



FRANCIANE COLARES SOUZA

**“UTILIZAÇÃO COMBINADA DE RADIAÇÃO UV-C E
ATMOSFERA MODIFICADA PARA CONSERVAÇÃO DO
FIGO APÓS A COLHEITA”**

CAMPINAS

2012



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

FRANCIANE COLARES SOUZA

**“UTILIZAÇÃO COMBINADA DE RADIAÇÃO UV-C E
ATMOSFERA MODIFICADA PARA CONSERVAÇÃO DO
FIGO APÓS A COLHEITA”**

Orientador: Prof. Dr. Paulo Ademar Martins Leal

Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Oliveira Ferraz

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, na área de Tecnologia Pós-Colheita.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA PELA ALUNA FRANCIANE COLARES
SOUZA E ORIENTADA PELO PROF. DR. PAULO ADEMAR
MARTINS LEAL.

Assinatura do Orientador

CAMPINAS

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE -
UNICAMP

So89u Souza, Franciane Colares
Utilização combinada de radiação UV-C e atmosfera
modificada para conservação do figo após a colheita /
Franciane Colares Souza. --Campinas, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Paulo Ademar Martins Leal
Coorientador: Antonio Carlos de Oliveira Ferraz.
Tese de Doutorado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Figo. 2. Pós-colheita - Doenças e pragas. 3.
Radiação ionizante. 4. Contaminação microbiológica. I.
Leal, Paulo Ademar Martins, 1953-. II. Ferraz, Antonio
Carlos de Oliveira, 1953-. III. Universidade Estadual de
Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV.
Título.

Título em Inglês: Combined use of UV-C radiation and modified atmosphere
for postharvest fig conservation

Palavras-chave em Inglês: Ficus carica, Post-harvest diseases and injuries,
Ionizing radiation, Microbiological contamination

Área de concentração: Tecnologia Pós-Colheita

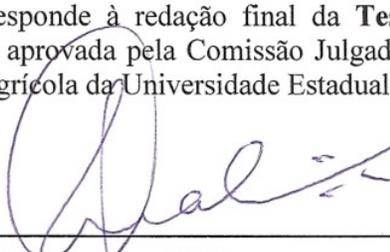
Titulação: Doutora em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Ricardo Alfredo Kluge, Eliane Aparecida Benato
Rodrigues da Silva, Cláudio Luiz Messias, Sylvio Luís
Honório

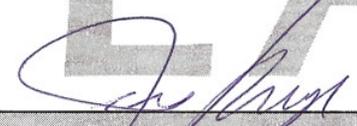
Data da defesa: 27-08-2012

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

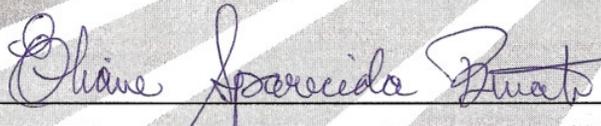
Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Franciane Colares Souza**, aprovada pela Comissão Julgadora em 27 de agosto de 2012, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



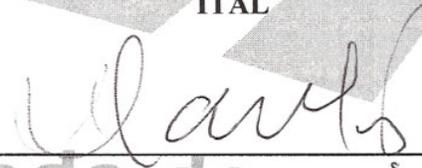
**Prof. Dr. Paulo Ademir Martins Leal – Presidente e Orientador
Feagri/Unicamp**



**Prof. Dr. Ricardo Alfredo Kluge - Membro Titular
Esalq/USP**



**Dra. Eliane Aparecida Benato Rodrigues da Silva
ITAL**



**Prof. Dr. Cláudio Luiz Messias - Membro Titular
Feagri/Unicamp**



**Prof. Dr. Sylvio Luís Honório - Membro Titular
Feagri/Unicamp**

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original.”

Albert Einstein

DEDICATÓRIA

*A Deus,
por me dar forças e iluminar meu caminho.*

*Aos meus pais, Francisco e Angelita, por todos os
ensinamentos de vida, e por terem me transformado no que sou.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de viver e conviver com todas as pessoas que me ajudaram em meu crescimento pessoal e profissional.

À meus pais Francisco Colares Souza e Angelita Martins de Souza pela dedicação, amor e compreensão.

Ao Fábio Usberti, meu grande amor, amigo e companheiro de todas as horas, pelo carinho e compreensão incondicionais em todos estes anos. E também, é claro, por todas as horas no laboratório, me ajudando nas análises físico-químicas. Se tudo me pareceu mais fácil foi porque você estava ao meu lado.

