alterar em diferentes estágios ao longo da sua existência (BHUNJUN *et al.*, 2021; FAVARO, FERNANDES, MAUMARY, 2022). Fatores como, maturidade fisiológica, resistência do hospedeiro e genes de virulência, sustentam a mudança na natureza das relações. Famílias gênicas específicas e interações bioquímicas, como a produção de enzimas e metabólitos possibilitam grandes transformações na morfologia e no modo de infecção, tornando mais difícil a detecção e o controle do patógeno. Desta forma, o *Colletotrichum* pode alterar suas enzimas de degradação de parede celular de acordo ao seu estilo de vida (DE SILVA *et al.*, 2017; JAYAWARDENA *et al.*, 2021).

A maioria dos fungos do gênero apresentam o estilo de vida hemibiotrófico (DE SILVA *et al.*, 2017; JAYAWARDENA *et al.*, 2021; FAVARO, FERNANDES, MAUMARY, 2022). Estes patógenos são caracterizados por se comportarem como biotróficos e necrotróficos em diferentes estágios de progressão da doença, onde inicialmente se nutrem de células vivas dos seus hospedeiros, mas a partir da morte celular gerada pela planta como resposta a entrada do patógeno, passam a esporular sob o tecido morto (DE SILVA *et al.*, 2017; JAYAWARDENA *et al.*, 2021). Durante a fase biotrófica, o patógeno degrada a parede celular por meio de enzimas

e promove o crescimento fúngico para a extração de nutrientes, sem perturbar a célula hospedeira (MENEZES, 2006; DE SILVA *et al*, 2017; CABRAL, 2021).

Espécies de *Colletotrichum* apresentam dois tipos de esporos, os conídios formados por morfos assexuais e os ascosporos formados por morfos sexuais (*Glomerella*) que, quando liberados, podem ser capazes de infectar tecidos vegetais nos quais são depositados (JOSHI, 2018; CABRAL, 2021). Constituídos de uma camada mucilaginosa solúvel em água, os esporos desse gênero apresentam glicoproteínas e inibidores de germinação responsáveis por proteger a umidade e a preservação dos espécimes a substâncias tóxicas produzidas pelo hospedeiro (DE SILVA *et al*, 2017; DA SILVA *et al.*, 2020). Ao entrar em contato com a água e vento, os esporos passam a ser disseminados.

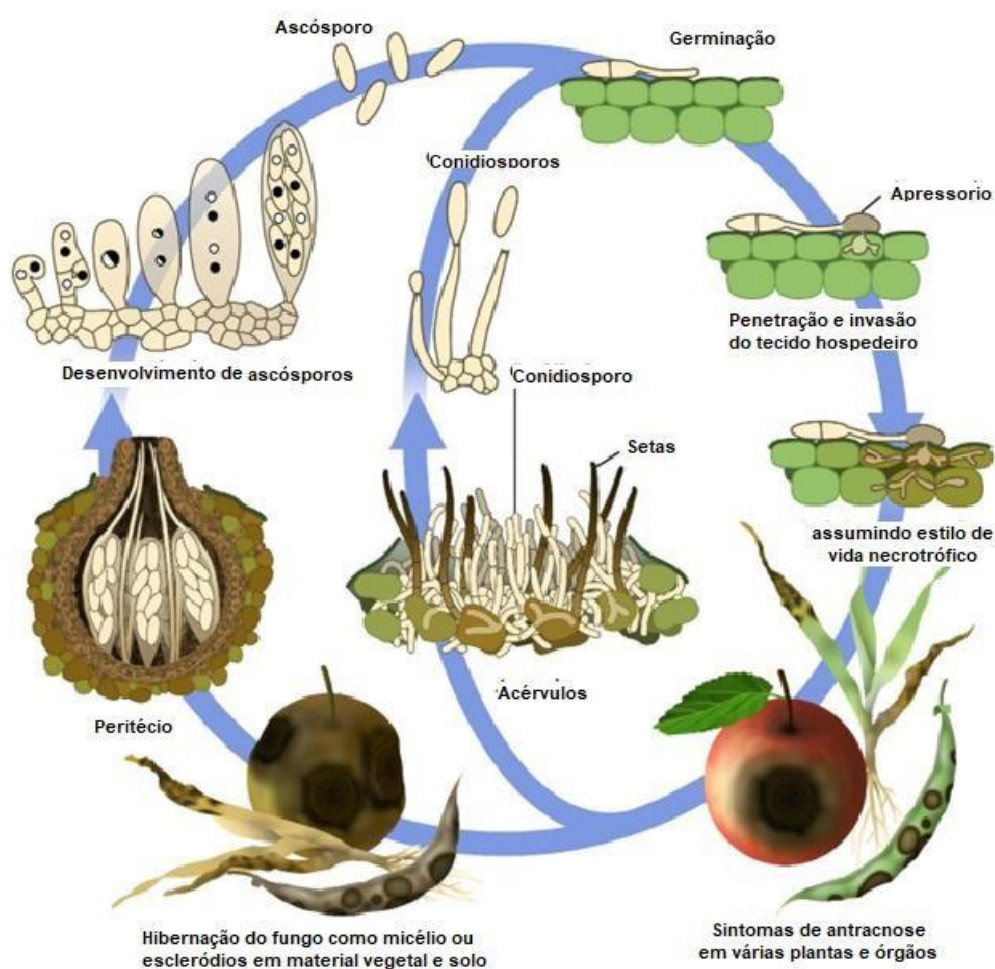
Em condições desfavoráveis ao patógeno haverá a fase teleomorfa do *Colletotrichum*, caracterizada pela formação peritécio, responsável por induzir o desenvolvimento dos ascosporos e a variação genética entre as espécies. O peritécio também atua como estrutura de sobrevivência, ajudando o patógeno a sobreviver em restos culturais e em condições desfavor (JAYAWARDENA *et al.*, 2021). A morfologia sexual de muitas das espécies do gênero raramente é observada em ambientes naturais, sendo mais comuns em algumas espécies do que em outros, como ocorre com o *Colletotrichum fruticola*. que apresenta metamorfose sexual, podendo mudar o estilo de vida de acordo as condições que se encontram (DA SILVA *et al.*, 2020).

O morfo assexuado é mais estudado em comparação aos sexuais, estes, ocorrem com mais frequência na natureza, sendo geralmente mais associados aos sintomas das doenças. Durante o processo de colonização o patógeno passa a produzir acérvulos, gerando uma deformação a partir da tensão formada entre a epiderme e a cutícula. Quando maduros, o acérvulo rompe o tecido e são expostos ao ambiente (MENEZES, 2006; DE SILVA *et al*, 2017; JAYAWARDENA *et al.*, 2021). Nos acérvulos são iniciados os conidióforos, responsáveis por produzir conídios unicelular do espécime. Entre as espécies associadas ao anamorfo estão *Colletotrichum gloeosporioides* e o *Colletotrichum tropicale*.

O ciclo de vida das espécies se inicia com a deposição dos esporos no limbo foliar, durante a germinação o patógeno emite o tubo germinativo; em sua extremidade, forma o apressório, que germina e dá início a penetração, com as

hifas primárias que se desenvolvem intra ou intercelularmente para nutrir-se das células hospedeiras sem causar danos aparentes (ROJO-BAÉZ *et al.*, 2017; JOSHI, 2018; JAYAWARDENA *et al.*, 2021). Após a colonização inicial, o patógeno muda para um estado necrotrófico, utilizando de enzimas degradadoras da parede celular oriundas das hifas secundárias, levando a desorganização e destruição celular com a finalidade de promover mais infecções (Figura 1). (MENEZES, 2006; ROJO-BAÉZ *et al.*, 2017; CABRAL, 2021). A medida que o crescimento fúngico progride, os sintomas tornam-se cada vez mais aparentes.

Figura 1: Ciclo de vida geral de *Colletotrichum* spp.



Legenda: Ciclo de vida do *Colletotrichum*, com eventos progressivos, como a adesão do hospedeiro na superfície vegetativa, germinação (formação de tubos germinados), penetração (formação de apressório), nutrição (formação de hifas primárias e secundárias), reprodução (formação de acérvulos), sobrevivência (formação de peritécio) e disseminação (dispersão dos esporos). Fonte: Adaptado De Silva *et al.* (2017).

Controle genético

Programas de melhoramento de plantas tem como principal objetivo promover o enriquecimento dos recursos genéticos no país, contribuindo com o desenvolvimento de variedades adaptadas, propiciando aumento da produtividade, qualidade nutricional, resistência a adversidades (seca e chuvas recorrentes) e resistência a pragas e doenças, constituindo um dos importantes aliados na segurança alimentar (OWOLADE, DIXON, ADEOTI, 2006; BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ-NETO, 2021). O melhoramento integra avanços quanto as questões econômicas e socioambientais, diminuindo o uso de químicos, gerando materiais de baixo custo e fácil acesso, além de reduzir pressões quanto a recursos naturais, como o uso exacerbado de água de rios destinado a lavouras (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHÉ-NETO, 2021).

A mandioca vem sendo estudada quanto ao melhoramento genético desde a década de 70, em países como África, Ásia, América Latina e Caribe. Atualmente, os esforços se concentram no Brasil, Colômbia, China, Gana, Índia e alguns países tropicais (CEBALLOS *et al.*, 2020). Como resultado de décadas de pesquisas, junto aos avanços tecnológicos permitiu com que fossem identificadas diversidades genéticas para quase todos os caracteres na mandiocultura, seja de natureza morfológica ou agrônômica (OWOLADE, DIXON, ADEOTI, 2006).

