



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

MESTRADO EM FITOTECNIA

GEOVANE DE ALMEIDA NOGUEIRA

**AGRESSIVIDADE DE ESPÉCIES DE *FUSARIUM* CAUSADORAS DE
PODRIDÃO EM MELÕES NO BRASIL**

MOSSORÓ - RN

2021

GEOVANE DE ALMEIDA NOGUEIRA

**AGRESSIVIDADE DE ESPÉCIES DE *FUSARIUM* CAUSADORAS DE
PODRIDÃO EM MELÕES NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Fitopatologia

Orientadora: Profa. Dra. Sc. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio

MOSSORÓ - RN
2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

N774a Nogueira, Geovane de Almeida.

AGRESSIVIDADE DE ESPÉCIES DE FUSARIUM CAUSADORAS
DE PODRIDÃO EM MELÕES NO BRASIL /

Geovane de Almeida Nogueira. - 2021.

39 f. : il.

Orientadora: Marcia Michelle de Queiroz
Ambrosio.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Fitotecnia, 2021.

1. Cucumis melo. 2. Fusariose. 3. Podridão dos
frutos. I. Ambrosio, Marcia Michelle de
Queiroz, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

GEOVANE DE ALMEIDA NOGUEIRA

**AGRESSIVIDADE DE ESPÉCIES DE *FUSARIUM* CAUSADORAS DE
PODRIDÃO EM MELÕES NO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Mestre em Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Fitopatologia

Defendida em: 23/ 07 / 2021.

BANCA EXAMINADORA

MARCIA MICHELLE DE QUEIROZ AMBROSIO:96726539487 Assinado de forma digital por MARCIA MICHELLE DE QUEIROZ AMBROSIO:96726539487
Dados: 2021.07.24 07:32:03 -03'00'

Prof^ª. Dra. Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio

JAILMA SUERDA SILVA DE LIMA:03424556483 Assinado de forma digital por JAILMA SUERDA SILVA DE LIMA:03424556483
Dados: 2021.07.24 08:22:21 -03'00'

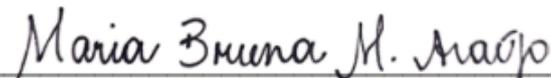
Prof^ª. Dra. Jailma Suerda Silva de Lima

RUI SALES JUNIOR:87634325449 Assinado de forma digital por RUI SALES JUNIOR:87634325449
Dados: 2021.07.27 11:14:30 -03'00'

Prof. Dr. Rui Sales Júnior

ANDREIA MITSAPAIVA:08897954448 Assinado de forma digital por ANDREIA MITSAPAIVA NEGREIROS:08897954448
Dados: 2021.07.26 12:25:13 -03'00'

Prof^ª. Dra. Andréia Mitsa Paiva Negreiros


Dra. Maria Bruna de Medeiros Araújo

A Deus, por ser a força que me dá forças para superar as barreiras que surge em minha vida e conquistar meus objetivos.

Aos meus pais, Neusanir e Paulo, por serem exemplos de amor e me orientarem a sempre lutar pelos meus sonhos.

A minha esposa, Valéria, por estar ao meu lado neste desafio e me incentivar em todos os momentos.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas graças e bênçãos em minha vida, pela força e proteção nos momentos difíceis e iluminar meu caminho até o presente momento.

A toda minha família, em especial aos meus pais, Neusanir e Paulo, pelo apoio, empenho e por torcer por mim em todos os momentos. Vocês são grandes responsáveis por esta conquista!

A minha amada esposa, Valéria Sand, por cuidar de mim em todos os momentos dessa caminhada, chorando, sorrindo, me apoiando e até mesmo me cobrando para que cada dia eu fosse uma pessoa melhor.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido, e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realização do curso.

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

À professora Dra. Márcia Michelle pela orientação durante o Mestrado, o suporte, pelo exemplo de profissional e pessoa, pelos ensinamentos passados a mim desde a graduação, a palavra amiga e as cobranças que sempre eram para o meu bem.

A todos os amigos e amigas do Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia, Afonso Luiz, Romário Figueiredo, Isabel Cabral, Karol Barroso, José Janderson, Uilma Laurentino, Jarlan Lucas, Igor Vinícius, Tatianne Raianne, Maria Bruna, Darlan Borges e a técnica do Laboratório Louise Medeiros pela ajuda na realização do trabalho, pelas conversas e risadas diárias que fizeram o melhor convívio possível, pelas experiências de vida e acadêmicas compartilhadas.

À empresa Alltech Crop Science, em nome de Michelangelo Fernandes, que foi um grande amigo e me ajudou demais nos experimentos, sendo fundamental o seu auxílio para que este trabalho fosse realizado.

As empresas produtoras de melão da região que disponibilizaram os frutos para montagem dos experimentos, sendo elas: Dina Dinamarca, Agrícola Bom Jesus, CMR Brasil, Bollo e Cris Frutas.

Agradeço Imensamente!

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo conhecer a agressividade de cinco espécies de *Fusarium*, causadoras de podridão nos principais tipos de melão produzidos no Brasil, e a correlação da patogenicidade com a qualidade dos frutos. Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5x8, onde em cada experimento utilizou-se duas metodologias: inoculação por deposição de discos de BDA com estruturas dos fungos, e inoculação por multiagulhas com deposição de suspensão de conídios. As espécies estudadas foram: *Fusarium falciforme*, *F. sulawesiense*, *F. pernambucanum*, *F. kalimantanense* e *Fusarium* sp. Os frutos foram obtidos de empresas produtoras de melão do Rio Grande do Norte, Brasil, sendo utilizados quatro tipos de melões, dois híbridos por tipo, totalizando oito híbridos: tipo Amarelo (Goldex e Gold Mine), Pele de Sapo (Grand Prix e Flecha Verde), Gália (McLaren e DRG3228) e Cantaloupe (SV1044 e Bonsai). Utilizando dois métodos de inoculação nos frutos, avaliou-se a agressividade de cada espécie, através da medição do comprimento da lesão (mm), o índice de severidade da doença, e a correlação da patogenicidade com a firmeza e o ° Brix dos frutos. Em ambos os métodos de inoculação as cinco espécies de *Fusarium* provocaram podridão nos híbridos avaliados. A podridão do melão causada por diferentes espécies de *Fusarium* foi menos severa nos híbridos do tipo Amarelo (Gold Mine e Goldex). O McLaren foi o híbrido que apresentou maior severidade da doença para a maioria das espécies de *Fusarium*. Quanto maior a severidade da podridão causada por espécies de *Fusarium*, menor a firmeza dos frutos. O brix não interferiu no aparecimento de doença.

Palavras-chave: *Cucumis melo*; Fusariose; Podridão dos frutos.

ABSTRACT

The present study aimed to understand the aggressiveness of five species of *Fusarium*, causing fruit rot in the main types of melon produced in Brazil, and the correlation of pathogenicity with fruit quality. The experiments were performed in a completely randomized design, in a 5x8 factorial scheme, using two methodologies: inoculation by deposition of infested PDA discs, and inoculation with conidial suspension. The following species were studied: *Fusarium falciforme*, *F. sulawesiense*, *F. pernambucanum*, *F. kalimantanense* and *Fusarium* sp. The fruits were obtained from producing farms in the state of Rio Grande do Norte, Brazil. Four types of melons were used, two hybrids per type, totaling eight hybrids: Canary type (Goldex and Gold Mine), Piel de Sapo (Grand Prix and Flecha Verde), Galia (McLaren and DRG3228) and Cantaloupe (SV1044 and Bonsai). Using two inoculation methods in the fruits, the aggressiveness of each species was assessed by measuring the length of the lesion (mm), the disease severity index, and the correlation of pathogenicity with fruit firmness and °Brix. In both methods, all five species of *Fusarium* caused rot in the studied hybrids. Melon rot caused by different *Fusarium* species was less severe in Canary hybrids (Gold Mine and Goldex). McLaren was the hybrid with the highest disease severity for most *Fusarium* species. The higher the severity of fruit rot caused by *Fusarium*, the lower the firmness of the fruits. The brix did not interfere with the onset of disease.

Keywords: *Cucumis melo*; fusariosis; Fruit rot.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Sintomas das espécies de *Fusarium* em híbridos de melão inoculados por deposição de discos de BDA com estruturas dos fungos. A) *F. sulawesiense*; B) *Fusarium* sp.; C) *F. pernambucanum*; D) *F. kalimantanense*; E) *F. falciforme*; F) Controle. a) Gold Mine; b) Goldex; c) Flecha Verde; d) Grand Prix; e) McLaren; f) DRG3228; g) SV1044MF e h) Bonsai 26
.....
- Figura 2.** Sintomas das espécies de *Fusarium* em híbridos de melão inoculados na região peduncular com multiagulhas e deposição de suspensão de conídios. A) *F. sulawesiense*; B) *Fusarium* sp.; C) *F. pernambucanum*; D) *F. kalimantanense*; E) *F. falciforme*; F) Controle. a) Gold Mine; b) Goldex; c) Flecha Verde; d) Grand Prix; e) McLaren; f) DRG3228; g) SV1044MF e h) Bonsai..... 31
- Figura 3.** Correlação de Pearson entre as variáveis severidade (SEV), índice de severidade da doença (ISD), ° Brix (BRIX) e firmeza da polpa (FIRM)..... 35

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, para os dados referentes a severidade da doença utilizando o método de inoculação por deposição de disco de BDA com estruturas do fungo..... 25
- Tabela 2.** Tamanho das lesões (mm) em híbridos de meloeiro inoculados com espécies de *Fusarium* pelo método de deposição de disco de BDA com estruturas do fungo 27
- Tabela 3.** Resumo da análise de variância do ISD, pelo quadrado médio, para os dados referentes ao método de inoculação por deposição de disco de BDA com estruturas do fungo 28
- Tabela 4.** Índice de severidade da doença (ISD) causado por espécies de *Fusarium* em híbridos de meloeiro inoculados pelo método de deposição de disco de BDA com estruturas do fungo 29
- Tabela 5.** Resumo da análise de variância, pelo quadrado médio, para os dados referentes a severidade da doença pelo método de inoculação com multiagulhas e deposição de suspensão de conídios 30
- Tabela 6.** Tamanho das lesões (mm) em híbridos de meloeiro inoculados com espécies de *Fusarium* em híbridos de meloeiro inoculados com multiagulhas e deposição de suspensão de conídios 32
- Tabela 7.** Resumo da análise de variância do ISD, pelo quadrado médio, para os dados referentes ao método de inoculação com multiagulhas e deposição de suspensão de conídios 33

.....