Minha irmã Néia e queridos sobrinhos e amigos Simone, Gustavo e William, pela paciência e pelos finais de semana de trabalho no laboratório. Só vocês para transformarem estes momentos em inesquecíveis lembranças de afeto. Amo vocês!

Aos meus orientadores Paulo Martins Leal e Antonio Carlos de Oliveira Ferraz. Muito obrigada por todos os ensinamentos durante esta jornada, pela amizade, apoio e confiança em meu trabalho. Sinto-me honrada por ter tido a oportunidade de trabalhar e aprender com vocês.

À Dra. Eliane Aparecida Benato por todos os ensinamentos em microbiologia e apoio na realização dos experimentos.

À Faculdade de Engenharia Agrícola e à UNICAMP pela oportunidade de desenvolver este projeto.

À Universidad Politécnica de Cartagena, especialmente ao Grupo de Postrecolección y Refrigeración pelo acolhimento e oportunidade de aprendizado.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado, ao Santander pela bolsa de mobilidade estudantil e à FAPESP pelo financiamento de parte deste projeto. À CPG e Feagri pelo apoio na participação em eventos.

Ao Maurício Brotto, pela disponibilidade em nos fornecer as frutas nos padrões desejados, mesmo nos períodos de maior demanda de produto. E a todos seus funcionários, especialmente à Néia, pela ajuda na seleção das frutas.

Aos Professores de pós-colheita da Feagri Sylvio Luís Honório, Benedetti Carlos Benedetti, Marlene Rita de Queiroz, João Domingos Biagi, Rafael Augustus de Oliveira e Armando Kazuo Fujji. Obrigada pelos conhecimentos transmitidos e pela amizade!

Aos Professores Francisco Artés, Perla Gómez e Juan Antonio Martínez por todo o apoio durante o desenvolvimento de meu trabalho na UPCT.

Aos meus alunos de Iniciação Científica Débora Abreu, Paul Lichtenstein, Vinícius Brito, Ana Paula Scarponi e Gabriele Von Zuben, agradeço por todo o aprendizado que conquistamos juntos. Agradeço também às agências de fomento PIBIC-CNPq, Cátedra FAO, SAE e FAPESP pela concessão das bolsas de iniciação científica, sem as quais não teríamos formado toda esta equipe.

Aos amigos e colegas que fiz na Feagri: Márcia Atarassi, Marina Pozitano, Carolina Saenz, Stella Vieira, Rívia Amaral, Vânia Nascimento, Glenda Neves, Rodolpho Tinini e Arthur Rocha, agradeço pelos momentos de descontração e pela troca de experiências. E especialmente à Rosa Helena Aguiar, ao mesmo tempo amiga e conselheira, por estar sempre disposta para resolver nossos problemas!

Aos amigos que fiz na Espanha: Inma Pradas, Luísa Mery, Ginés Benito, Marta Patrícia Tarazona, Maria Elena Nodis e Caridad García, pelo acolhimento e amizade.

A Maria Rosália Favoretto e Francisco Oliveira, técnicos do laboratório de Tecnologia Pós-Colheita, Leandro Moraes, técnico do laboratório de Propriedades Físicas dos Materiais Biológicos, Giovani Brota, do Laboratório de Saneamento, Oldeny Santos do laboratório de Controle Ambiental, à estagiária Ana Karenina Silveira e à Sílvia Scarponi pela disponibilidade e ajuda na realização dos experimentos.

Aos funcionários e ex-funcionários da Feagri Maria do Socorro Farias, Rosangela Gomes, Ana Paula Montagner, Sidnei Trombeta, Suzely Francisco, Marta Vechi, Célia Carvalho, Alexandre D'Avila, Fábio Esteves, André Nogueira, João Bergamo, Edgar Lombardi, Clóvis Tristão, Luiz Carlos Silva e José Maria da Silva, e a todos que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento do meu trabalho, meu muito obrigada!

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	xv
LISTA DE FIGURAS.....	xvi
LISTA DE TABELAS.....	xviii
RESUMO.....	xxiii
ABSTRACT.....	xxv
1. INTRODUÇÃO	1
2. HIPÓTESE.....	4
3. OBJETIVOS	5
3.1. Objetivo Geral	5
3.2. Objetivos Específicos.....	5
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
4.1. Figo.....	6
4.1.1. Características.....	6
4.1.2. Produção e Comercialização	7
4.2. Atividade Respiratória	8
4.3. Contaminação Microbiológica em Alimentos	10
4.4. Controle de Microrganismos	12
4.5. Irradiação de Alimentos.....	13
4.5.1. Radiação Ultra Violeta C.....	14
4.6. Atmosfera Modificada.....	16
4.6.1. Atmosfera Modificada com Filmes Poliméricos	18
4.6.2. Atmosferas com Alta Concentração de CO ₂	21
4.7. Tratamentos Físicos Combinados	24
5. CAPÍTULO I: Identificação e Teste de Patogenicidade de Fungos Causadores de Podridão em Figos	26
5.1. Objetivo.....	26
5.2. Material e Métodos.....	26
5.2.1. Identificação dos Microrganismos	26
5.2.1.1. <i>Figos</i>	26
5.2.1.2. <i>Incubação dos Microrganismos</i>	26

