



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOSSANIDADE
CURSO DE AGRONOMIA**

ANTONIO AGEU CARDOSO DE ARAÚJO

**RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA PULSADA NO CONTROLE DA PODRIDÃO-POR-
Fusarium EM MELÃO AMARELO**

FORTALEZA

2018

ANTONIO AGEU CARDOSO DE ARAÚJO

**RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA PULSADA NO CONTROLE DA PODRIDÃO-POR-
Fusarium EM MELÃO AMARELO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia. Área de concentração: Fitopatologia.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Souza Lima.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A687r Araújo, Antonio Ageu Cardoso de.
Radiação ultravioleta pulsada no controle da podridão-por Fusarium em melão amarelo / Antonio Ageu Cardoso de Araújo. – 2018.
28 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Cristiano Souza Lima.

1. Ultravioleta pulsada. 2. Podridão-po-Fusarium. 3. Fusarium spp.. I. Título.

CDD 630

ANTONIO AGEU CARDOSO DE ARAÚJO

**RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA PULSADO NO CONTROLE DA PODRIDÃO-POR-
Fusarium EM MELÃO AMARELO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agronomia. Área de concentração: Fitopatologia.

Aprovada em: 26/11/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cristiano Souza Lima (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Andreia Hansen Oster
Pesquisador Embrapa Agroindústria Tropical

Dr. Ebernézer Oliveira Silva
Pesquisador Embrapa Agroindústria Tropical

A Deus.

A minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

À Deus por todas as provas colocadas em minha vida que foram importantes para o despertar a cada passo em minha jornada.

À UFC pelo curso de Bacharelado em Agronomia.

À FUNARBE pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

A EMBRAPA pelo ambiente de pesquisa e desenvolvimento.

A Dra. Andreia Hansen Oster pela excelente orientação.

Ao Prof. Dr. Cristiano Souza Lima, pela orientação.

Ao Dr. Ebenézér Oliveira Silva, pelos ensinamentos.

Aos pesquisadores participantes da banca examinadora Andreia Hansen Oster e Ebenézér Oliveira Silva pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores por todo conhecimento disposto e sua disponibilidade em repassar seus conhecimentos, de todas as esferas do ensino.

Todos os agradecimentos para com meus amigos, e as pessoas do meu convívio, além dos funcionários de serviços gerais ao chefe da Embrapa, cada um cumprindo seu papel para proporcionar o ambiente saudável ao desenvolvimento das pesquisas e do nascimento de novas idéias.

“Citação relacionada com o tema do trabalho,
com indicação de autoria.”

RESUMO

Com um mercado crescente e exigente de frutos de alta qualidade e livres de resíduos. Técnicas alternativas de proteção tratamentos de frutos na pós-colheita tem sido necessárias para garantir frutos de boa qualidade e seguros. Nesse cerne o uso da radiação ultravioleta pulsada (UVp) tem ganhado espaço como uma técnica eficiente, limpa e segura. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de utilização da UVp no controle da podridão-por-*Fusarium* no melão amarelo. Utilizando isolados, de colônias puras, da coleção de fungos do laboratório de patologia pós-colheita, na Embrapa Agroindústria Tropical, avaliou-se os isolados LPPC 28, LPPC 74, LPPC 76 e LPPC 77, nas doses de 0,0 J.cm⁻²; 4,8 J.cm⁻²; 7,8 J.cm⁻²; 10,8 J.cm⁻²; 13,8 J.cm⁻² de UVp. Considerando os resultados in vitro e o isolado LPPC 76 foi selecionado para avaliação in vivo, das doses de 0,0 J.cm⁻²; 6,0 J.cm⁻²; 9,0 J.cm⁻²; 12 J.cm⁻² de UVp em frutos inoculados artificialmente. Foi constatada a inibição das unidades formadoras de colônia em 98% na dose de 7,8 J.cm⁻² de UVP-C e proeminente controle a partir da dose 4,8 J.cm⁻² de UVp, in vitro. A utilização da UVP-C reduziu em mais de 70% a incidência da doença nos frutos de melão na dose de 9,0 J.cm⁻² de UVp, todavia na dose de 6,0 J.cm⁻² de UVp apresentou significativa atividade no controle da podridão-por-*Fusarium*. O uso da UVp demonstrou efeito letal às unidades formadoras de colônia de *Fusarium spp.* e evidente controle da podridão-por-*Fusarium* em melões amarelos.