Tabela 8. Índice de severidade da doença (ISD) das espécies de *Fusarium* em híbridos de meloeiro inoculados com multiagulhas e deposição de suspensão de conídios 34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERÊNCIAS	16
AGRESSIVIDADE DE ESPÉCIES DE <i>FUSARIUM</i> CAUSADORAS DE PODRIDÃO EM MELÕES PRODUZIDOS NO BRASIL	20
RESUMO	20
1 INTRODUÇÃO	21
2 MATERIAL E MÉTODOS	22
2.1 Considerações gerais	22
2.2 Obtenção de isolados	23
2.3 Método de inoculação por deposição de discos de BDA com estruturas do fungo..	23
2.4 Método de inoculação por multiagulhas com deposição de suspensão de conídios.	24
2.5 Variáveis analisadas	24
2.6 Análise estatística	25
3 RESULTADOS	25
3.1 Método de inoculação por deposição de discos de BDA com estruturas do fungo..	25
3.2 Método de inoculação por multiagulhas com deposição de suspensão de conídios..	29
3.3 Correlação das variáveis analisadas	34
.....	35
4 DISCUSSÃO	37
5 CONCLUSÕES	38
6 REFERÊNCIAS	

1. INTRODUÇÃO GERAL

O meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das hortaliças mais apreciadas em todo o mundo, pertencente à família botânica das Cucurbitáceas, é o gênero *Cucumis*, um dos maiores dentro desta família, possuindo aproximadamente 34 espécies (ALMEIDA, 2006). O melão é originário da África e Ásia, e essa teoria é embasada devido a presença de tipos idênticos nessas regiões, e em áreas adjacentes (ARAÚJO; CAMPOS, 2011). É uma planta herbácea, de ciclo anual, diplóide, de crescimento rasteiro, com inúmeras ramificações. Seu cultivo está concentrado principalmente nas regiões de clima quente (MALLEK-AYADI et al., 2018). Demonstra ótimo desenvolvimento em ambientes de clima tropical, com temperaturas mais elevadas (acima de 30 °C), umidade relativa do ar na faixa de 65 e 75% e com alta incidência de raios solares (FERNANDES et al., 2010).

O Brasil é considerado um dos maiores produtores da fruta no mundo, onde o melão é uma das frutas mais exportada em relação a receita, com US\$ 160,389 milhões (ANUÁRIO HORTIFRUTI BRASIL, 2020). A região Nordeste do Brasil apresenta condições climáticas ideais para o cultivo (DEUS et al., 2015), concentrando a maior produção desta cultura. destacando os estados do Rio Grande do Norte e Ceará com aproximadamente 95% da produção nacional, com 12.300 hectares de área plantada, e exportando aproximadamente 235 mil toneladas entre agosto/19 e março/20, segundo dados da Secretaria de Comércio Exterior (Secex), na safra 2019/2020 (HFBRASIL, 2020). A cultura possui grande importância socioeconômica, sendo fonte de renda para muitas famílias e gerando aproximadamente 25 mil empregos a cada safra (ABRAFRUTAS, 2018).

Os avanços tecnológicos empregados no meloeiro, como a utilização de híbridos, uso de irrigação localizada por gotejamento, uso do *mulch* de polietileno e da manta térmica, permitiram o cultivo de três ciclos de melão por ano no Nordeste do Brasil, e conseqüentemente, o aumento na produção da cultura, porém, isso vem contribuindo para o aumento das doenças (CAVALCANTE et al., 2020).

O aumento das áreas de cultivo, a monocultura do meloeiro nessas regiões produtoras, somada aos cultivos sucessivos, vem contribuindo para o aumento na incidência e severidade dessas doenças causadas por patógenos habitantes do solo e que também infectam frutos (MEDEIROS et al., 2015). Estes patógenos se tornaram grande

ameaça ao cultivo de meloeiro em várias regiões produtoras do mundo (ZHAO et al., 2014). Entre estas doenças, as que ocorrem na pós-colheita, também causam grandes perdas, por reduzirem o rendimento e a qualidade do fruto.

As doenças pós-colheita também vêm aumentando ano após ano, o que vem reduzindo o rendimento e a qualidade dos frutos, principalmente durante o seu transporte e exportação, dependendo dos procedimentos de embalagem e manuseio pós-colheita (MANGOLIN et al., 2019). As infecções podem ocorrer na pré-colheita (no campo), na colheita, ou nos procedimentos pós-colheita (no *packing house*), porém, nos melões exportados, os sintomas são evidenciados depois de algum tempo, normalmente quando os frutos chegam nos países importadores (OSTER et al., 2018), em torno de 30 dias (Brasil para países da Europa) (TOMAZ et al., 2009).

No Brasil, são cultivados dois grupos de melão (var. *inodorus* Naud. e var. *cantalupensis* Naud). Os melões do grupo *inodorus* Naud. apresentam casca lisa ou levemente enrugada, coloração amarela, branca ou verde-escura, são resistentes às condições de transporte, e apresentam extensa conservação pós-colheita. O grupo *cantalupensis* Naud. apresenta melões com aroma e sabor acentuados, mais doces que os inodoros, porém de baixa conservação pós-colheita, com frutos de tamanho médio, com superfície reticulada, verrugosa ou escamosa (BRITO, 2017). Dentre as variedades, destacam-se os tipos Amarelo, Pele de sapo, Gália e Cantaloupe. Segundo Sales Júnior et al. (2004), isso deve-se às exigências comerciais, principalmente a doçura e a firmeza da polpa, apreciados principalmente pelos países importadores. Cada tipo de melão citado anteriormente está classificado segundo o Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura, onde as características são baseadas na textura da casca, a cor da casca, cor da polpa e a forma. (CEAGESP, 2004).

Embora a fusariose em frutos seja um problema para os produtores, ainda não há o conhecimento sobre os níveis de agressividade das principais espécies de *Fusarium* que ocorrem na pós-colheita do meloeiro, sobre os diferentes tipos de melões produzidos no Brasil. A interação dessas espécies com os diferentes tipos de melões, influenciará na escolha das cultivares que serão plantadas em áreas com maior potencial de inóculo.

As podridões pós-colheita, dentre elas a podridão dos frutos, são consideradas uma das doenças mais importantes na comercialização de melão (MAHDIKHANI; DAVOODI, 2016). Os agentes causadores de podridão dos frutos apresentam a

capacidade de se estabelecerem no fruto imaturo e permanecerem em estado latente, sem o aparecimento de sintomas, até que haja condições favoráveis, e os sintomas normalmente apareçam com o amadurecimento do fruto (NERY-SILVA et al., 2001). A infecção destes agentes causa alterações na aparência, odor, sabor, textura e redução dos valores nutricionais, levando à depreciação do valor comercial dos frutos (KFOURY et al., 2016).

A podridão em melão causa perdas em torno de 15% durante a exportação (OSTER et al., 2018). Como os sintomas aparecem tardiamente (entre 5 a 10 dias após a colheita, em temperatura ambiente ou sob refrigeração), é difícil um manejo da doença, principalmente quando as frutas são destinadas à exportação, pois os sintomas aparecem apenas no país importador, ocasionando prejuízos devidos o fruto ficar impróprio para comercialização, sendo portanto, descartado (TERAO et al., 2006).

Os sintomas de podridão foram relatados pela primeira vez no Rio Grande do Norte no ano de 2000, quando foi identificado o fungo *F. incarnatum* (Desm.) Sacc. (sin. *Fusarium pallidoroseum* (Cooke) Sacc) como agente causal (GADELHA, 2002).

Alguns microrganismos causadores de podridões secretam substâncias tóxicas, denominadas micotoxinas (GADELHA et al., 2003), tornando o produto impróprio ao consumo, diminuindo seu valor nutricional e comercial. Essas substâncias têm sido relatadas como ameaça à saúde humana e de animais, podendo ocasionar mutagênese e carcinogênese em células humanas (RICHARD; PAYNE, 2002). As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos fitopatogênicos com elevada toxicidade, que provocam a deterioração de alimentos (SANTOS, 2014). Os tricotecenos são o principal grupo de micotoxina da podridão de *Fusarium*, podendo causar forte toxicidade em humanos (HE et al., 2010). Portanto, reduzir as podridões de *Fusarium* em híbridos de melão é de fundamental importância para produção e comercialização desta olerícola.

