



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA**

**PATOGENICIDADE DE *Ceratocystis fimbriata*: RESPOSTA DE  
MUDAS DE EUCALIPTO E MANGUEIRA À INFECÇÃO  
CRUZADA**

**MARIA EDUAR DA ALMEIDA MATOS**

**VITÓRIA DA CONQUISTA**  
**BAHIA-BRASIL**  
**2025**

MARIA EDUARDA ALMEIDA MATOS

**PATOGENICIDADE DE *Ceratocystis fimbriata*: RESPOSTA DE  
MUDAS DE EUCALIPTO E MANGUEIRA À INFECÇÃO  
CRUZADA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *Campus* de Vitória da Conquista, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Quelmo Silva de Novaes

VITÓRIA DA CONQUISTA

BAHIA-BRASIL

2025

M382p

Matos, Maria Eduarda Almeida.

Patogenicidade de *Ceratocystis fimbriata*: resposta de mudas de eucalipto e mangueira à infecção cruzada / Maria Eduarda Almeida Matos, 2025.

57f. ; il. color.

Orientador (a): Dr. Quelmo Silva de Novaes.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2025.

Inclui referência F. 53 – 57

1. *Mangifera indica*. 2. *Eucalyptus urophylla*. 3. Infecção cruzada. 4. Patogenicidade. 5. Parâmetros fisiológicos. I. Novaes, Quelmo Silva de. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós – Graduação em Agronomia. III. T.

CDD: 589.23

**Catálogo na fonte: Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134**

UESB – Campus Vitória da Conquista – BA



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
Área de Concentração em Fitotecnia**


**Campus de Vitória da Conquista-BA.**

**DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: “PATOGENICIDADE DE *Ceratocystis fimbriata*: RESPOSTA DE MUDAS DE EUCALIPTO E MANGUEIRA À INFECÇÃO CRUZADA”**


**AUTOR (A): Maria Eduarda Almeida Matos**

**Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:**

 Documento assinado digitalmente  
**QUELMO SILVA DE NOVAES**  
Data: 01/08/2025 10:29:43-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

**Quelmo Silva de Novaes, D.Sc. (UESB)**

 Documento assinado digitalmente  
**RAFAEL JOSE VILELA DE OLIVEIRA**  
Data: 01/08/2025 11:20:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Rafael José Vilela de Oliveira, D.Sc. (CETENE)**

 Documento assinado digitalmente  
**MARILIA ALVES BRITO PINTO**  
Data: 01/08/2025 17:18:57-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Marília Alves Brito Pinto, D.Sc. (UESB)**

**Data de realização: 01 de agosto de 2025.**

Estrada do Bem Querer, Km 4, CEP 45031-900, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil  
Telefone: (77) 3425-9383, e-mail: [ppgagronomia@uesb.edu.br](mailto:ppgagronomia@uesb.edu.br)

*Aos meus pais, Ana Paula e Eduardo.*

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sei que, nos momentos de fraqueza e cansaço, foi por acreditar no Seu propósito para minha vida, e foi segurando a mão d'Ele que eu continuei a caminhada;

Aos meus pais, Ana Paula e Eduardo, que sempre acreditaram no meu potencial, e que sempre fizeram o que esteve ao seu alcance para me proporcionar estudo digno. Espero retribuir em vida tudo que vocês fazem até hoje por mim. Amo muito vocês;

Aos meus irmãos, Maria Fernanda e Enzo, por toda torcida e apoio durante essa jornada. Amo vocês;

Ao meu orientador, professor Quelmo, por quem eu tenho profunda admiração, como pessoa e profissional, agradeço por esses dois anos de experiência ganhos no laboratório, todo aprendizado, todas as histórias contadas. Não tenho dúvidas de que sempre o terei como exemplo a ser seguido;

Aos meus colegas de laboratório Natália, Roniere e Ana Júlia, com quem trabalhei incessantemente durante essa jornada, nos tornando uma segunda família. Agradeço por todo apoio nos momentos difíceis, pelas risadas nos nossos cafés, e por toda colaboração durante as pesquisas;

À minha amiga Natália, especialmente, agradeço por todo apoio desde o primeiro contato que tivemos, você foi um anjo durante essa minha jornada, no sentido literal da palavra. Obrigada por tudo, por todos os ensinamentos, por todos os momentos felizes que tivemos. Amo a nossa amizade. Amo você;

Aos amigos que conquistei durante a caminhada, que sempre se dispuseram a contribuir no que fosse necessário, Antônio, Igor, Juliane, Rosi, Raul, Matheus Ferreira, vocês, sem dúvida, tornaram o processo mais leve;

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) e a todos os professores, pela oportunidade de realizar esse curso de mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

## RESUMO

MATOS, M.E.A. **Patogenicidade de *Ceratocystis fimbriata*: resposta de mudas de eucalipto e mangueira à infecção cruzada.** Vitória da Conquista – BA: UESB, 2025. 56 p. (Dissertação: Mestrado em Agronomia; Área de concentração: Fitotecnia)\*

A seca da mangueira, causada por *Ceratocystis fimbriata*, representa uma das principais limitações para a fruticultura do semiárido nordestino, especialmente em Livramento de Nossa Senhora – BA. Considerando o risco de disseminação para outras espécies, este estudo teve como objetivo avaliar a reação de duas variedades de mangueira ('Coquinho' e 'Espada') e do híbrido de *Eucalyptus urophylla* (AEC-144) à inoculação artificial com isolados de *Ceratocystis spp.*, obtidos de mangueira e eucalipto. As inoculações foram realizadas por meio de incisões no caule, com deposição de 2 mL de suspensão de conídios ( $1,6 \times 10^5$  conídios·mL<sup>-1</sup>), seguida de vedação com filme plástico para favorecer o estabelecimento do patógeno. As plantas foram avaliadas quanto à progressão das lesões na casca e no lenho, extensão radial, índice SPAD e teores de pigmentos fotossintéticos em diferentes períodos após a inoculação. Os resultados demonstraram que o isolado proveniente da mangueira apresentou maior agressividade, promovendo lesões extensas e reduções significativas nos teores de clorofila e carotenoides, sobretudo na variedade 'Coquinho', mais suscetível. A variedade 'Espada', apesar de também suscetível, apresentou menor severidade dos sintomas. Em eucalipto, embora não tenham sido observados sintomas externos, como murcha ou seca de ramos, constatou-se colonização do lenho e alterações fisiológicas discretas, evidenciando infecção efetiva, o que confirma a patogenicidade cruzada entre isolados e hospedeiros distintos, reforçando o risco de disseminação do patógeno em áreas próximas onde as culturas coexistem. Conclui-se que a inoculação artificial das variedades de mangueira 'Coquinho' e 'Espada' com isolados de *Ceratocystis spp.* demonstrou que o isolado proveniente de mangueira apresentou maior agressividade, principalmente na variedade 'Coquinho', e as avaliações no híbrido de *E. urophylla* (AEC-144) não constataram sintomas externos, mas o patógeno foi detectado através de lesões no lenho.

**Palavras-chave:** *Mangifera indica*, *Eucalyptus urophylla*, infecção cruzada, patogenicidade, parâmetros fisiológicos.

---

\***Orientador:** Prof. D.Sc. Quelmo Silva de Novaes, UESB.

## ABSTRACT

MATOS, M.E.A. **Pathogenicity of *Ceratocystis fimbriata*: response of eucalyptus and mango seedlings to cross-infection.** Vitória da Conquista – BA: UESB, 2025. 56 p. (Dissertation: Master science in Agronomy; Area of Concentration: Crop Science)\*

Mango blight, caused by *Ceratocystis fimbriata*, represents one of the main limitations for fruit growing in the semiarid Northeast region, especially in Livramento de Nossa Senhora, Bahia. Considering the risk of propagation to other species, this study aimed to evaluate the occurrence of two mango varieties ('Coquinho' and 'Espada') and the *Eucalyptus urophylla* hybrid (AEC-144) when artificially inoculated with *Ceratocystis* spp. isolates. Results from mango and eucalyptus. Inoculations were performed through incisions in the stem, with the deposition of 2 mL of conidial suspension ( $1.6 \times 10^5$  conidia mL<sup>-1</sup>), followed by replacement with plastic film to promote pathogen establishment. Plants were evaluated for lesion progression on the bark and length, radial extension, SPAD index, and photosynthetic pigment content at different times after inoculation. The results showed that the isolate from the mango tree was more aggressive, causing extensive lesions and significant reductions in chlorophyll and carotenoid levels, especially in the more susceptible 'Coquinho' variety. The 'Espada' variety, although also susceptible, presented less severe symptoms. In eucalyptus, although no external symptoms such as wilting or branch drying were transmitted, colonization of the wood and discreet physiological changes were observed, demonstrating effective infection and confirming cross-pathogenicity between isolates and different hosts, reinforcing the risk of pathogen transmission in neighboring areas where the crops coexist. It is concluded that artificial inoculation of the 'Coquinho' and 'Espada' mango varieties with isolates of *Ceratocystis* spp. It was demonstrated that the isolate from mango tree was more aggressive, mainly in the 'Coquinho' variety and the evaluations in the *E. urophylla* hybrid (AEC-144) did not show any external symptoms, but the pathogen was detected through lesions in the wood.

**Keywords:** *Mangifera indica*, *Eucalyptus urophylla*, cross-infection, pathogenicity, physiological parameters.

---

\***Orientador:** Prof. D.Sc. Quelmo Silva de Novaes, UESB.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Mangueira sintomática presente na área, onde foram coletadas amostras para isolamento do patógeno .....22
- Figura 2** - Método utilizado para iscar *Ceratocystis fimbriata* de madeira de mangueira naturalmente infectada (A). Peritécios globosos, com pescoços longos, superficialmente imersos em cenoura, com massa de ascósporos nos ápices (B). Placa de Petri com meio BDA e colônia em pleno crescimento após isolamento (Colônia purificada) (C). Massas de ascósporos nos ápices dos peritécios (Imagem ampliada de placa de Petri – colônia purificada) (D). .....23
- Figura 3** - Suspensão de conídios em concentração ajustada preparada para aplicação nas plantas do teste de patogenicidade do experimento (A). Inoculação das plantas de mangueira da variedade coquinho (B). Observação de lesão causada pelo patógeno após 15 dias de inoculação (C). Confirmação de agente causal da doença (D).....26
- Figura 4** - Inoculação de suspensão de conídios em teste de patogenicidade com mudas de eucalipto.....27
- Figura 5** -Aplicação dos tratamentos em plantas de mangueira (A e B). .....29
- Figura 6** - Corte de discos foliares de folha de mangueira (A) e corte de discos foliares de folha de eucalipto (B) para determinação dos teores de pigmentos e processo de análise da absorvância de pigmentos fotossintéticos de amostra do tratamento ‘coquinho control’(C). .....32
- Figura 7** - Colônia de *C. fimbriata* com textura aveludada e coloração acinzentada (A). Peritécios globosos, de coloração castanho-escuro a preto, distribuídos sobre o micélio (B), observados em objetiva de 4×. Estruturas reprodutivas: peritécios com pescoço visíveis em corte da colônia (C), observados em objetiva de 10×. Endoconídios em cadeias (D) e hifas septadas (E), observados em objetiva de 40×. Ascósporos hialinos, translúcidos, em formato de “chapéu” (F), observados em objetiva de 40×. Essas estruturas são compatíveis com a fase sexuada do gênero *Ceratocystis*.....33
- Figura 8** - Colônia de *Ceratocystis* sp. de eucalipto com textura aveludada e coloração acinzentada (A). Peritécios globosos, castanho-escuros, distribuídos sobre o micélio (B), observados em objetiva de 4×. Estruturas reprodutivas: peritécios com pescoço (C), observados em objetiva de 10×. Endoconídios em cadeias (D) e hifas septadas (E), observados em objetiva de 40×. Ascósporos em formato de “chapéu” (F), observados em objetiva de 40×. ....34
- Figura 9** - Árvore filogenética com sequência de isolados de *Ceratocystis fimbriata*...35
- Figura 10** - Comprimento de lesão na casca das variedades de mangueira, quando submetidas à infecção com isolados de *Ceratocystis* spp. de mangueira (IM – Isolado de mangueira) e eucalipto (IE – Isolado de eucalipto). .....36
- Figura 11** - Comprimento de lesão na casca da variedade ‘Coquinho’ aos 15, 30 e 45 DAI com *C. fimbriata* isolado de mangueira.....37
- Figura 12** - Comprimento de lesão na casca da variedade ‘Coquinho’ aos 15, 30 e 45 DAI com *Ceratocystis* sp. isolado de eucalipto.....37
- Figura 13** - Comprimento médio de lesões no lenho (A) e área da lesão no sentido radial

(B) das variedades ‘Coquinho’ e ‘Espada’ 15, 30 e 45 DAI com <i>Ceratocystis</i> spp. isolados de mangueira (IM – Isolado de mangueira) e eucalipto (IE – Isolado de eucalipto). .....	38
<b>Figura 14</b> - Lesão no lenho de mangueira da variedade ‘Coquinho’ inoculada com isolado proveniente de mangueira (IM).....	38
<b>Figura 15</b> - Área da lesão no sentido radial (ALSR) de mangueira da variedade ‘Coquinho’ inoculada com isolado proveniente de mangueira (IM).....	39
<b>Figura 16</b> - Comprimento de lesão no lenho (A) e no sentido radial (B) em eucalipto inoculado com (IM – Isolado de mangueira) e (IE – Isolado de eucalipto). .....	40
<b>Figura 17</b> - Número médio de folhas de mudas de mangueira submetidas à inoculação com isolados de <i>Ceratocystis</i> spp. de mangueira e eucalipto em comparação ao controle. ....	40
<b>Figura 18</b> - Número médio de folhas de mudas de <i>Eucalyptus urophylla</i> submetidas à inoculação com isolados de <i>Ceratocystis</i> spp. de mangueira e eucalipto em comparação ao controle. ....	41
<b>Figura 19</b> - Índice SPAD das plantas de mangueira variedade ‘Coquinho’ submetidas aos tratamentos com <i>Ceratocystis</i> spp. (IM – Isolado de mangueira) e (IE – Isolado de eucalipto) e tratamento controle. ....	42
<b>Figura 20</b> - Índice SPAD das plantas de mangueira variedade ‘Espada’ submetidas aos tratamentos com <i>Ceratocystis</i> spp. (IM – Isolado de mangueira) e (IE – Isolado de eucalipto) e tratamento controle. ....	43
<b>Figura 21</b> - Índice SPAD das plantas de <i>E. urophylla</i> submetidas aos tratamentos com isolados de <i>Ceratocystis</i> spp. (IM – Isolado de mangueira) e (IE – Isolado de eucalipto). ....	44
<b>Figura 22</b> - Teores totais de clorofila (mg/cm <sup>2</sup> ) (A) e teores de carotenoides (mg/cm <sup>2</sup> ) (B) em mangueiras aos 45 DAI inoculadas com isolados de <i>Ceratocystis</i> spp. (IM – Isolado de mangueira) e (IE – Isolado de eucalipto) e tratamento controle. ....	45
<b>Figura 23</b> - Muda da variedade ‘Coquinho’ inoculada com isolado de <i>C. fimbriata</i> de mangueira apresentando sintomas reflexos em folhas acima do ponto de inoculação....	45
<b>Figura 24</b> - Teores totais de clorofila (mg/cm <sup>2</sup> ) (A) e teores de carotenoides (B) das plantas de eucalipto aos 45 DAI inoculadas com isolados de <i>Ceratocystis</i> spp. (IM – Isolado de mangueira) e (IE – Isolado de eucalipto) e tratamento controle.....	46

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BDA	Batata dextrose ágar
BOD	Estufa incubadora ( <i>Biochemical Oxygen Demand</i> )
Car	Carotenoides
Chl A	Clorofila A
Chl B	Clorofila B
DAI	Dias Após Inoculação
EMA	Extrato de malte ágar
IE	Isolado do eucalipto
IM	Isolado da mangueira
LED	Limiar Econômico de Dano
VAR	Variedade

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
2.1 Aspectos gerais sobre a cultura da mangueira no Brasil.....	15
2.2 Aspectos gerais sobre a cultura do eucalipto no Brasil.....	16
2.3 Gênero <i>Ceratocystis</i> : histórico, taxonomia, hospedeiros e ciclo da doença .....	18
2.4 Métodos de inoculação e avaliação da severidade.....	19
2.5 Importância do estudo e lacunas no conhecimento.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	21
3.1 Local do experimento .....	21
3.2 Delineamento experimental .....	21
3.3 Obtenção do isolados .....	21
3.3.1 Isolado de <i>Ceratocystis fimbriata</i> da mangueira.....	21
3.3.2 Isolado de <i>Ceratocystis</i> sp. do eucalipto .....	23
3.4 Aquisição de mudas .....	24
3.5 Teste de patogenicidade .....	25
3.6 Caracterização morfológica .....	28
3.7 Caracterização molecular (Isolado da mangueira).....	28
3.8 Inoculação do patógeno .....	28
3.9 Avaliações.....	30
3.9.1 Comprimento de Lesão .....	30
3.9.2 Número de folhas.....	30
3.9.3 Índice SPAD .....	31
3.9.4 Teores de pigmentos fotossintéticos .....	31
3.9.5 Análises estatísticas .....	32
4 RESULTADOS .....	33
4.1 Caracterização morfológica dos isolados.....	33
4.2 Caracterização molecular (Isolado da mangueira).....	34
4.3 Comprimento de Lesão .....	35
4.4 Número de folhas.....	40
4.5 Índice SPAD .....	41
4.6 Teores de Pigmentos Fotossintéticos .....	44
5 DISCUSSÃO .....	47
6 CONCLUSÕES .....	53
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54

## 1 INTRODUÇÃO

A mangueira (*Mangifera indica*) é uma frutífera tropical de elevada importância econômica, social e cultural para diversas regiões produtoras do Brasil, com destaque para o semiárido nordestino. De acordo com dados da safra de 2022, a região foi responsável por mais de 80% da exportação nacional da fruta (IBGE, 2025). A ampla adaptação da cultura às condições edafoclimáticas do país, associada à valorização comercial dos frutos no mercado interno e externo, tem estimulado a intensificação dos sistemas produtivos (Embrapa, 2004).