Uma das mais significativas contribuições no melhoramento da *Manihot* é a resistência a doenças no campo, como podridões radiculares ocasionadas por *Phytophthora* sp, *Fusarium* sp, *Lasiodiplodia* sp. e *Stalidium* sp. (ALBUQUERQUE, 2008; CAIRO JUNIOR *et al.*, 2015; HOHENFELD, 2020), a bacteriose que tem como agente causal a *Xanthomonas campestris* pv. *manihotis* (COSTA, MELO, DE OLIVEIRA, 2014; DALAROSA, STRAGLIOTTO, 2018; SILVA, 2021), superalongamento causado por *Sphaceloma manihoticolada* (SANTOS *et al.*, 2015; DE OLIVEIRA *et al.*, 2016), viroses (PEREIRA *et al.*, 2018) e doenças foliares como cercosporiose e antracnose (DALAROSA, STRAGLIOTTO, 2018; SANTANA, 2018).

A resistência a antracnose foi pouco relatada na mandioca, a maioria das pesquisas neste aspecto geralmente são fomentadas por programas de melhoramento como a Embrapa Mandioca e Fruticultura. A exemplo de Nascimento e colaboradores (2015) que avaliaram 564 genótipos de mandioca e constataram

as espécies de Eucalipto, Poti Branca, Cigana Preta e Corrente com resistência moderada antracnose em condições de campo. Dalarosa e Stragliotto (2018) identificaram acessos de BGM 1134 e BGM1770 com maior resistência a doenças de antracnose e bacteriose. Assim como, Costa e Ribeiro (2021) analisaram 36 clones de mandioca quanto a sua a resistência e características agronômicas satisfatórias para comercialização, chegando à conclusão que os clones 2011-34-45, BGM0717 e BGM0080 obtiveram o melhor desempenho dentre as variedades.

Embora não haja tantos relatos de resistência, estudos nessa área, contribuirão para a obtenção de formulações mais específicas e estratégias mais eficientes para incorporar em variedades já melhoradas com alto rendimento agrícola. Possibilitando a expansão do mercado nacional e internacional, ocasionando um alto rendimento das áreas produtivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. S. **Cultivar de mandioca BRS Poti**. 2008.

ALVES, H. T.; SÃO JOSÉ, A. R.; DOS ANJOS, D. N.; BOMFIM, M. P.; DE NOVAIS, Q. S.; DE JESUS NOLASCO, D. S. Controle alternativo da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz) em frutos de mamão 'Sunrise solo'. **Brazilian Journal of Development**, 6(5), 30331-30346, 2020.

ALVES-PEREIRA, A.; ZUCCHI, M. I.; CLEMENT, C. R.; VIANA, J. P. G.; PINHEIRO, J. B.; VEASEY, E. A.; DE SOUZA, A. P. Selective signatures and high genome-wide diversity in traditional Brazilian manioc (*Manihot esculenta* Crantz) varieties. **Scientific reports**, 12(1), 1-14, 2022.

BHUNJUN, C. S.; PHUKHAMSAKDA, C.; JAYAWARDENA, R. S.; JEEWON, R.; PROMPUTTHA, I.; HYDE, K. D. Investigating species boundaries in *Colletotrichum*. **Fungal Diversity**, 107(1), 107-127, 2021.
BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. **Melhoramento de plantas**. Oficina de Textos. 2021.

BRAGANÇA, C. A. D.; SILVA, L.L.; HADDAD, F.; OLIVEIRA, S. A. S. First report of *Colletotrichum fructicola* causing anthracnose in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in Brazil. **Doença vegetal**, 100.857, 2016.

BROCH, J.; NUNES; R. V.; DA SILVA, I. M.; DE SOUZA, C. Carboidrases e coproduto da mandioca na alimentação de frangos de corte: revisão. **Agropecuária Catarinense**, 31(2), 82-86, 2018.

CABRAL, S. K. D. **O. Estudo de microRNAs de plantas responsivos à infecção por fungos do gênero *Colletotrichum* spp.** 2021.

CAIRO JUNIOR, L. R., da Silva, M. A., de Oliveira, E. J., & de OLIVEIRA, S. A. S. **Resistência de genótipos de mandioca à podridão radicular em condições de campo**. 2015.

CARVALHO, N. L. Resistência genética induzida em plantas cultivadas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, 1379-1390. 2012.

CASAS, L. L. ***Colletotrichum siamense* como estratégia de controle biológico da antracnose em guaranazeiro**. 2021.

CEBALLOS, H., ROJANARIDPICHED, C., PHUMICHA, C., BECERRA, L. A., KITTIPADAKUL, P., IGLESIAS, C., & GRACEN, V. E. Excellence in cassava breeding: perspectives for the future. **Crop Breeding, Genetics and Genomics**, 2(2). 2020.

Ciência profissional: resumos. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2018.

COELHO, J. D.; XIMENES, L. F. **Mandioca e seus derivados**. 2020.

COOK, R.J.; BAKER, K.F. Nature and practice of biological control of plant pathogens. St. Paul. APS Press. 1983.

CORDA, A. C. I. Deutschlands flora in abbildungen nach der natur mit beschreibungen. **Nürnberg: Sturm**, v. 3, n. 12, p. 1-144, 1831.

CORDA, A. C. J. **Icones fungorum hucusque cognitorum** (Vol. 1). JG Calve. 1837.

COSTA, N., MELO, R., & de OLIVEIRA, S. A. S. **Avaliação da resistência de variedades comerciais e híbridos de mandioca à bacteriose**. 2014.

COSTA, R. C. L. D.; RIBEIRO, R. F. **Parâmetros genéticos e seleção de acessos de mandioca para diferentes características agrônômicas e índice de antracnose e bacteriose**. 2021.

DA SILVA, L. L.; MORENO, H. L. A.; CORREIA, H. L. N.; SANTANA, M. F.; DE QUEIROZ, M. V. *Colletotrichum*: species complexes, lifestyle, and peculiarities of some sources of genetic variability. **Applied microbiology and biotechnology**, 104(5), 1891-1904, 2020.

DALAROSA, L. E.; STRAGLIOTTO JUNIOR, J. A. **Parâmetros e divergência genética para identificação de acessos de mandioca com resistência à antracnose e bacteriose**. 2018.

DE ASSIS LINHARES, A. L. F.; DA COSTA SEIXAS, B.; DE OLIVEIRA MAIA, M. J. Determinação quantitativa do ácido cianídrico em mandioca. **e-Scientia**, 11(2), 1-7, 2019.

DE FREITAS, J. P. X.; DINIZ, R. P.; DE OLIVEIRA, S. A. S.; DA SILVA SANTOS, V.; DE OLIVEIRA, E. J. Inbreeding depression for severity caused by leaf diseases in cassava. **Euphytica**, 213(9), 1-12, 2017.

DE OLIVEIRA, S. A. S., da SILVA, M. A., RANGEL, M., SANTOS, V. D. S., RINGENBERG, R., & de OLIVEIRA, E. J. **Metodologia para avaliação da resistência da mandioca à bacteriose, antracnose e superalongamento**. 2016.

DE OLIVEIRA, S. A. S.; DA SILVA, L. L.; NASCIMENTO, D. D. S.; DIAMANTINO, M. S. A. S.; FERREIRA, C. F.; DE OLIVEIRA, T. A. S. *Colletotrichum* species causing cassava (*Manihot esculenta Crantz*) anthracnose in different eco-zones within the Recôncavo Region of Bahia, Brazil. **Journal of Plant Diseases and Protection**, 127(3), 411-416, 2020.

DE OLIVEIRA, S. A. S.; DIAMANTINO, M. S. A. S.; DINIZ, R. P.; DE OLIVEIRA, E. J. Escala de notas inespecíficas para seleção de plantas de mandioca resistentes a doenças foliares. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2020.

DE SILVA, D.D.; CROUS, P. W.; ADES, P. K.; HYDE, K. D.; TAYLOR, P. W. Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. **Fungal Biology Reviews**, v. 31, n. 3, p. 155-168, 2017.

DEAN, R.; VAN KAN, J.A.L.; PRETORIUS, Z.A.; HAMMONDKOSACK, K.E.; A. DI PIETRO. The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**. 13, 414-430, 2012.

DOS SANTOS NUNES, A. **Taxonomia e epidemiologia comparativa de espécies de *Colletotrichum* associadas à antracnose do mamão no Brasil**. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO). 2019.

EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA. **Principais variedades de mandioca recomendadas para o Norte, Nordeste e Centro-sul do Brasil**. 2018.

FATHIMA, A. A.; SANITHA, M.; TRIPATHI, L.; MUIRURI, S. Cassava (*Manihot esculenta*) dual use for food and bioenergy: A review. **Food and Energy Security**, e380, 2022.

FAVARO, M. A.; FERNÁNDEZ, L. N.; MAUMARY, R. L. EL GÉNERO *Colletotrichum*: AVANCES Y PERSPECTIVAS PARA CULTIVOS INTENSIVOS EN ARGENTINA. Boletín de la Asociación Argentina de Fitopatólogos, nº 11, 2022.

FERNANDES, C. D. F.; VIEIRA JÚNIOR, J. R.; DA SILVA, D. S. G.; REIS, N. D.; ANTUNES JÚNIOR, H. Mecanismos de defesa de plantas contra o ataque de agentes fitopatogênicos. **Embrapa Rondônia-Documentos (INFOTECA-E)**. 2009.

FERNANDES, K. F. D. **Aplicação de revestimentos à base de alginato de sódio incorporados de bactérias lácticas para controle de antracnose em goiaba e manga**. 2021.

FIALHO, J. D. F.; VIEIRA, E. A., BORGES, A. L.; JOSEFINO DE FREITAS FIALHO, C. P. A. C.; EDUARDO ALANO VIEIRA, C. P. A. C.; ANA LUCIA BORGES, C. N. P. M. F. Cultivo da mandioca para a Região do Cerrado, 2017.

HOHENFELD, C. S. **Caracterização da interação “mandioca× podridões radiculares” por meio de mapeamento associativo, transcriptômica e caracterização de espécies patogênicas em suporte à obtenção de plantas resistentes**. 2020.

HORMHUAN, P.; VIBOONJUN, U.; SOJIKUL, P.; NARANGAJAVANA, J. Enhancing of anthracnose disease resistance indicates a potential role of antimicrobial peptide genes in cassava. **Genetica**, 148(3), 135-148, 2020.