Pertencentes ao filo Ascomycetes (LESLIE; SUMMERELL, 2006), o gênero *Fusarium* possui grande importância econômica na pós-colheita do melão, sendo considerado um fungo quiescente, apresentando sintomas no armazenamento (NASCIMENTO et al., 2014). Este gênero exibe alto grau de diversidade nos aspectos morfológicos, fisiológicos e ecológicos, ocorrendo nas mais diversas regiões geográficas do mundo (BURGEES et al., 1997). Com o uso de marcadores moleculares, várias espécies do gênero *Fusarium* vem sendo relatadas causando podridão em melão,

pertencentes a diversos complexos de espécies como *Fusarium incarnatum-equiseti* (FIESC), *F. solani* (FSSC), *F. oxysporum* (FOSC) e o *F. fujikuroi* (FFSC) (ARAÚJO, 2020).

A disseminação do patógeno ocorre pelo contato direto do fruto de meloeiro com o solo, o pó que levanta do solo durante o manejo da cultura no campo e os conídios são levados pelo vento e água, onde o aparecimento dos sintomas da podridão inicia com uma pequena lesão encharcada, acompanhada de um intenso crescimento micelial cotonoso branco (DIAS; TERAPO, 2006).

O *Fusarium* ocorre com muita frequência em plantios de melão, sendo um dos mais isolados de meloeiros sintomáticos provenientes das principais áreas de produção do Brasil (MAHDIKHANI; DAVOODI, 2016). Atualmente foram relatadas cinco espécies de *Fusarium* causando podridão em melão no Brasil, *F. falciforme*, *F. sulawesiense*, *F. pernambucanum*, *F. kalimantanense*, *Fusarium* sp.. Estes patógenos atacam todo o fruto, no entanto, é mais evidente na região peduncular, e os sintomas atingem até a polpa dos frutos dos diferentes tipos de melão cultivados (Amarelo, Pele de sapo, Gália e Cantaloupe) (ARAÚJO et al., 2021).

As podridões pós-colheita são de difícil controle, por isso várias tecnologias vêm sendo adotadas, como o controle químico (fungicidas sistêmicos e protetores, inibidores de amadurecimento), controle físico (refrigeração, tratamento térmico) e indução de resistência (elicitores) (ZAMBOLIM, 2002).

A constata procura por novos agentes microbianos se deve a crescente resistência dos microrganismos patogênicos aos produtos sintéticos. O uso destes produtos no controle de fitopatógenos vem sendo restringido devido às possíveis ações carcinogênicas e teratogênicas, à alta toxicidade, e aos efeitos colaterais em humanos, além de originar poluição ambiental e requerer longo período para a completa degradação (FENG; ZHENG, 2007).

O conhecimento da interação patógeno-hospedeiro é imprescindível para determinar como ocorre o desenvolvimento da doença. Estudar os diferentes híbridos de meloeiro e observar como cada espécie de *Fusarium* se comporta é de extrema importância para entender esta interação patógeno-hospedeiro.

REFERÊNCIAS

- ABRAFRUTAS, 2018. **Cenário Hortifruti Brasil 2018**. <<https://abrafrutas.org/wp-content/uploads/2019/09/Relatorio-Hortifruti.pdf>>. Acesso em: 12 de jul. 2020.
- ALMEIDA, D. **Manual de Culturas Hortícolas**. 1. ed. vol. 1, Lisboa: Editorial Presença, 2006, 356 p.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2019. **Anuário Brasileiro de Fruticultura**. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2018-2019.aspx>>. Acesso em: 12 de jul. 2020.
- ANUÁRIO HORTIFRUTI BRASIL, 2020. **Anuário Hortifruti Brasil**. Disponível em: <<https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2019-2020-retrospectiva-2019-perspectivas-2020-dos-hf-s.aspx>>. Acesso em: 12 de jul. 2020.
- ARAÚJO, M. B. M. **species of *fusarium* causing peduncular rot in melon in brazil and alternative management methods**. 2020. 96f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2020.
- ARAÚJO, V. F. S.; CAMPOS, D. F. A cadeia logística do melão produzido no Agropolo Fruticultor Mossoró/Açu. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 42, n. 3, p. 505- 530, 2011.
- BRITO, E. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de variedades de melão (*cucumis melo* L.) comercializadas no brasil e determinação do teor de glutathione reduzida (GSH)**. 2017. 130f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.
- CAVALCANTE, A. L. A. et al. Characterization of Five New *Monosporascus* Species: Adaptation to Environmental Factors, Pathogenicity to Cucurbits and Sensitivity to Fungicides. **Journal of Fungi**, v. 6, n. 169, 2020.

CEAGESP. **Programa Brasileiro Para a Modernização da Horticultura**. Normas de Classificação de Melão. São Paulo: CEAGESP, Centro de Qualidade em Horticultura, 2004. 6p (CQH. Documentos, 27).

DEUS, J. A. L. et al. Fertilizer recommendation system for melon based on nutritional balance. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 498 - 511, 2015.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA) et al. Updated review of the existing maximum residue levels for imazalil according to Article 12 of Regulation (EC) No 396/2005 following new toxicological information. **EFSA Journal**, v. 16, n. 10, p. 53-54, 2018.

FENG, W.; ZHENG, X. Essential oils to control *Alternaria alternata* *in vitro* and *in vivo*. **Food Control**, v. 18, p. 1126- 1130, 2007.

FERNANDES, O. B. et al. Efeito do nitrato de cálcio na redução do estresse salino no meloeiro. **Revista Caatinga**, v. 23, n. 3, p. 93-103, 2010.

FERRAZ, D. M. M. et al. Efeito do cloreto de cálcio sobre a antracnose e características de frutos de goiaba em pós-colheita. **Agrotropica**, v. 28, n. 2, p. 311-318, 2016.

GADELHA, J. C. **Controle preventivo e curativo da podridão pós-colheita de frutos de melão com produto alternativo**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Ceará. Universidade Federal do Ceará, 2002.

GADELHA, C. J. et al. Defensivos naturais no tratamento pós-colheita do pedúnculo do melão. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 34, n. 1, p. 4-10, 2003.

HE, J. et al. Chemical and biological transformations for detoxification of trichothecene mycotoxins in human and animal food chains: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 21, n. 2, p. 67 – 76, 2010.

HF BRASIL, 2020. **Hortifruiti Brasil**. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/melao-cepea-balanco-das-exportacoes-da-safra-2019-20-e-positivo.aspx>. Acesso em: 15 de jan. 2021.

KFOURY, M. et al. Solubility, photostability and antifungal activity of phenylpropanoids encapsulated in cyclodextrins. **Food Chemistry**, v. 196, n. 1, p. 518-525, 2016.

LESLIE, J.F.; SUMMERELL, B.A. **The Fusarium Laboratory Manual**. Ames, Iowa, USA: Blackwell Publishing, 2006.

MAHDIKHANI, M.; DAVOODI, A. Evaluation of biocontrol potential of rhizosphere antagonist bacterial strains on *Fusarium* wilt and plant growth in muskmelon plants. **American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture**, v. 10, p. 15–24, 2016.

MALLEK-AYADI, S.; BAHLOUL, N.; KECHAOU, N. Chemical composition and bio Soil-Plex® Active compounds of *Cucumis melo* L. seeds: Potential source for new trends of plant oils. **Process Safety and Environment Protection**, v. 113, n. 1, p. 68-77, 2018.

MANGOLIN, G. S. et al. Tratamento hidrotérmico no controle de podridão penduncular em mamão papaya Hydrothermal treatment in the control of papaya penduncular rot. **Braz. J. Anim. Environ. Res.** v. 2, n. 5, p. 1615-1623, 2019.

MEDEIROS, A. C. et al. Métodos de inoculação de *Rhizoctonia solani* e *Macrophomina phaseolina* em meloeiro (*Cucumis melo*). **Summa Phytopathologica**, v. 41, n. 4, p. 281-268, 2015.

NASCIMENTO, F. V. et al. Hidrotermia e radiação UV-C no controle de patógenos de manga e melão. **Summa Phytopathologica**, v. 40, n. 4, p. 313-317, 2014.

NERY-SILVA, F. A. et al. Controle químico da podridão peduncular de mamão causada por *colletotrichum gloeosporioides*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 3, p. 519-524, 2001.

OSTER, A. H. et al. Luz ultravioleta pulsada no controle de podridão pós-colheita e na qualidade de melão para exportação. **Embrapa Agroindústria Tropical – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**. (Boletim de Pesquisa, 173), 2018.

RICHARD, J. L.; PAYNE, G. A. **Mycotoxins: risks in plants, animal and humans systems**. Ames: Council for Agricultural Science and Technology, 2002. 199 p.

SALES JUNIOR, R. et al. Qualidade do melão exportado pelo porto de Natal. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 98-100, 2004.

SANTOS, G. G. Qualidade físico-química, microbiológica e ocorrência de micotoxinas de *Alternaria alternata* em derivados de tomate. Tese (Doutorado em Nutrição Humana). Distrito Federal. Universidade de Brasília, 2014.

SILVA, H. R.; COSTA, N. D.; CARRIJO, O. A. **Existência de clima e solo e época de plantio**. In: SILVA, H. R.; COSTA, N. D. (Eds.) Melão: produção, aspectos técnicos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 23-24. (Frutas do Brasil, 33).

TERAO, D. et al. Integração de fungicidas à refrigeração no controle de podridão pós-colheita em frutos de meloeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 89-93, 2006.

TOMAZ, H. V. Q et al. Qualidade pós-colheita de diferentes híbridos de melão-amarelo armazenados sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 4, p.987-994, 2009.

ZAMBOLIM, L. et al. **Controle de doenças em pós-colheita de frutas tropicais**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.) Manejo integrado:fruteiras tropicais – doenças e pragas. Viçosa. UFV. 2002. p. 443-511.

ZHAO, B. et al. Phylogeny and pathogenicity of *Fusarium* spp. isolated from greenhouse melon soil in Liaoning Province. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 21, p. 374–379, 2014.