Palavras-chave: ultravioleta pulsada, Podridão-por-*Fusarium*, *Fusarium spp.*

ABSTRACT

With a growing and demanding market for high quality, residue-free fruits. Alternative techniques for protection of post-harvest fruit treatments have been necessary to ensure good quality and safe fruits. At this point the use of pulsed ultraviolet radiation (UVp) has acquire space as an efficient, clean and safe technique. The objective of this work was to evaluate the efficiency of UVp in the control of rot-by-*Fusarium* in yellow melon. The isolates LPPC 28, LPPC 74, LPPC 76 and LPPC 77 were evaluated using the isolates of pure colonies from the collection of fungi from the Post-harvest Pathology Laboratory at the Embrapa Tropical Agroindustry at doses of 0.0 J.cm⁻²; 4.8 J.cm⁻²; 7.8 J.cm⁻²; 10.8 J.cm⁻²; 13.8 J.cm⁻² of UVp. Considering the *in vitro* results and LPPC 76 isolate was selected for *in vivo* evaluation of the doses of 0.0 J.cm⁻²; 6.0 J.cm⁻²; 9.0 J.cm⁻²; 12 J.cm⁻² of UVp in artificially inoculated fruits. Inhibition of colony-forming units in 98% at the dose of 7.8 J.cm⁻² of UVP-C either a prominent control from the 4.8 J.cm⁻² dose of UVp *in vitro* was observed. The use of UVP-C reduced by more than 70% the incidence of the disease in melon fruits at the dose of 9.0 J.cm⁻² of UVp, however at the dose of 6.0 J.cm⁻² of UVp presented significant activity in the control of rot-by-*Fusarium*. The use of UVp demonstrated a lethal effect on the colony forming units of *Fusarium* spp. and evident control of *Fusarium* rot in yellow melons.

Keywords: Pulsed Ultraviolet. Rot-by-*Fusarium*. *Fusarium* spp.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Podridão-por- <i>Fusarium</i> pontos diferentes da epiderme do fruto.....	16
Figura 2 – A - macroconídios do esporodóquio; B – microconídios do micélio aéreo.....	17
Figura 3 – Sintomas da podridão-por- <i>Fusarium</i> em fruto de melão amarelo, inoculados artificialmente.....	20
Figura 4 – Equipamento de Ultravioleta pulsada XeMatic-2LXL.....	21

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Percentual de inibição das unidades formadoras de colônia (UFC) de *Fusarium spp.* (percentual em relação ao controle) em resposta a diferentes doses de ultravioleta pulsado (UVp) após o período de 18 horas de incubação..... 26
- Tabela 2 – Incidência (% em relação ao controle) de podridão-por-*Fusarium* em melões amarelos após diferentes doses de ultravioleta pulsada (UVP) aos 12 dias de incubação..... 27
- Tabela 3 – Diâmetro da lesão (mm, média de 3 repetições 1 fruto por repetição) da podridão-por-*Fusarium* (mm) em melões amarelos após aplicação de diferentes doses de ultravioleta pulsada (UVp) aos 12 dias de incubação. 27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
UVA	Radiação Ultravioleta Tipo A
UVB	Radiação Ultravioleta Tipo B
UVC	Radiação Ultravioleta Tipo C
UVp	Radiação Ultravioleta pulsado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	20
3.1	Limpeza e sanitização dos Frutos.....	20
3.2	Obtenção dos Isolados e Teste de patogenicidade.....	20
3.3	Ensaio <i>in vitro</i>	21
3.4	Ensaio <i>in vivo</i>	20
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
4.1	Ensaio <i>in vitro</i>	24
4.2	Ensaio <i>in vivo</i>	25
5	CONCLUSÃO.....	27

1 INTRODUÇÃO

Os consumidores de modo geral tem aumentado o nível de atenção aos produtos comercializados e consumidos por eles, quanto a questão de segurança alimentar, resíduos encontrados nos alimentos e suas limites de resíduos permitidos, Ingestão Diária Aceitável (IDA) e dos nutrientes disponíveis pelos alimentos e disponibilizados. O melão entre outras frutas fazem parte da alimentação dos brasileiros e de várias outras etnias.

Diante de suas qualidades nutricionais e morfológicas o melão amarelo tem-se emergido em consumo e conseqüentemente em produção nacionalmente, produzido principalmente na região Nordeste do Brasil, onde encontra baixas variações no tempo e clima adaptado ao seu crescimento e desenvolvimento com excepcional produção. O melão amarelo possui como característica marcante a cor amarela da casca e alta firmeza, de caca bastante resistente a impactos físicos, tais características são os fatores preponderantes para a escolha da variedade para produção e comercialização para a maioria dos produtores da região.

Os processos pós-colheita visam manter as qualidades do produto do momento em que é colhido ao processamento industrial ou consumido final, um dos objetivos nesse processo é a eliminação de patógenos que possam deteriorar os frutos ao longo desse ciclo. A podridão-*por-Fusarium* é um dos grandes problemas no ciclo pós-colheita de melão, devido a quiescência do fungo normalmente não é identificada no momento da colheita e causa grandes perdas no período do armazenamento.

Atualmente o a sanitização e proteção dos melões na pós-colheita é feito utilizando sanitizantes a base de cloro para controle de patógenos (SESTARI et.al 2008). No Ministério da Agricultura e Abastecimento (MAPA) encontra-se registrado para essa cultura apenas o Imazalil[®] para controle químico de doenças pós-colheita.