HORWAT, D. E. G.; POLTRONIERI, P. T.; NACK, D. C. R. D.; NACK, D. C. R. D.; BRUM, J. S. Uso de alimentos alternativos na dieta de suínos. **Culturas agrícolas**. 2021.

JAYAWARDENA, R. S.; BHUNJUN, C. S.; HYDE, K. D.; GENTEKAKI, E.; ITTHAYAKORN, P. *Colletotrichum*: lifestyles, biology, morpho-species, species complexes and accepted species. **Mycosphere**, 12(1), 519-669, 2021.

JOSHI, R. A Review on *Colletotrichum* spp. Virulence mechanism against host plant defensive factors. **J. Med. Plants Stud**, v. 6, n. 6, p. 64-67, 2018.

JUNIOR, V. B; AUER, C. G; WOLF II, N. I. Características morfológicas e fisiológicas de isolados de *colletotrichum* associados à antracnose da erva-mate. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 6, n. 2, p. 120-126, 2021.

KUPPER, K. C.; GIMENES-FERNANDES, N.; GOES, A. D. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatologia brasileira**, 28, 251-257. 2003.

LIANG, X.; TIAN, X.; LIU, W.; WEI, T.; WANG, W.; DONG, Q.; WANG, B.; MENG, Y.; ZHANG, R.; GLEASON, L. M.; SOL, G. Comparative analysis of the mitochondrial genomes of *Colletotrichum gloeosporioides* sensu lato: insights into the evolution of a fungal species complex interacting with diverse plants. **Bmc Genomics**, 18(1), 1-16, 2017.

LIU, X.; SHI, T., LI, B.; CAI, J., LI, C.; HUANG, G. *Colletotrichum* species associated with cassava anthracnose in China. **Journal of Fitopathology**, 167(1), 1-9, 2019.

LOPES DA SILVA, L.; DÓREA BRAGANÇA, C. A.; FORTES FERREIRA, C.; ALVES SILVA DIAMANTINO, M. S.; ALVES SANTOS DE OLIVEIRA, S. Differentiation of lineages within “*Colletotrichum gloeosporioides* s/l” associated with cassava anthracnose disease by BOX-and ERIC-PCRs. **Journal of Phytopathology**, 167(4), 218-229, 2019.

MARTINS, I.; PEIXOTO, J.; MELLO, S.; ÁVILA, Z.; JUNQUEIRA, N.; SILVA, M. Isolados de *Trichoderma* spp. para controle biológico de *Colletotrichum gloeosporioides* em maracujazeiro. In **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: ENCONTRO DO TALENTO ESTUDANTIL DA EMBRAPA RECURSOS GENÉTICOS E BIOTECNOLOGIA, 11., 2006, Brasília, DF. Anais: resumos dos trabalhos. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2006.

MENEZES, M. Aspectos biológicos e taxonômicos de espécies do gênero *Colletotrichum*. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 3, p. 170-179, 2006.

MORAIS, M. S. **Levantamento e avaliação da intensidade de doenças na mandioca e produção de celulasas por fungos fitopatogênicos à cultura do estado da Paraíba**. 2014.

NADARAJAH, K. K. Induction of systemic resistance for disease suppression. In *Crop improvement* (pp. 335-357). Springer, Cham. 2017.

NASCIMENTO, D. D. S.; DA SILVA, M. A.; LOPES, L.; DE OLIVEIRA, S. A. S. **Avaliação da resistência de acessos de mandioca à antracnose em condições de campo.** 2015.

NESTOR, E. K. J.; CÉLESTINE, T. H. M. A.; GASTON, K. K.; KOUABENAN, A.; DAOUDA, K. Identification and Characterizations of Pathogenic Fungal Species Associated with Symptoms of Cassava Anthracnose in Ivory Coast. **Annual Research ; Review in Biology**, 1-9, 2018.

NOGUEIRA, M. M. B.; BEBER, P. M.; SILVA, L. O.; DINIZ, J. V. A.; PEIXOTO, R. M.; SILVEIRA, É. S.; ROSA, L. B.; BEZERRA, S. A. Composição físico-química de silagem da parte aérea e resíduos do processamento da mandioca. **Revista Conexão na Amazônia**, 2(2), 142-155, 2021.

OLIVEIRA, J. B. B. D. **Perfil microbiológico e composição química da casca de mandioca in natura e ensilada.** 2022.

PEREIRA, J. D. S.; DE OLIVEIRA, E. J.; DO CARMO, C. D.; DO NASCIMENTO, B. V.; DIAMANTINO, M. S. A. S. Seleção assistida por marcadores moleculares para resistência ao Cassava mosaic disease (CMD) via Kompetitive allele specific PCR (KASP). In **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA CIENTÍFICA EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 12., 2018.

PEREIRA, L. C.; ÍTAVO, L. C. V.; MATEUS, R. G.; ROSA, M. O.; MACENA, I.; REIS NETO, J. F.; FERREIRA, B. M.; CARVALHO, C. M. E. Aspectos econômicos do uso da parte aérea in natura de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) para nutrição de cordeiros confinados e semiconfinados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 70, 279-286, 2018.

PERUCH, L. A. M.; COLARICCIO, A.; DE OLIVEIRA NEUBERT, E.; MORETO, A. L.; PEREIRA, E. F. Sintomas e controle das principais doenças da mandioca em Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, 26(2), 52-54, 2013.

PINWEHA, N.; NETRPHAN, S.; SOJIKUL, P.; VIBOONJUN, U.; SAE-LIM, P.; NARANGAJAVANA, J. Cross-kingdom microRNA transfer for the control of the anthracnose disease in cassava. **Tropical Plant Pathology**, 1-16, 2022.

PUSHPALATHA, R.; GANGADHARAN, B. Is cassava (*Manihot esculenta Crantz*) a climate “smart” crop? A review in the context of bridging future food demand gap. **Tropical Plant Biology**, 13(3), 201-211, 2020.

ROJO-BÁEZ, I.; ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, B.; GARCÍA-ESTRADA, R. S.; LEÓN-FÉLIX, J.; SAÑUDO-BARAJAS, A.; ALLENDE-MOLAR, R. Situación actual de *Colletotrichums* spp. en México: Taxonomía, caracterización, patogénesis y control. **Revista mexicana de fitopatología**, 35(3), 549-570, 2017.

SANGPUEAK, R.; PHANSAK, P.; BUENSANTEAI, N. Morphological and molecular identification of *Colletotrichum* species associated with cassava anthracnose in Thailand. **Journal of Phytopathology**, 166(2), 129-142, 2018.

SANTANA, M. D. **Epidemiologia comparativa da mancha parda e queima das folhas da mandioca**. Tese de doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2018.

SANTOS, V. D. S.; RANGEL, M. A. S.; RINGENBERG, R.; DE CARVALHO, H. W. L.; LEDO, C. D. S.; OTSUBO, A. Avaliação da resistência a doenças e produtividade em mandioca. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 16.; CONGRESSO LATINO-AMERICANO E CARIBENHO DE MANDIOCA**, 2015, Foz do Iguaçu. Integração: segurança alimentar e geração de renda: anais. Foz do Iguaçu: SBM, 2015.

SILVA, A.; SOUZA, L.; LAERCIO DUARTE SOUZA, C. N. P. M. F.; SILVA, A. F. Sistema de produção de mandioca no Semiárido, 2020.

SILVA, H. S. A.; DE ANDRADE, E. C. **Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da mandioca no Brasil**. 2011.

SILVA, I. M.; BROCH, J.; WACHHOLZ, L.; SOUZA, C. D.; PIRES FILHO, I. C.; EYNG, C.; TSUTSUMI, C. Y.; NUNES, R. V. Valores energéticos e composição bromatológica do resíduo seco de feccularia associado a carboidrases para frangos de corte em fase de crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 72, 1504-1510, 2020.

SILVA, J. L. D. **Seleção de genótipos de mandioca produtivos e resistentes a antracnose bacteriose**. 2021.

SILVA, L. L. D. **Ferramentas moleculares para a caracterização de *Colletotrichum* spp. associados à antracnose da mandioca**. 2016.

SILVA, L. L.; PESTANA, K. N.; FERREIRA, C. F.; OLVEIRA, S. A. Differentiation of phylogenetic lineages within the '*Colletotrichum gloeosporioides* species complex' associated with cassava anthracnose disease by PCR-RFLP. **Tropical Plant Pathology**, 43(3), 194-201, 2018.

SOUZA, E. D.; DE LIMA, H. E. BRS Dourada e BRS Gema de Ovo: Cultivares de Mandioca de Mesa Biofortificadas para Roraima. **Embrapa Roraima-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**. 2021.

SOUZA, E. D.; DE LIMA, H. E. BRS Formosa, BRS Kiriris e BRS Mulatinha: Novas Cultivares de Mandioca de Indústria para Cultivo em Roraima. Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 85, 2019.

TININI, R. C. D. R.; ZAMBOM, M. A.; DESSBESELL, J. G.; ADAMANTE, D.; VENTURINI, T. Silagem da parte aérea da mandioca como um alimento alternativo na dieta de vacas em lactação revisão de literatura. **Arq. ciênc. vet. zool. UNIPAR**, e2405-e2405, 2021.

TODE, H. J. **Fungi Mecklenburgenses selecti**: new fungorum genera complectens. Lüneburh: Lemke, V. 1. 57p. [p.31], 1790.

UTSUMI, Y.; TANAKA, M.; KUROTANI, A.; YOSHIDA, T.; MOCHIDA, K.; MATSUI, A.; ISHITAANI, M.; SRAPHET, S.; WHANKAEW, S.; ASVARAK, T.; NARANGAJAVANA, J.; TRIWITAYAKORN, K.; SAKURAI, T.; SEKI, M. Cassava (*Manihot esculenta*) transcriptome analysis in response to infection by the fungus *Colletotrichum gloeosporioides* using an oligonucleotide-DNA microarray. **Journal of plant research**, 129(4), 711-726, 2016.