No entanto, os avanços na produção têm sido comprometidos por problemas fitossanitários, dentre os quais se destaca a seca da mangueira, doença vascular de alta severidade, causada pelo fungo *Ceratocystis fimbriata* (Araújo et al., 2014). A infecção pelo patógeno provoca obstrução dos vasos do xilema, levando à murcha, escurecimento do lenho, necrose dos tecidos e seca progressiva de ramos, podendo culminar na morte da planta (Rezende da Silva et al., 2017). A doença representa uma ameaça significativa à sustentabilidade da cultura, sobretudo por causar sintomas severos como murcha súbita e secamento de galhos, apresentando dificuldade de controle curativo. A persistência do inóculo no ambiente, a ampla gama de hospedeiros e possibilidade de causar mortalidade em massa, todos atribuídos a *C. fimbriata*, confirmam sua agressividade e impacto em plantações florestais tropicais (Van Wyk, 2007; Shukla et al., 2018; Amelia et al., 2024).

Outra cultura de grande importância econômica para o Brasil é o eucalipto, sendo hoje a principal fonte de matéria-prima para a indústria nacional de madeira, celulose, papéis e derivados. Em dezembro de 1997, constatou-se uma nova doença nos reflorestamentos clonais de eucalipto no sudeste da Bahia, causada por *C. fimbriata* Ellis e Halsted. Sintomas característicos incluem murcha, descoloração da madeira, lesões na casca, secamento de ramos e morte de plantas, principalmente em plantios mais juvenis, com até 36 meses de idade, entretanto, casos assintomáticos também já foram relatados em árvores até 7 anos após o plantio. Além disso, diferentes níveis de agressividade entre isolados do patógeno em clones de eucalipto têm sido registrados, o que dificulta a seleção de materiais genéticos verdadeiramente resistentes (Benso et al., 2024).

O gênero *Ceratocystis* inclui diversas espécies de fungos que causam a doença, conhecida como "seca" ou "murcha" em várias espécies de plantas lenhosas. E essa variabilidade genética na população de um fungo fitopatogênico pode refletir na sua adaptabilidade a diferentes condições ambientais e patogenicidade, o que pode ter

implicações diretas na gestão da doença em campo (McDonald e Linde, 2002).

Uma das espécies mais estudadas do gênero é *Ceratocystis fimbriata*, conhecida por sua ampla gama de hospedeiros. É o agente causal da seca-da-mangueira, mas ataca outras plantas, como abacate, batata-doce e pimentão (Inch et al., 2012; Darrell e Marck, 1964; Leather, 1966). Entretanto, outras espécies já foram identificadas como capazes de causar sintomas de seca em diferentes hospedeiros, tornando evidente a capacidade que o patógeno possui em colonizar distintas espécies vegetais. *Ceratocystis mangicola* tem sido associada a causas severas de seca em plantações de *Eucalyptus* em regiões tropicais e subtropicais, causando cancos e morte de árvores. *Ceratocystis cacaofunesta* é responsável pela murcha vascular do cacauzeiro (*Theobroma cacao*), levando a significativas perdas econômicas, havendo registros da doença em grande parte da região sul da Bahia. Esses exemplos demonstram que o impacto das espécies de *Ceratocystis* abrange uma ampla gama de culturas agrícolas e florestais (Firmino et al., 2015; Magalhães et al., 2019).

Apesar dos avanços no entendimento da biologia do patógeno, ainda são escassos os estudos voltados à caracterização da resposta de diferentes variedades de mangueira frente à infecção, bem como à avaliação da agressividade de isolados provenientes de hospedeiros distintos (Oliveira et al., 2016; Al-Kalbani et al., 2020). A caracterização varietal é uma etapa estratégica para programas de melhoramento genético e manejo integrado, contribuindo para a seleção de materiais mais tolerantes e adaptados a regiões endêmicas (Arriel et al., 2016).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a resposta de duas variedades de mangueira, ‘Coquinho’ e ‘Espada’, e um híbrido de eucalipto *E. urophylla* (AEC-144) à infecção por *Ceratocystis* spp. isolados de mangueira e de eucalipto, com base na análise de sintomas visuais, severidade da doença e alterações fisiológicas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos gerais sobre a cultura da mangueira no Brasil

A mangueira, de nome científico *Mangifera indica*, pertence à família Anacardiaceae, e é originária do sudoeste da Ásia. Devido a sua alta adaptabilidade, disseminou-se por várias regiões e hoje em dia é uma das frutas mais procuradas no mundo, tanto no mercado interno, como no externo. Consumida principalmente *in natura*, pode ser transformada em numerosos produtos: polpa simples, suco, sorvete, geleias, compotas, além de ser uma ótima fonte de vitaminas A e C. Por isso, em matéria de frutas para o Brasil, a mangueira representa uma opção importante, especialmente para a região semiárida do Nordeste (Embrapa, 2006).

Segundo dados do IBGE (2023), o Brasil registrou uma produção de 1,76 milhões de t de manga, com o Nordeste respondendo por cerca de 1,42 milhões t. A Bahia e Pernambuco concentram juntos aproximadamente 75 % da produção nacional, com destaque para a elevada produtividade pernambucana. Esses dados reforçam a importância do Nordeste, especialmente o Vale do São Francisco, na fruticultura de manga do país.

Diante dos diferentes mercados consumidores da manga e de suas respectivas solicitações sobre a qualidade do produto, fez-se necessária a utilização de técnicas para um melhoramento da qualidade e expansão da produção desse produto (Araújo et al., 2017). Matos (2000) relata que, nos sistemas de cultivo modernos, compreender plenamente o crescimento e o desenvolvimento da mangueira é essencial para definir estratégias de manejo que resultem em alta produtividade e qualidade dos frutos. Nas condições tropicais semiáridas do Nordeste brasileiro, consideradas únicas no mundo, a cultura encontrou um ambiente favorável para se desenvolver e apresentar bons rendimentos.

Segundo Nascimento et al. (2023), o processo de produção da manga, desde o plantio até a chegada à mesa do consumidor, requer precisos cuidados, experiência no cultivo e monitoramento, a fim de eliminar a incidência de pragas e doenças. Os mesmos autores consideram importante o monitoramento das plantações, de forma que se permita evitar sua propagação, tomando medidas de controle, caso tal patogenia se espalhe, diminuindo, assim, as perdas no cultivo da manga.

Nos últimos anos, o cultivo da mangueira no Brasil aumentou substancialmente, juntamente com a ocorrência de muitas doenças de grande importância econômica para a cultura, dentre estas, a seca da mangueira, causada por *Ceratocystis fimbriata*, que é considerado um dos principais fatores limitantes para o cultivo e produtividade da manga (Oliveira et al., 2016).

Conhecida como seca da mangueira, mal do Recife, murcha de *Ceratocystis*, declínio da manga e murcha da mangueira, essa doença foi descrita pela primeira vez no Brasil em 1930, no estado de Pernambuco, mais especificamente na cidade de Recife e, posteriormente, no Paquistão e Sultanato de Omã (Arriel et al., 2016).

O controle da infecção via sistema radicular só é possível através de porta-enxertos resistentes. O único impasse é o número de raças que o fungo apresenta, podendo uma cultivar de mangueira, resistente numa região, comportar-se como suscetível em outra, dependendo da raça do fungo que prevalece naquele local (Embrapa, 2021).

Segundo Guimarães et al. (2021), de acordo com o que é atualmente conhecido e aceito cientificamente, uma seleção eficiente de plantas de mangueira resistentes à seca da mangueira deve considerar a alta variabilidade genética do patógeno. Associado a isto, tem-se a baixa diversidade genética entre as principais cultivares de manga cultivadas no Brasil, exigindo a introdução de novos materiais para ampliar a base genética desta cultura (Arriel et al., 2016).

Atualmente, o melhoramento de manga consiste em aumentar a disponibilidade de cultivares superiores, diminuindo a vulnerabilidade existente nos cultivos monoclonais que podem ser destruídos totalmente pelo ataque de fungos, sendo atualmente os principais: o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* causando antracnose, o fungo *Oidium mangiferae* produzindo conídios que irão infectar folhas, flores e frutos e o fungo *C. fimbriata* responsável pela seca da mangueira (Rizzato, 2010).

## **2.2 Aspectos gerais sobre a cultura do eucalipto no Brasil**

O gênero *Eucalyptus* é originário da Austrália, Tasmânia e outras ilhas da Oceania. Não há um dado exato da introdução do eucalipto no Brasil. Existem relatos de que os primeiros exemplares foram plantados nas áreas pertencentes ao Jardim Botânico e Museu Nacional do Rio de Janeiro, nos anos de 1825 e 1868; no Município de Amparo, SP, entre 1861 e 1863; e no Rio Grande do Sul, em 1868 (Embrapa, 2019).

Segundo Dias (2019), a participação da Região Nordeste na produção e beneficiamento do eucalipto, no qual se enquadra o Extremo Sul da Bahia, teve de fato sua introdução na industrialização nacional durante o início da década de 1970. Isso deu um grande fôlego ao mercado de papel e celulose, e na década de 80 o Extremo Sul baiano tornou-se demasiadamente atrativo aos olhos da reprodução das florestas de eucalipto.

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (2023), o Brasil é o maior produtor mundial de eucalipto, com cerca de 7,6 milhões de hectares plantados, representando 30% das árvores dessa espécie no mundo. O eucalipto é valorizado pela madeira resistente, utilizada na construção, fabricação de celulose, papel e carvão vegetal, além do óleo essencial com múltiplos usos. A indústria de eucalipto no Brasil gera grandes lucros e é estratégica para a economia florestal nacional.

No entanto, ao longo dos anos, observou-se uma oscilação na produtividade média de eucalipto no país. Em 2019, a produtividade média brasileira era de 38,6 m<sup>3</sup>/ha/ano, passando para 38,9 m<sup>3</sup>/ha/ano em 2021, 32,7 m<sup>3</sup>/ha em 2022 e 33,7 m<sup>3</sup>/ha em 2023 (Ibá, 2024). Essa queda de produtividade pode ser explicada pelas mudanças climáticas que vêm ocorrendo, que culminam no excesso de estresse da planta, tornando-a mais suscetível à incidência e severidade de pragas e doenças (Auer e Santos, 2011).

A região semiárida do Brasil localiza-se predominantemente na porção central do Nordeste e caracteriza-se por apresentar condições edafoclimáticas limitantes ao desenvolvimento de diversas culturas agrícolas. Nesse contexto, a Embrapa Semiárido tem direcionado esforços à seleção de espécies e genótipos de *Eucalyptus* adaptados às especificidades da região, com o objetivo de reduzir a pressão sobre as espécies nativas lenhosas. A crescente demanda por recursos florestais, especialmente para fins energéticos, impulsionada pela expansão das indústrias de transformação, reforça a necessidade de ampliação da oferta de madeira oriunda de reflorestamentos com espécies de rápido crescimento. Os estados com maior participação em área plantada de eucalipto são Minas Gerais (25,2%), São Paulo (17,6%), Mato Grosso do Sul (14,5%) e Bahia (11,4%) (Embrapa, 2016).

Embora o município de Livramento de Nossa Senhora não se destaque atualmente como polo de produção de eucalipto, a região do Planalto de Vitória da Conquista e seus arredores desponta como uma importante área produtora da cultura. Segundo Fernandes et al. (2018), híbridos de *E. urophylla* demonstraram desempenho satisfatório em termos de crescimento e produtividade, mesmo sob as condições edafoclimáticas específicas da região, evidenciando o potencial econômico da espécie como alternativa viável para

pequenos produtores. No entanto, é importante destacar que o avanço da seca, causada por *Ceratocystis* sp. sobre novas áreas, representa um risco fitossanitário real. Diante disso, torna-se imprescindível a atenção ao monitoramento da doença também em áreas com histórico de plantio de eucalipto, considerando o risco de expansão do patógeno sobre uma cadeia produtiva de alta relevância regional.

Em plantas lenhosas como o eucalipto, geralmente, os sintomas por infecção por *C. fimbriata* se iniciam com murcha da copa ou de apenas galhos e ramos. As infecções ocorrem a partir do solo. Com o passar do tempo, essa murcha progride, afetando toda a planta e levando à morte (Ferreira et al., 2006). O impacto do gênero *Ceratocystis* sobre o eucalipto não se limita a uma única espécie, além de *C. fimbriata*, outras espécies do gênero também têm sido relatadas infectando eucalipto, como *Ceratocystis manginecans*, considerada uma das mais agressivas em plantios comerciais, causando extensos cancrios no tronco e levando à morte súbita das árvores (Indrayadi et al., 2023).

Segundo Ferreira et al. (2013), para o manejo da doença em eucalipto, assim como em outras culturas, os estudos de variabilidade genética e fisiológica são importantes para se conhecer melhor a população do patógeno, visto que a principal ou quase que exclusiva forma de controle de doenças no campo é por meio da seleção e plantio de materiais genéticos resistentes.

### **2.3 Gênero *Ceratocystis*: histórico, taxonomia, hospedeiros e ciclo da doença**

O gênero *Ceratocystis* pertence à classe dos Pyrenomycetes, ordem Ophiostomatales, subdivisão Ascomycotina e família Ceratocystidaceae. Este fungo produz peritécios superficiais, parcial ou completamente imersos no substrato, globosos, com pescoços longos e fimbriados, e com coloração castanha a preto. Os ascósporos são elipsoides, hialinos, possuindo uma espécie de bainha gelatinosa, o que lhes dá uma aparência de chapéu (Johnson et al., 2005).

A temperatura ótima para o crescimento de *C. fimbriata* em meio de cultura é de 25°C. Os meios mais comumente utilizados para o cultivo do fungo são meio de batata dextrose ágar (BDA) ou de extrato de malte ágar (EMA). Inicialmente, o micélio é hialino, que mais tarde torna-se escuro e de coloração verde-amarronzada. Com poucos dias de cultivo, ocorre, normalmente, o aparecimento de conidióforos que produzem conídios cilíndricos hialinos em cadeias e, em alguns casos, endoconídios barriliformes (Ferreira et al., 2013).

*C. fimbriata* é um importante patógeno para muitas plantas lenhosas e possui uma ampla gama de hospedeiros, sendo capaz de infectar numerosas famílias de importância econômica (Firmino et al., 2015). Segundo os mesmos autores, o fungo *Ceratocystis* coloniza o sistema vascular (xilema), causando sintomas iniciais de perda de coloração das folhagens, murcha e, conseqüentemente, morte da planta.