O número de pesquisas na busca de alternativas eficazes no controle de doenças pós-colheita tem aumentado significativamente (TERAO, 2008). A radiação ultravioleta com ação germicida é uma das tecnologias promissoras nesse enfoque. O uso dessa radiação no formato pulsado tem uma eficiência bem maior que o contínuo. Diante do exposto o laboratório de patologia pós-colheita avaliou o uso da radiação ultravioleta pulsado no controle de podridão-*por-Fusarium* em melão amarelo inoculados artificialmente.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No Brasil o melão é produzido em larga escala no Nordeste, devido a sua adaptação às condições climáticas dessa região, garantindo boa produção durante principalmente o segundo semestre, onde há menor ocorrência de chuvas permitindo maior controle da oferta de água a cultura, por irrigação. A baixa umidade do ar é um fator importante para concentração dos sólidos solúveis totais no fruto no ciclo final da produção, que tende assim a apresentar grau Brix mais aceitável pelo consumidor, em torno de 9 a 12 °Brix, padrão mínimo para ser comercializado (MENEZES, 2008).

Obteve produção estimada em 863.005ton na safra 2016-2017 e área colhida total estimada em 28.621 hectares segundo dados preliminares do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os maiores produtores localizam-se nos estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia, esses estados se destacam na produção do melão amarelo e outras variedades, os três estados representam juntos 92% do montante da produção de melão no país (IBGE, 2018).

O meloeiro (*Cucumis melo*) pertence da família das curcubitáceas, possui ciclo anual e é considerada uma herbácea de crescimento rasteiro. O sistema radicular é fasciculado com raízes concentradas na faixa entre 30 a 40 cm de profundidade em relação a superfície do solo, tende a ter crescimento aproximado de até um metro de profundidade dependendo das condições ambientais e do tipo de solo. As folhas são pilosas, pecioladas, simples, palmadas, reniformes ou pentalobuladas, com ângulo agudo no estágio inicial e subcodiforme no estágio fenológico adulto. O fruto é uma baga indeiscente, que tende a apresentar as seguintes colorações: verde, amarelo, alaranjado ou branco, quanto a textura pode ser lisa, reticulada ou estriada, advindo de um gineceu de três a cinco carpelos. A o endocarpo é pouco consistente e tende a tornar liquefeito com o amadurecimento do fruto (MAROTO, 1995).

O melão possui dois grandes grupos comerciais de frutos, os melões inodoros ou lisos (*Cucumis melo* L. var. *inodorus* Naud) e os rendilhados ou aromáticos (*Cucumis melo* L. var. *cantaloupensis* Naud). A variedade *inodorus* é considerada fisiologicamente um fruto não climatérico e os aromáticos frutos climatéricos (MÜNGER & ROBINSON, 1991). Melões do tipo *cantaloupensis* possuem metabolismo bastante ativo após a colheita, onde temos um aumento considerável da taxa de respiração do fruto acompanhando-o ao longo do ciclo de maturação, convertendo os amidos e ácido orgânicos em açúcares e profusa produção de etileno (TAIZ et. al 2017) ao longo do período de armazenamento e comercialização, diferente dos melões inodoros que em sua maioria tendem a apresentar taxa de respiração

constante até amadurecer e abscisão da planta dessa forma completando seu amadurecimento ainda ligado a planta (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Considerando o metabolismo baixo, alta resistência da casca a lesões tende a apresentar o tempo de vida de prateleira maior no ciclo comercial em relação aos melões tipo cantaloupe. A casca mais resistente associada ao metabolismo baixo diminui a perda de água que o fruto tende a apresentar nesse ciclo, além da proteção contra injúrias mecânicas advindas dos processos pós-colheita (TERAO, 2008).

Os principais fungos que acometem essa cultura na pós-colheita são *Fusarium pallidoroseum* Cooke, Sacc (COOKE, SACC); *Colletotrichum gloeosporioides* Penz & Sacc (PENZ, & SACC) e *Myrothecium roridum* Tode (TODE, 1790; FUNGORUM, 2018). O gênero *Fusarium* é um dos principais fungos de importância econômica para essa cultura, causando grandes perdas na pós-colheita. Suas injúrias no fruto são detectadas no período do armazenamento (NASCIMENTO, 2012).

A podridão-por-*Fusarium* (FIGURA 1) pode ocorrer em qualquer parte do fruto, todavia mais frequentemente na zona abscisão peduncular. Ferimentos em outras partes do fruto também são vias de infecção (OLIVEIRA, 2007). Observa-se na área afetada um profuso crescimento micelial cotonoso de cor normalmente branca e escorrimento de coloração caramelo próximo a região afetada, (GADELHA, 2002) também ocorrem rachaduras na superfície do fruto (TERAO, 2008). A infecção por *Fusarium* é facilitada quando as condições ambientais são favoráveis com alta umidade relativa e temperaturas entre 25 a 30°C (DIAS E TERAQ, 2006)



Figura 1: Podridão-por-*Fusarium* pontos diferentes da epiderme do fruto. Fonte: ARAÚJO, A.A.C.