5.2.1.3. Obtenção de Isolados	27
5.2.1.4. Identificação dos Fungos	27
5.2.1.5. Análise dos Resultados	27
5.2.2. Testes de Patogenicidade.....	28
5.2.2.1. Inóculo.....	28
5.2.2.2. Inoculação nas Frutas	28
5.2.2.3. Tratamentos	29
5.2.2.4. Avaliação da incidência e severidade das doenças pós-colheita.....	30
5.2.2.5. Delineamento experimental e avaliação dos tratamentos.....	30
5.3. Resultados e Discussão	30
5.4. Conclusões	33
6. CAPÍTULO II: Efeito da Radiação UV-C e Diferentes Temperaturas de Armazenamento sobre a Qualidade do Figo.....	34
6.1. Objetivo.....	34
6.2. Material e Métodos.....	34
6.2.1. Figo.....	34
6.2.2. Aplicação da radiação UV-C.....	34
6.2.3. Tratamentos	35
6.2.4. Avaliação de qualidade dos tratamentos	36
6.2.5. Delineamento Experimental	38
6.3. Resultados e Discussão	38
6.4. Conclusões	42
7. CAPÍTULO III: Efeito da Radiação UV-C na Inibição de Fitopatógenos <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>.....	43
7.1. Objetivo.....	43
7.2. Material e Métodos.....	43
7.2.1. Ensaio <i>in vitro</i>	43
7.2.1.1. Inoculação dos Patógenos.....	43
7.2.1.2. Aplicação da Radiação UV-C	43
7.2.1.3. Tratamentos	44
7.2.1.4. Avaliação dos tratamentos	44
7.2.1.5. Delineamento Experimental	45
7.2.2. Ensaio <i>in vivo</i>	45

7.2.2.1. <i>Inoculação dos Figos</i>	45
7.2.2.2. <i>Aplicação da Radiação UV-C</i>	46
7.2.2.3. <i>Tratamentos</i>	46
7.2.2.4. <i>Avaliação dos Tratamentos</i>	46
7.2.2.5. <i>Delineamento Experimental</i>	48
7.3. Resultados e Discussão	48
7.3.1. <i>Ensaio in vitro</i>	48
7.3.2. <i>Ensaio in vivo</i>	56
7.4. Conclusões	57
8. CAPÍTULO IV: Efeito da Atmosfera Modificada Passiva com Filme de Polipropileno na Manutenção da Qualidade de Figos	58
8.1. Objetivo	58
8.2. Material e Métodos	58
8.2.1. <i>Figos</i>	58
8.2.2. <i>Acondicionamento dos Figos e Selamento das Embalagens</i>	58
8.2.3. <i>Condições de Armazenamento</i>	59
8.2.4. <i>Tratamentos</i>	59
8.2.5. <i>Medidas de Concentração dos Gases</i>	60
8.2.6. <i>Avaliação dos Tratamentos</i>	60
8.2.7. <i>Delineamento Experimental</i>	60
8.3. Resultados e Discussão	61
8.4. Conclusões	67
9. CAPÍTULO V: Aplicação de Atmosfera com Alta Concentração de CO₂ na Manutenção da Qualidade de Figos	68
9.1. Objetivo	68
9.2. Material e Métodos	68
9.2.1. <i>Figos</i>	68
9.2.2. <i>Modificação Atmosférica</i>	68
9.2.3. <i>Testes de Estanqueidade</i>	69
9.2.4. <i>Preparação dos Tratamentos</i>	70
9.2.5. <i>Condições de Armazenamento</i>	70
9.2.6. <i>Tratamentos</i>	71
9.2.7. <i>Avaliação dos Tratamentos</i>	72