Agressividade de espécies de *Fusarium* causadoras de podridão em melões no Brasil

Geovane de Almeida Nogueira¹, Valéria Sand Costa Conrado¹, Afonso Luiz de Almeida Freires¹, José Janderson Ferreira de Souza¹, Francisco Romário Andrade Figueiredo¹, Maria Bruna Medeiros Araújo¹, Luan Vítor Nascimento², Jailma Suerda Silva de Lima¹, Francisco Bezerra Neto¹, Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio^{1*}

¹Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais, Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Ufersa, Campus de Mossoró, 59.625-900 Mossoró, RN, Brazil.

²Master in Plant Health and Sustainable Cropping Systems, Georg-August-Universität Göttingen (Germany) and Universitat Politècnica de València (Spain).

*Corresponding author: Márcia Michelle de Queiroz Ambrósio

E-mail: marciamichelle@ufersa.edu.br

Resumo

O presente estudo teve como objetivo conhecer a agressividade de cinco espécies de *Fusarium*, causadoras de podridão nos principais tipos de melão produzidos no Brasil, e a correlação da patogenicidade com a qualidade dos frutos. Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5x8, onde cada experimento utilizou-se duas metodologias: inoculação por deposição de discos de BDA com estruturas dos fungos, e inoculação por multiagulhas com deposição de suspensão de conídios. As espécies estudadas foram: *Fusarium falciforme*, *F. sulawesiense*, *F. pernambucanum*, *F. kalimantanense* e *Fusarium* sp. Os frutos foram obtidos de empresas produtoras de melão do Rio Grande do Norte, Brasil, sendo utilizados quatro tipos de melões, dois híbridos por tipo, totalizando oito híbridos: tipo Amarelo (Goldex e Gold Mine), Pele de Sapo (Grand Prix e Flecha Verde), Gália (McLaren e DRG3228) e Cantaloupe (SV1044 e Bonsai). Utilizando dois métodos de inoculação nos frutos, avaliou-se a agressividade de cada espécie, através da medição do comprimento da lesão (mm), o índice de severidade da doença, e a correlação da patogenicidade com a firmeza e o ° Brix dos frutos. Nos dois métodos de inoculação, as cinco espécies de *Fusarium* provocaram podridão nos híbridos avaliados. A podridão do

melão causada por diferentes espécies de *Fusarium* foi menos severa nos híbridos do tipo Amarelo (Gold Mine e Goldex). O McLaren foi o híbrido que apresentou maior severidade da doença para a maioria as espécies de *Fusarium*. Quanto maior a severidade da podridão do melão causada por espécies de *Fusarium*, menor a firmeza dos frutos. O brix não interferiu no aparecimento de doença.

Palavras-chave: *Cucumis melo*; Fusariose; Podridão dos frutos.

1 Introdução

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma das hortaliças mais apreciada em todo o mundo. O Brasil é considerado um dos maiores produtores da fruta, destinando cerca de 60% da produção para exportação, entre os principais importadores estão a Comunidade Europeia e o Canadá (HF Brasil, 2020). No Brasil, a região Nordeste é a maior produtora, destacando os estados do Rio Grande do Norte (RN) e Ceará (CE), com 95% da produção nacional, com 12.300 hectares de área plantada e exportando um volume de 90 mil toneladas na safra 2018/2019 (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2019). O melão foi a segunda fruta mais exportada no ano 2019, movimentando uma receita de US\$ 72 milhões (Anuário Hortifruti Brasil, 2020). Além disso, esta cultura dispõe de grande importância socioeconômica, por ser fonte de renda para muitas famílias, gerando aproximadamente 25 mil empregos a cada safra (Abrafrutas, 2018).

Os avanços tecnológicos empregados no meloeiro permitiram o cultivo de três ciclos de melão por ano no Nordeste do Brasil, o aumento na produção da cultura, porém, isso vem contribuindo para o aumento de doenças (Cavalcante et al., 2020), entre elas, as que ocorrem na pós-colheita, causando grandes perdas por reduzirem o rendimento e a qualidade do fruto. As infecções podem ocorrer ainda em campo (na pré-colheita), durante a colheita, ou nos procedimentos pós-colheita (no *packing house*) (Oster et al., 2018). Em melões exportados, os sintomas são normalmente evidenciados durante o longo período de deslocamento até os países importadores (Oster et al., 2018), em torno de 30 dias (Brasil para países da Europa) (Tomaz et al., 2009).

A podridão em melão causa perdas em torno de 15% durante as exportações brasileiras (Oster et al., 2018). A infecção por *Fusarium* é uma das principais doenças e reduz a qualidade do fruto, causando alterações na aparência, odor, sabor, textura e diminuição dos valores nutricionais, levando à depreciação do valor comercial desses

produtos (Kfoury et al., 2016; Mangolin et al., 2019). Este gênero, exibe alto grau de diversidade entre os atributos morfológicos, fisiológicos e ecológicos, podendo ocorrer na maioria dos nichos ecológicos, e em diversas regiões geográficas do mundo (Burgees et al., 1994). Atualmente foram relatadas cinco espécies de *Fusarium* causando podridão em melão no Brasil: *Fusarium falciforme*, *F. sulawesiense*, *F. pernambucanum*, *F. kalimantanense* e *Fusarium* sp., principalmente na região peduncular dos frutos (Araújo et al., 2021).

No Brasil, são cultivados dois grupos de melão (var. *inodorus* Naud. e var. *cantalupensis* Naud). Os melões do grupo *inodorus* Naud. apresentam casca lisa ou levemente enrugada, coloração amarela, branca ou verde-escura, sendo resistentes às condições de transporte e apresentam extensa conservação pós-colheita. O grupo *cantalupensis* Naud. apresenta melões com aroma e sabor acentuados, mais doces que os inodoros, porém de baixa conservação pós-colheita, com frutos de tamanho médio, com superfície reticulada, verrugosa ou escamosa (Brito, 2017). Dentre as variedades destacam-se os tipos Amarelo, Pele de Sapo, Gália e Cantaloupe, devido, principalmente, às exigências comerciais dos países importadores, quanto à doçura do fruto e à firmeza da polpa (Sales Júnior et al., 2004). Embora a fusariose em frutos seja um problema para os produtores, ainda não há conhecimento sobre os níveis de agressividade das principais espécies de *Fusarium* que infectam híbridos de melão produzidos no Brasil. A interação dessas espécies com os diferentes tipos de melões, influenciará também na escolha das cultivares que serão plantadas em áreas com maior potencial de inóculo. Desta forma, o objetivo do trabalho foi conhecer a agressividade de cinco espécies de *Fusarium*, causadoras de podridão nos principais tipos de melão produzidos no Brasil, e a correlação da patogenicidade com a qualidade dos frutos.

2 Material e Métodos

2.1 Considerações gerais

Dois experimentos, idênticos, foram realizados em laboratório, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Rio Grande do Norte (RN), Brasil. Para cada experimento utilizou-se duas metodologias: inoculação por deposição de discos de BDA com estruturas dos fungos (corpo do fruto) e inoculação por multiagulhas e deposição de suspensão de conídios (pedúnculo do fruto).

2.2 Obtenção dos isolados

Os isolados foram selecionados da coleção micológica do Laboratório de Fitopatologia e Microbiologia da Ufersa, sendo um isolado de cada espécie de *Fusarium* que ocorre na pós-colheita do meloeiro, na maior região de produção do Brasil (Araújo et al., 2021). Estes isolados estão depositados na coleção micológica de Lavras (CML) (Universidade Federal de Lavras -UFLA, Brasil), e as sequências no GenBank, com as respectivas identificações: *F. falciforme* (CML 4175; Genbank MT476611); *F. sulawesiense* (CML 4176; Genbank MT476613); *F. pernambucanum* (CML 4181; Genbank MT476612); *F. kalimantanense* (CML 4184; Genbank MT461673); e *Fusarium* sp. (CML 4188). Os isolados foram repicados para placas de Petri contendo meio de cultura batata-dextrose-ágar (BDA), adicionado de tetraciclina (0,05 g/L), e incubados por 10 dias em estufa incubadora com demanda biológica de oxigênio (BOD) (Thelga, TF-34P) a 28 ± 2 °C.

Os frutos foram obtidos de empresas produtoras de melão do RN, Brasil, no mesmo estágio de maturação (54 a 70 dias). Estudou-se quatro tipos de melões, dois híbridos por tipo, totalizando oito híbridos: tipo Amarelo (Goldex e Gold Mine), tipo Pele de Sapo (Grand Prix e Flecha Verde), tipo Gália (McLaren e DRG3228) e tipo Cantaloupe (SV1044 e Bonsai).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados, em esquema fatorial 5x8, com cinco espécies de *Fusarium* (*F. falciforme*; *F. sulawesiense*; *F. pernambucanum*; *F. kalimantanense* e *Fusarium* sp.), oito híbridos de melão, com cinco repetições por tratamento (um fruto por repetição). Para cada espécie testada foi usada a testemunha absoluta.

2.3 Método de inoculação por deposição de discos de BDA com estruturas do fungo

Os frutos foram desinfestados superficialmente com álcool 70% (30 segundos), hipoclorito de sódio 2,5% (60 segundos), lavados em água destilada esterilizada, e foram secos naturalmente. Em cada fruto, quatro furos foram feitos na região próxima ao pedúnculo, utilizando furador de cobre flambado, com 5 mm de diâmetro, a uma profundidade de 3 mm, adaptado de Oster et al. (2018). Em cada orifício foi colocado um disco de mesma dimensão, contendo estruturas do patógeno (micélio + esporos) em contato com a polpa do fruto. No tratamento controle foi depositado em cada orifício

apenas disco de meio de cultura BDA. Os frutos foram mantidos em câmara úmida por 10 dias a 25 ± 2 °C.