VIDIGAL FILHO, P. S.; ORTIZ, A. H. T.; PEQUENO, M. G.; BORÉM, A. (Eds.). **Mandioca: do plantio à colheita**. Oficina de Textos. 2022.

VIEIRA, M. S. B. **Qualidade de carne e características de carcaça de ovinos alimentados com parte aérea da mandioca e palma forrageira em substituição ao feno de Tifton 85**. 2021.

YOOSOMBOON, P.; SOJIKUL, P.; VIBOONJUN, U.; NARANGAJAVANA, J. Salicylic acid-induced syntaxin gene expression coexists with enhanced resistance against *Colletotrichum gloeosporioides* infection in cassava. **Tropical Plant Biology**, 14(1), 50-62, 2021.

ZOUNGRANAN, Y.; LYNDIA, E.; DOBI-BRICE, K. K.; TCHIRIOUA, E.; BAKARY, C.; YANNICK, D. D. Influence of natural factors on the biodegradation of simple and composite bioplastics based on cassava starch and corn starch. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, 8(5), 104396, 2020.

ARTIGO 1

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESPÉCIES DE *Colletotrichum* sp. NA
RESISTÊNCIA DE FOLHAS DESTACADAS DE MANDIOCA**

Influência de diferentes espécies de *Colletotrichum* sp. na resistência de folhas destacadas de mandioca

Resumo: A doença da antracnose na mandioca (CAD), causada pelo complexo de *Colletotrichum gloeosporioides* é uma das mais importantes que afetam a cultura em muitos países. Devido a preferência por ambientes úmidos e com temperaturas elevadas, este patógeno costuma se concentrar em todas as regiões produtoras, com mais intensidade nas regiões do Nordeste e Sudeste do Brasil. Sendo o uso de variedades resistentes o método mais eficaz no controle de CAD, este estudo teve como objetivo, identificar variedades de mandioca resistentes diferentes espécies de *Colletotrichum*, com base em um ensaio com folhas destacadas. Para tal, foram avaliados período de incubação, área da lesão e a taxa de progresso da doença em 16 variedades comerciais de mandioca pertencentes ao banco de germoplasma da Embrapa Mandioca e Fruticultura. Discos de micélio de *C. gloeosporioides*, *C. fruticola* e *C. tropicale* foram dispostos no centro do lóbulo médio das 3 folhas centrais de mandioca, folhas contendo apenas fermentos foram usados como controles. As avaliações demonstraram que as maiores médias geradas pela AACPD foram em *C. fruticola*, o genótipo mais afetado foi Mulatinha, as menores médias ocorreram em *C. gloeosporioides* e o genótipo menos afetado foi Vassoura Preta. Mulatinha e Poti Branca foram consideradas as mais suscetíveis à antracnose, com maiores diâmetros de lesões. Os resultados apontam BGM0655, Corrente e Dourada como os genótipos que apresentam maior potencial de resistência, sendo o *Colletotrichum tropicale* a espécie mais agressiva a mandioca. A variedade Vassoura Preta indica resistência a *C. Gloeosporioides* e *C. fruticola*.

Palavras-chave: *Colletotrichum fruticola*; Antracnose; Resistência.

Influence of different species of *Colletotrichum* sp. on the resistance of detached cassava leaves

Abstract: Cassava anthracnose disease (CAD), caused by the *Colletotrichum gloeosporioides* complex, is one of the most important diseases affecting the crop in many countries. Due to the preference for humid environments with high temperatures, this pathogen tends to be concentrated in all producing regions, with more intensity in the Northeast and Southeast regions of Brazil. As the use of resistant varieties is the most effective method to control CAD, this study aimed to identify cassava varieties resistant to different species of *Colletotrichum*, based on a test with detached leaves. For this purpose, the incubation period, lesion area and disease progression rate were evaluated in 16 commercial varieties of cassava belonging to the germplasm bank of Embrapa Mandioca e Fruticultura. Mycelium disks of *C. gloeosporioides*, *C. fruticola* and *C. tropicale* were arranged in the center of the middle lobe of the 3 central cassava leaves, leaves containing only wounds were used as controls. The evaluations showed that the highest averages generated by AUDPC were in *C. fruticola*, the most affected genotype was Mulatinha, the lowest averages occurred in *C. gloeosporioides* and the least affected genotype was Vassoura Preta. Mulatinha and Poti Branca were considered the most susceptible to anthracnose, with the largest diameters of lesions. The results indicate BGM0655, Corrente and Dourada as the genotypes that present the greatest resistance potential, with *Colletotrichum tropicale* being the most aggressive species to cassava. The Vassoura Preta variety indicates resistance to *C. Gloeosporioides* and *C. fruticola*.

Keywords: *Colletotrichum fruticola*; Anthracnose; Resistance.

INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta crantz*), está cada vez mais envolvida na segurança alimentar, diminuição de pobreza, desenvolvimento de tecnologias e produção de energia renováveis, mudando o cenário econômico mundial, sobretudo em países subdesenvolvidos (PUSHPALATHA, GANGADHARAN, 2020; ALVES-PEREIRA *et al.*, 2022). No Brasil, a mandiocultura vem perdendo espaço para outros setores na agropecuária, que agregados a variáveis como a incidência de pragas e doenças, levaram a sucessivas reduções na produtividade ao longo dos anos.

A antracnose causada pelo fungo *Collettrichum* spp., é uma doença destrutiva responsável por acometer diversas culturas no Brasil e no mundo (DE OLIVEIRA *et al.*, 2020). Os sintomas mais atribuídos é a formação de cancrós nos caules, galhos, frutas e folhas, ocasionando a morte da parte aérea de plantas doentes (COSTA, RIBEIRO, 2021). Em genótipos suscetíveis, a perda em tubérculos pode chegar até 90% em áreas produtivas (NTUI *et al.*, 2021). Regiões com uma alta umidade relativa do ar e temperaturas entre 18°C a 28°C favorecem o desenvolvimento da doença, a chuva atua como o principal meio de disseminação dos esporos nos cultivos (JOSHI, 2018; CABRAL, 2021).

A perda de folhas e a presença de necrose em brotos novos ocasionam uma redução significativa na atividade fotossintética, gerando uma baixa produtividade das raízes (LIU *et al.*, 2019; COSTA, RIBEIRO, 2021). Embora haja diferentes medidas de manejos que podem ser utilizadas para evitar doenças de parte aéreas, o combate dos efeitos patogênicos gerados pela antracnose podem ser onerosos e acarretar prejuízos ambientais (SANGPUEAK, PHANSAK, BUENSANTEAI, 2018). Dessa forma, o uso de variedades resistentes é o método mais recomendado para ser adotado no sistema de produção de mandioca.

Neste contexto, o estudo relata a triagem inicial para determinar cultivares comerciais de mandioca resistentes a antracnose (*Coletotrichum*), com base em análises de componentes de resistência no patossistema da mandioca.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Clínica Fitossanitária da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) e no Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas-BA. Os 5 isolados das 3 espécies já caracterizadas de *Colletotrichum gloeosporioides*, *C. fructícola* e *C. tropicale* (BRAGANÇA *et al.*, 2016; SILVA, 2016; LOPES DA SILVA *et al.*, 2019) foram adquiridos da coleção de microrganismos do Laboratório de Fitopatologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura.

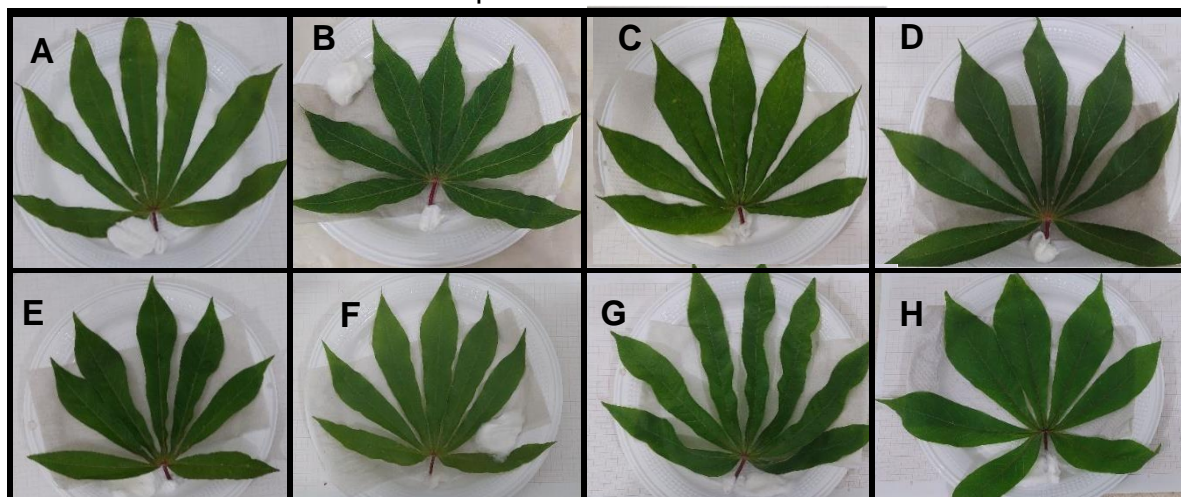
Preparo do inóculo

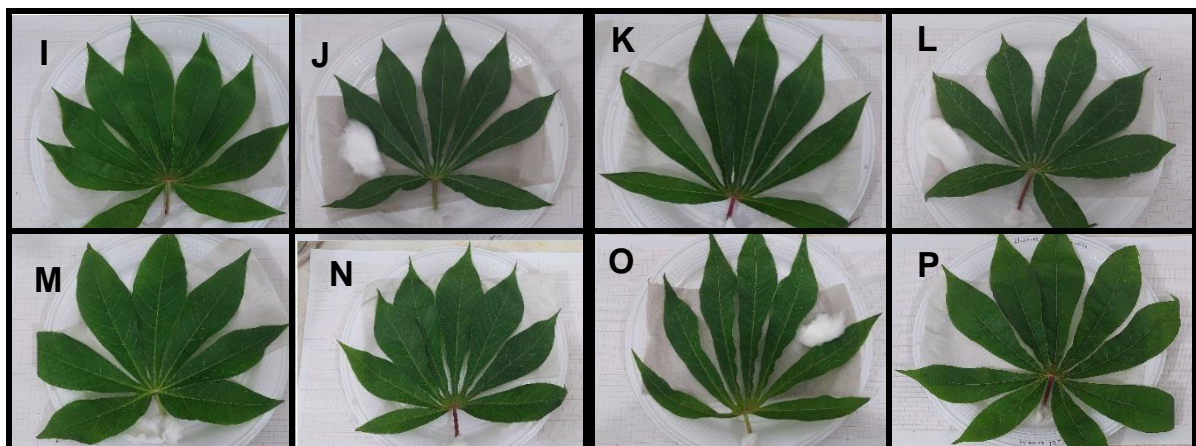
Os isolados de *Colletotrichum* foram reativados a partir de discos de meio contendo micélio preservados em água esterilizada (método Castellani). Para isso, os discos foram transferidos para placas de Petri contendo meio BDA (Batata, Dextrose e Ágar), incubados em BOD por sete dias a 25°C, com fotoperíodo de 12 horas, sendo posteriormente repicados com discos de micélio de 0,8 cm de diâmetro.