Estudos realizados por Arriel et al. (2016) concluem que aspectos da doença, como a fácil disseminação do fungo no pomar, a ampla gama de hospedeiros de *C. fimbriata*, a sobrevivência das estruturas fúngicas no solo e a colonização do sistema vascular das plantas dificultam o manejo da doença.

## **2.4 Métodos de inoculação e avaliação da severidade**

Diferentes métodos são diariamente desenvolvidos com objetivo de avaliar patogenicidade de fungos, a suscetibilidade de cultivares e a eficácia de medidas de controle. No caso de *Ceratocystis*, destaca-se a técnica clássica da isca de cenoura, em que fragmentos de madeira com sintomas são incubados entre fatias de cenoura, favorecendo o desenvolvimento de estruturas fúngicas, como peritécios e ascósporos (Moller e De Vay, 1968). Outro método amplamente empregado é a inoculação direta no caule, por meio de incisão no lenho e deposição de suspensão de conídios ou fragmentos miceliais, utilizada em testes de patogenicidade e resistência varietal (Syazwan et al., 2021). Magalhães et al. (2016) propuseram o método do disco foliar, uma abordagem diferente, no qual discos de folhas são feridos na nervura central e inoculados com suspensão de conídios, tendo sido aplicado, por exemplo, em estudos com cacaueteiro.

A avaliação da severidade em mudas, quando inoculadas, está intimamente ligada à observação de sintomas como necrose interna, murcha e morte de tecidos, além da medição do comprimento das lesões ao longo do caule, na casca e no lenho após a inoculação, e do número de plantas mortas. A determinação de quantidade de dias entre avaliações é fundamental, quando se decide determinar a severidade da doença; quanto mais dias, maiores e mais visíveis se tornarão os sintomas (Oliveira et al., 2016; Silva 2014).

A escolha do método de inoculação está diretamente relacionada ao objetivo do experimento, às condições ambientais e ao tipo de material vegetal utilizado, sendo fundamental para garantir a eficiência na reprodução dos sintomas e a padronização dos

resultados. Além disso, deve-se considerar a biologia do patógeno e o estágio da planta, garantindo a uniformidade e a confiabilidade dos dados (Sorensen et al., 2016).

## **2.5 Importância do estudo e lacunas no conhecimento**

A seca da mangueira causada por *C. fimbriata* representa uma ameaça à fruticultura nacional, especialmente em grandes cadeias produtivas, como o caso do semiárido nordestino. Os prejuízos decorrentes dessa doença podem ir além da redução na produtividade, envolvendo perdas econômicas expressivas (Batista et al., 2008). A sanidade e a qualidade genética das mudas exercem influência direta sobre o desempenho e a longevidade de um pomar. Mudas contaminadas podem atuar como veículos de disseminação de agentes patogênicos, como nematoides, bactérias, fungos de solo e patógenos foliares, comprometendo severamente a viabilidade da plantação. Por esse motivo, é fundamental que o produtor exija, no momento da aquisição, o Certificado Fitossanitário de Origem, garantindo a procedência e o controle sanitário do material propagativo (Rozane et al., 2004).

Embora tenham sido obtidos muitos avanços, no que diz respeito ao diagnóstico e taxonomia do fungo, ainda persistem lacunas importantes quanto à caracterização da resistência genética em diferentes cultivares de mangueira e à padronização de protocolos de inoculação que possam demonstrar, de forma confiável, os seus níveis de suscetibilidade (Brito et al., 2019).

Dessa forma, a realização de estudos regionais com isolados de *Ceratocystis* spp., associados à avaliação de cultivares promissoras sob condições controladas de inoculação, pode contribuir de forma significativa para o manejo sustentável da seca da mangueira. Oliveira et al. (2016) mostraram variação significativa na agressividade de isolados de *C. fimbriata* em diferentes regiões do Brasil e também evidenciaram interação isolado vs. cultivar, destacando a necessidade de estudos regionais com isolados locais, associados à avaliação varietal, sob condições controladas de inoculação.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Local do experimento**

O experimento foi conduzido em ambiente protegido, composto por estrutura com laterais revestidas em tela de sombreamento, com 50% de retenção de luz e revestida por lona plástica transparente na parte superior, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, *campus* de Vitória da Conquista – Bahia. A caracterização molecular do patógeno isolado da mangueira foi realizada em colaboração com o Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

#### **3.2 Delineamento experimental**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com diferentes fatores de variação para as espécies avaliadas. Para a mangueira (*M. indica*), foi adotado um esquema fatorial  $2 \times 3$ , sendo duas variedades ('Coquinho' e 'Espada') combinadas em três condições de tratamento, dois isolados de *Ceratocystis* spp. (IM – isolado de mangueira e IE – isolado de eucalipto) e tratamento controle, onde utilizou-se água destilada autoclavada. Cada tratamento foi composto por 15 plantas, avaliadas em três períodos distintos (15, 30 e 45 dias após a inoculação).

Para o eucalipto (*E. urophylla*, híbrido AEC-144), considerou-se um fatorial simples ( $1 \times 3$ ), no qual se fez a combinação entre o genótipo com o fator isolado em dois níveis (IM e IE) e o tratamento controle, em delineamento inteiramente casualizado, também com 15 repetições por tratamento. As avaliações foram realizadas aos 20, 40 e 60 dias após a inoculação.

Para os dois casos, cada unidade de planta correspondeu a uma unidade experimental, e os tratamentos foram distribuídos de forma aleatória no ambiente protegido, assegurando condições uniformes de manejo. Os dados obtidos para cada variável foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

#### **3.3 Obtenção do isolados**

##### **3.3.1 Isolado de *Ceratocystis fimbriata* da mangueira**

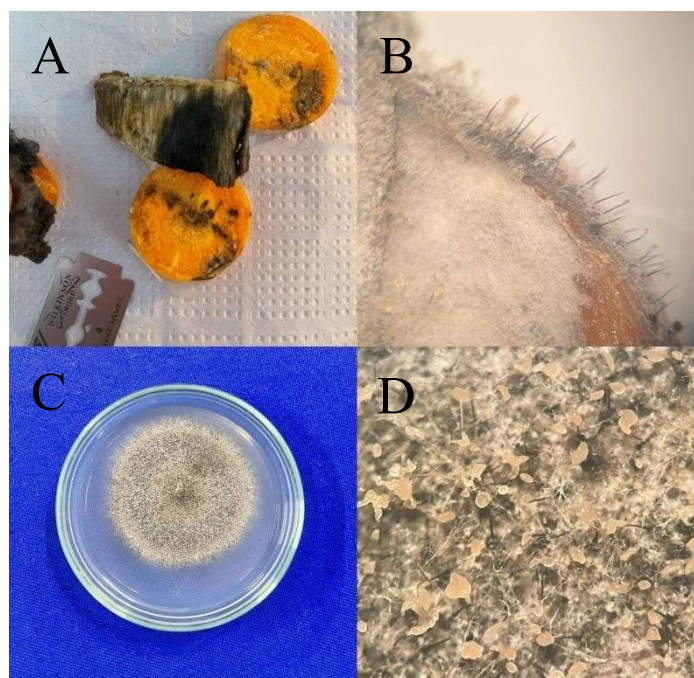
O isolado do fungo *Ceratocystis fimbriata* foi obtido a partir de mangueiras (*M. indica*), naturalmente infectadas, localizadas em um pomar de mangueiras (13°39'32"S

41°49'12"W), no município de Livramento de Nossa Senhora, estado da Bahia. As árvores com sintomas típicos da doença seca da mangueira apresentavam início de amarelecimento em ramos da extremidade da copa, seguido de murcha e posterior seca dos galhos (Figura 1). Amostras desses materiais foram coletadas e trazidas para o Laboratório de Fitopatologia da UESB.



**Figura 1-** Mangueira sintomática presente na área, onde foram coletadas amostras para isolamento do patógeno

Para a obtenção dos isolados primários, fragmentos de madeira foram inicialmente incubados em câmaras úmidas. Nos casos em que não foram observadas estruturas fúngicas na superfície da madeira, os fragmentos foram inseridos entre duas fatias de cenoura (Figura 2A), conforme metodologia descrita por Moller e De Vay (1968), sendo incubados à temperatura ambiente por um período de sete a dez dias. Após esse intervalo, massas de ascósporos, provenientes dos ápices de peritécios desenvolvidos nas fatias de cenoura (Figura 2B), foram transferidas para meio de cultura (Figura 2C) batata dextrose ágar (BDA) a 2% (20 g/L) e mantidas em BOD (Biochemical Oxygen Demand) à temperatura de 25 °C. As culturas fúngicas obtidas foram então purificadas (Figura 2D) por meio da técnica de esporos isolados. Repicagens foram realizadas para garantir multiplicação e manutenção do isolado.



**Figura 2** - Método utilizado para iscar *Ceratocystis fimbriata* de madeira de mangueira naturalmente infectada (A). Peritécios globosos, com pescoços longos, superficialmente imersos em cenoura, com massa de ascósporos nos ápices (B). Placa de Petri com meio BDA e colônia em pleno crescimento após isolamento (Colônia purificada) (C). Massas de ascósporos nos ápices dos peritécios (Imagem ampliada de placa de Petri – colônia purificada) (D).

### 3.3.2 Isolado de *Ceratocystis* sp. do eucalipto

O isolado de *Ceratocystis* sp., proveniente de eucalipto utilizado neste estudo, foi gentilmente cedido pela empresa Bracell, referência nacional na produção de celulose. O material faz parte da coleção fúngica (micoteca) mantida pela empresa, e foi originalmente obtido de uma árvore de eucalipto diagnosticada com sintomas típicos da murcha vascular, em uma de suas áreas comerciais de cultivo. O envio do material ocorreu em novembro de 2024.

Foram encaminhados seis isolados distintos para análise, todos previamente identificados como pertencentes ao complexo *Ceratocystis*. Com o objetivo de selecionar o isolado mais agressivo à espécie *E. urophylla*, um teste preliminar de patogenicidade com mudas saudáveis da espécie foi conduzido. As repicagens para manutenção dos isolados foram realizadas em janeiro de 2025, assegurando a viabilidade do inóculo até a aquisição das mudas para condução dos ensaios de inoculação.

Após a inoculação das mudas com os seis isolados recebidos, observou-se que o

isolado identificado como C17/O22 apresentou maior capacidade de induzir sintomas típicos da doença, sendo este selecionado para dar continuidade ao experimento. A metodologia empregada, então, foi semelhante à utilizada no isolamento do patógeno proveniente da mangueira. Fragmentos de tecido lenhoso com sintomas foram submetidos ao método da isca de cenoura (Moller e DeVay, 1968), com a incubação dos materiais entre fatias de cenoura por sete dias, à temperatura ambiente, mantendo umidade com um chumaço de algodão embebido por água destilada, favorecendo o desenvolvimento de estruturas reprodutivas do fungo. Após o surgimento de peritécios e massas de ascósporos, estas foram transferidas para placas com meio BDA, visando ao reisolamento do patógeno. A partir das colônias puras obtidas, novos testes de inoculação foram conduzidos, confirmando tanto a reprodução dos sintomas quanto a identidade do agente causal.

### **3.4 Aquisição de mudas**

As mudas de mangueira (*M. indica*) foram obtidas do Viveiro Meira, que produz suas mudas em campo aberto, por meio de sementeira. Após a brotação, as mudas são transferidas para sacos plásticos pretos de polietileno, com furos na parte lateral inferior, nas dimensões de 20 x 25 cm, com solo argiloso da região de Livramento de Nossa Senhora – BA.

As mudas de mangueira permaneceram, durante todo o período experimental, em sacos plásticos de polietileno, e a molhação foi realizada manualmente, utilizando-se mangueira de jardim com bico convencional acoplado na extremidade. A aplicação era conduzida de forma a molhar o substrato em duas passagens (ida e volta), até o ponto de encharcamento do recipiente, garantindo, assim, a disponibilidade de água no perfil do solo contido nos sacos. Esse manejo buscou manter as mudas em condição adequada de umidade, sem restrição hídrica ao longo do experimento.

As mudas de eucalipto (*E. urophylla*) sadias e uniformes do clone AEC 144, com 100 dias de idade, medindo cerca de 30 cm de altura e com cerca de 10 folhas, foram obtidas de fornecedor do município de Almenara – MG. As mudas são produzidas por estaquia, em tubetes, a pleno sol. Ao chegar, foram transplantadas para vasos plásticos, preenchidos com substrato composto por areia e solo de barranco, na proporção 2:1, sendo adubadas de acordo com a análise prévia do substrato.

O eucalipto foi transplantado para vasos de 5L e, durante todo o período

experimental, a molhação foi realizada manualmente, utilizando-se mangueira de jardim com bico convencional acoplado na extremidade. A aplicação era conduzida de forma a molhar o substrato em duas passagens (ida e volta), até o ponto de encharcamento do recipiente, garantindo, assim, a disponibilidade de água no perfil do solo contido nos sacos. Esse manejo buscou manter as mudas em condição adequada de umidade, sem restrição hídrica ao longo do experimento. Tanto para as mangueiras, quanto para o eucalipto, a molhação era feita duas vezes ao dia, pela manhã e ao final da tarde.

### **3.5 Teste de patogenicidade**

Nas mangueiras, o teste de patogenicidade foi realizado em fevereiro de 2025, quando testados dois métodos de inoculação, suspensão de conídios e disco de micélio. Para a preparação da solução de suspensão de conídios (Figura 3A), foram adicionados 10 mL de água estéril em 2 placas de Petri contendo o inóculo e, com auxílio de uma espátula autoclavada, foi feita a desagregação da estrutura micelial. A solução foi filtrada em um béquer e, em seguida, foi levada para contagem do número de conídios e ajuste para inoculação.

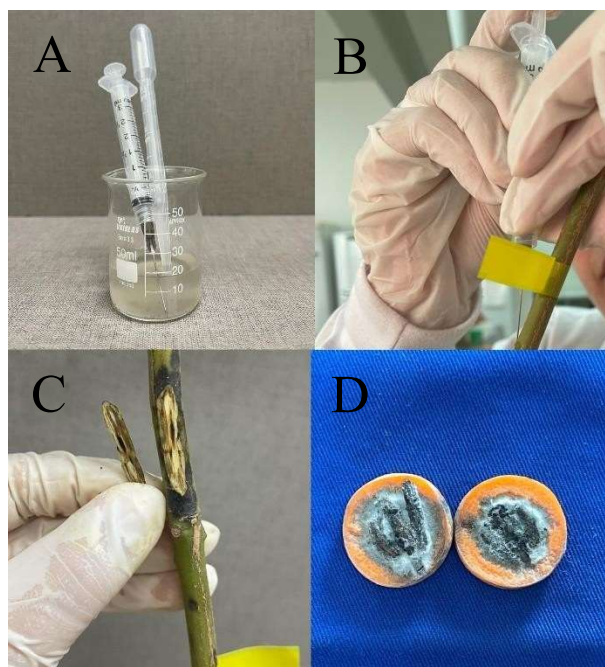
A aplicação (Figura 3B) ocorreu após a realização de um corte superficial no caule da planta e, com a solução na seringa de 3 mL e agulha de 3 mm, foi aplicada cerca de 3 mL por local de inoculação, em três regiões do caule. Essas três regiões permitiram, posteriormente, definir qual o melhor local para inoculação definitiva das plantas, onde os sintomas seriam mais visíveis.

Para a fixação de disco micelial, com o auxílio de uma lâmina esterilizada, foram feitos ferimentos superficiais no caule de cada planta e, em seguida, inoculou-se um disco de micélio de 6 mm de diâmetro (o disco foi fixado no caule utilizando-se agulha esterilizada). A fixação dos discos foi feita em 3 regiões de cada planta utilizada no teste, a fim de observar onde os sintomas melhor iriam se desenvolver.

Foram utilizadas três plantas da variedade Coquinho, para cada tipo de aplicação. Após as aplicações, as regiões inoculadas foram fechadas com filme plástico (PVC) e as plantas foram mantidas em ambiente protegido, sendo molhadas regularmente, duas vezes ao dia. No tratamento controle, as plantas foram inoculadas com água destilada autoclavada, seguindo o mesmo procedimento das plantas inoculadas com solução de suspensão de conídios. As avaliações ocorreram em 1 planta de cada método de inoculação aos 7 DAI e 2 plantas de cada método de inoculação aos 15 DAI.