Existem várias rotas de infecções possíveis para o fungo estabelecer-se no fruto de melão, como podemos elencar: i) através de feridas causadas por bióticos ou abióticos durante o crescimento e armazenamento; ii) aberturas naturais como as lenticelas ou extremidade do pedúnculo; iii) pelo rompimento direto da cutícula do hospedeiro, que pode ocorrer ao longo do período de crescimento do fruto (PRUSKY, 2010).

Fusarium spp. (FIGURA 2) são fungos pertencentes ao filo Ascomycetes, ordem Hypocreales e família Hypocreaceae (LESLIE; SUMMERELL, 2006). Fungo de importância econômica na produção e processos pós-colheita do melão. Considerado um fungo quiescente, apresentando sintomas depois de colhido no armazenamento (NASCIMENTO, 2014), o mesmo se adapta as condições de solo sobrevivendo saprofiticamente nos restos culturais, e tende a ser carregado junto com os frutos no momento da colheita, esse espécie mantém-se latente fisiologicamente, em uma fase assintomática no fruto que eventualmente surge o sintoma visível no parasitado (VERHOEFF, 1974 e PRUSKY, 1996) desde que sejam dadas as condições favoráveis ao seu desenvolvimento.

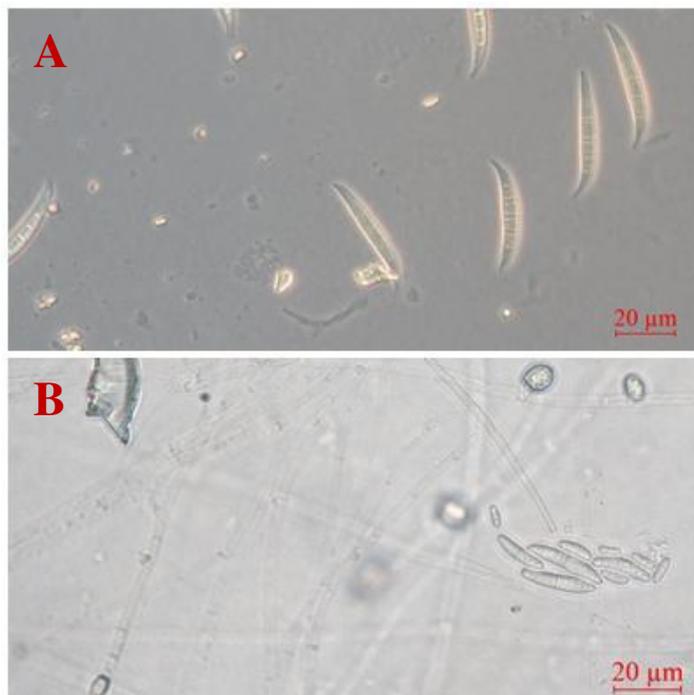


Figura 2: A - macroconídios do esporodóquio; B – microconídios do micélio aéreo, Fonte: ARAÚJO, A.A.C.

As doenças pós-colheita em melões são controladas geralmente utilizando fungicida sintético como o Imazalil (AHARONI *et al*, 1992) atualmente é o único fungicida pós-colheita registrado no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento(MAPA). Wilson *et al* (1994) alerta que o uso de tais substancias tende a aumentar o numero de

organismos resistentes além da contaminação ambiental.

A radiação ultravioleta (UV) é parte integrante da radiação solar, representando 45% do espectro total, situando-se abaixo da luz visível, e subdivide-se nos seguintes comprimentos de onda; UVA, entre 320 e 400 nm; UVB, entre 280 e 320 nm e UVC entre 100 e 280 nm, esta última que possui ação germicida. A UVC e parte da UVB são absorvidas pela atmosfera terrestre e a camada de ozônio e ficam retidas (ROWLAND, 2006).

A ultravioleta pulsada (UVp) é uma tecnologia que diferentemente da ultravioleta contínua, é armazenada em um capacitor e liberada em flashes intermitentes, o que aumenta de forma instantânea a intensidade de energia. Devido a essa característica a ultravioleta pulsada é mais efetiva e mais rápida na inativação de microorganismos (LUO *et. al.*, 2014).

O uso da ultravioleta pulsada permite o controle parcial do patógeno em alguns aspectos dependendo da dose utilizada. Esse controle torna-se mais eficiente em pulsos intermitentes de curta duração, que tem efeito letal em vários dos microorganismos, relatado por DUNN *et. al* (1995) e TAKESHITA *et. al.* (2003), destruindo totalmente quando a concentração orgânica é substancialmente baixa, no caso de conídios e partes de hifas.