Inoculação das plantas

Folhas jovens e saudáveis foram coletadas de 16 variedades de mandioca (Figura 2), BGM-0655, Cigana, Corrente, Dourada, Eucalipto Roxinha, Eucalipto, Formosa, Gema de Ovo, Kiriris, Mulatinha, Novo Horizonte, Poti Branca, Recife, Salangor, Vassoura Preta e 11-34-45.

Figura 2. Folhas destacadas de mandioca utilizadas para inoculação com discos de micélio contendo diferentes espécies de *Colletotrichum*.





Legenda: BGM-0655 (A), Cigana (B), Corrente (C), Dourada (D), Eucalipto Roxinha (E), Eucalipto (F), Formosa (G), Gema de Ovo (H), Kiriris (I), Mulatinha (J), Novo Horizonte (K), Poti Branca (L), Recife (M), Salangor (N), Vassoura Preta (O) e 11-34-45 (P).

As folhas foram submetidas a uma desinfestação superficial, a partir de lavagens consecutivas em álcool 50% por 30 segundos, hipoclorito de sódio a 2% durante 1 minuto e 3 lavagens em água destilada estéril. Após a secagem, as folhas foram perfuradas próximo à nervura central com o auxílio de um carimbo estéril em seus 3 lóbulos centrais onde posteriormente foi adicionado os discos de micélio no sentido do crescimento fúngico (Figura 3). Após a inoculação, as mesmas foram mantidas em câmara úmida realizada com pratos plásticos, papéis filtro centralizados e algodão umedecido. Os pratos foram fechados com um saco plástico e depois incubados em temperatura ambiente.

Figura 3. Inoculação por deposição de discos de micélio contendo *Colletotrichum*.



Legenda: Variedade Novo Horizonte inoculada com discos de micélio contendo PPAM10 (*C. fructícola*) em seus três lóbulos centrais.

O experimento constituiu das 16 variedades de mandioca com 7 tratamentos, PPAM06 (*C. gloeosporioides*), PPAM10 (*C. fructicola*), PPAM13 (*C. fructicola*), 44C4 (*C. tropicale*), 43F3 (*C. tropicale*), controle físico e controle negativo, com 4 repetições cada. Para o controle físico, foi realizado apenas os ferimentos, assim foi possível observar qualquer alteração nas amostras. No controle negativo foram usados discos de micélio contendo BDA no sentido de verificar a presença de patógenos e os efeitos gerados nas áreas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 4 repetições, cada repetição foi constituída de uma folha destacada.

Componentes de resistência

Período de Incubação (PI)– intervalo em dias entre a inoculação e o aparecimento de sintomas. As plantas foram avaliadas diariamente após a inoculação, até que 50% das plantas inoculadas apresentassem lesões necróticas.

Área da lesão (AL)– Medição da área da lesão por análise de imagens. As plantas inoculadas com o disco de micélio foram diariamente fotografadas, a partir dos primeiros sintomas observados. As imagens foram avaliadas pelo programa ImageJ e assim foi possível estimar as áreas das lesões.

Progresso da doença (PD)– Com os valores da área da lesão (y) quantificados durante os 05 dias (t), foi possível estimar os valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e a taxa de progresso monocíclico da doença (r) (SHANER, FINNEY, 1977).

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1} + 1}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Onde:

AACPD = área abaixo da curva de progresso da doença

y_i = proporção da doença na i -ésima observação;

t_i = tempo em dias na i -ésima observação;

n = número total de observações.

Análise estatística

Após a inoculação, as folhas contendo os micélios de *Colletotrichum* e os controles foram observadas diariamente por 05 dias, com a finalidade de acompanhar o desenvolvimento das lesões. Os dados foram tabulados para obtenção dos valores de AACPD associado a cada isolado e em cada variedade. Esses dados foram submetidos a análise fatorial múltipla com auxílio do pacote FactoMineR (LÊ, HUSSON, 2008) para obtenção do mapa de fatores e correspondência múltipla entre genótipos e isolados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A média em dias para o aparecimento de lesões causadas por *C. gloeosporioides*, *C. fructicola* e *C. tropicale* é de 3 dias (OLIVEIRA, BRAGANÇA, SILVA, 2016; BRAGANÇA *et al.*, 2016). Contudo, ao avaliar o período de incubação (PI) durante a experimentação pode-se observar (Tabela 1) variações. A maior oscilação nos resultados se encontra em Vassoura Preta PPAM 06, demorando um pouco mais de 4 dias até o aparecimento dos sintomas. Dourada e Gema de Ovo em 43F3 e Poti Branca PPAM13 obtiveram os menores valores, demorando menos de dois dias até o surgimento das lesões. As temperaturas observadas ao longo da condução do experimento foram favoráveis para o desenvolvimento da antracnose, com variações de 24° a 29°C no período entre a primeira inoculação até a última.

Tabela 1. Médias do período de incubação em dias, das três espécies de *Colletotrichum* em dezesseis cultivares de mandioca (*Manihot sculenta*), inoculados por deposição de disco de micélio.

Genótipos	Período de Incubação				
	PPAM06	PPAM10	PPAM13	43F3	44C4
V. Preta	4,33	3,00	3,00	3,00	3,00
G. Ovo	3,00	2,33	2,67	1,33	2,67
N. Horizonte	3,00	2,00	2,67	2,33	2,67
E. Roxinha	3,67	2,00	3,00	3,33	2,33
P. Branca	2,00	2,33	1,67	2,33	3,33
Mulatinha	3,33	2,00	3,00	2,33	3,00
Corrente	3,33	2,67	2,67	2,67	2,67
Eucalipto	2,67	2,33	3,33	2,00	2,67
Kiriris	3,33	2,00	2,33	3,00	2,67
Formosa	3,00	2,00	2,67	2,67	2,33
Dourada	2,00	2,33	3,00	0,67	2,67
Cigana	2,67	2,67	3,00	2,33	2,33
Salangor	2,00	2,67	2,33	3,00	3,67
Recife	3,67	2,00	3,00	3,67	3,33
BGM 0655	3,67	2,67	3,67	3,00	3,00
11-34-45	3,00	3,00	2,67	2,33	2,67

Legenda: PPAM06 (*C. gloeosporioides*) PPAM10 e PPAM13 (*C. fructicola*) 43F3 e 44C4 (*C. tropicale*).

A variedade Vassoura Preta apresentou indícios de resistência quanto ao *C. gloeosporioides* ao retardar o desenvolvimento da doença em seu limbo foliar,

diferentemente de Poti Branca e Gema de Ovo que demonstraram maior suscetibilidade ao *C. fructicola* e *C. tropicale*. Muito embora Dourada tenha apresentado um dos menores índices de avaliação isso é justificado pelo fato de algumas parcelas experimentais não apresentarem doença durante os 5 dias de avaliação.

Ao avaliar os valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) presentes na Tabela 2, é possível observar que as maiores médias foram obtidas com o PPAM10 (*C. fructicola*) enquanto as menores estão associadas à PPAM06 (*C. gloeosporioides*). Da mesma maneira, observou-se que a maior média da AACPD foi obtida com a variedade Mulatinha quando inoculada com PPAM10 (724,33) e a menor em Vassoura Preta quando inoculada com PPAM06 (28,24).

Tabela 2. Valores médios correspondentes a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) causados por *C. gloeosporioides*, *C. fructicola* e *C. tropicale* em 16 variedades de mandioca.

Genótipos	AACPD				
	PPAM06	PPAM10	PPAM13	43F3	44C4
V. Preta	28,24	389,73	358,65	130,64	46,72
G. Ovo	294,22	291,81	559,9	160,28	386,23
N. Horizonte	159,65	449,11	157,36	259,77	265,59
E. Roxinha	217,37	356,92	258,81	92,83	372,18
P. Branca	66,27	607,27	169,28	591,86	370,4
Mulatinha	111,57	724,33	147,32	698,15	494,58
Corrente	315,08	257,09	229,44	257,28	208,05
Eucalipto	184,55	230,78	140,73	179,67	331,7
Kiriris	492,79	625,95	267,6	367,08	368,63
Formosa	159,71	452,04	101,03	92,59	91,48
Dourada	36,27	254,52	103,25	105,89	121,01
Cigana	227,42	543,17	500,89	248,73	501,01
Salangor	35,51	276,21	340,47	295,22	73,21
Recife	130,9	412,85	223,31	103,24	287,76
BGM 0655	88,81	145,82	123,46	168,72	186,86
11-34-45	133,92	463,75	329,91	127,02	253,03

Legenda: PPAM06 (*C. gloeosporioides*) PPAM10 e PPAM13 (*C. fructicola*) 43F3 e 44C4 (*C. tropicale*).