Avaliou-se a patogenicidade dos isolados por meio da observação da presença dos sintomas (Figura 3C) e confirmação do agente causal (Figura 3D). As lesões observadas foram coletadas e submetidas a um processo muito comum para captura mais rápida desse patógeno, os discos de cenoura, que após colonizados, torna-se mais fácil confirmar a identidade do agente causal.

Feito o isolamento em meio BDA e, após a confirmação do agente causal, o patógeno foi repicado para obtenção de uma colônia pura, depois reinoculado em mudas sadias. Os sintomas foram observados e confirmados por duas vezes. As lesões foram coletadas e os patógenos reisolados em meio BDA, confirmando a identidade do agente causal.



**Figura 3** - Suspensão de conídios em concentração ajustada preparada para aplicação nas plantas do teste de patogenicidade do experimento (A). Inoculação das plantas de manga da variedade coquinho (B). Observação de lesão causada pelo patógeno após 15 dias de inoculação (C). Confirmação de agente causal da doença (D).

O teste de patogenicidade, realizado com mudas de *E. urophylla*, foi conduzido em ambiente protegido, sob condições controladas de intempéries e luminosidade, sendo irrigadas duas vezes ao dia. Utilizou-se o isolado C17/O22, previamente selecionado por apresentar maior agressividade em ensaio preliminar entre seis isolados cedidos pela empresa Bracell.

A suspensão de conídios foi preparada a partir de colônias cultivadas em meio

BDA, sendo a concentração ajustada para  $1,6 \times 10^5$  conídios·mL<sup>-1</sup> com auxílio de câmara de Neubauer. A inoculação foi realizada por meio de incisão vertical de aproximadamente 1 cm no caule das mudas, utilizando-se seringa de 3 mL acoplada à agulha hipodérmica de 1 mm. A aplicação da suspensão foi feita inserindo-se a agulha no ponto de incisão, com direcionamento para cima e para baixo, depositando cerca de 2 mL por planta (Figura 4). Após a inoculação, a região foi envolvida com filme plástico (PVC) para garantir umidade local e favorecer o estabelecimento do patógeno.

Foram inoculadas quatro plantas para o teste inicial. Aos 15 dias após a inoculação, duas plantas foram seccionadas para observação de sintomas, no entanto, não foram constatadas alterações visíveis, tanto interna quanto externamente. Aos 20 dias, uma nova planta foi seccionada, sendo possível observar o surgimento de lesões no lenho, o que indicou o início da colonização do tecido vascular. A partir dessa observação, estabeleceu-se que as avaliações de severidade seriam realizadas a cada 20 dias, totalizando três momentos de avaliação: 20, 40 e 60 dias após a inoculação (DAI).

As plantas do grupo controle foram inoculadas com água destilada autoclavada, seguindo o mesmo procedimento adotado nos tratamentos. Para confirmação da identidade do agente causal, amostras dos tecidos com sintomas foram submetidas ao método da isca de cenoura (Moller e DeVay, 1968), seguido de cultivo em meio BDA. As colônias obtidas foram purificadas e reinoculadas em novas plantas para comprovação da patogenicidade do isolado.



**Figura 4** - Inoculação de suspensão de conídios em teste de patogenicidade com mudas de eucalipto

### 3.6 Caracterização morfológica

A caracterização morfológica dos isolados de *Ceratocystis* spp. de mangueira e eucalipto foi feita a partir do cultivo em meios de cultura BDA, sob condições controladas de temperatura  $\pm 25$  °C. Características macroscópicas das colônias, incluindo coloração, textura e taxa de crescimento foram caracterizadas. Em seguida, foi feita análise microscópica das estruturas reprodutivas e vegetativas.

### 3.7 Caracterização molecular (Isolado da mangueira)

Para a extração de DNA, a biomassa fúngica foi cultivada em placas de Petri contendo meio de cultura PDA, por sete dias, a 28 °C. O protocolo utilizado seguiu a metodologia descrita por De Oliveira et al. (2016). Para amplificar a região ITS (ITS1-5.8s-ITS2), foram utilizados os *primers* ITS1 e ITS4 (White et al., 1990). Posteriormente, as amostras foram sequenciadas utilizando-se os mesmos conjuntos de *primers* PCR no Plataforma Multiusuária de Sequenciamento de DNA do Centro de Biociências da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

As reconstruções filogenéticas foram obtidas por meio da análise de dados de sequência de ITS. A sequência obtida foi alinhada com outras sequências fúngicas, relacionadas do GenBank, utilizando-se o MEGA, versão 5.05 (Tamura et al., 2007). Antes da análise filogenética, o modelo ótimo de substituição de nucleotídeos foi estimado utilizando-se o Topali 2.5 (Milne et al., 2004). A análise de máxima verossimilhança (1.000 replicações de bootstrap) foi realizada utilizando-se o PhyML (Guindon and Gascuel, 2003), acessado através do Topali v. 2.5.

### 3.8 Inoculação do patógeno

A inoculação dos patógenos, nas mudas de mangueira, foi realizada em março de 2025, em ambiente protegido, onde as plantas permaneceram durante todo o período experimental. Utilizou-se duas suspensões de conídios, a primeira, preparada com placa de isolado de *C. fimbriata* proveniente de mangueira (var. coquinho), coletado em Livramento de Nossa Senhora-BA; e a segunda, preparada com placa de isolado *Ceratocystis* sp. de eucalipto (C17/O22) cedido pela empresa Bracell, que foram preparadas com concentração ajustada para  $1,6 \times 10^5$  conídios·mL<sup>-1</sup> (Alfenas e Mafia, 2016), e armazenada sob refrigeração até o momento da aplicação. Nos tratamentos controle, aplicou-se apenas água destilada autoclavada, nas mesmas condições.

O procedimento de inoculação (Figura 5A e B) consistiu na realização de uma incisão vertical de aproximadamente 1 cm de comprimento no caule das plantas, utilizando-se agulha hipodérmica de 3 mm, acoplada à seringa de 3 mL. O ponto de inoculação foi definido com base em teste prévio de patogenicidade, sendo escolhida uma região do lenho com coloração esverdeada, indicativa de atividade fisiológica. A solução foi aplicada com a agulha direcionada para cima e depois para baixo dentro da lesão, depositando-se cerca de 2,0 mL por planta. Para cada tratamento, foram inoculadas 15 plantas, que posteriormente foram avaliadas em 3 tempos distintos (15, 30 e 45 DAI). Em seguida, a região inoculada foi envolvida com filme plástico (PVC), com o objetivo de manter a umidade e favorecer o estabelecimento do patógeno. As plantas-testemunha, em igual número, receberam o mesmo tratamento, havendo apenas a substituição da suspensão de conídios, por água destilada autoclavada.



**Figura 5** -Aplicação dos tratamentos em plantas de mangueira (A e B).

A inoculação em mudas de eucalipto foi realizada em maio de 2025 e as aplicações foram realizadas em ambiente protegido, onde as plantas permaneceram durante todo o período experimental. Utilizou-se duas suspensões de conídios, a primeira, preparada com placa de isolado *C. fimbriata* de mangueira (var. coquinho), coletado em Livramento de Nossa Senhora-BA; e a segunda, preparada com placa de isolado *Ceratocystis* sp. de eucalipto (C17/O22), cedido pela empresa Bracell, que foram preparadas com concentração ajustada para  $1,6 \times 10^5$  conídios·mL<sup>-1</sup> (Alfenas e Mafia, 2016), e armazenada sob refrigeração até o momento da aplicação. Nos tratamentos controle, as plantas foram submetidas ao mesmo protocolo, sendo utilizada apenas água destilada

autoclavada. O procedimento de inoculação consistiu na realização de uma incisão vertical de aproximadamente 1 cm de comprimento no caule das plantas e, posteriormente, a inserção da suspensão, utilizando-se agulha hipodérmica de 1 mm acoplada à seringa de 3 mL.

A solução foi aplicada com a agulha direcionada para cima e depois para baixo dentro da lesão, depositando-se cerca de 2,0 mL por planta. Para cada tratamento, foram inoculadas 15 plantas, que posteriormente foram avaliadas em 3 tempos distintos (20, 40 e 60 DAI). Em seguida, a região inoculada foi envolvida com filme plástico (PVC), com o objetivo de manter a umidade e favorecer o estabelecimento do patógeno. As plantas-testemunha, em igual número, receberam o mesmo tratamento, havendo apenas a substituição da suspensão de conídios, por água destilada autoclavada.

### **3.9 Avaliações**

#### **3.9.1 Comprimento de Lesão**

A lesão no caule das mudas de mangueira foi o primeiro sintoma visível de que havia presença do patógeno nas mudas. A avaliação do comprimento de lesão na casca e no lenho ocorreu em 3 momentos, totalizando três intervalos de análise, 15, 30 e 45 DAI, e permitiriam observar com que velocidade o patógeno é capaz de se desenvolver e matar a planta sadia que foi infectada. As medidas de lesão na casca foram feitas com uso de régua milimétrica e, após seccionadas longitudinalmente, as lesões no lenho e no sentido radial também foram medidas.

A avaliação do comprimento das lesões nas mudas de eucalipto foi realizada a cada 20 dias, após a inoculação, totalizando três períodos de análise, 20, 40 e 60 dias. Diferentemente do observado em mangueira, a infecção por *Ceratocystis* sp. em *E. urophylla* não resultou em sintomas visíveis externamente, durante o período experimental, exigindo o seccionamento do caule para a verificação da colonização interna. A mensuração das lesões no lenho e no sentido radial foram realizadas com o auxílio de régua milimétrica, permitindo registrar com precisão a extensão da necrose provocada pelo patógeno.

#### **3.9.2 Número de folhas**

A contagem do número de folhas das mangueiras foi realizada para determinação da perda de folhas. A primeira contagem foi realizada na implantação do experimento e

as demais com intervalos de 15 dias, totalizando 3 avaliações durante o período do experimento, para cada tratamento.

A contagem do número de folhas de eucalipto foi realizada a fim de determinar a perda de folhas. A primeira contagem foi feita na implantação do experimento e as demais com intervalos de 20 dias, totalizando 3 avaliações durante o período do experimento, para cada tratamento.

### **3.9.3 Índice SPAD**

Com auxílio do medidor de clorofila (SPAD-502 Plus), foram realizadas leituras diretas nas folhas. O equipamento estima, de forma não destrutiva, o teor relativo de clorofila nas folhas com base na absorção de luz em dois comprimentos de onda (650 nm e 940 nm). As medições foram efetuadas na porção mediana da folha completamente expandida, evitando a nervura central, com três leituras por planta. As coletas dos dados, referentes às mangueiras, foram feitas com intervalos de 15 dias (15, 30 e 45 DAI). Já os dados referentes ao eucalipto foram coletados com intervalos de 20 dias (20, 40 e 60 DAI), de acordo com os períodos estabelecidos para as demais variáveis fisiológicas analisadas, com o objetivo de avaliar o efeito dos tratamentos sobre o estado nutricional e fotossintético das plantas.

### **3.9.4 Teores de pigmentos fotossintéticos**

Os teores de pigmentos cloroplastídicos, clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b) e carotenoides (Car), foram determinados a partir do uso de discos de folhas (Figura 6A e B); as coletas de material foliar foram realizadas em cada período de avaliação, correspondendo a intervalos de 15 dias para as mudas de mangueira e 20 dias para as de eucalipto. Em cada repetição experimental, foram coletadas folhas totalmente expandidas, das quais se obtiveram discos foliares de aproximadamente 5 mm de diâmetro. Esses discos foram imediatamente submersos em solução de acetona a 80% (v/v) e mantidos em repouso, em recipientes de vidro revestidos de papel alumínio, devidamente protegidos da luz, durante 72 horas, para as amostras de mangueira e 48 horas para as de eucalipto, em geladeira, em temperatura entre 1 e 4°C, a fim de promover a completa extração dos pigmentos fotossintéticos. A absorbância dos extratos foi determinada em espectrofotômetro (Figura 6C) da marca WPA e modelo Biowave II+ UV/Visível Life Science, nos comprimentos de onda de 480, 649 e 665 nm.



**Figura 6** - Corte de discos foliares de folha de mangueira (A) e corte de discos foliares de folha de eucalipto (B) para determinação dos teores de pigmentos e processo de análise da absorvância de pigmentos fotossintéticos de amostra do tratamento ‘coquinho controle’(C).

### 3.9.5 Análises estatísticas

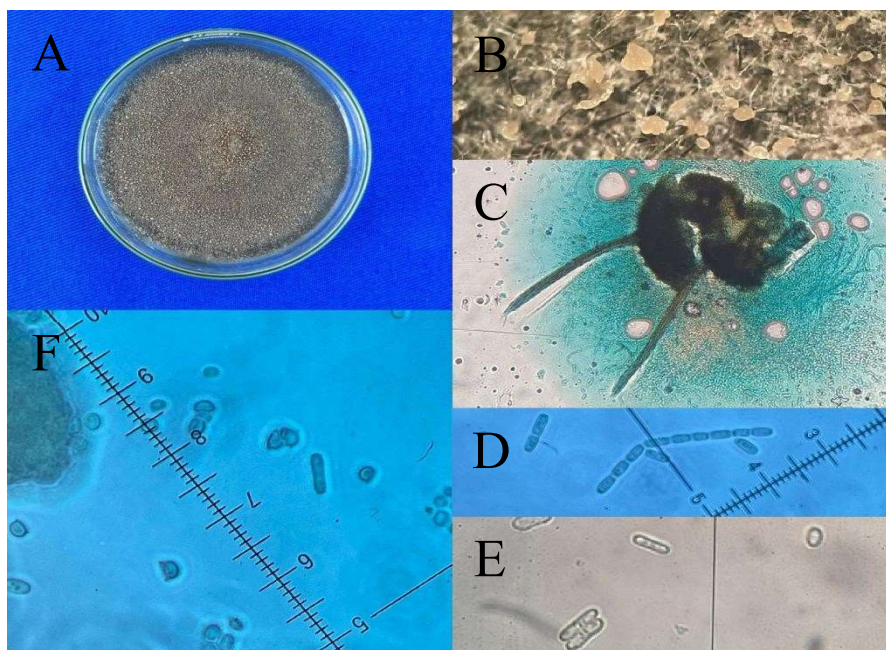
Os dados coletados foram submetidos à análise de variância, considerando o teste F ao nível de 5% de probabilidade. As médias foram comparadas entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de confiabilidade. As análises foram executadas aplicando-se o sistema computacional R (R Development Core Team).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Caracterização morfológica dos isolados

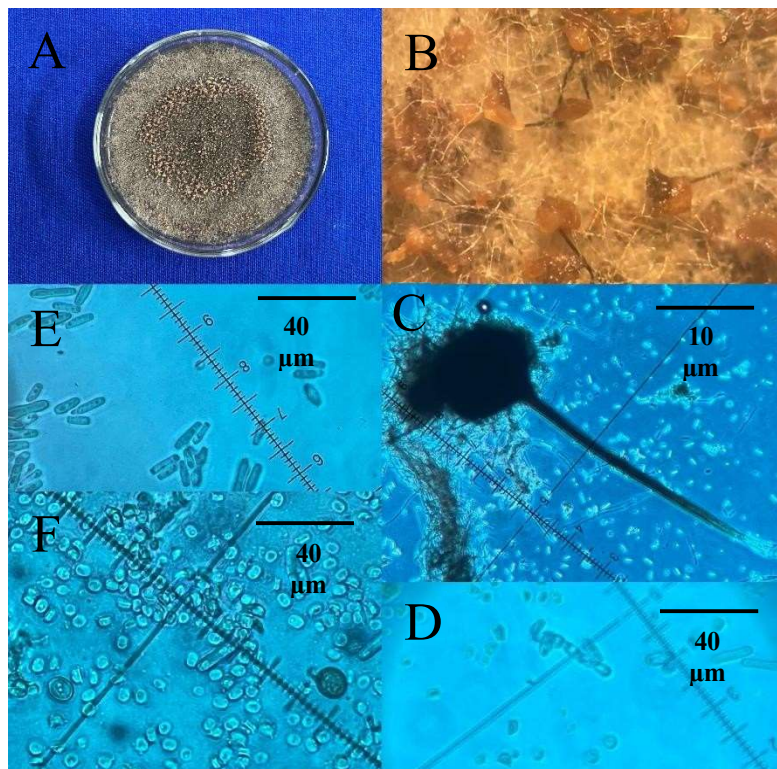
As colônias (Figura 7A) apresentaram crescimento rápido, textura aveludada e coloração acinzentada a castanho-escuro. Foi possível observar a formação de estruturas reprodutivas típicas, peritécios, possuindo corpos globosos, de coloração castanho-escuro a preta, distribuídos sobre o micélio (Figura 7B). Essas estruturas são compatíveis com a fase sexuada do gênero *Ceratocystis*.