2.4 Método de inoculação por multiagulhas com deposição de suspensão de conídios

Após a desinfestação superficial dos frutos e secagem natural, realizada conforme item anterior, foram realizados na área peduncular, 12 ferimentos de aproximadamente 3 mm de profundidade, com o auxílio de uma almofada de alfinetes desinfestados (Oliveira et al., 2014). Este método consistiu na deposição de uma alíquota de 0,05 mL da suspensão de conídios (10^6 conídios/mL) (Wonglom & Sunpapao, 2020) na área peduncular de cada fruto. O tratamento controle consistiu na deposição de água destilada esterilizada nos ferimentos realizados na área peduncular. Após a inoculação, os frutos foram mantidos em câmara úmida por 10 dias a 25 ± 2 °C.

2.5 Variáveis analisadas

A severidade (SEV) da doença provocada pelas espécies de *Fusarium* foi avaliada dez dias após a inoculação, através da medição do comprimento da lesão (cm), sendo medido em duas direções perpendiculares utilizando um paquímetro digital. Utilizou-se a escala de nota proposta por Woongloom & Sunpapao (2020) para calcular o índice de severidade da doença, baseada no crescimento micelial e extensão da podridão dos frutos após a inoculação, onde: 0 = sem invasão; 1 = invasão fúngica atingindo 0,5 - 1 cm de distância do ponto de inoculação; 2 = invasão fúngica a 1 - 2 cm de distância; 3 = invasão fúngica > 2 cm de distância; 4 = invasão fúngica > 2 cm de distância acompanhada por podridão de frutas (descoloração do tecido) abaixo do micélio e 5 = invasão fúngica > 2 cm de distância acompanhada de podridão de todo o fruto. Posteriormente, as notas da escala foram convertidas em Índice de Severidade da Doença (ISD) de acordo com Promwee et al. (2017), onde:

$$\text{ISD (\%)} = \frac{\sum (\text{Nota} \times \text{Quantidade de frutos})}{\text{Nota máxima} \times \text{Número total de frutos}} \times 100$$

O teste de Firmeza da polpa (FIRM) foi realizado com um penetrômetro manual modelo GY-2, com ponteira de 5 mm, onde os frutos foram cortados ao meio e foi medida a firmeza (N) em pontos distintos na região central dos frutos. Os resultados foram obtidos em libras e convertidos em Newton (N), multiplicando pelo fator de

conversão 4,45 (Gomes Junior et al., 2001). O teste de ° Brix (BRIX) foi determinado por leitura direta do extrato da polpa, realizado com o auxílio de um refratômetro digital Modelo LCD Digital, sendo os dados expressos em porcentagem (%).

2.6 Análise estatística

A ANOVA preliminar indicou que os dados para dois experimentos apresentaram variâncias homogêneas, portanto, os experimentos foram combinados. Os dados do tamanho da lesão foram transformados usando $\log(y)$ (Lentner & Bishop, 1986), e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR (Ferreira, 2011). O gráfico de correlação foi realizada utilizando o software R.

3 RESULTADOS

3.1 Método de inoculação por deposição de disco de BDA com estruturas do fungo

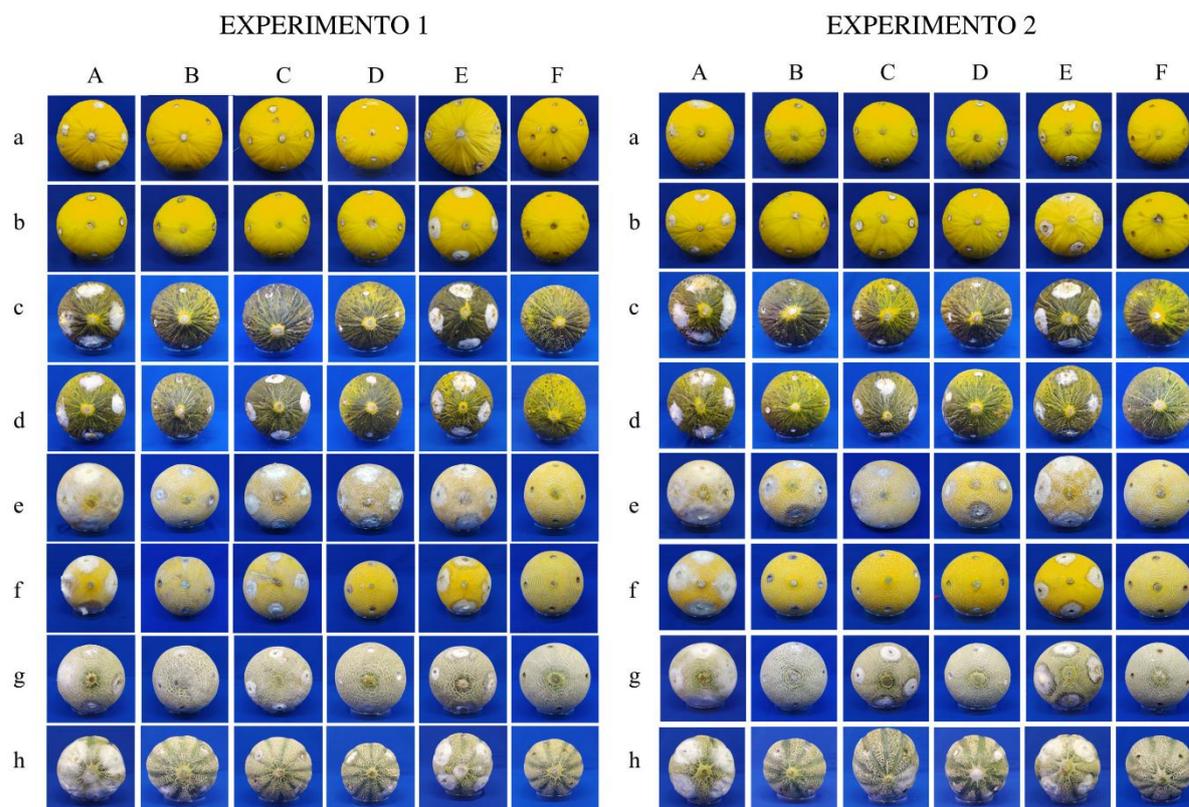
De acordo com o resultado da análise de variância, para variável severidade da doença, observa-se que houve diferença significativa tanto dos fatores isolados, híbridos e espécies de fungos, quanto para a sua interação ($p < 0.001$) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância do tamanho da lesão, pelo quadrado médio, para os dados referentes a severidade da doença utilizando o método de inoculação por deposição de disco de BDA com estruturas do fungo.

FV	GL	Quadrado Médio
Híbridos (H)	7	0,397710**
Fungos (F)	4	1,698440**
H x F	28	0,072109**
Resíduo	160	0,003848**
CV (%)		4,66

** significância à 1% de propabilidade; * significância à 5% de propabilidade.

As cinco espécies de *Fusarium* causaram podridão em todos os híbridos avaliados (Figura 1). A agressividade das espécies de *Fusarium* foi diferente nos híbridos, o McLaren foi o que apresentou maiores lesões. O *F. sulawesiense* foi mais agressivo nos híbridos McLaren, Bonsai e Flecha Verde. O *Fusarium* sp. e o *F. kalimantanense* foram mais agressivos no híbrido McLaren. O *F. pernambucanum* foi mais agressivo nos dois híbridos do Tipo Gália (McLaren e DRG3228) e o *F. falciforme*



causou mais doença nos híbridos Flecha Verde, McLaren, DRG3228 e Bonsai (Tabela 2).

Figura 1. Sintomas das espécies de *Fusarium* em híbridos de melão inoculados por deposição de discos de BDA com estruturas dos fungos. A) *F. sulawesiense*; B) *Fusarium* sp.; C) *F. pernambucanum*; D) *F. kalimantanense*; E) *F. falciforme*; F) Controle. a) Gold Mine; b) Goldex; c) Flecha Verde; d) Grand Prix; e) McLaren; f) DRG3228; g) SV1044MF e h) Bonsai.

Tabela 2. Tamanho das lesões (mm) em híbridos de meloeiro inoculados com espécies de *Fusarium* pelo método de deposição de disco de BDA com estruturas do fungo.

Tipo	Híbridos	Espécies de <i>Fusarium</i>				
		<i>F. sulawesiense</i>	<i>Fusarium</i> sp.	<i>F. pernambucanum</i>	<i>F. kalimantanense</i>	<i>F. falciforme</i>
Amarelo	Gold Mine	1,21 aB	1,03 aA	1,32 cC	1,05 aA	1,25 aB
	Goldex	1,29 bB	1,06 aA	1,13 bA	1,13 aA	1,36 bB
Pele de Sapo	Flecha Verde	1,69 dC	1,03 aA	1,06 aA	1,09 aA	1,59 dB
	Grand Prix	1,62 cC	1,06 aA	1,44 dB	1,09 aA	1,50 cB
Gália	McLaren	1,73 dD	1,39 cA	1,54 eB	1,55 bB	1,65 dC
	DRG3228	1,66 cC	1,14 bA	1,50 eB	1,10 aA	1,66 dC
Cantaloupe	SV1044MF	1,59 cD	1,05 aA	1,38 dB	1,04 aA	1,49 cC
	Bonsai	1,75 dC	1,14 bA	1,17 bA	1,13 aA	1,59 dB

Letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade.

Nos híbridos do tipo Amarelo, o tamanho das lesões foi menor em relação à maioria dos demais híbridos, onde o Gold Mine foi o que apresentou o menor tamanho de lesões para a maioria dos híbridos estudados (Tabela 2).