O *C. fructicola* é conhecido por possuir uma ampla gama de hospedeiros, considerado cosmopolita, essa espécie pode ser encontrada nos 5 continentes.

Seu primeiro relato causando doença foi descrito em bagas de café na Tailândia, no ano de 2009 (PRIHASTUTI *et al.* 2009). Foi apenas em 2016 que o primeiro relato associado a mandioca surgiu (BRAGANÇA *et al.*, 2016), até então o *C. gloeosporioides* era descrito como o principal agente causal da antracnose na mandioca no Brasil. Durante 3 anos seguintes, relatos contínuos demonstravam o envolvimento de diferentes espécies de *Colletotrichum* associadas a *Manihot*, entre eles estavam, *C. tropicale*, *C. theobromicolae* e *C. siamense* (DE OLIVEIRA *et al.*, 2016; 2018; SILVA *et al.*, 2019).

Em 2020, Oliveira e colaboradores relataram a presença de 7 espécies diferentes de *Colletotrichum* em zonas rurais e identificou o *C. fructicola* como o principal agente causal de antracnose na região do Recôncavo da Bahia, seguido do *C. tropicale* e *C. gloeosporioides*, respectivamente. A agressividade do isolado foi correlacionada com a alta umidade das regiões onde se encontrava. A pesquisa também contribuiu para desmitificar a relação exclusiva entre CAD e o *C. gloeosporioides*, tornando-se se o primeiro relato das linhagens de *C. fructicola* como o patógeno mais provável que causa a antracnose na mandioca no Brasil, corroborando com os dados obtidos na experimentação da AACPD máxima e mínima (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

O complexo de espécies *C. gloeosporioides* consiste em *C. fructicola*, *C. gloeosporioides*, *C. tropicale* e mais 49 espécies intimamente relacionadas. O primeiro relato da espécie *C. gloeosporioides* foi descrita em 1884 e ainda na atualidade há confusões quanto a sua taxonomia. Apresentando uma ampla gama de hospedeiros, a sua distribuição se dá por países como Áustria, China, Colômbia, Brasil, EUA e outros (JAYAWARDENA *et al.*, 2021). As espécies do gênero, em sua grande maioria são descritas como generalistas, podendo afetar diferentes hospedeiros. O *C. Gloeosporioides* infecta 470 espécies de hospedeiros diferentes como gramíneas, cereais, grãos e frutíferas (banana, maracujá, citros, uvas, goiaba) em diferentes estágios de desenvolvimento, como no pós colheita da manga (SHARMA, KULSHRESTHA, 2015). A diversidade de hospedeiros permite que sempre haja fonte de inóculo em campo, dificultando o controle do patógeno. O mesmo ocorre com *C. fructicola* e *C. tropicale*, podendo ser encontradas em maracujá, manga, mamão, guaranazeiro, maçã, abacate, morango, caqui, romã, Pitaya, orégano (SAINT, GUPTA, ANANDALAKSHMI, 2016; KIM *et al.*, 2018;

AYVAR-SERNA, 2020; CASAS, 2021; EVALLO *et al.*, 2022; VIEIRA, CÂMARA, 2022)

Ao avaliar as médias dos genótipos na AACPD constatou-se a Mulatinha como a variedade mais afetada pelo PPAM10. Embora esses resultados não possam ser confrontados por outras pesquisas, há relatos quanto a suscetibilidade do genótipo a outros isolados responsáveis pela antracnose. Um ensaio realizado por Silva *et al.* (2021) demonstrou que o genótipo apresenta suscetibilidade a *C. gloeosporioides* e *Xanthomonas axonopodis*, embora também mesmo doente foram obtidos resultados satisfatórios quanto a produtividade da parte aérea e total das raízes. Os mesmos resultados também podem ser observados na pesquisa realizada por Alves, Cardoso e Oliveira (2015) onde descrevem a suscetibilidade de mulatinha a bacteriose.

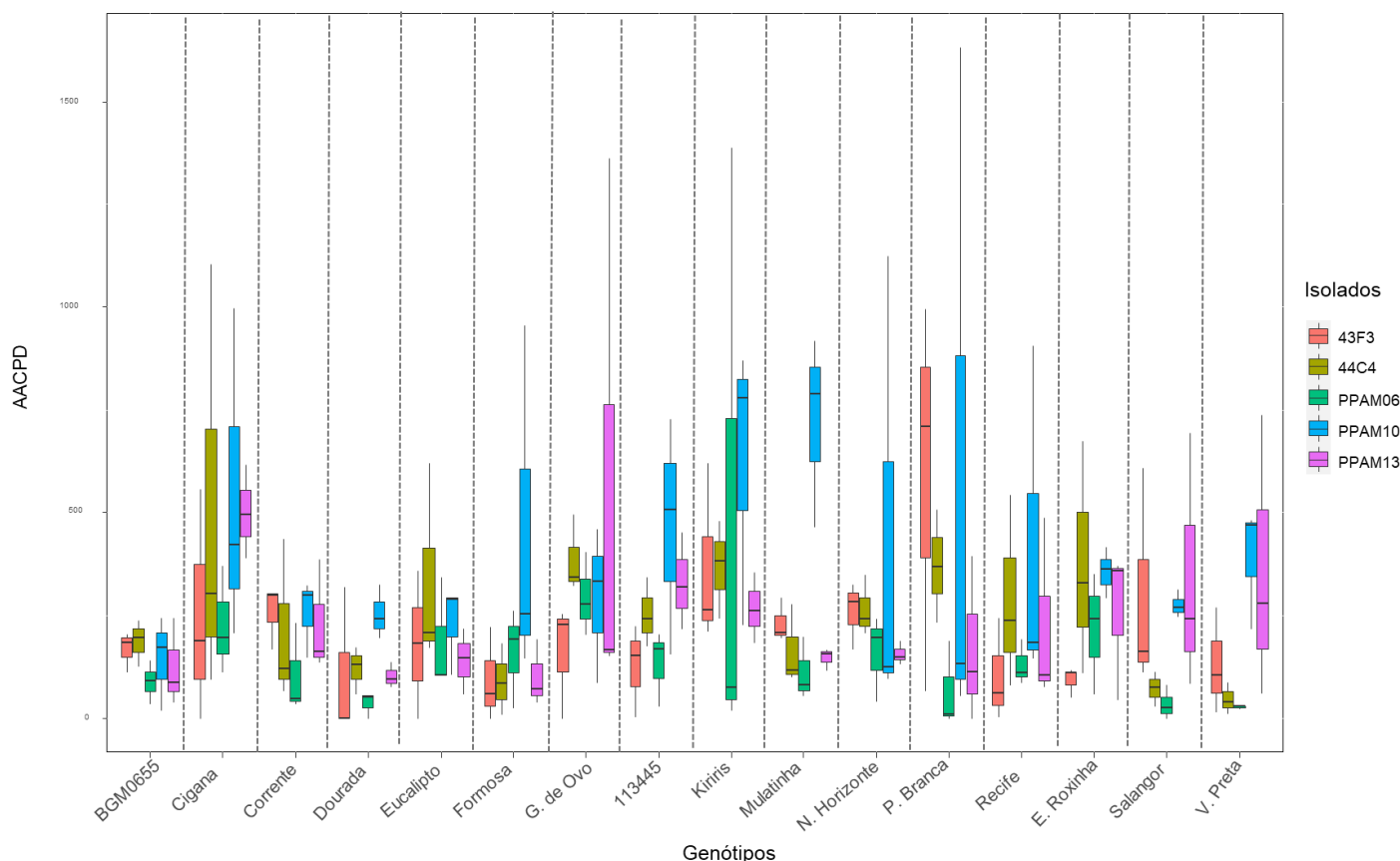
A cultivar é um híbrido desenvolvido para o plantio em condições semiáridas em solos arenosos, com ciclo vegetativo de 18 meses e produtividade de 16,8 t/ha, sua comercialização foi realizada em 2005 como alternativa para a indústria de farinha e fécula. Desenvolvida em 1991 pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, a Mulatinha foi originada de cruzamentos, seu parental feminino é o genótipo BGM 491 (SOUZA; LIMA, 2019). O genótipo ainda apresenta tolerância a podridão radicular causada por *Fusarium* sp., Cercosporiose, Mancha parda, branca e queima das folhas, ocasionada pelo complexo *Passalora* (HOHENFIELD *et al.*, 2013; DE OLIVEIRA *et al.*, 2013; SOUZA; LIMA, 2019).

Pouco relatada, a variedade Vassoura Preta não dispõe de muitas informações quanto a suas origens e características agrônômicas, dentre os poucos trabalhos publicados encontra-se uma preferência dos agricultores em utilizar em campo o genótipo devido a uma pré-disposição de resistência à mosca branca. A variedade quando comparada a outros genótipos BRS Mani Branca, Mulatinha, Kiriris, Gema de Ovo, Dourada e Caipira apresentou maiores rendimentos de matéria seca e menores níveis de infestação (DA SILVA; CARVALHO; CARDOSO, 2014; SOUZA; CARVALHO; CARDOSO, 2014).

A variação de amplitude das médias obtidas na AACPD pode ser observada nos boxplots (figura 4), os valores mais discrepantes se concentram nos isolados, sendo maiores em PPAM10 e menores em PPAM06 e 43F3. Nos genótipos, as maiores alternâncias podem ser observadas em P. Branca, Kiriris e G. ovo, N.

Horizonte e Cigana (valores acima de 1000), onde os *outliers* variaram entre todas as espécies de *Colletotrichum* testadas. De forma contrária, temos as menores variações em BGM 0655, Corrente e Dourada.