O efeito antimicrobiano da UVp ocorre devido a absorção das ondas eletromagnéticas de radiação pelas ligações dupla de carbono altamente conjugado nas proteínas e ácidos nucleicos, perturbando o metabolismo celular (RIVAS, 2012). Esses efeitos são letais aos microorganismos que através de modificações fotoquímicas e efeito fototermal associado à altas doses do espectro UV em um curto espaço de tempo (ANDERSON *et. al.*, 2003; TAKESHIDA *et. al.* 2003, WUYTACK *et. al.*, 2003) desorganiza a dupla fita de Ácidos Nucleicos (DNA) impedindo o fungo de reproduzir-se (processos meióticos e mitóticos)

O uso dessa tecnologia no tratamento de frutos é muito eficiente na inibição de microrganismo presentes na superfície dos frutos, devido a essa diminuição de tende a reduzir a deterioração dos frutos e aumentando bastante a vida de prateleira desses produtos (RIVAS, 2012)

Considerando as crescentes exigências de qualidade, segurança alimentar, ecologicamente sustentável e produtos com aparência agradáveis ao consumidor, a pós-colheita tem sido um fator muito importante para garantir a qualidade dos frutos colhidos ao longo do ciclo de comercialização. A utilização de técnicas pós-colheita vem se destacando e aumentando gradativamente em número e qualidade as pesquisas em tecnologias alternativas nesse ramo, devido as restrições colocadas a resíduos de produtos utilizados nos tratamentos pós-colheita convencionais em frutos e hortaliças, tem sido uma alavanca para inovações técnicas e desenvolvimento de alternativas no tratamento de frutos na pós-colheita (TERAO,

2008). Em um momento de crescente exigência dos consumidores a produtos que atendam esse perfil, o uso da radiação ultravioleta tem-se mostrado eficiente em vários aspectos principalmente do eficiente controle de microrganismos patogênicos aos produtos orgânicos comercializados. Além de seguro não deixa resíduo nos frutos nem seu uso gera resíduos no processo (GOMES *et. al.* 2007).

Diante do exposto o trabalho realizado no Laboratório de Patologia Pós-colheita demonstra como objetivo principal neste ensaio avaliar a eficiência do uso da radiação ultravioleta na inibição crescimento do patógeno *Fusarium spp.* causador da podridão-*por-Fusarium* no melão amarelo.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Limpeza e sanitização dos frutos

Os frutos foram obtidos do município de Icapuí - CE sem qualquer tratamento e encaminhados ao Laboratório de Patologia Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical (LPPC). Em seguida os frutos foram lavados em água corrente, após foram imersos em solução de detergente neutro e lavados novamente em água corrente, para então passarem pela sanitização com hipoclorito de sódio a 200mg/L por 10 min, os frutos secaram ao ar.

3.2 Obtenção dos isolados e teste de patogenicidade

Os isolados foram obtidos da Coleção de Microorganismos de Interesse da Agroindústria Tropical (CMIAT-Embrapa). Sendo os isolados utilizados o LPPC 28, LPPC 74, LPPC 76 e LPPC 77 todos obtidos de frutos de melão amarelo.

Os isolados foram identificados segundo as características morfológicas específicas e identificado como do gênero *Fusarium spp.*. Adaptou-se a metodologia de Alfenas, *et. al.* (2016) para verificar a patogenicidade dos isolados (FIGURA 3) e confirmar por meio de comparação os organismos isolados com os organismos inoculados, através de imagens e características fenotípicas, obtidas no momento do isolamento, após a reinoculação.



Figura 3: Sintomas da podridão-por-Fusarium em fruto de melão amarelo, inoculados artificialmente. Fonte: ARAÚJO, A.A.C.

3.3 Ensaio *in vitro*

A partir de colônias puras dos isolados selecionados, foram preparadas placas para produção de conídios, em meio BDA crescidas por aproximadamente 15 dias, em BOD à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$. A partir das placas dessas culturas foram preparadas suspensões de conídios e ajustada a concentração para $1,0 \times 10^3$ conídios mL^{-1} . Em seguida separadas em porções de 5 mL da suspensão, acondicionada em placas de Petri de 6 cm de diâmetro e reservadas para aplicação das doses dos respectivos tratamentos.

As suspensões foram submetidas ao equipamento modelo XeMatic-2LXL (FIGURA 4) onde receberam doses de UVp, consistindo nos tratamentos a seguir: $0,0 \text{ J.cm}^{-2}$ (controle); $4,8 \text{ J.cm}^{-2}$; $7,8 \text{ J.cm}^{-2}$; $10,8 \text{ J.cm}^{-2}$; $13,8 \text{ J.cm}^{-2}$. Após o tratamento, as suspensões de conídios de cada isolado foram transferidas para placas de Petri contendo meio BDA, alíquota de $300 \mu\text{L}$ da suspensão tratada, sendo esta distribuída na superfície da placa com alça de Drigalsky. Utilizado seis placas de Petri, sendo cada placa uma unidade experimental, para cada isolado de *Fusarium*. As placas foram incubadas em BOD pelo período de 18 horas sob regime de luz contínua fluorescente branca, à temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$, após esse período as placas foram avaliadas utilizando o contador de colônias.