As observações em microscópio óptico foram realizadas com objetiva de 40×, utilizando-se preparação com azul de algodão-lactofenol. Foram visualizadas estruturas típicas do gênero, peritécios com pescoço (ostiolo), visíveis em cortes da colônia (Figura 7C). Também foram observadas estruturas típicas, como conídios (Figura 7D), que possuem formas elipsoidais a cilíndricas, são hialinos e ficam dispostos em cadeias, mas podem aparecer também isoladamente (Figura 7E). Além disso, estruturas sexuais, chamadas de ascósporos (Figura 7F), que possuem forma de ‘chapéu’, são hialinas e translúcidas também foram notadas.



**Figura 7** - Colônia de *C. fimbriata* com textura aveludada e coloração acinzentada (A). Peritécios globosos, de coloração castanho-escuro a preta, distribuídos sobre o micélio (B), observados em objetiva de 4×. Estruturas reprodutivas: peritécios com pescoço visíveis em corte da colônia (C), observados em objetiva de 10×. Endoconídios em cadeias (D) e hifas septadas (E), observados em objetiva de 40×. Ascósporos hialinos, translúcidos, em formato de “chapéu” (F), observados em objetiva de 40×. Essas estruturas são compatíveis com a fase sexuada do gênero *Ceratocystis*.

As observações em microscópio óptico foram realizadas com objetiva de 40×, utilizando-se preparação com azul de algodão-lactofenol. Foram visualizadas estruturas típicas do gênero, peritécios com pescoço (ostiolo), visíveis em cortes da colônia (Figura 8C). Também foram observadas estruturas típicas, como endoconídios (Figura 8D), que possuem formas elipsoidais a cilíndricas, são hialinos e ficam dispostos em cadeias ou isoladamente (Figura 8E). Além disso, estruturas sexuais, chamadas de ascósporos (Figura 8F), que possuem forma de ‘chapéu’, são hialinas e translúcidas também foram notadas.

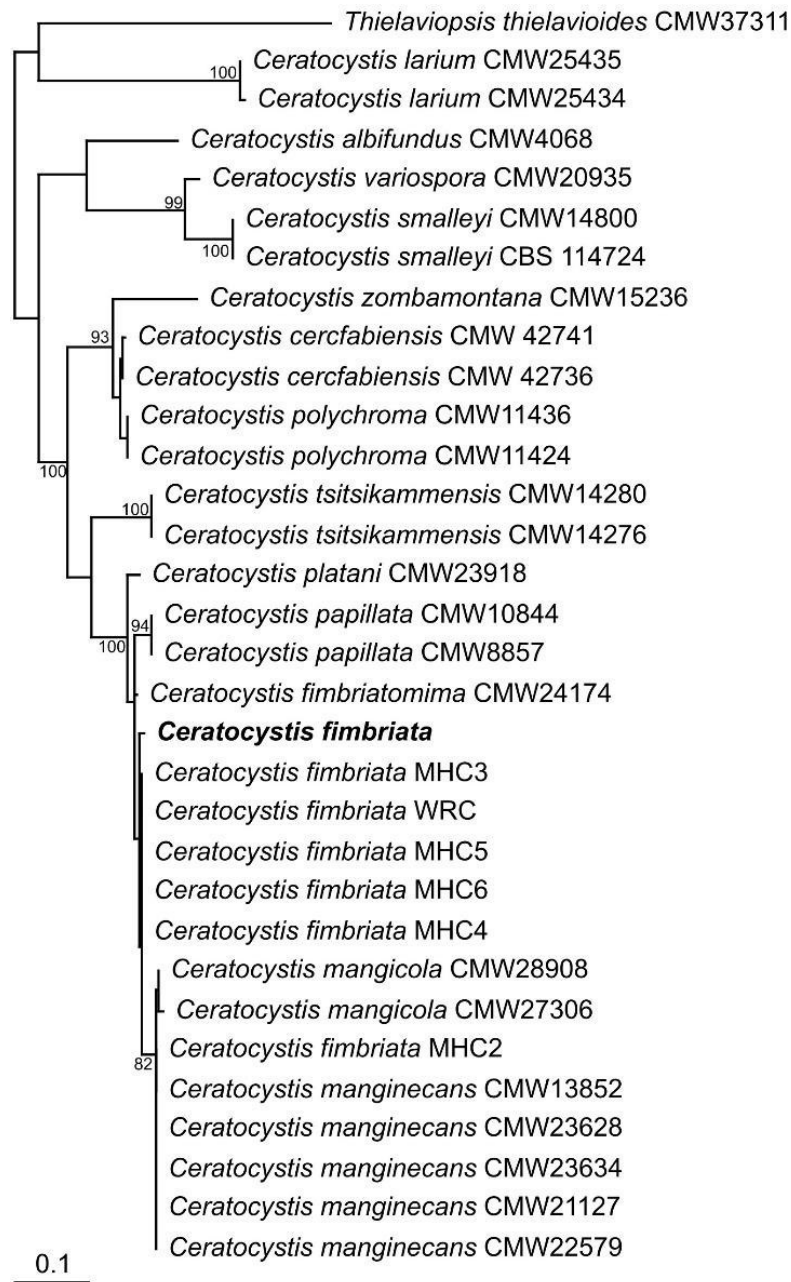


**Figura 8-** Colônia de *Ceratocystis* sp. de eucalipto com textura aveludada e coloração acinzentada (A). Peritécios globosos, castanho-escuros, distribuídos sobre o micélio (B), observados em objetiva de 4×. Estruturas reprodutivas: peritécios com pescoço (C), observados em objetiva de 10×. Endoconídios em cadeias (D) e hifas septadas (E), observados em objetiva de 40×. Ascósporos em formato de “chapéu” (F), observados em objetiva de 40×.

#### 4.2 Caracterização molecular (Isolado da mangueira)

A análise molecular permitiu identificar o isolado como *C. fimbriata*. As sequências obtidas foram utilizadas para construção de uma árvore filogenética (Figura 9) e, ao comparar as sequências obtidas com as sequências depositadas no GenBank,

utilizando-se a ferramenta MEGA, versão 5.05, e editadas, o isolado demonstrou 100% de identidade com outros isolados de *C. fimbriata*.



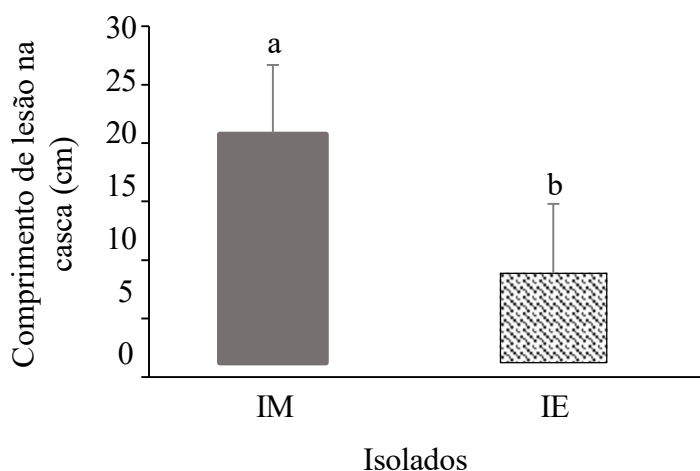
**Figura 9** - Árvore filogenética com sequência de isolados de *Ceratocystis fimbriata*.

### 4.3 Comprimento de Lesão

Nas mangueiras, a progressão das lesões foi avaliada ao longo de três períodos, cujo intervalo foi definido após resultados das avaliações indicarem que 15 DAI seria o tempo ideal para realização da primeira avaliação no experimento, portanto, 15, 30 e 45 DAI foram os períodos de análise da capacidade patogênica dos isolados de *Ceratocystis*

spp., nas variedades de mangueira, independentemente do isolado.

De maneira geral, observou-se aumento gradativo no comprimento das lesões na casca, nos tratamentos com o isolado de mangueira (Figura 10). A avaliação do comprimento de lesão na casca das variedades de mangueira revelou diferenças significativas em relação ao fator isolado. Essa diferença é visível no gráfico, onde há diferenças drásticas entre os dois isolados. O tratamento com o isolado IM apresenta média superior a 20 cm, enquanto o tratamento com o isolado IE apresenta média inferior a 10 cm.



\*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 10** -Comprimento de lesão na casca das variedades de mangueira, quando submetidas à infecção com isolados de *Ceratocystis* spp. de mangueira (IM – Isolado de mangueira) e eucalipto (IE – Isolado de eucalipto).

De acordo com a análise de variância, não houve efeito significativo do fator cultivar ( $p = 0,5625$ ), nem interação significativa entre cultivar e isolado ( $p = 0,3829$ ), indicando que as variedades avaliadas responderam de forma semelhante à infecção.

Entretanto, o fator isolado apresentou efeito estatisticamente significativo ( $p = 0,02227$ ), demonstrando que o isolado de *Ceratocystis* sp., proveniente da mangueira (IM), foi mais agressivo (Figura 11), quando se trata de lesões na casca, comparado ao isolado de eucalipto (IE) (Figura 12).

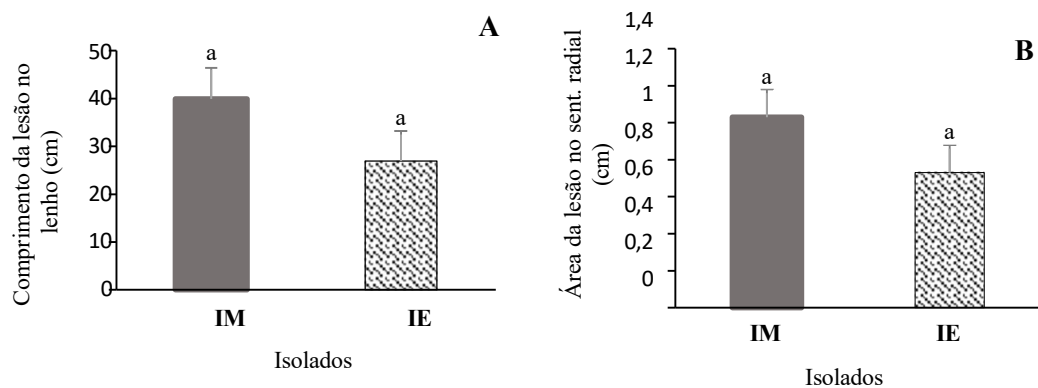


**Figura 11** - Comprimento de lesão na casca da variedade ‘Coquinho’ aos 15, 30 e 45 DAI com *C. fimbriata* isolado de mangueira.



**Figura 12** - Comprimento de lesão na casca da variedade ‘Coquinho’ aos 15, 30 e 45 DAI com *Ceratocystis* sp. isolado de eucalypto.

Além da lesão na casca, causada pela infecção pelo patógeno, o estudo foi um meio importante de registrar o comprometimento da parte interna da planta. A análise estatística revelou que não houve diferença significativa para o comprimento da lesão no lenho (Figura 13A) entre os isolados de *Ceratocystis* spp. ( $p = 0,2354$ ), nem entre as cultivares de mangueira testadas ( $p = 0,9590$ ). Da mesma forma, não foi observada interação significativa entre os fatores cultivar vs. isolado ( $p = 0,2325$ ), indicando que os isolados apresentaram comportamento semelhante, independentemente da variedade, e que a resposta das cultivares foi equivalente, frente à infecção, indicando plena colonização sistêmica do tecido vascular pelo patógeno (Figura 14).



\*Médias seguidas de letras iguais, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 13** - Comprimento médio de lesões no lenho (A) e área da lesão no sentido radial (B) das variedades ‘Coquinho’ e ‘Espada’ 15, 30 e 45 DAI com *Ceratocystis* spp. isolados de mangueira (IM – Isolado de mangueira) e eucalipto (IE – Isolado de eucalipto).



**Figura 14** - Lesão no lenho de mangueira da variedade ‘Coquinho’ inoculada com isolado proveniente de mangueira (IM).

De maneira geral, como o fator cultivar não apresentou efeito estatisticamente significativo, os dados foram agrupados e considerados em conjunto como representativos da espécie *M. indica*, com o objetivo de comparar exclusivamente o efeito do fator isolado. Ainda assim, a análise não indicou diferença significativa entre os isolados. Nessa avaliação, o isolado proveniente de mangueira apresentou média de 39 cm de comprimento de lesão, enquanto o isolado de eucalipto apresentou média de 30 cm.

Os tratamentos-controle não apresentaram desenvolvimento de lesão ao longo do tempo. Esse resultado confirma a eficácia do protocolo experimental quanto à ausência de contaminação cruzada, durante o processo de inoculação e manutenção das plantas.

Complementando a análise da lesão, no sentido radial, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre cultivares ( $p = 0,3894$ ) ou entre isolados ( $p = 0,2554$ ). Também não houve interação significativa entre os fatores ( $p = 0,7719$ ) (Figura 13B).

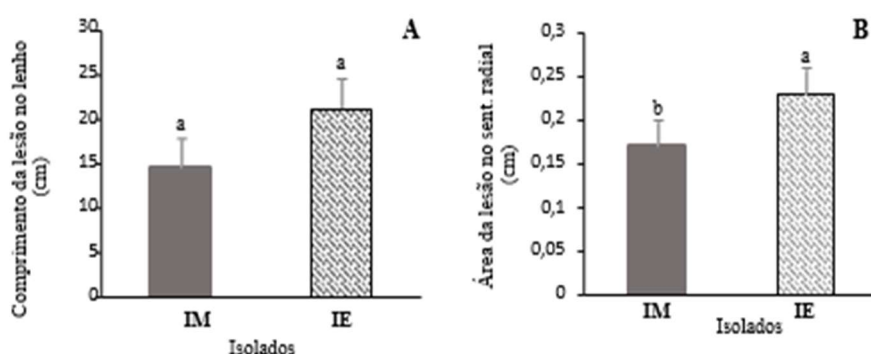
A análise da área de lesão no sentido radial em *M. indica* (Figura 15) revelou que o tratamento inoculado com isolado de mangueira (IM) apresentou valor médio ligeiramente maior (1,0 cm) que o tratamento inoculado com isolado do eucalipto (0,8 cm), mas não suficiente para que fosse considerado estatisticamente diferente.



**Figura 15** - Área da lesão no sentido radial (ALSR) de mangueira da variedade ‘Coquinho’ inoculada com isolado proveniente de mangueira (IM).

A análise conjunta das variáveis, referentes à infecção em *E. urophylla*, revelou comportamentos distintos entre os parâmetros avaliados. Para o comprimento da lesão no lenho, os resultados da ANOVA indicaram ausência de diferença estatística significativa entre os isolados testados ( $p = 0,2059$ ), sugerindo que tanto o isolado de mangueira quanto o de eucalipto foram capazes de colonizar o lenho (Figura 16A) com a mesma intensidade, sob as condições experimentais. Por outro lado, a avaliação da lesão no sentido radial

(Figura 16B) mostrou-se estatisticamente significativa, ou seja, influenciada pelo tipo de isolado utilizado ( $p = 0,00767$ ).

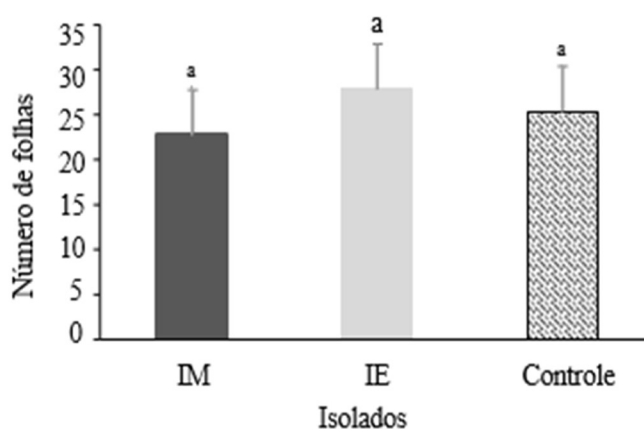


\*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 16** - Comprimento de lesão no lenho (A) e no sentido radial (B) em eucalipto inoculado com (IM – Isolado de mangueira) e (IE – Isolado de eucalipto).