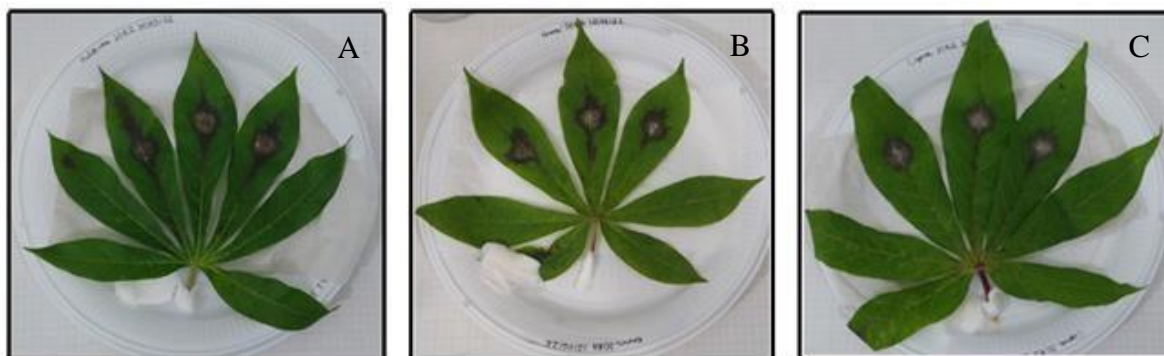
Figura 4: Boxplot da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) agrupado por genótipo sob a inoculação de *C. gloeosporioides*, *C. fructicola*, *C. tropicale*



Legenda: Boxplot gerado a partir de médias da AACPD, entre genótipos e isolados, que correspondem a *C. Gloeosporioides* (PPAM06), *C. fructicola* (PPAM10 e PPAM13), *C. tropicale* (43F3 e 44C4).

Mesmo sob condições padronizadas de ambiente e temperatura, os genótipos podem expressar variações quanto as respostas à entrada do patógeno na planta, gerando reações singulares. A metodologia adotada também desempenha um importante papel quanto as variações, as perfurações realizadas na nervura central das folhas levaram a colonização dos feixes vasculares (figura 5), causando diferenças significativas nos tamanhos e frequências das lesões.

Figura 5: Colonização do xilema em folhas de mandioca inoculadas com discos de micélio contendo *Colletotrichum fructicola*.



Legenda: Mulatinha PPAM10 (A), Gema de ovo PPAM10 (B) e Cigana PPAM10 (C).

Outros fatores que podem estar relacionados com as variações das médias na AACPD incluem as defesas pré-formadas nas plantas, que consiste em barreiras físicas ou químicas que impedem ou atenuam os efeitos iniciais da infecção. Nos mecanismos bioquímicos têm-se substâncias capazes de inibir ou retardar o desenvolvimento do patógeno, essas substâncias se encontram presentes na planta em altas concentrações (STANGARLIN *et al.*, 2011).

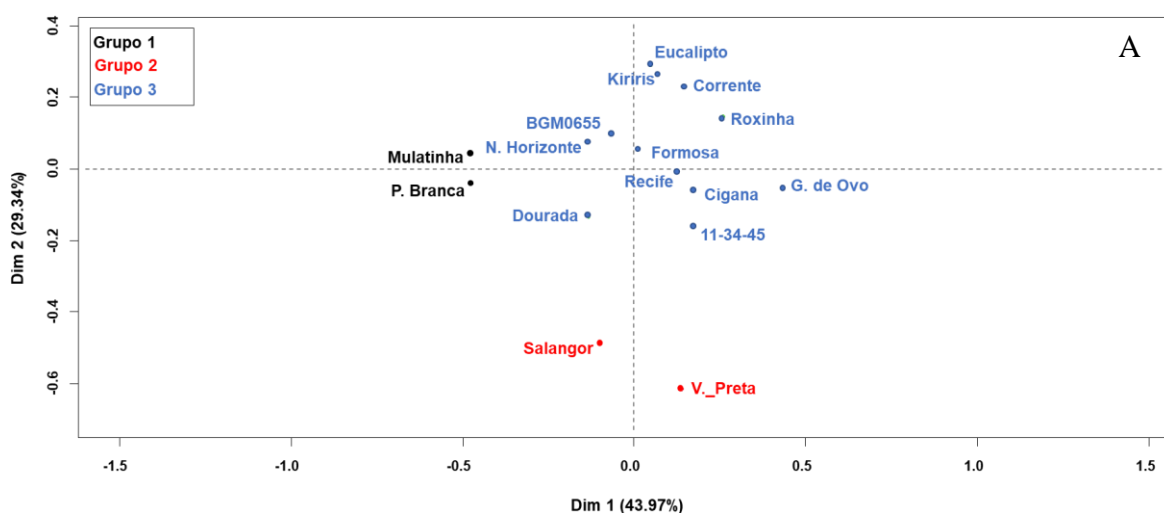
Na mandioca os compostos mais frequentes são os glicosídeos (cianogênico, saponina), fenóis (gossipol e taninos) e os inibidores de proteases. (AGOSTIN, 2007). O armazenamento do glicosídeo cianogênico se estende por toda a planta, com exceção das sementes, dentre os mais abundantes se destaca a linamarina. Nas folhas, podem haver variações nas concentrações dos compostos, com a mínima relata de 58,2 $\mu\text{g HCN g}^{-1}$ e a máxima de 249,0 $\mu\text{g HCN g}^{-1}$ a depender da idade (DE NASCIMENTO *et al.*, 2019).

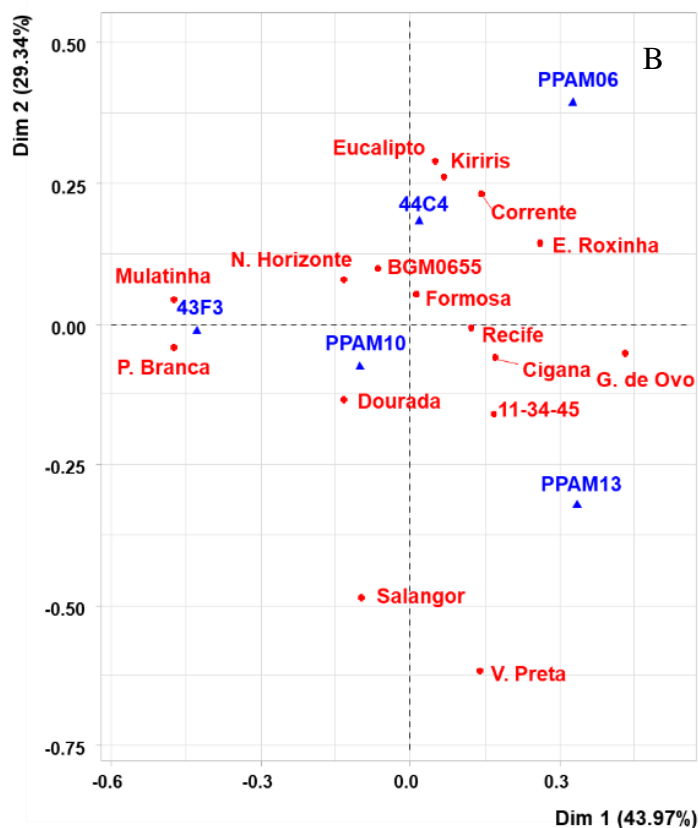
Embora as variedades como Poti Branca, Kiriris e Gema de ovo sejam algumas das mais exploradas comercialmente devido à alta produtividade e bons rendimentos em regiões de semiárido, os valores gerados nas médias da AACPD as classifica como suscetíveis. Os resultados se assemelham aos encontrados por Nascimento *et al.* (2015) que descrevem Kiriris e Gema de ovo como suscetíveis (S) a antracnose e Corrente como moderadamente resistente (MR), muito embora os autores também avaliem os genótipos P. Branca como MR e Dourada como S, contradizendo os dados aqui obtidos. No entanto, não se sabe qual espécie de *Colletotrichum* estava associada ao estudo.

Conforme demonstrado, nesse trabalho, a variação na suscetibilidade pode variar em função do genótipo, como da espécie de *Colletotrichum*, da mesma maneira, pode haver variação de agressividade relacionada a diversidade genética de cada espécie. Este trabalho demonstrou essa diversidade associada a reação dos genótipos comerciais à antracnose. Portanto, há necessidade de investigar a agressividade de isolados das diferentes espécies estudadas neste trabalho para subsidiar de maneira mais adequada o manejo, como também o melhoramento genético.

A partir dos valores médios gerados pela AACPD foi possível discriminar os genótipos de mandioca em 3 grupos (figura 6A; figura 7). Um dos grupos foi formado por 12 genótipos (grupo 3) representando 75% do total avaliado enquanto os grupos 1 e 2, representam 12,5% com 2 genótipos cada. Os genótipos do grupo 1 e 3 são os mais divergentes, o grupo 1 apresenta maiores valores da AACPD que indicam uma maior suscetibilidade do genótipo aos diferentes isolados, enquanto o grupo 3 apresenta menores valores da AACPD sendo inversamente proporcional, ou seja, menos suscetível as espécies testadas.

Figura 6: Mapa de fatores e análise de correspondência múltipla entre os genótipos e isolados de *Colletotrichum* spp.





Legenda: Mapa de fatores (A) gerado a partir da análise fatorial múltipla com base na AACPD com identificação decrescente de suscetibilidade dos genótipos. Grupo 1 (mais suscetível), grupo 2 (moderadamente suscetível) grupo 3 (pouco suscetível). Análise de correspondência (B) exprimindo os resultados gerados pelo mapa de fatores com associação entre isolados e genótipos.

A partir dos resultados gerados na análise de correspondência é possível identificar que os grupos são mais afetados pelos isolados à medida que se encontram próximos ao seu entorno (figura 6B), de forma contrária, têm-se os grupos distantes causando menos doenças. Em Mulatinha e Poti Branca o isolado 43F3 apresenta as maiores médias de AACPD causando maiores lesões necróticas aos genótipos, em contrapartida, os isolados de PPAM06 e PPAM10 apresentam as menores médias respectivamente, gerando menos doença. O mesmo pode ser observado em Salangor e Vassoura Preta, onde PPAM13 representa uma maior suscetibilidade e o isolado PPAM06 uma menor. Em Kiriris o PPAM06 gera uma mais doença quando comparado ao PPAM13.