Entre os híbridos do tipo Pele de Sapo, o Flecha Verde apresentou maiores lesões provocadas pelas espécies *F. sulawesiense* e *F. falciforme*. O Grand Prix apresentou maiores lesões quando foram inoculados com *F. pernambucanum*. Para as demais espécies, não foi verificado diferença quanto a agressividade (Tabela 2).

Para os híbridos do tipo Gália, as espécies *F. sulawesiense*, *Fusarium* sp. e *F. kalimantanense* foram mais agressivas no McLaren. Para as demais espécies não houve diferença entre os híbridos (Tabela 2).

Os híbridos do tipo Cantaloupe diferiram entre si nas espécies *F. sulawesiense*, *Fusarium* sp., e *F. falciforme*, sendo mais agressivas no Bonsai, já o *F. pernambucanum* foi mais agressivo no SV1044MF. O *F. sulawesiense* e o *F. falciforme* foram as

espécies mais agressivas para todos os híbridos estudados, exceto no Gold Mine, onde o *F. pernambucanum* causou mais doença (Tabela 2).

De acordo com o resultado da análise de variância, para variável ISD, observa-se que houve diferença significativa tanto dos fatores isolados, híbridos e espécies de fungos, quanto para a sua interação ($p < 0.001$) (Tabela 3).

Tabela 3. Resumo da análise de variância do ISD, pelo quadrado médio, para os dados referentes ao método de inoculação por deposição de disco de BDA com estruturas do fungo.

FV	GL	Quadrado Médio
Híbridos (H)	7	2537,14**
Fungos (F)	4	9455,75**
H x F	28	495,18**
Resíduo	160	39,75**
CV (%)		11,18

** significância à 1% de propabilidade; * significância à 5% de propabilidade.

No ISD causado pelas espécies de *Fusarium*, verificou-se diferenças entre os híbridos estudados. O Gold Mine foi o que apresentou menor ISD entre a maioria dos híbridos estudados. Já o McLaren, foi o que apresentou maior ISD para todas as espécies de *Fusarium* (Tabela 4).

Tabela 4. Índice de severidade da doença (ISD) causado por espécies de *Fusarium* em híbridos de meloeiro inoculados pelo método de deposição de disco de BDA com

Tipo	Híbridos	Espécies de <i>Fusarium</i>				
		<i>F. sulawesiense</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>F. pernambucanum</i>	<i>F. kalimantanense</i>	<i>F. falciforme</i>
Amarelo	Gold Mine	42,0 aA	40,0 aA	52,0 bB	40,0 aA	42,0 aA
	Goldex	50,0 aB	40,0 aA	40,0 aA	42,0 aA	56,0 bB
Pele de Sapo	Flecha Verde	90,0 cC	38,0 aA	36,0 aA	40,0 aA	72,0 cB
	Grand Prix	78,0 bC	40,0 aA	60,0 bB	40,0 aA	68,0 cB
Gália	McLaren	98,0 dC	58,0 bA	68,0 cB	70,0 bB	88,0 dC
	DRG3228	84,0 bD	40,0 aA	60,0 bB	38,0 aA	72,0 cC
Cantaloupe	SV1044MF	78,0 bD	38,0 aA	56,0 bB	38,0 aA	66,0 cC
	Bonsai	98,0 dC	42,0 aA	44,0 aA	40,0 aA	74,0 cB

estruturas do fungo.

Letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade.

3.2 Método de inoculação por multiagulhas e deposição de suspensão de conídios

Para a variável severidade da doença, observa-se que houve diferença significativa tanto dos fatores isolados, híbridos e espécies de fungos, quanto para a sua interação ($p < 0.001$) (Tabela 5).

Tabela 5. Resumo da análise de variância do tamanho da lesão, pelo quadrado médio, para os dados referentes a severidade da doença pelo método de inoculação com multiagulhas e deposição de suspensão de conídios.

FV	GL	Quadrado Médio
Híbridos (H)	7	0,575554**
Fungos (F)	4	0,853856**
H x F	28	0,049416**
Resíduo	160	0,008492
CV (%)		7,68

** significância à 1% de propabilidade; * significância à 5% de propabilidade.

Todas as espécies de *Fusarium* provocaram podridão nos híbridos estudados (Figura 2). A agressividade das espécies foi diferente entre os híbridos, sendo os híbridos McLaren e Bonsai os que apresentaram maiores lesões nos frutos. Os fungos *Fusarium* sp., *F. kalimantanense* e *F. falciforme* causaram mais doenças no McLaren e o Bonsai. *F. sulawesiense* foi mais agressivo no McLaren, SV1044MF e no Bonsai. Quando o *F. pernambuticum* foi inoculado, os híbridos do tipo Cantaloupe apresentaram as maiores lesões (Tabela 6).

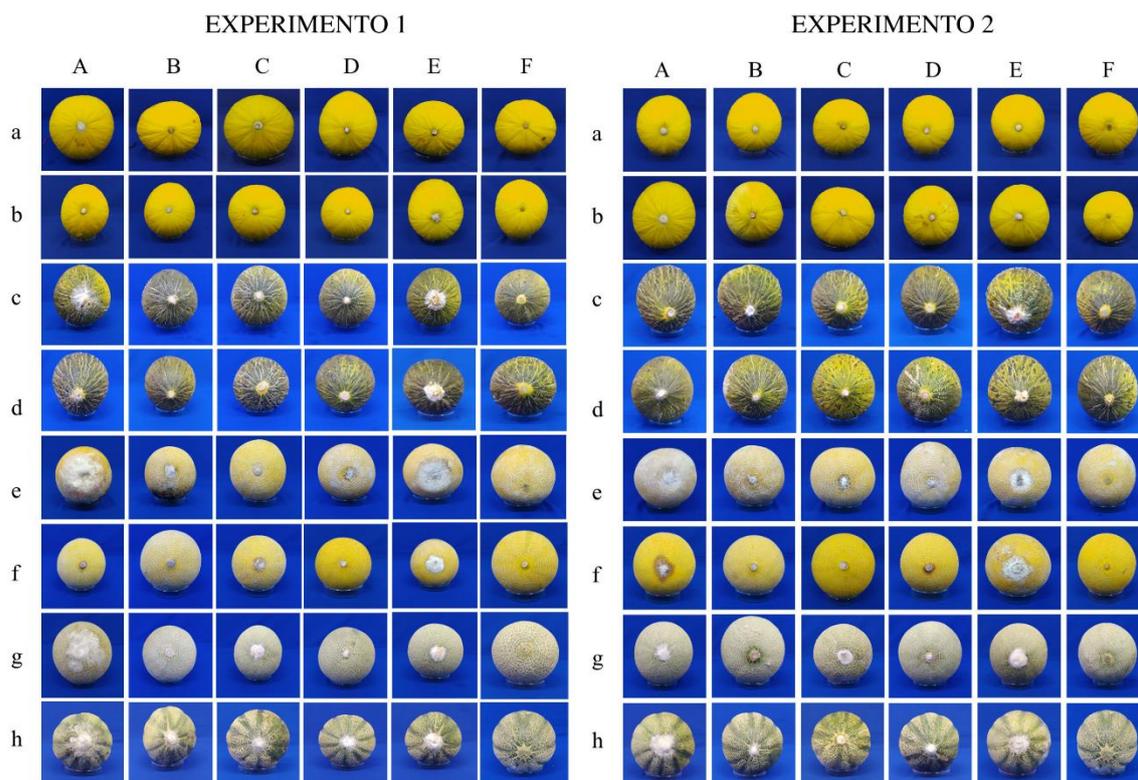


Figura 2. Sintomas das espécies de *Fusarium* em híbridos de melão inoculados na região peduncular com multiagulhas e deposição de suspensão de conídios. A) *F. sulawesiense*; B) *Fusarium* sp.; C) *F. pernambucanum*; D) *F. kalimantanense*; E) *F. falciforme*; F) Controle. a) Gold Mine; b) Goldex; c) Flecha Verde; d) Grand Prix; e) McLaren; f) DRG3228; g) SV1044MF e h) Bonsai.

Tabela 6. Tamanho das lesões (mm) em híbridos de meloeiro inoculados com espécies de *Fusarium* em híbridos de meloeiro inoculados com multiagulhas e deposição de suspensão de conídios.

Tipo de melão	Híbridos	Espécies de <i>Fusarium</i>				
		<i>F. sulawesiense</i>	<i>Fusarium sp.</i>	<i>F. pernambucanum</i>	<i>F. kalimantanense</i>	<i>F. falciforme</i>
Amarelo	Gold Mine	1,05 aB	0,92 aA	1,17 cC	0,93 aA	1,18 aC
	Goldex	1,05 aB	0,94 aA	0,86 aA	0,90 aA	1,24 aC
Pele de Sapo	Flecha Verde	1,16 aB	1,08 bB	1,01 bA	0,95 aA	1,47 bC
	Grand Prix	1,30 bB	1,05 bA	1,10 bA	1,06 bA	1,40 bB
Gália	McLaren	1,58 cB	1,33 cA	1,31 dA	1,22 cA	1,65 cB
	DRG3228	1,08 aA	1,01 bA	1,35 dB	1,01 bA	1,40 bB
Cantaloupe	SV1044MF	1,44 cC	0,94 aA	1,38 dC	1,07 bB	1,41 bC
	Bonsai	1,51 cB	1,35 cA	1,32 dA	1,31 cA	1,53 cB

Letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade.