#### 4.4 Número de folhas

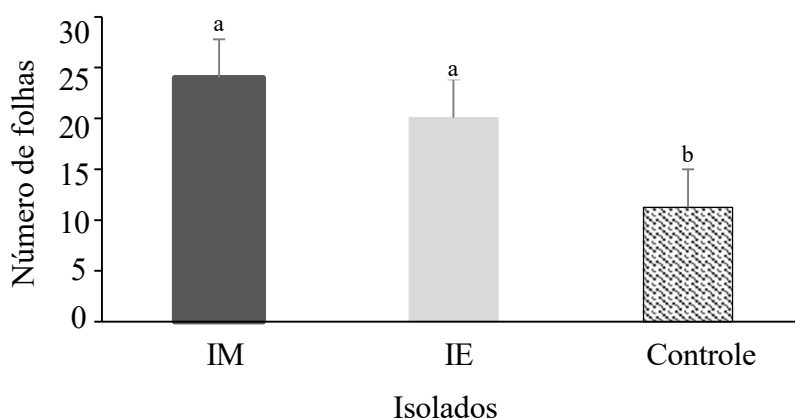
Para os fatores cultivar, isolado e interação entre fatores, observou-se a ausência de significância estatística nos testes ANOVA ( $p > 0,05$ ). No tratamento controle, é possível observar que a média de número de folhas se mantém em torno de 25, por planta, tendência continuada pelas plantas submetidas ao inóculo proveniente do eucalipto (Figura 17), no entanto, o isolado da mangueira apresenta uma média menor, que revela uma tendência visual de redução no número de folhas ao longo do experimento, em comparação com os demais tratamentos.



\*Médias seguidas de letras iguais, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 17**- Número médio de folhas de mudas de mangueira submetidas à inoculação com isolados de *Ceratocystis* spp. de mangueira e eucalipto em comparação ao controle.

A avaliação do número de folhas em mudas de *E. urophylla* ao longo do tempo revelou diferenças estatísticas entre os tratamentos, quando comparados aos isolados. No início do experimento, os grupos de tratamentos apresentavam médias semelhantes, próximas a 11 folhas por planta, sem diferenças visíveis. No entanto, aos 60 dias observou-se um aumento gradual no número médio de folhas entre os grupos inoculados (Figura 18), com destaque para o tratamento IM, que atingiu cerca de 24 folhas por planta, sendo importante ressaltar que, estatisticamente, não houve diferenças significativas entre os tratamentos IM e IE.



\*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 18** - Número médio de folhas de mudas de *Eucalyptus urophylla* submetidas à inoculação com isolados de *Ceratocystis* spp. de mangueira e eucalipto em comparação ao controle.

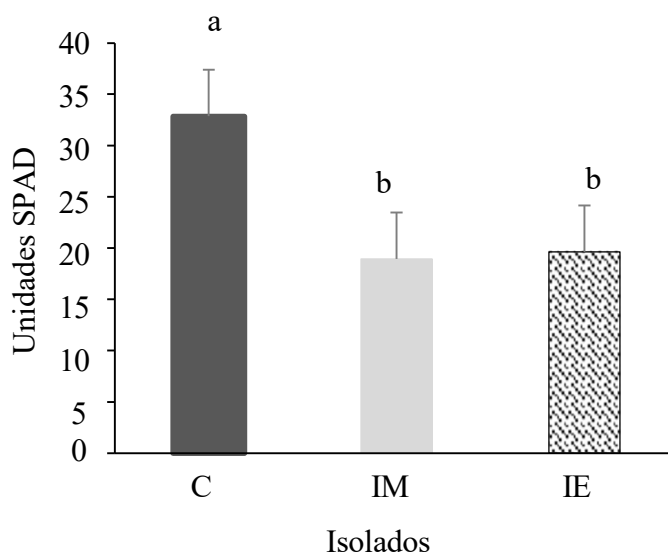
#### 4.5 Índice SPAD

A avaliação do índice SPAD da variedade ‘Coquinho’ revelou que o fator isolado exerceu influência estatisticamente significativa ( $p < 0,001$ ), indicando que os diferentes isolados de *Ceratocystis* spp. causaram diferentes efeitos na fisiologia foliar das plantas, afetando principalmente o teor relativo de clorofila.

As plantas do grupo controle, não inoculadas, apresentaram o maior valor médio de SPAD, com cerca de 33 unidades (Figura 19), indicando maior teor relativo de clorofila foliar. Em contraste, os tratamentos IM e IE, que foram inoculados neste experimento, apresentaram valores significativamente inferiores, com médias próximas de 22 unidades.

O fator tempo, por outro lado, não apresentou efeito significativo ( $p = 0,9894$ ), o que demonstra que o índice SPAD não variou ao longo dos períodos avaliados. Além

disso, não houve diferenças significativas entre a interação dos fatores, tempo vs. isolado ( $p = 0,9581$ ), indicando que a resposta do patógeno foi consistente ao longo do tempo para cada isolado, sem alterações, independente do momento de avaliação.



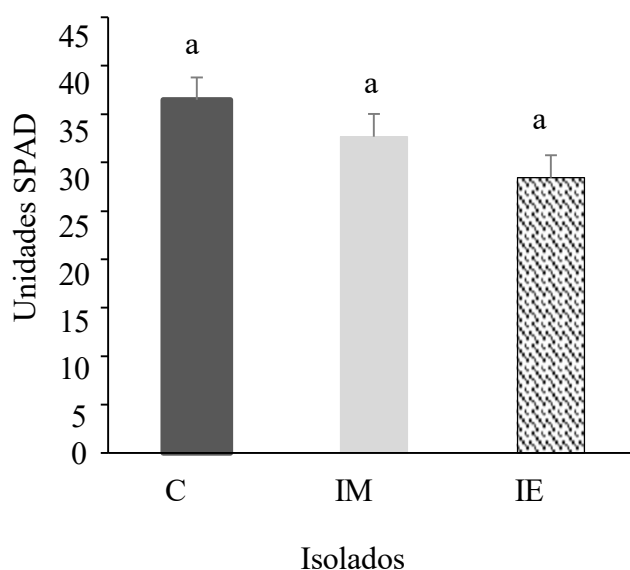
\*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 19** - Índice SPAD das plantas de mangueira variedade 'Coquinho' submetidas aos tratamentos com *Ceratocystis* spp. (IM – Isolado de mangueira) e (IE – Isolado de eucalipto) e tratamento controle.

A análise de variância para o índice SPAD da variedade 'Espada' mostrou que não houve diferença estatística significativa entre os tempos de avaliação ( $p = 0,4868$ ), indicando que o teor relativo de clorofila nas folhas das plantas avaliadas permaneceu estável ao longo do tempo, independentemente do tratamento ao qual as plantas foram submetidas. Já o fator isolado apresentou um valor de  $p = 0,06595$ , o que indica uma tendência à significância estatística ( $p < 0,1$ ), sugerindo diferenças na resposta fisiológica das plantas aos diferentes isolados de *Ceratocystis* spp., ainda que essas diferenças não tenham alcançado o nível convencional de 5% de significância.

Ao longo do experimento, o tratamento controle da variedade 'Espada' manteve uma média de 37 unidades SPAD, enquanto os tratamentos inoculados com os isolados de mangueira (IM) e de eucalipto (IE) apresentaram médias de 34 e 30 unidades SPAD, respectivamente (Figura 20). Esses valores indicam que, embora tenha havido redução no teor relativo de clorofila em função da inoculação, a variedade 'Espada' foi capaz de mitigar parcialmente os efeitos fisiológicos da infecção. Além disso, não foi observada interação significativa entre tempo vs. isolado ( $p = 0,9583$ ), o que demonstra que os

efeitos dos isolados sobre o SPAD não se modificaram ao longo das avaliações.

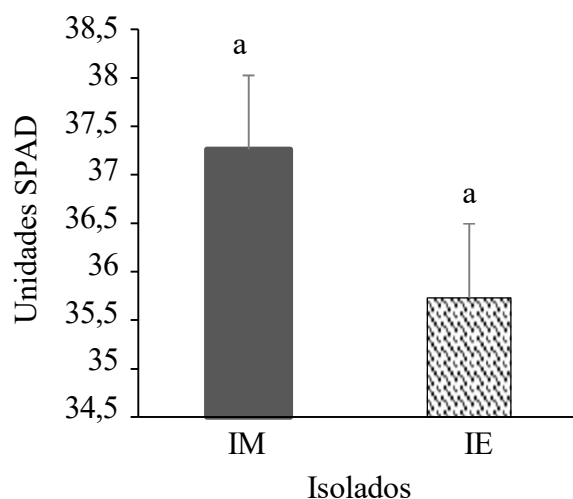


\*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 20** - Índice SPAD das plantas de mangueira variedade ‘Espada’ submetidas aos tratamentos com *Ceratocystis* spp. (IM – Isolado de mangueira) e (IE – Isolado de eucalipto) e tratamento controle.

A análise do índice SPAD nas mudas de *E. urophylla* revelou diferenças discretas entre os tratamentos e momentos de avaliação. De maneira geral, os valores se mantiveram estáveis (Figura 21), sem modificações bruscas ao longo dos tempos de avaliação.

No tratamento controle, os valores variaram entre 31 e 38 unidades SPAD, com um pico aos 30 dias. Os tratamentos inoculados apresentaram comportamentos diferentes entre si, o grupo inoculado com o isolado de mangueira (IM) iniciou com o maior valor médio de SPAD aos 15 dias (cerca de 40 unidades), mas apresentou uma leve redução aos 45 dias, indicando possível interferência fisiológica tardia do patógeno. Por outro lado, o tratamento (IE) demonstrou valores mais baixos no início (30 unidades), mas recuperou os níveis aos 30 e 45 dias, atingindo patamares semelhantes ao grupo (IM).

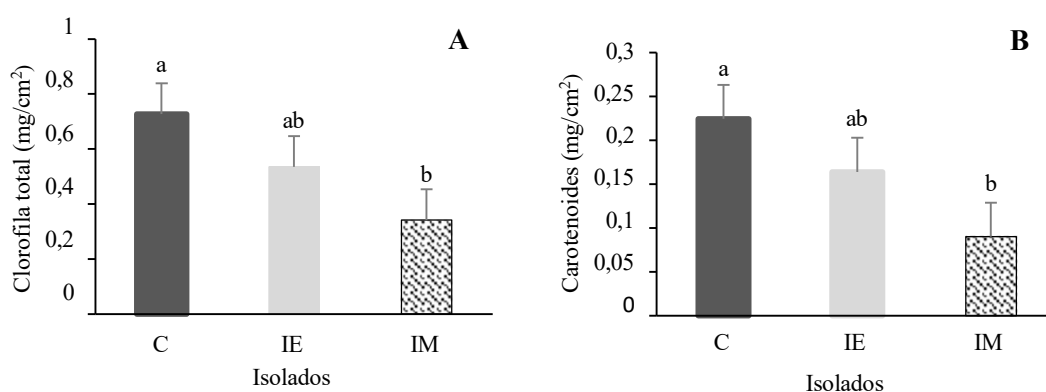


\*Médias seguidas de letras iguais, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 21-** Índice SPAD das plantas de *E. urophylla* submetidas aos tratamentos com isolados de *Ceratocystis* spp. (IM – Isolado de mangueira) e (IE – Isolado de eucalipto).

#### 4.6 Teores de Pigmentos Fotossintéticos

A análise estatística para o fator cultivar não indicou diferenças estatísticas significativas, em contrapartida, o fator isolado apresentou efeito significativamente relevante sobre os teores totais de clorofila aos 45 dias após a inoculação ( $p = 0,05051$ ). Os menores valores médios foram observados nos tratamentos inoculados, com destaque para o tratamento IM, que apresentou média de  $0,35 \text{ mg/cm}^2$ , em contraste com o tratamento controle, que manteve o maior valor médio, correspondente a  $0,73 \text{ mg/cm}^2$  (Figura 22A).



\*Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

**Figura 22 -** Teores totais de clorofila ( $\text{mg/cm}^2$ ) (A) e teores de carotenoides ( $\text{mg/cm}^2$ ) (B) em mangueiras aos 45 DAI inoculadas com isolados de *Ceratocystis* spp. (IM – Isolado de mangueira) e (IE – Isolado de eucalipto) e tratamento controle.

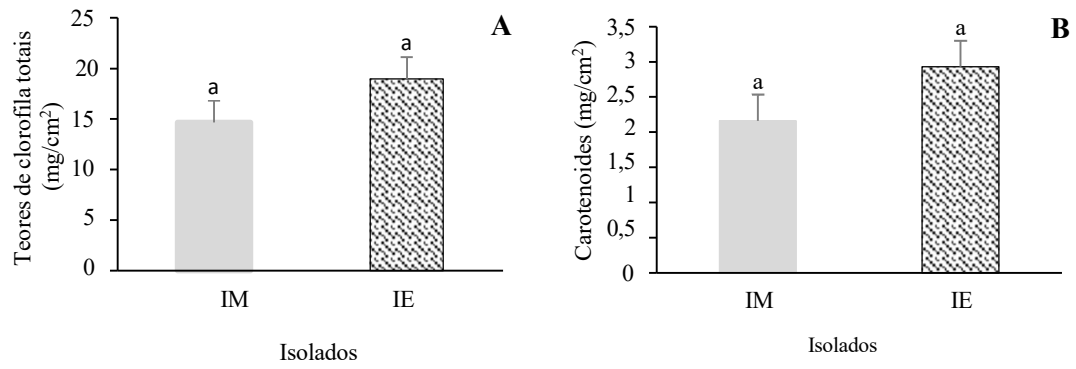
Ao analisar carotenoides, constatou-se que não houve diferenças estatísticas significativas dentro do fator cultivar e também sobre a interação isolado vs. cultivar, porém, quando se analisou o fator isolado, observou-se diferenças significativas ( $p = 0,0467$ ). Os menores valores foram observados nos tratamentos inoculados (Figura 22B), especialmente quando se tratando do isolado proveniente da mangueira IM ( $0,10 \text{ mg/cm}^2$ ) (Figura 23), o tratamento controle apresentou uma média de  $0,23 \text{ mg/cm}^2$  e o tratamento inoculado com isolado do eucalipto IE se manteve intermediário, com média de  $0,17 \text{ mg/cm}^2$ .



**Figura 23** - Muda da variedade ‘Coquinho’ inoculada com isolado de *C. fimbriata* de mangueira apresentando sintomas reflexos em folhas acima do ponto de inoculação.

Os teores de clorofila total, analisados das plantas de eucalipto inoculadas com os isolados provenientes de mangueira e eucalipto, apresentaram médias distintas, sendo o valor mais elevado observado no tratamento IE. No entanto, não foi constatada diferença estatística significativa entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ), conforme mostra o gráfico (Figura 24A). Os valores médios permaneceram acima de  $15 \text{ mg/cm}^2$  para ambos os grupos.

A análise dos teores de carotenoides também não revelou diferenças significativas entre os tratamentos. As plantas submetidas à inoculação com isolado proveniente de eucalipto (IE) apresentaram média de teor de carotenoides ligeiramente superior, aproximadamente  $2,93 \text{ mg/cm}^2$ , enquanto aquelas inoculadas com o isolado de mangueira (IM) apresentaram valor médio em torno de  $2,16 \text{ mg/cm}^2$  (Figura 24B).



\*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

**Figura 24** -Teores totais de clorofila (mg/cm<sup>2</sup>) (A) e teores de carotenoides (B) das plantas de eucalipto aos 45 DAI inoculadas com isolados de *Ceratocystis* spp. (IM – Isolado de mangueira) e (IE – Isolado de eucalipto) e tratamento controle.