Figura 7: Folhas de mandioca inoculadas com *Colletotrichum* spp.



Legenda: Folhas de mandioca representando os diferentes grupos de genótipos identificados na análise fatorial múltipla com base na AACPD. Mulatinha (A), V. Preta (B) e Eucalipto (C).

Entende-se que o manejo da antracnose é um problema relevante para o cultivo da mandioca, uma vez que se pode sofrer perdas na produtividade devido à baixa atividade fotossintética. Outro fator que contribui para a relevância da doença é a grande diversidade do patógeno, sendo fundamental o conhecimento do comportamento das espécies, como virulência e agressividade, para traçar estratégias de controle e integra-las ao uso de variedades resistentes, uma vez que diferentes espécies apresentam diferentes comportamentos.

Tendo em vista os dados obtidos pode-se inferir que, regiões com altos índices de *C. Gloeosporioides* podem adquirir as variedades de Vassoura Preta, Dourada e Salangor como método de controle da antracnose. Em regiões com predominância de *C. tropicale*, indica-se BGM0655, Dourada, Corrente e Eucalipto. Para *C. fructicola*, as variedades Formosa, Dourada e Vassoura Preta.

CONCLUSÃO

BGM0655, Corrente e Dourada são os genótipos que apresentam maior resistência dentre as variedades avaliados. O *Colletotrichum tropicale* é a espécie mais agressiva a mandioca. Vassoura Preta demonstra resistência a *C. Fructicola* e *C. Gloeosporioides*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, B., CARDOSO, S. C., & DE OLIVEIRA, S. A. S. **Avaliação de cultivares de mandioca resistentes à bacteriose em condições de campo, no município de Guanambi-BA.** 2015.

ALVES-PEREIRA, A.; ZUCCHI, M. I.; CLEMENT, C. R.; VIANA, J. P. G.; PINHEIRO, J. B.; VEASEY, E. A.; DE SOUZA, A. P. Selective signatures and high genome-wide diversity in traditional Brazilian manioc (*Manihot esculenta Crantz*) varieties. **Scientific reports**, 12(1), 1-14, 2022.

AYVAR-SERNA, S., DÍAZ-NÁJERA, J. F., MENA-BAHENA, A., ORTIZ-MONTES, B. E., ALVARADO-GÓMEZ, O. G., LIMA, N. B., & TOVAR-PEDRAZA, J. M. First report of leaf Anthracnose caused by *Colletotrichum tropicale* on Oregano (*Origanum vulgare*) in Mexico. **Plant disease**, 104(6), 1855-1855, 2020.

BRAGANÇA, C. A. D.; SILVA, L.L.; HADDAD, F.; OLIVEIRA, S. A. S. First report of *Colletotrichum fructicola* causing anthracnose in cassava (*Manihot esculenta Crantz*) in Brazil. **Doença vegetal**, 100.857, 2016.

CABRAL, S. K. D. O. **Estudo de microRNAs de plantas responsivos à infecção por fungos do gênero *Colletotrichum* spp.** 2021.

CASAS, L. L. **Colletotrichum siamense como estratégia de controle biológico da antracnose em guaranazeiro.** 2021.

COSTA, R. C. L. D.; RIBEIRO, R. F. **Parâmetros genéticos e seleção de acessos de mandioca para diferentes características agrônômicas e índice de antracnose e bacteriose.** 2021.

DA SILVA, L. R.; CARVALHO, R. D. S.; CARDOSO, R. M. C. B. **Avaliação participativa da resistência de clones de mandioca (mesa e indústria) à mosca branca na Comunidade Cachoeira Grande, P. Tancredo Neves-BA.** 2014.

DE OLIVEIRA, S. A. S.; DE FREITAS, J. P. X.; AUD, F. F.; SANTOS, V. D. S.; DE OLIVEIRA, E. J. Resistência de genótipos s1 de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) à Mancha-Parda, queima das folhas e Mancha-Branca. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA**, 15., 2013, Salvador. Inovação e sustentabilidade: da raiz ao amido: trabalhos apresentados. Salvador: CBM: Embrapa, 2013. 1 CD-ROM.

DE OLIVEIRA, S. A. S.; DIAMANTINO, M. S. A. S.; DINIZ, R. P.; DE OLIVEIRA, E. J. Escala de notas inespecíficas para seleção de plantas de mandioca resistentes

a doenças foliares. **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2020.

DO NASCIMENTO, A. S.; JESUS NETA, P. D.; RODRIGUES, L.; DE OLIVEIRA, L. A.; DE JESUS, J. L.; SANTOS, V. D. S.; RIBEIRO, O. Quantificação de compostos cianogênicos nas folhas de diferentes variedades mandioca. In **Embrapa Mandioca e Fruticultura-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA CIENTÍFICA EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 12., 2018. Ciência profissional: resumos. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2019.

EVALLO, E., TAGUIAM, J. D., BENGGOA, J., MAGHIRANG, R., & BALENDRES, M. A. First report of *Colletotrichum tropicale* on dragon fruit and the response of three *Selenicereus* species to anthracnose. **International Journal of Pest Management**, 1-8, 2022.

JOSHI, R. A Review on *Colletotrichum* spp. Virulence mechanism against host plant defensive factors. **J. Med. Plants Stud**, v. 6, n. 6, p. 64-67, 2018.

KIM, C., HASSAN, O., LEE, D., & CHANG, T. First report of anthracnose of Apple caused by *Colletotrichum fructicola* in Korea. **Plant Disease**, 102(12), 2653-2653, 2018.

LIU, X.; SHI, T.; LI, B.; CAI, J., LI, C. & HUANG, G. *Colletotrichum* species associated with cassava anthracnose in China. **Journal of Fitopathology**, 167(1), 1-9, 2019.

LOPES DA SILVA, L.; DÓREA BRAGANÇA, C. A.; FORTES FERREIRA, C.; ALVES SILVA DIAMANTINO, M. S.; ALVES SANTOS DE OLIVEIRA, S. Differentiation of lineages within “*Colletotrichum gloeosporioides* s1” associated with cassava anthracnose disease by BOX-and ERIC-PCRs. **Journal of Phytopathology**, 167(4), 218-229. 2019.

NASCIMENTO, D. D. S.; da Silva, M. A., Lopes, L.; de OLIVEIRA, S. A. S. **Avaliação da resistência de acessos de mandioca à antracnose em condições de campo**. 2015.

NTUI, V. O.; UYOH, E. A.; ITA, E. E.; MARKSON, A. A. A.; TRIPATHI, J. N.; OKON, N. I.; AKPAN, M. O.; PHILLIP, J. O.; BRISIBE, E. A.; ENE-OBONG, E. E. & TRIPATHI, L. **Molecular Plant Pathology**, 22(10), 1302-1314, 2021.

OLIVEIRA, S. A. S.; BRAGANÇA, C. A. D.; SILVA, L. L. First report of *Colletotrichum tropicale* causing anthracnose on the wild cassava species *Manihot dichotoma* and *M. epruinosa* in Brazil. **Plant Disease**, 100(10), 2171, 2016.

PEDROSA, R. A.; MAFFIA, L. A.; MIZUBUTI, E. S. & BROMMONSCHENKEL, S. H. Componentes de resistência em cebola a *Colletotrichum gloeosporioides*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, p. 606-613, 2004.

PENZIG; SACCARDO. 1884 – Atti Inst. Veneto Sci. lett., ed Arti 2, 577.

PRIHASTUTI H; CAI L; CHEN H; MCKENZIE EHC *et al.* 2009 – Characterization of *Colletotrichum* species associated with coffee berries in northern Thailand. *Fungal Diversity* 39, 89–109, 2009.

PUSHPALATHA, R.; GANGADHARAN, B. Is cassava (*Manihot esculenta Crantz*) a climate “smart” crop? A review in the context of bridging future food demand gap. **Tropical Plant Biology**, 13(3), 201-211, 2020.

SAINI, T. J.; GUPTA, S. G.; ANANDALAKSHMI, R. First report of papaya anthracnose caused by *Colletotrichum fructicola* in India. **New Disease Reports**, v. 34, p. 27-27, 2016.

SANGPUEAK, R.; PHANSAK, P.; BUENSANTEAI, N. Morphological and molecular identification of *Colletotrichum* species associated with cassava anthracnose in Thailand. **Journal of Phytopathology**, 166(2), 129-142, 2018.

SHANER, G.; FINNEY, R. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. **Phytopathology**, v. 67, n. 8, p. 1051-1056, 1977.

SHARMA, M.; KULSHRESTHA, S. *Colletotrichum gloeosporioides*: an anthracnose causing pathogen of fruits and vegetables. **Biosciences Biotechnology Research Asia**, 12(2), 1233-1246, 2015.

SILVA, H. S. A.; DE ANDRADE, E. C. **Impacto potencial das mudanças climáticas sobre as doenças da mandioca no Brasil**. 2011.

SILVA, J. L. D. **Seleção de genótipos de mandioca produtivos e resistentes a antracnose bacteriose**. 2021.

SILVA, L. L. D. **Ferramentas moleculares para a caracterização de *Colletotrichum* spp. associados à antracnose da mandioca**. 2016.

SOUSA, A. D. S.; CARVALHO, R. D. S.; CARDOSO, R. M. C. B. **Avaliação participativa da resistência de clones de mandioca (mesa e indústria) à mosca branca na Comunidade Várzea, Valença-BA**. 2014.

SOUZA, E.; de LIMA, H. E. **BRS Formosa, BRS Kiriris e BRS Mulatinha: Novas Cultivares de Mandioca de Indústria para Cultivo em Roraima.** 2019.

STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M. V.; PORTZ, R. L.; PASCHOLATI, S. F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**, 10(1), 18-18. 2011.

VIEIRA, W. A., & CÂMARA, M. *Colletotrichum tropicale*. 2022.