Os híbridos do tipo Amarelo (Gold Mine e Goldex) não diferiram para a maioria das espécies de *Fusarium*, exceto para o *F. pernambucanum*, que foi mais agressivo no Gold Mine. Os híbridos do Pele de Sapo (Flecha Verde e Grand Prix) diferiram entre si apenas nas espécies *F. sulawesiense* e *F. kalimantanense*, sendo estas mais agressivas no Grand Prix. Em relação aos híbridos do tipo Gália (McLaren e DRG3228), o *F. sulawesiense*, *Fusarium sp.*, *F. kalimantanense* e *F. falciforme*, foram mais agressivos no McLaren. No tipo Cantaloupe, os híbridos (SV1044MF e Bonsai) diferiram entre si nas espécies *Fusarium sp.*, *F. kalimantanense* e *F. falciforme*, sendo mais agressivos no Bonsai. Para o *F. sulawesiense* e *F. pernambucanum* não houve diferença entre os híbridos (Tabela 5). Para esse método de inoculação, o *F. falciforme* foi a espécie mais agressiva para a maioria dos híbridos estudados (Tabela 5).

Para a variável severidade da doença, observa-se que houve diferença significativa tanto dos fatores isolados, híbridos e espécies de fungos, quanto para a sua interação ($p < 0.001$) (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância do ISD, pelo quadrado médio, para os dados referentes ao método de inoculação com multiagulhas e deposição de suspensão de conídios.

FV	GL	Quadrado Médio
Híbridos (H)	7	3216,00**
Fungos (F)	4	5031,75**
H x F	28	334,04**
Resíduo	160	69,25
CV (%)		18,83

** significância à 1% de propabilidade; * significância à 5% de propabilidade.

Foi obtido menor ISD nos híbridos do tipo Amarelo inoculados pelo método de multiagulhas, em todas as espécies de *Fusarium* avaliadas. Já os híbridos do tipo Gália e Cantaloupe, foram os que apresentaram maior ISD para a maioria das espécies de *Fusarium* (Tabela 8).

Tabela 8. Índice de severidade da doença (ISD) das espécies de *Fusarium* em híbridos de meloeiro inoculados com multiagulhas e deposição de suspensão de conídios.

Tipo	Híbridos	Espécies de <i>Fusarium</i>				
		<i>F. sulawesiense</i>	<i>Fusarium</i> sp.	<i>F. pernambucanum</i>	<i>F. kalimantanense</i>	<i>F. falciforme</i>
Amarelo	Gold Mine	30,0 aA	20,0 aA	42,0 bB	22,0 aA	42,0 aB
	Goldex	34,0 aB	22,0 aA	22,0 aA	22,0 aA	46,0 aC
Pele de Sapo	Flecha Verde	42,0 aB	40,0 bB	28,0 aA	26,0 aA	68,0 bC
Gália	Grand Prix	54,0 bB	38,0 bA	38,0 bA	34,0 bA	62,0 bB
	McLaren	80,0 cC	56,0 cB	54,0 cB	42,0 cA	78,0 cC
Cantaloupe	DRG3228	36,0 aA	28,0 aA	54,0 cB	32,0 bA	60,0 bB
	SV1044MF	56,0 bC	22,0 aA	58,0 cC	34,0 bB	60,0 bC
	Bonsai	64,0 bB	56,0 cA	52,0 cA	48,0 cA	66,0 bB

Letras minúsculas iguais na coluna e letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Scott-Knott com 5% de probabilidade.

3.3 Correlação das variáveis analisadas

No experimento I, em ambos os métodos de inoculação, observou-se correlação positiva entre a SEV e o ISD, sendo a correlação 0,89, no método de inoculação com discos contendo estruturas dos fungos, e 0,84, no método de multiagulhas (Figuras 3A e 3B). A correlação foi negativa entre o ISD e a firmeza da polpa para os métodos de inoculação com discos contendo estruturas dos fungos (-0,25), e multiagulhas (-0,22) (Figuras 3A e 3B). O BRIX não interferiu no aparecimento de doenças. Estes resultados se repetiram no experimento II (Figuras 3C e 3D).

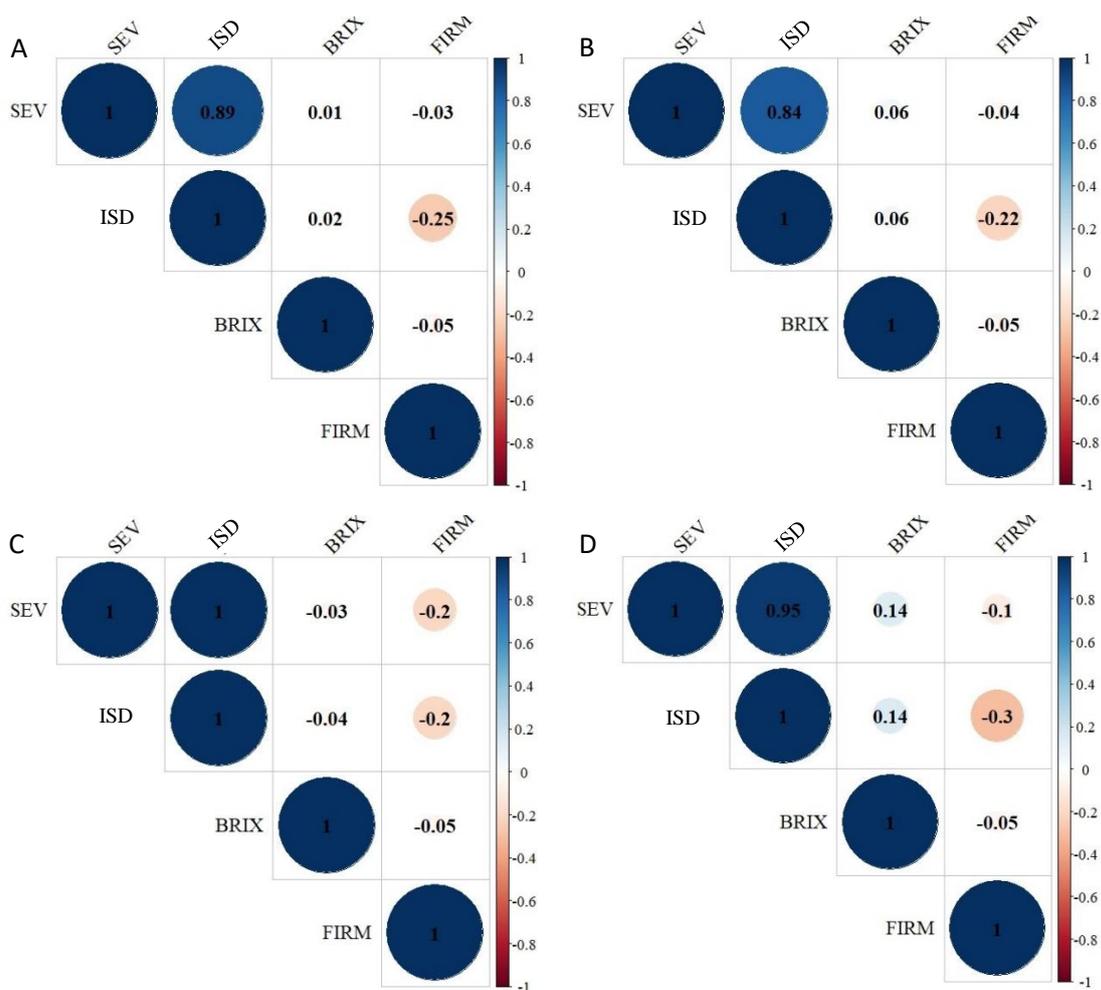


Figura 3. Correlação de Pearson entre as variáveis severidade (SEV), índice de severidade da doença (ISD), ° Brix (BRIX) e firmeza da polpa (FIRM).

4 DISCUSSÃO

Na principal região produtora de melão do Brasil, foram caracterizadas cinco espécies de *Fusarium* causando podridão nos híbridos comercializados (Araújo et al., 2021). Observamos que as espécies de *Fusarium* estudadas possuem comportamentos diferentes para cada híbrido. A verificação do comportamento das espécies de *Fusarium* frente aos principais híbridos de meloeiro produzidos no Brasil é de suma importância porque garante maior compreensão dos prejuízos que cada espécie pode acarretar, e ajuda na escolha de qual híbrido usar em áreas com maior potencial de inóculo de *Fusarium*, reduzindo assim, os problemas ocasionados pela doença e o aporte financeiro para o controle da podridão dos frutos. Os fatores que afetam a patogenicidade são complexos e podem incluir estágio de crescimento de cada híbrido e variedade (Zhao et al., 2014), assim como, aspectos referentes a morfologia dos frutos podem atuar

diretamente na penetração dos patógenos, facilitando a sua colonização e provocando mais danos nos frutos (Bruton et al., 1998). Com os resultados obtidos, pôde-se verificar que as espécies apresentaram níveis de agressividade diferentes para cada híbrido, indicando que a agressividade de uma determinada espécie de *Fusarium* a um híbrido de melão pode estar relacionada à uma origem evolutiva distinta das espécies e por meio de vários eventos de especiação nesses fungos (Castro et al., 2008; Ma et al., 2010; Malhipour & Gilbert, 2012).

O *F. falciforme* é a espécie encontrada com maior frequência nas regiões produtoras do Brasil (Araújo et al., 2021). Esta espécie causou menos doença nos híbridos do tipo Amarelo, por isso sugerimos a utilização destes híbridos nas áreas de produção com maior potencial de inóculo de *Fusarium*, onde já foi constatado problemas com este patógeno. Uma característica marcante destes híbridos em relação aos demais, é possuir casca lisa, sem aberturas naturais, dificultando a penetração do *Fusarium*. Aberturas naturais, como lenticelas e as fissuras epidérmicas da casca, facilitam a penetração de fungos em frutos de melão (Bruton et al., 1998). Os demais híbridos estudados são rendilhados, e estas diferenças estruturais dos tipos de melão facilitam a penetração de patógenos (Oliveira et al., 2014).