## 5 DISCUSSÃO

As espécies de fungo, pertencentes ao gênero *Ceratocystis*, são comumente causadoras de sintomas como murcha vascular. No presente estudo, o isolado proveniente da mangueira foi caracterizado morfológicamente, a qual permitiu a identificação de estruturas típicas do gênero, como peritécios com corpo oblongo e pescoço alongado, formados sobre o micélio da colônia, além de estruturas microscópicas de reprodução sexuada, conhecidos por ascósporos com apêndices em forma de “chapéu”, característica marcante do grupo. Essas observações corroboram os achados de Brito et al. (2021), que descrevem os peritécios de *Ceratocystis* como corpos de frutificação sexuados, de coloração marrom-escuro, com formato oblongo a piriforme e dotados de um pescoço cilíndrico, longo e ereto, que se estende até o ostíolo, por onde os ascósporos são liberados. A constância na morfologia e nas dimensões do peritécio e do pescoço ostiolar constitui um dos principais critérios para a identificação do patógeno, sendo determinante para a caracterização taxonômica do gênero.

Entre os principais sintomas da seca da mangueira (*M. indica*) causada por *C. fimbriata* destacam-se os sintomas reflexos, que se manifestam em regiões distantes do ponto de infecção. Esses sintomas decorrem da colonização do sistema vascular pelo patógeno, que bloqueia o transporte de água e nutrientes, resultando em murcha, queda de folhas, desfolha parcial ou total da copa, clorose, secamento de ramos e emissão de brotações basais. A morte regressiva dos ramos, iniciando-se pelas extremidades, é comum, mesmo na ausência de sinais visíveis no local afetado. Plantas acometidas também apresentam redução no crescimento vegetativo e reprodutivo, evidenciando o impacto sistêmico da doença, que pode evoluir para a morte da planta na ausência de manejo adequado (Freire e Cardoso, 2005; Van Wyk et al., 2007).

Neste estudo, a comparação entre variedades permitiu observar diferenças na severidade dos sintomas, na extensão das lesões no lenho e nos impactos fisiológicos causados pela infecção do patógeno. A variedade ‘Coquinho’ trouxe respostas mais agressivas, com sintomas intensos e ao longo do período de avaliação, perda parcial ou total da coloração foliar e dos níveis de clorofila. De acordo com Baker et al. (2003), o complexo *C. fimbriata*, especialmente o clado latino-americano, apresenta grupos genéticos associados a hospedeiros distintos, com evidências de especialização adaptativa. No caso da mangueira, isolados provenientes dessa espécie exibiram maior agressividade em inoculações, indicando que linhagens fúngicas adaptadas vão apresentar

capacidade superior de infecção em seu hospedeiro de origem. Esse padrão corrobora resultados obtidos neste estudo, nos quais o isolado de mangueira foi mais agressivo por possuir uma espécie de especialização prévia na mesma espécie.

A avaliação da infecção por *C. fimbriata* em três momentos distintos, aos 15, 30 e 45 dias após a inoculação, demonstrou ser um método eficaz para caracterizar a progressão da doença em mudas de mangueira. O monitoramento contínuo permitiu observar a intensificação gradual dos sintomas visuais, como murcha foliar, necrose e seca de ponteiros, além do escurecimento vascular no lenho, indicadores clássicos da doença. Paralelamente, a medição do índice SPAD ao longo do tempo evidenciou uma tendência de queda nos valores em plantas inoculadas, refletindo a degradação dos pigmentos fotossintéticos e o comprometimento da integridade fisiológica dos tecidos. Essa estratégia de avaliações sequenciais contribuiu para identificar diferenças na velocidade de manifestação dos sintomas entre os tratamentos e variedades. Estudos como o de Al-Kalbani et al. (2020) também demonstram que os efeitos fisiológicos da infecção por *C. fimbriata* se intensificam com o tempo, o que corrobora a importância de análises temporais na elucidação da resposta das plantas ao comportamento de diferentes isolados do patógeno.

Em estudos, Ribeiro (1984) relatou a morte dos ponteiros dos ramos em mangueiras inoculadas com *C. fimbriata* aos 93 dias após a inoculação. Esse sintoma reflete o avanço do patógeno pelos vasos condutores da planta, comprometendo o fluxo de seiva e resultando na necrose dos tecidos mais distantes do ponto de infecção. No presente estudo, ainda que o tempo de avaliação tenha sido menor, foi possível observar sinais iniciais de murcha e escurecimento em ramos superiores, indicando que a progressão da doença tende a seguir o mesmo padrão descrito por Ribeiro, com evolução gradativa e letal nos tecidos mais jovens e apicais, emitindo ainda brotações laterais após morte do ponteiro, sugerindo máximo estresse da planta.

A presença de sintomas característicos da infecção por *C. fimbriata*, como murcha, cancos, descoloração do lenho e desfolha, é essencial para confirmar a infecção, sendo indispensável o isolamento do patógeno a partir desses tecidos sintomáticos (Harrington et al., 2013). O autor valida, dessa forma, o resultado constatado neste experimento, no qual a presença do patógeno é determinante para o desenvolvimento das lesões e que, portanto, a ausência de sintomas nas plantas-controle confirma que os sintomas observados nas plantas inoculadas são, de fato, decorrentes da ação patogênica

dos isolados de *Ceratocystis* spp. utilizados.

Manifestações visuais são consequências diretas do bloqueio vascular provenientes da infecção promovida pelo patógeno. Rezende da Silva et al. (2017) demonstraram que, mesmo sob condições de irrigação, plantas infectadas apresentaram morte de ramos e sintomas foliares típicos da seca fisiológica, sugerindo que a severidade da infecção se intensifica, quando a planta já se encontra sob estresse ambiental. Corroborando esses resultados, Al-Kalbani et al. (2020) observaram que cultivares de mangueira inoculadas com *C. fimbriata* apresentaram redução no número de folhas, clorose e queda no índice SPAD, o que reforça a correspondência entre os sintomas visuais e os parâmetros fisiológicos mensuráveis. Dessa forma, a avaliação da evolução dos sintomas, visíveis ao longo do tempo, constitui um método confiável e prático para monitorar a progressão da seca da mangueira causada por *C. fimbriata*.

Os testes fisiológicos, realizados com diferentes variedades de mangueira e isolados de *C. fimbriata*, confirmaram uma tendência de maior sensibilidade das plantas ao estresse induzido pela infecção. Em estudo semelhante, Al-Kalbani et al. (2020) avaliaram nove variedades e observaram diferenças significativas nos valores de índice SPAD entre plantas inoculadas e não inoculadas, evidenciando impacto fisiológico mensurável. Além disso, verificou-se que a variedade ‘Espada’, uma das cultivares avaliadas neste estudo, apresentou suscetibilidade à infecção, independentemente do isolado utilizado, conforme demonstrado pelo maior comprimento das lesões e pela colonização fúngica no sentido radial. Esses resultados estão de acordo com os achados no presente trabalho, no qual também não foram observados indícios de resistência ao patógeno ao comparar-se ao desempenho das duas variedades analisadas.

Estudos anteriores corroboram a relação entre infecção vascular por *C. fimbriata* e alterações nos parâmetros fisiológicos das plantas hospedeiras. Bispo et al. (2016) demonstraram que cultivares de mangueira infectadas apresentaram desempenho fotossintético comprometido, com reduções significativas nas taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> e condutância estomática, o que pode refletir diretamente na degradação de pigmentos fotossintéticos e justificar a redução nos valores de índice SPAD. De forma semelhante, Silva et al. (2024), ao avaliarem plantas de eucalipto inoculadas com diferentes isolados de *C. fimbriata*, observaram que o estresse vascular, causado pelo patógeno, comprometeu a integridade fisiológica das plantas, resultando em queda nos teores de clorofila. Esses achados reforçam que a infecção por *C. fimbriata*, mesmo em espécies diferentes, pode provocar efeitos semelhantes sobre a estabilidade dos pigmentos

e o desempenho fotossintético; sugerem ainda a ocorrência de estresse oxidativo, advindo do bloqueio de passagem do xilema e ativação de mecanismos fotoprotetores, reforçando que as alterações nos pigmentos foliares estão associadas ao impacto sistêmico da infecção por *Ceratocystis* sp. e podem servir como indicadores sensíveis do grau de severidade dessa doença, mesmo em estágios iniciais.

Araujo et al. (2014) demonstraram em seus estudos que a resistência de cultivares de mangueira à infecção por *C. fimbriata* está fortemente associada à capacidade de formar barreiras anatômicas nos tecidos vasculares, como tilos, gomas e compostos fenólicos. Essas barreiras limitam a colonização do xilema, reduzindo a progressão da doença e preservando a funcionalidade fisiológica da planta. No presente estudo, sintomas mais severos observados na variedade ‘Coquinho’, seguido da variedade ‘Espada’, podem estar relacionados à ausência ou ineficiência desses mecanismos de defesa.

Uma etapa estratégica e indispensável em programas de melhoramento é a caracterização varietal, principalmente quando se trata da seca-da-mangueira, pois detecta resistência poligênica e possibilita avaliação real da resposta em diferentes cenários de agressividade (Arriel et al., 2016; Oliveira et al., 2016). Esse tipo de abordagem, observada de vários ângulos, fortalece a confiabilidade da seleção, garantindo que genótipos escolhidos sejam efetivamente resistentes aos isolados mais agressivos e aptos a gerar ganho genético significativo.

O isolado de *Ceratocystis*, proveniente de eucalipto, também foi submetido à caracterização morfológica com base em estruturas macro e micromorfológicas. Foram observados peritécios com corpo oblongo e pescoço alongado, típicos do gênero, desenvolvidos sobre o micélio da colônia, além de estruturas de reprodução sexuada com ascósporos providos de apêndices em forma de “chapéu”, compatíveis com as descrições taxonômicas para o grupo. Durante a preparação das lâminas, entretanto, a presença de endoconídios em cadeia, estrutura associada à reprodução assexuada de algumas espécies do gênero, foi registrada em apenas uma imagem obtida, sugerindo baixa ocorrência ou possível ausência consistente dessa característica no isolado avaliado. Brito et al. (2021) não descrevem a ocorrência de endoconídios em cadeias, assim como ocorreu com o isolado em questão, tal resultado pode indicar uma particularidade morfológica do isolado, o qual merece investigação complementar para confirmar seu potencial valor taxonômico.

Ferreira et al. (2013) descreveram detalhadamente a sintomatologia da murcha causada por *C. fimbriata* em plantações comerciais de *Eucalyptus* spp. no Brasil. Os

sintomas iniciavam-se com murcha súbita de folhas e ramos, seguida por necrose e morte regressiva da copa, muitas vezes com brotações adventícias na base da planta, próximas ao colo. Internamente, observava-se descoloração acentuada do xilema, com lesões necróticas que podiam se estender radial e longitudinalmente no tronco. Esses achados ressaltam o comportamento sistêmico do patógeno e sua capacidade de interromper o transporte de água, levando à seca fisiológica e conseqüente colapso da planta hospedeira. Ao avaliar a resistência de diferentes clones de eucalipto à infecção por *C. fimbriata*, Zauza et al. (2004) relataram que, mesmo na ausência de sintomas visuais externos, como murcha ou seca de ramos, era possível identificar lesões internas extensas no lenho das plantas inoculadas. As lesões eram caracterizadas por descoloração marrom a enegrecida do xilema em cortes longitudinais, indicativa de colonização ativa do tecido vascular pelo patógeno. Esses resultados corroboram os encontrados neste estudo, e sugerem que a infecção por *C. fimbriata* pode se desenvolver silenciosamente em determinados genótipos, tornando fundamental a inspeção interna do caule para diagnóstico confiável.

Silva et al. (2020), ao avaliar híbridos provenientes do cruzamento entre *E. grandis* e *E. urophylla* quanto à suscetibilidade à infecção por *C. fimbriata*., demonstraram que ambos os genótipos foram suscetíveis ao patógeno, ainda que com diferentes velocidades e intensidades de resposta, evidenciando variação na agressividade da infecção e no comportamento fisiopatológico dos materiais avaliados. A metodologia adotada baseou-se na medição da extensão da lesão no lenho aos 60 dias após a inoculação (DAI), permitindo caracterizar a severidade da doença. Diferentemente do observado no presente estudo, entretanto, as mudas avaliadas por Silva et al. (2020) apresentaram sintomas visíveis de murcha, sugerindo que a manifestação externa da doença pode ser influenciada pela interação entre genótipo e isolado.

A ausência de sintomas reflexos no eucalipto não foi parâmetro para desconsiderar a presença da doença nas plantas inoculadas. Ao longo do período experimental, os vasos do xilema de todas as plantas infectadas com isolados de *Ceratocystis* spp. estavam colonizados, principalmente aos 60 DAI. Contudo, a avaliação de parâmetros como SPAD e pigmentos fotossintéticos indicavam plena atividade fisiológica, diferentemente do que foi encontrado na literatura, em que Silva et al. (2024), ao realizar estudos com híbrido obtido de cruzamento entre *E. grandis* e *E. urophylla*, constataram, ao final dos 60 dias de avaliação, declínio significativo nos valores de índice SPAD e eficiência da clorofila.

Em estudo conduzido por Trang et al. (2021), os sintomas reflexos, associados à infecção por *C. fimbriata* em *Eucalyptus* spp., começaram a se manifestar entre 10 e 15 dias após a inoculação, com o surgimento de cancos visíveis e mudança na coloração das folhas, que passaram de verde para amarelo antes da queda. No entanto, no presente estudo, não foram observadas manifestações externas características da infecção, como murcha foliar ou necrose de ramos. Essa ausência de sintomas reflexos pode estar relacionada à resposta fisiológica do material vegetal utilizado, o híbrido AEC-144 (*E. urophylla*), que possivelmente apresenta algum grau de resistência ao patógeno, limitando a expressão externa da doença. Essa diferença reforça a importância da variabilidade genética entre genótipos de eucalipto e destaca a necessidade de estudos adicionais que envolvam a caracterização da resistência varietal ao patógeno.

Mafia et al. (2011) foram capazes de desenvolver um método eficiente para seleção e identificação de fontes de resistência à murcha do eucalipto causada por *C. fimbriata*, avaliando várias espécies de eucalipto e detectando variações na resistência, conforme a espécie e a procedência das sementes. No estudo, houve destaque para o *E. urophylla*, que apresentou maior variação entre indivíduos suscetíveis, corroborando a suscetibilidade apresentada pelo genótipo utilizado no experimento deste estudo, apesar da ausência de sintomatologia externa.