Figura 4 equipamento de Ultravioleta pulsada, XeMatic-2LXL. Fonte: ARAÚJO A.A.C.

Os resultados observados foram utilizados para calcular o percentual de inibição da germinação do número de colônias de acordo com a equação:

$$IG(\%) = [(N_c - N_t)/N_c] * 100$$

IG: Inibição unidades formadoras de colônia (%);

N_c : Número de unidades formadoras de colônia no tratamento controle;

N_t : numero de unidades formadoras de colônia nos tratamentos;

3.4 Ensaio *in vivo*

Frutos de melão provenientes do município de Icapuí-CE, foram colhidos e transportados para o laboratório de Patologia Pós-colheita da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza - CE. Os melões foram sanitizados com solução de hipoclorito de sódio (200 mg L⁻¹).

A suspensão de conídios de *Fusarium spp.* (LPPC 76) produzida a partir de colônias puras do fungo foi ajustada para a concentração de 1,0 x 10⁶ conídios ml⁻¹. Em seguida, os frutos foram inoculados artificialmente com uma alíquota de 200 µL da suspensão em quatro pontos equidistantes na base do pedúnculo, perfurados com um cilindro de diâmetro 8 mm na retirando parte da casca, posteriormente tratados com UVp (FIGURA 3) nas seguintes doses: 0,0 (controle); 6,0 J.cm⁻²; 9,0 J.cm⁻²; e 12,0 J.cm⁻².

O ensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, onde cada tratamento constou de oito repetições, sendo um fruto correspondente a uma repetição. Os melões tratados foram incubados em câmara úmida por 48 horas a 26±1°C e posteriormente retirados da câmara úmida e armazenados durante 21 dias sob as mesmas condições de temperatura.

Os resultados observados foram utilizados para calcular o percentual de inibição da germinação do número de colônias de acordo com a equação:

$$IG(\%) = (N_t/N_c) * 100$$

IG: Inibição unidades formadoras de colônia (%);

D_c : Diâmetro da lesão no tratamento controle (mm);

D_t : diâmetro da lesão no fruto tratados (mm);

As variáveis analisadas foram unidades formadoras de colônias, incidência (presença ou ausência da doença) e severidade, através do diâmetro da lesão, medida com auxílio do paquímetro digital (Marca Digimess). Os dados obtidos, quando necessário, na ocasião em que as repetições apresentaram valor zero, foram transformados pela fórmula \sqrt{x} -

1) e submetidos à análise de variância utilizando o programa Sisvar (FERREIRA, 2014), e as médias comparadas pelo teste de Tukey, probabilidade de 5% ($\alpha > 0,05$).

4 RESULTADOS DE DISCUSSÃO

4.1 Ensaio *in vitro*

O aumento das doses de radiação UVp reduziu a germinação de conídios de todos os isolados de *Fusarium spp.* Observa-se a redução do percentual germinativo dos isolados à medida que as doses de UVp aumentam.

Tabela 1: Percentual de inibição das unidades formadoras de colônia (UFC) de *Fusarium spp.* (percentual em relação ao controle) em resposta a diferentes doses de ultravioleta pulsado (UVp) após o período de 18 horas de incubação.

DOSES	<i>Fusarium</i> LPPC 28	<i>Fusarium</i> LPPC 74	<i>Fusarium</i> LPPC 77	<i>Fusarium</i> LPPC 76
INIBIÇÃO UFC(%)				
0 J.cm ⁻²	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a	0,0 ^a
4,8 J.cm ⁻²	94,12 ^b	0,0 ^b	98,47 ^b	98,12 ^b
7,8 J.cm ⁻²	99,61 ^c	0,0 ^b	95,55 ^{bc}	99,42 ^b
10,8 J.cm ⁻²	98,76 ^c	0,0 ^b	99,22 ^c	0,0 ^b
13,8 J.cm ⁻²	99,68 ^c	0,0 ^b	97,13 ^{bc}	0,0 ^b
CV (%)	16,56	9,67	29,49	18,33
DESVIO	37,64	16,19	9,58	15,52

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Média de 6 repetições. Fonte: ARAÚJO, A.A.C.

As doses de 7,8 Jcm⁻² reduziram em 98% a germinação dos conídios, porém nos tratamentos da dose de 4,8 J.cm⁻² apresentaram resultados significativos de inativação dos isolados, quando comparado ao tratamento controle. CHANG (1985) avaliando a inativação de outros microorganismos e indicadores do controle atestou o potencial de inativação da UV com aumento gradativo das doses. Os resultados *in vitro* da aplicação da UVP no controle dos isolados de *Fusarium spp.* demonstraram um efeito letal a estruturas reprodutivas dos isolados.

GAYAN *et. al.* (2011) constatou que tende a haver variação da resposta dos microrganismos dependendo da qualidade do equipamento, o próprio isolado e o meio no qual o patógeno se encontra.