Com base nos dados obtidos neste estudo, podemos afirmar que as espécies de *Fusarium* foram menos agressivas nos melões *inodorus* (Amarelo e Pele de Sapo). Isso pode ser justificado pela casca dos melões *inodorus*, que é lisa (Amarelo) e levemente rugosa (Pele de Sapo). Já a casca dos tipos Gália e Cantaloupe, que são reticulados, sendo este último, intensamente reticulado. O grupo *inodorus* são os preferidos pelos produtores do Brasil, conferindo cerca de 90% da produção. Esta preferência pode ser justificada pela maior vida útil pós-colheita, maior resistência no transporte, fácil manuseio, e certamente devido à maior resistência às doenças pós-colheita (Nunes et al., 2005; Tomaz et al., 2009, Souza et al., 2018).

A forte correlação positiva entre a SEV e o ISD está relacionada ao aumento da severidade da doença. A correlação negativa entre a FIRM da polpa e o ISD possibilita afirmar que os isolados de *Fusarium* estudados se desenvolvem de forma mais lenta em frutos mais firmes. Isto justifica o fato dos melões do tipo Amarelo apresentarem menores lesões.

Utilizamos neste estudo dois métodos de inoculação para verificar a influência da dimensão do ferimento sobre a agressividade das espécies de *Fusarium* avaliadas. O

comportamento dos híbridos estudados diante das espécies de *Fusarium* foi similar nos dois métodos utilizados (mais e menos invasivas), isso comprova o grau de agressividade das espécies de *Fusarium*.

Os resultados obtidos neste estudo são de suma importância para os produtores de melão em todo o mundo, pois revela a interação entre as espécies de *Fusarium* que mais ocorrem na pós-colheita da cultura, com os principais híbridos de melão produzidos, sendo possível apontar aqueles em que a podridão do melão foi menos severa, o que facilita na escolha do híbrido a ser cultivado em áreas ou estações onde ocorre maior potencial de inóculo deste patógeno.

5 CONCLUSÕES

A agressividade das espécies de *Fusarium* variou com o tipo/híbrido estudado. A espécie *F. falciforme* e *F. sulawesiense* foram as mais agressivas nos híbridos estudados.

A podridão do melão causada por diferentes espécies de *Fusarium* foi menos severa nos híbridos do tipo Amarelo (Gold Mine e Goldex), onde o híbrido Gold Mine foi o melhor.

Para os híbridos dos tipos Amarelo e Pele de Sapo, não observamos diferenças a ponto de preferir um ao invés de outro para o cultivo, assim, o produtor pode escolher de acordo com as condições mercadológicas. Nos tipos Gália e Cantaloupe, os híbridos DRG3228 e SV1044MF, respectivamente, são os mais indicados para o cultivo.

Quanto maior a severidade da podridão do melão causada por espécies de *Fusarium*, menor a firmeza dos frutos. O °brix não interferiu no aparecimento de doença.

6 REFERÊNCIAS

- Abrafrutas, 2018. Cenário Hortifruti Brasil 2018. <https://abrafrutas.org/wp-content/uploads/2019/09/Relatorio-Hortifruti.pdf>. [Accessed 20 July 2020].
- Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2019. Anuário Brasileiro de Fruticultura 2019. <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2018-2019.aspx>. [Accessed 12 July 2020].
- Anuário Hortifruti Brasil, 2020. Anuário Hortifruti Brasil 2020. <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista/acessar/completo/anuario-2019-2020-retrospectiva-2019-perspectivas-2020-dos-hf-s.aspx>. [Accessed 12 July 2020].
- Araújo MBM, Moreira GM, Nascimento LV, Nogueira GA, Nascimento SRC, Pfenning LH, Ambrósio MMQ, 2021. Fusarium rot of melon is caused by several *Fusarium* species. *Plant Pathology*, **70**, 712-721.
- Brito ES, 2017. Avaliação da capacidade antioxidante de variedades de melão (*Cucumis melo* L.) comercializadas no Brasil e determinação do teor de glutathione reduzida (GSH). doctorate Thesis. Campinas: Universidade Estadual de Campinas.
- Bruton BD, Zhang ZX, Miller ME, 1998. *Fusarium* species causing cantaloupe fruit rot in the Lower Rio Grande Valley of Texas. Welasco, USA: Texas Agricultural Experiment Station.
- Burgees LW, University of Sydney, Department of Crop Sciences, Fusarium Research Laboratory, Royal Botanic Gardens S, 1994. *Laboratory manual for fusarium research*. Sydney: Fusarium Research Laboratory, Dept. of Crop Sciences, University of Sydney : Royal Botanic Gardens.
- Castro NR, Coêlho RSB, Laranjeira D, Couto EF, Souza MBR de, 2008. Ocorrência, métodos de inoculação e agressividade de *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense em *Heliconia* spp. *Summa Phytopathologica* **34**, 127–130.
- Cavalcante ALA, Negreiros AMP, Tavares MB, Barreto É dos S, Armengol J, Sales Júnior R, 2020. Characterization of Five New *Monosporascus* Species: Adaptation to Environmental Factors, Pathogenicity to Cucurbits and Sensitivity to Fungicides. *Journal of Fungi* **6**, 169.
- Ferreira DF, 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia* **35**, 1039–1042.

- Gomes Júnior J, Menezes JB, Nunes GHS, Costa FB, Souza PA, 2001. Qualidade pós-colheita de melão tipo cantaloupe, colhido em dois estádios de maturação. *Horticultura Brasileira* **19**, 356–360.
- HF Brasil, 2020. Hortifruiti Brasil 2020. <https://www.hfbrasil.org.br/en/melao-cepea-exportacoes-estao-similares-as-da-safra-passada.aspx>. [Accessed 15 July 2020].
- Kfoury M, Lounès-Hadj Sahraoui A, Bourdon N *et al.*, 2016. Solubility, photostability and antifungal activity of phenylpropanoids encapsulated in cyclodextrins. *Food Chemistry* **196**, 518–525.
- Lentner M, Bishop T, 1986. *Experimental design and analysis*. Blacksburg, VA: Valley Book Co.
- Ma L-J, van der Does HC, Borkovich KA *et al.*, 2010. Comparative genomics reveals mobile pathogenicity chromosomes in *Fusarium*. *Nature* **464**, 367–373.
- Malihipour A, Gilbert J, Piercey-Normore M, Cloutier S, 2012. Molecular Phylogenetic Analysis, Trichothecene Chemotype Patterns, and Variation in Aggressiveness of *Fusarium* Isolates Causing Head Blight in Wheat. *Plant Disease* **96**, 1016–1025.
- Mangolin GS, Konda ET, Baptista RZ, Nascimento RS, Terao D, 2019. Tratamento hidrotérmico no controle de podridão penduncular em mamão papaya Hydrothermal treatment in the control of papaya penduncular rot. *Braz. J. Anim. Environ. Res* **2**, 1615–1623.
- Nunes GH de S, Santos Júnior JJ dos, Andrade FV, Bezerra Neto F, Menezes JB, Pereira EWL, 2005. Desempenho de híbridos de melão do grupo inodorus em Mossoró. *Horticultura Brasileira* **23**, 90–93.
- Oliveira MJ, Laranjeira D, Câmara MPS, Laranjeira FF, Armengol J, Michereff SJ, 2014. Effects of wounding, humidity, temperature, and inoculum concentrations on the severity of corky dry rot caused by *Fusarium semitectum* in melon fruits. *Acta Scientiarum. Agronomy* **36**, 281–289.
- Oster AH, Silva EO, Borballeo PN, Zocolo GH, Silveira MRS, Oiram Filho F, de Araújo AAC, 2018. Luz ultravioleta pulsada no controle de podridão pós-colheita e na qualidade de melão para exportação. Embrapa Agroindústria Tropical – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E). (Boletim de pesquisa, 173).
- Promwee A, Yenjit P, Issarakraisila M, Intana W, Chamswarn C, 2017. Efficacy of indigenous *Trichoderma harzianum* in controlling *Phytophthora* leaf fall

- (Phytophthora palmivora) in rubber trees. *Journal of Plant Disease and Protection* **124**, 41–50.
- Sales Júnior R, Soares SPF, Amaro Filho J, Nunes GHS, Miranda VS, 2004. Qualidade do melão exportado pelo porto de Natal. *Horticultura Brasileira* **22**, 98–100.
- Souza JRM, Artur AG, Taniguchi CAK, Pinheiro JI, 2018. Yellow melon yield in response to mineral or organic fertilization. *Journal of Plant Nutrition* **41**, 1197–1204.
- Tomaz HV de Q, Aroucha EMM, Nunes GH de S, Bezerra Neto F, Tomaz HV de Q, Queiroz RF, 2009. Qualidade pós-colheita de diferentes híbridos de melão-amarelo armazenados sob refrigeração. *Revista Brasileira de Fruticultura* **31**, 987–994.
- Wonglom P, Sunpapao A, 2020. *Fusarium incarnatum* is associated with postharvest fruit rot of muskmelon (*Cucumis melo*). *Journal of Phytopathology* **168**, 204–210.
- Zhao B, Yan J, Zhang S, Liu X, Gao Z, 2014. Phylogeny and pathogenicity of *Fusarium* spp. isolated from greenhouse melon soil in Liaoning Province. *Saudi Journal of Biological Sciences* **21**, 374–379.