## 6 CONCLUSÕES

A inoculação artificial das variedades de mangueira ‘Coquinho’ e ‘Espada’ com isolados de *Ceratocystis* spp. demonstrou que o isolado proveniente de mangueira apresentou maior agressividade, resultando em lesões mais severas e maior impacto fisiológico, principalmente na variedade ‘Coquinho’, identificada como a mais suscetível. No híbrido de *E. urophylla* (AEC-144), não foram observados sintomas externos, entretanto, o patógeno foi detectado através de lesões no lenho.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfenas, A.C.; Mafia, R.G. **Inoculação de fungos fitopatogênicos**. Métodos em Fitopatologia, Ed. UFV, 2. ed., 2016.
- Al-Kalbani, B.; Al-Yahyai, R.; Al-Sadi, A. Physiological responses of nine mango cultivars seedlings inoculated with *Ceratocystis fimbriata*. **Acta Horticulturae**, p. 183-192, 2020. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1299.28>
- Amelia, R.P.; Muslim, A.; Damiri, N.; Hamidson, H.; Suwandi,.; Pratama, R. *Ceratocystis fimbriata* on brown salwood (*Acacia Mangium*) in Banyuasin, Indonesia. **Journal of Scientific Agriculture**. v. 8, p. 104-110, 2024. <https://doi.org/10.25081/jsa.2024.v8.9367>
- Araújo, D.O.; Moraes, J.A.A.; Carvalho, J.L.M. Fatores determinantes na mudança do padrão de consumo da manga no mercado nacional. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 10, p. 51-73, 2017. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10nEd.esp.p51-73>
- Araujo, L; Silva Bispo, W. M.; Cacique, I. S.; Cruz, M. F. A.; Rodrigues, F. A. Histopathological aspects of mango resistance to the infection process of *Ceratocystis fimbriata*. **Plant Pathology**, v. 63, n. 6, p.1282–1295, 2014. <https://doi.org/10.1111/ppa.12208>
- Arriel, D.A.A.; Guimarães, L.M.S.; Resende, M.D.V.; Neto, F.P.L.; Silva, D.F.S.H.S.; Siqueira, D.L.; Alfenas, A.C. Genetic control of resistance on *Mangifera indica* to *Ceratocystis* wilt. **Scientia Horticulturae**, v. 211, p. 312-318, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.001>
- Auer, C.G.; Santos, A.F. Dos. Doenças em eucaliptos destinados à produção de energia na região Sul do Brasil. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 31, n. 68, p. 373–379, 2011. <https://doi.org/10.4336/2011.pfb.31.68.373>
- Baker, C.J.; Harrington, T.C.; Krauss, U.; Alfenas, A.C. Genetic variability and host specialization in the latin american clade of *Ceratocystis fimbriata*. **Phytopathology**, v. 93, n. 10, p. 1274-1284, 2003. <https://doi.org/10.1094/PHYTO.2003.93.10.1274>.
- Batista, D.C.; Terao, D.; Barbosa, M.A.G.; Barbosa, F.R. **Seca-da-mangueira detecção, sintomatologia e controle**. Embrapa Semi-Árido - Comunicado Técnico, 138, 1ª ed., 2008.
- Batista, D.C.; Júnior, P.M.R.; Barbosa, M.A.G.; Andrade, J.N.; Terao, D. **Manejo de doenças de fruteiras tropicais: Doenças da mangueira**. EPAMIG: Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 37, n.290, p.82-91, 2016.
- Benso, L.A.; Pieroni, L. de P.; Taborda, Y.D.M.; Angelis, C.D.; Silva, L.T.P.; Rossini, B.C.; Marino, C.L. Furtado, E.L. Characterization of *Ceratocystis* wilt on Eucalyptus and its causal in Southern Bahia, Brazil. **Journal of Plant Diseases and Protection**. 2024. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4202077/v1>
- Bispo, W. M. S.; Araujo, L.; Moreira, W.R.; Silva, L.C.; Rodrigues, F.A. Differential leaf gas exchange performance of mango cultivars infected by different isolates of *Ceratocystis fimbriata*. **Scientia Agricola**, v.73, n.2, p.150-158, 2016. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0022>

- Brito, R.A.S.; Cavalcante, G.P.; Borel, F.C.; Maffia, L.A. Detection and isolation of *Ceratocystis fimbriata* in mango trees on semi-selective medium. **European Journal of Plant Pathology**, v. 155, p. 667–669, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10658-019-01785-0>
- Brito, N. M. de .; Duarte, H. da S. S.; Bühner, C. de B.; Auer, C. G.; Santos, Á. F. dos. Morphophysiological characterization of *Ceratocystis fimbriata* isolates from yerba mate. **Ciência Rural**, v. 51, n. 3, 2021. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200579>
- De Oliveira, J.R.V.; Bezerra, J.L.; Lima, T.E.F.; Da Silva, G.A.; Cavalcanti, M.A.Q. *Phaeosphaeria nodulispora*, a new endophytic coelomycete isolated from tropical palm (*Cocos nucifera*) in Brazil. **Nova Hedwigia**. v. 103, 2016. [https://doi.org/10.1127/nova\\_hedwigia/2016/0343](https://doi.org/10.1127/nova_hedwigia/2016/0343)
- Darrell, J.W.; Mark A.S. Infecção por *Ceratocystis* em batata-doce: seu efeito sobre proteínas, isoenzimas e imunidade adquirida. **Science**, v. 146, p. 929-931, 1964. <https://doi.org/10.1126/science.146.3646.929>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Cultivo da Mangueira**. 2ª ed. Versão Eletrônica, Embrapa Semi-Árido, 2004. 77 p
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **A cultura da manga**. 2ª ed. revisada e ampliada - Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 63 p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Eucalipto no Semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semiárido; Colombo: Embrapa Florestas. 2016. 42 p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Seca da mangueira**, agosto de 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacaotecnologica/cultivos/manga/producao/doencas-e-pragas/doencas/campo/seca-da-mangueira>. Acesso em junho de 2025.
- Fernandes, J. da S.; Conceição Júnior, V.; Barreto-Garcia, P. A. B. Field performance of *Eucalyptus* hybrids at Planalto da Conquista, Bahia, Brazil. **Floresta E Ambiente**, v. 25 n. 2, e20160594. 2018. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.059416>
- Ferreira, M.A.; Alfenas, A.C.; Máfia, R. **Patologia Florestal: Desafios e Perspectivas. *Ceratocystis fimbriata* em espécies florestais e agrônômicas no Brasil**, cap. 3, p. 75-101, 2013.
- Firmino, A.C.; Moraes, W.B.; Furtado, E.L. Primeiro relato de *Ceratocystis fimbriata* causando seca em *Acrocarpus fraxinifolius* no Brasil. **Summa phytopathol**, v. 41 n. 2, p. 160, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/1954>
- Firmino, A.C.; Tanaka, F.A.O.; Silva, S.D.V.M.; Ito, M.F.; Furtado, E.L. Colonização do xilema de eucalipto por *Ceratocystis* spp. isolados de diferentes hospedeiros. **Summa Phytopathologica**, v.41, n.2, p.138-143, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/2061>
- Fischer, I.H.; Firmino, A. C.; Ripardo, A.C.S.; Novaes, Q. S.; Furtado, E.L.; Sampaio, A. C. **Podridão de *Ceratocystis fimbriata* em cultivares de maracujazeiro amarelo, em pós-colheita**. In: XXXVII Congresso Paulista de Fitopatologia, 2014, Botucatu-SP. **Summa Phytopathologica**, v. 40. p. 120-120, 2014
- Freire, F.C.O.; Cardoso, J.E. Doenças da mangueira. In: Vale, F.X.R. et al. (Org.). **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle**. Viçosa: UFV, p. 287–312, 2005.

Guerra, A.G. **Tecnologia de produção na cultura da manga**. Clube de autores, 2020, 119 p.

Guindon, S.; Gascuel, O. A Simple, Fast, and Accurate Algorithm to Estimate Large Phylogenies by Maximum Likelihood. **Systematic Biology**, v. 52, n. 5, p. 696–704, 2003. <https://doi.org/10.1080/10635150390235520>

Guimarães, L.M.S.; Nunes, A.S.; Santos, S.A.; Resende, M.D.V.; Damacena, M.B.; Siqueira, D.L.; Alves, R.S.; Alfenas, A.C. Resistance of mango cultivar Ubá to *Ceratocystis fimbriata* depends on the pathogen's physiological variability. **Cropp Protection**, v. 143, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105560>

Harrington, T. C.; Thorpe, D. J.; Alfenas, A. C. *Ceratocystis* diseases. In: Alfenas, A. C.; Harrington, T. C. (org.). **Ceratocystis species: biology, taxonomy and pathology**. St. Paul: APS Press, 2013. p. 245–260. Disponível em: [https://faculty.sites.iastate.edu/tcharrin/files/inlinefiles/CeratocystisDiseases2013\\_1.pdf](https://faculty.sites.iastate.edu/tcharrin/files/inlinefiles/CeratocystisDiseases2013_1.pdf). Acesso em: 12 jul. 2025.

Inch, S.; Ploetz, R.; Held, B.; Blanchette, R. Histological and anatomical responses in avocado, *Persea americana*, induced by the vascular wilt pathogen, *Raffaelea lauricola*. **Botânica**, v. 90, n. 7, 2012.

Indrayadi, H.; Glen, M.; H.; F.; Prihatini, I.; Beadle, C.; Tjahjono, B.; Mohammed, C. Recognising *Ceratocystis* disease symptoms in a *Eucalyptus pellita* nursery. **Australasian Plant Pathol**, v. 52, p. 625–636, 2023. <https://doi.org/10.1007/s13313-023-00951-7>

Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ. **Relatório Anual IBÁ - 2024**. Disponível em: <https://iba.org/relatorio2024.pdf> Acesso em junho de 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de manga no Brasil – Série histórica 2002–2022**. Acesso em: 06 de jun. 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/manga/br>

Johnson, J.A.; Harrington, T.C.; Engelbrecht, C.J. Phylogeny and taxonomy of the North American clade of the *Ceratocystis fimbriata* complex. **Mycology**, v. 97, n. 5, p. 1067–1092, 2005. <https://doi.org/10.3852/micologia.97.5.1067>

Leather, R.I. A canker and wilt disease of pimento (*Pimenta officinalis*) caused by *Ceratocystis fimbriata* in Jamaica. **Transactions of the British Mycological Society**, v. 49, n. 2, p. 213-218, 1966. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(66\)80055-4](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(66)80055-4)

Mafia, R.; Alfenas, A.; Ferreira, E.; Binoti, D. Método de seleção e identificação de fontes de resistência à murcha do eucalipto causada por *Ceratocystis fimbriata*. **Revista Árvore**, 35, p. 817-824, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000500007>

Magalhães, D. M. A.; Luz, E.D.M.N.; Lopes, U.V.; Niella, A.R.R. Leaf disc method for screening *Ceratocystis* wilt resistance in cacao. **Tropical Plant Pathology**, v. 41, p. 155–161, 2016. <https://doi.org/10.1007/s40858-016-0081-9>

Magalhães, L.A.; Magalhães, D.M.A.; Luz, E.D.M.N.; Sodré, G.A. Diversidade patogênica de isolados de *Ceratocystis cacaofunesta* na região cacauieira da Bahia. **Agrotrópica**, v. 31, n.1, p. 27-36. 2019. <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2019v31n1p27-36>

- Marincowitz, S.; Barnes, I.; de Beer, Z.W.; Wingfield, M.J. Epitypification of *Ceratocystis fimbriata*. **Fungal Systematics and Evolution**, v. 6, p. 289 – 298, 2020. <https://doi.org/10.3114/fuse.2020.06.14>
- Matos, A.P. **Manga. Produção: aspectos técnicos**. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Brasília-DF, 1ª ed., p.63, 2000.
- Milne, I.; Wrigth, F.; Rowe, G.; Marshall, D.F.; Husmeier, D.; McGuire, G. TOPALi: software for automatic identification of recombinant sequences within DNA multiple alignments. **Bioinformatics Applications Note**, v. 20, n. 11, p. 1806–1807, 2004. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bth155>
- Moller, W.; DeVay, J. Transmissão de *Ceratocystis fimbriata* por insetos em árvores decíduas pomares de frutas. **Phytopathology**, v. 58, p. 1499–1508, 1968.
- McDonald, B.A.; Linde, C. Pathogen population genetics, evolutionary potential, and durable resistance. **Annual Review of Phytopathology**, v. 40, p. 349–379, 2002. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.40.120501.101443>
- Nascimento, A.P.G.; Souza, J.B.D.; Aragão, M.S. As características físico-químicas da manga espada (*Mangifera indica*) e sua participação no mercado brasileiro de exportação. **Altus Ciência**, v. 20, n. 20, p. 357-375, 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8422978>
- Oliveira, L.S.S.; Damacena, M.B.; Guimarães, L.M.S.; Siqueira, D.L.; Alfenas, A.C. *Ceratocystis fimbriata* isolates on *Mangifera indica* have different levels of aggressiveness. **Eur J Plant Pathol**, v. 145, p. 847-856, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10658-016- 0873-2>
- Pommer, C.V.; Barbosa, W. The impact of breeding on fruit production in warm climates of Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 612-634, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000200043>
- Preisigke, S. C.; Martini, F. V.; Rossi, A. A. B.; Serafim, M. E.; Barelli, M. A. A.; Luz, P. B.; Araújo, K. L.; Neves, L. G. Genetic variability of *Passiflora* spp. against collar rot disease. **Australian Journal Crop Science**, v. 9, p. 69-74, 2015.
- Rezende da Silva, S.D.; Lopes de Siqueira, D.; Salomão, L.C.C.; Cecon, P.R.; Alfenas, A.C. *Ceratocystis* wilt in ‘ubá’ and ‘dura’ mango trees under water deficit. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 39, n. 4, p. 441, 2017. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017441>
- Ribeiro, I. J. A.; Lourençao, A. L.; Paradela Filho, O.; Soares, N. B. Seca da mangueira. VII Resistência de cultivares de mangueira ao fungo *Ceratocystis fimbriata* Eli. & Halst. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 1, p. 237-243, 1984. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051984000100020>
- Rizzato, S. **Caracterização molecular do germoplasma de *Mangifera indica* e do patógeno *Ceratocystis fimbriata***. 78 p. Tese (Mestrado em Agricultura tropical e subtropical). Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas – SP, 2010.
- Rozane, D. E.; Darezzo, R.J.; Aguiar, R.L.; Aguilera, G.H.A.; Zambolim, L. **Manga - Produção Integrada, Industrialização e Comercialização (Manejo Integrado de Doenças da Mangueira)**. p. 377-408, Viçosa: UFV, 2004.

Silva, S.D.R. **Murcha-de-Ceratocystis em cultivares de mangueira submetidas a déficit hídrico**. 119 p. Tese (Mestrado em fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa – MG, 2014.

Silva, A.C.; Betancourth, B.M.L.; Ferreira, D.C.; Elerati, T.L.; Rodrigues, F.Á.; Alfenas, A.C. Responses of resistant and susceptible hybrid clones of *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* to infection by *Ceratocystis fimbriata*. **Annals of Forest Science**. 77, 45, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13595-020-00932-6>

Silva, P. C., Freitas, M. F., Andrade, J. R. de, Maia Júnior, S. de O., Aguiar, D. L., Matão, C. A., Silva, E. K. C., Rodrigues, A. A. C., Ferraz, T. M., & Figueiredo, F. A. M. M. de A. Ecophysiological responses of *Eucalyptus* inoculated with different *Ceratocystis fimbriata* isolates. **Revista Árvore**, v. 48, n. 1, 2024. <https://doi.org/10.53661/1806-9088202448263834>

Shukla, P.K.; Varma, S.; Fatima, T.; Bajpai, A.; Mishra, R.; Misra, A.K.; Gundappa.; Muthukumar, M. First report on wilt disease of mango caused by *Ceratocystis fimbriata* in Uttar Pradesh, India. **Indian Phytopathology**, v. 71, n. 1, p. 135-142, 2018. <https://doi.org/10.1007/s42360-018-0021-3>

Syazwan, S. A.; Mohd Farid, A.; Wan Muhd Azrul, W.A.; Syahmi, H. M.; Zaki, A. M.; Ong, S. P.; Mohamed, R. Survey, identification, and pathogenicity of *Ceratocystis fimbriata* complex associated with wilt disease on *Acacia mangium* in Malaysia. **Forests**, v. 12, n. 12, p. 1782, 2021. <https://doi.org/103390/f12121782>

Tamura, K.; Dudley, J.; Nei, M.; Kumar, S. MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) Software Version 4.0. **Molecular Biology and Evolution**, v. 24, n. 8, p. 1596–1599. 2007. <https://doi.org/10.1093/molbev/msm092>

Tavares, S.C.C.H. **Principais doenças da mangueira e alternativas de controle**. EMBRAPA - Centro de pesquisa agropecuária do trópico semiárido. Informações técnicas sobre a cultura da manga no semiárido brasileiro, 1995. Cap. 5, p. 124-155.

Trang, T.T.; Thu, P.Q.; Khai, T.Q.; Tuan, T.A.; Hinh, T.X.; Nam, N.V.; Thuy, T.P.P.; Chi, N.M. First report of canker and wilt disease in eucalypt caused by *Ceratocystis manginecans* in Vietnam. **Indian Phytopathology**, v. 75, p. 287–291, 2022. <https://doi.org/10.1007/s42360-021-00435-y>

Van Wyk, M.; Al Adawi, A.O.; Khan, I.A.; Deadman, M.L.; Al Jahwari, A.A.; Wingfield, B.D.; Ploetz, R.; Wingfield, M.J. *Ceratocystis manginecans* sp. nov., a causal agent of mango wilt and other host species in Oman and Pakistan. **Fungal Diversity**, v. 27, p. 213-230, 2007.

White, T.J.; Bruns, T.; Lee, S.; Taylor, J. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA Genes for phylogenetics. **Academic Press**. 1990.

Yadeta, K.A.; Thomma, B.P.H.J. The xylem as battleground for plant hosts and vascular wilt pathogens. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 12, 2013. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00097>

Zauza, E.A.V.; Alfenas, A.C.; Harrinton, T.C.; Mizubuti, E.S.; Silva J.F. Resistance of *Eucalyptus* clones to *Ceratocystis fimbriata*. **Plant Disease**, v. 88, n. 7, p. 758-760, 2004.