4.2 Ensaio *in vivo*

Os frutos de melão não tratados (controle) apresentaram 100% de incidência da doença por podridão-por-*Fusarium*. Frutos tratados com UVp, independente da dose tiveram redução no aparecimento da doença, sendo que doses a partir de 9 J cm^{-2} reduziram em quase 70% a incidência da doença, conforme mostra a tabela 2. Por outro lado, doses a partir de 6 J cm^{-2} de UVp já reduziram significativamente o diâmetro das lesões quando comparadas ao controle.

Tabela 2: Incidência (% em relação ao controle) de podridão-por-*Fusarium* em melões amarelos após diferentes doses de ultravioleta pulsada (UVp) aos 12 dias de incubação.

Doses (J cm^{-2})	Incidência da doença (%)
0,0	100 a
6,0	62,5 ab
9,0	33,3 b
12,0	37,5 b
Média	58,33
CV	52,53

Médias seguidas de mesma letra, na coluna não diferem entre si, pelo Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 3: Diâmetro da lesão (mm, média de 3 repetições 1 fruto por repetição) da podridão-por-*Fusarium* (mm) em melões amarelos após aplicação de diferentes doses de ultravioleta pulsada (UVp) aos 12 dias de incubação.

Doses (J cm^{-2})	Diâmetro da Lesão (mm)
0,0	13,3 a
6,0	7,3 b
9,0	3,7 b
12,0	7,6 ab
Média (mm)	7,97
C.V. (%)	56,79

Médias seguidas de mesma letra, na coluna não diferem entre si, pelo Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

SOMMERS et al. (2009) verificaram que a luz ultravioleta tem efeito sobre as fitas de DNA dos patógenos, inibindo sua replicação, podendo ser esta a explicação para a redução da doença no melões comparados com os fruto não tratados.

Ensaio em linhas comerciais de maçãs e avaliando a utilização da radiação ultravioleta e métodos térmicos BARTNICKI (2011) analisando ambos os métodos e em associação a utilização dos métodos no processamento dos frutos há um acréscimo

significativo na proteção e assim a vida de prateleira dos frutos na pós-colheita e expressiva diminuição de podridões em maçãs.

LIMA (2015) propõe que células podem induzir a própria morte como recurso de sobrevivência a estresses de radiação ultravioleta. Considerando a impossibilidade de recuperar as informações perdidas, o DNA deve possuir um mecanismo de proteção ativado ao atingir um limite de dano o qual é acionado pra preservação do restante da informação genética. *Fusarium spp.* é saprófita e cosmopolita, e tende a ser um organismo bastante adaptável ao ambiente as adversidades dos mesmos, podendo esta ser a explicação para o desenvolvimento desse organismo em respostas as doses de $12,0 \text{ J.cm}^{-2}$ de UVp, nos ensaios *in vivo*, comparando ao Controle ($0,0 \text{ J.cm}^{-2}$) avaliado o diâmetro da lesão nos frutos.

5 CONCLUSÃO

O uso da uvp demonstrou efeito letal às unidades formadoras de colônia de *Fusarium spp.* e evidente efeito positivo da redução das podridões-pós-colheita em melões amarelos ocasionadas por *Fusarium spp.*

REFERÊNCIAS

- FILGUEIRAS, H.A.C.; Colheita e manuseio pós-colheita. In: FILGUEIRAS, H.A.C.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. Melão pós-colheita: Brasília: EMBRAPA-SPI/FRUTAS DO BRASIL, 2000. p.23-41. (**Frutas do Brasil**, 10).
- ANDERSON, J. G.; ROWAN, J.; MACGREGOR, S. J.; FOURACRE, R. A. e FARISH, O. 2000 Inactivation of food-borne enteropathogenic bacteria and spoilage fungi using pulsed-light, **IEE Transactions on Plasma Science** 28: 83-88.
- AHARONI, Y.; COPEL, A.; DAVIDSON, H.; BARKAI-GOLAN, R.; (1992) Fungicide application in water and in wax for decay control in 'Galia' melons. **NZ J Crop Horticulture Science** 20:177-170
- BARTINICKI, V. A.; SANHUEZA, R. M. V.; AMARRANTE, C. V. T.; STEFFENS, C. A.; 2011, Tratamentos hidrotérmico e com radiação UV-C no controle e pós-colheita da podridão olho-de-boi em uma linha comercial de seleção de maçãs. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v33, n. 3, p 737-745.
- CHITARRA, M. I. F. & CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e Hortaliças. Fisiologia e Manuseio**. Lavras. ESAL/FAEPE. 1990.
- INDEX FUNGORUM PARTNERSHIP. 2004. ISF Buscar Index Fungorum – acessado em Novembro 2018. <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp>
- DIAS E TERAO 2006 **Patologia Pós-colheita: Frutas, Olerícolas e Ornamentais Tropicais** Embrapa Agroindústria Tropical. Brasília, 2006; 595 - 628.
- DUNN, J., OTT., e CLARK, W.; 1995. Pulsed light treatment of food and packaging, food technolol. 49: 95-98.FERREIRA, D. F.; Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência agrotecnologia**. [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112 . Disponible en: ISSN 1413-7054. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.GADELHA, S.C. **Controle preventivo e curativo da podridão pós-colheita de frutos de melão com produtos alternativos**. 2002. 62 f. dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.
- GAYAN, E.; MONFORT, S.; ALVAREZ, I.; CONDON, S. UV-C inactivation of Escherichia coli at different temperatures. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v.12, n. 4, p. 531-541, 2011.
- GÓMEZ-LÓPEZ, V. M. et al. Pulsed light for food decontamination: a review. **Trends in Food Science & technology**, v. 18, n. 9, p. 464-473, 2007. ISSN 09224-2244.

- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística –Censo Agropecuário, **SIDRA** referencia 01/10/2016 a 30/09/2017, acesso em 25/10/2018. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6615>.
- LESLIE, J. F.; SUMMERELL, B. A. The *Fusarium* laboratory manual. London: Blackwell, 2006. 400p.
- LIMA, C. A.; Respostas a Danos no DNA após exposição à luz ultravioleta: apagando o fogo antes do incêndio celular. **Revista da Biologia** 2015 14(1):6-16.
- LÓPEZ, A. M.; RAGAERT, P.; DEBEVERE, J.; DEVLIEGHERE, F.; 2007, Pulsed light for food decontamination: review. **Trends in food Science & technology** 18 464 - 473.
- LUO, W.; CHEN, A.; CHEM, M.; DONG, W.; HOU, X. Comparison of sterilization efficiency of pulsed and continuous UV light using tunable frequency UV system. **Inovative Food Science & Emerging Chemistry**, v. 26, p. 220-225, 2014.
- MA, L.Y.; BI, Y.; ZHANG, Z.K.; ZHAO, L.; AN, L.; MA, K.Q.; Control of pre-and postharvest main diseases on melon variety Yindi with preharvest azoxystrobin spraying. 2004 J Gansu Agric University 39:14–17 (in Chinese with English abstract).
- MAROTO, J. V. Horticultura herbácea especial. 2. Ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1995 611p.
- MORRIS, S.; WADE, N.L.; Control of postharvest diseases in cantaloupes by treatment with guazatine and benomyl. 1983. **Plant Disease** 67:792–792.
- MÜNGER, H. M.; ROBINSON, R. W. Nomenclatura of *Cumis melo* L. Cucurbit Genetics Cooperative Report, Madison, v. 14, p. 43-45, 1991.
- NASCIMENTO, F. V. et al. Hidrotermia e radiação UV-C no controle de patógenos de manga e melão. 2014.
- OLIVEIRA, M. J.; **Epidemiologia da podridão-por-fusarium em frutos de meloeiro**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2007.
- PRUSKY, D. Pathogen quiescence in postharvest diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo alto, v. 34, p. 413-434, 1996.
- RIVAS, O. E.; 2012, Non-thermal Food Engineering Operations, Food engineering series – **Springer Science** 1.ed.
- ROWLAND, C. S.; 2006, Stratospheric Ozone Depletion. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, **Biological Sciences** 361: 769-90.
- SESTARI, I.; WEBER, A.; GIEHL, R. F. H.; BRACKMANN, A. Alternativas para o controle de podridões pós-colheita em pêssegos frigoconservados. **Revista da FZVA**, v. 15, n. 2, p 11-18, 2008.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Plant Physiology e Development**. 6.ed. Sunderland : Artmed, 2017. 888 p.

TAKESHITA, K.; SHIBATO, J.; SAMESHIMA, T.; FUKUNAGA, S.; ISOBE, S.; ARIHARA, K.; e ITOH, M.; Damage of yeast cells induced by pulsed light irradiation.

International Journal Food Microbiological. 2003. 85: 151-158.

TERAO, D.; OLIVEIRA, S.M.A.; VIANA, F.M.P.; SARAIVA, A.C.M.; 2008. Estratégias de Controle de Podridões em Pós-Colheita de Melão: uma Revisão, 2008.

VERHOEFF, K. (1974) Latent infections by fungi. Ann **Revista Phytopathological**, 1974 12:99–107.

WILSON, C.L.; EL-GHAOUTH, A.; CHALUTZ, E.; DROBY, S.; STEVENS, C.; LU, J. Y.; KHAN, V.; ARUL, J.; Potential of induced resistance to control postharvest diseases of fruits and vegetables. 1994) **Plant Disease** 78:837–844.

WUYTACK, E. Y.; PHUONG, L. D. T.; AERTEN, A.; REYENS, K. M. F. M. F.; MARQUENIE, D.; KETELAERE, D. B.; MASSCHALCK, B.; VAN OPSTAL, I.; DIELS, A. M. J. e MICHHIELS, C. W. 2003. Comparison of sublethal injury induced in *Salmonella enterica* serovar Typhimurium by heat and y different nonthermal treatments. **Journal of Food Protection** 66: 31-37.