9.2.8. Delineamento Experimental	72
9.3. Resultados e Discussão	72
9.4. Conclusões	78
10. CAPÍTULO VI: Combinação de Atmosfera Modificada e Radiação UV-C na Manutenção da Qualidade do Figo	79
10.1. Objetivo.....	79
10.2. Material e Métodos.....	79
10.2.1. Figos.....	79
10.2.2. Combinação dos Tratamentos	79
10.2.3. Tratamentos	80
10.2.4. Preparação dos Tratamentos.....	81
10.2.5. Condições de Armazenamento	81
10.2.6. Medidas de Concentração dos Gases	82
10.2.7. Avaliação dos Tratamentos	82
10.2.8. Delineamento Experimental	82
10.3. Resultados e Discussão	82
10.4. Conclusões	87
11. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
12. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	89
13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
14. APÊNDICE	96
14.1. Tabelas de Análise de Variância dos Ensaio Realizados para Avaliação do Efeito da Radiação UV-C e Diferentes Temperaturas de Armazenamento sobre a Qualidade do Figo.....	96
14.2. Tabelas de Análise de Variância dos Ensaio Realizados para Avaliação do Efeito da Radiação UV-C na Inibição de Fitopatógenos <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>	99
14.3. Tabelas de Análise de Variância dos Ensaio Realizados para Avaliação do Efeito da Atmosfera Modificada Passiva com Filme de Polipropileno na Manutenção da Qualidade do Figo.....	101
14.4. Tabelas de Análise de Variância dos Ensaio Realizados para Avaliação da Atmosfera com Alta Concentração de CO₂ na Manutenção da Qualidade do Figo	105
14.5. Tabelas de Análise de Variância dos Ensaio Realizados para Avaliação da Combinação de Atmosfera Modificada e Radiação UV-C na Manutenção da Qualidade do Figo.....	108

LISTA DE ABREVIATURAS

ANOVA	<i>Análise de Variância</i>
AM	<i>Atmosfera modificada.</i>
AT	<i>Acidez titulável</i>
BDA	<i>Batata dextrose agar</i>
ID	<i>Índice de doença</i>
PEBD	<i>Polietileno de baixa densidade</i>
PM	<i>Perda de massa</i>
PP	<i>Polipropileno</i>
BOPP	<i>Polipropileno bio-orientado</i>
PVC	<i>Policloreto de vinila</i>
SS	<i>Sólidos solúveis</i>
UV-C	<i>Ultra violeta C</i>

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema em corte longitudinal, mostrando a morfologia interna do figo (Fonte: HORTIBRASIL, 2005).6
- Figura 2.** Aspectos da preparação dos tratamentos: (A) perfuração nas frutas, (B) deposição de suspensão na superfície da fruta e (C) colocação de papel com suspensão de esporos sobre a superfície das frutas.29
- Figura 3.** Incidência (%) de fungos causadores de podridões em figos ‘Roxo de Valinhos’, oriundos de Campinas/SP e região, no período de janeiro a abril de 2009.31
- Figura 4.** Imagens ilustrativas de figos ‘Roxo de Valinhos’ contaminados com (A) *Rhizopus stolonifer*, (B) *Alternaria alternata* e (C) *Lasiodiplodia theobromae* nos testes de patogenicidade.33
- Figura 5.** Vista interna da câmara utilizada para aplicação da radiação ultravioleta (UV-C) em figos.35
- Figura 6.** Valores médios de amadurecimento, murchamento, manchas e podridão ao final de sete dias de armazenamento de figos submetidos às doses de radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻², 0,70 kJ.m⁻², 1,32 kJ.m⁻², 2,64 kJ.m⁻² e 4,00 kJ.m⁻² e armazenados à 10°C e 20°C.41
- Figura 7.** Qualidade final das frutas expostas à radiação UV-C após sete dias de armazenamento à 10°C e 20°C.41
- Figura 8.** Efeito da radiação UV-C sobre o crescimento micelial das colônias de *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata*, incubados a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições cada.49
- Figura 9.** Produção de esporos (10⁶) para *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata* dez dias após a exposição a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições cada.52
- Figura 10.** Índice de Doença (ID) para figos inoculados com *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata* antes (Curativo) e depois (Preventivo) da exposição à diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.56
- Figura 11.** Concentrações médias gás carbônico e oxigênio ao longo do período de armazenamento nas embalagens contendo figos embalados com filme de PP com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50) e armazenados às temperaturas de 10°C (A) e 20°C (B). Médias de três ensaios experimentais, com cinco repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.62
- Figura 12.** Concentrações médias de etileno ao longo do período de armazenamento nas embalagens contendo figos embalados com filme de PP com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50) e armazenados às temperaturas de 10°C (A) e 20°C (B). Médias de três ensaios experimentais, com cinco repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.63
- Figura 13.** Valores médios de amadurecimento, murchamento, manchas e podridão ao final do período de armazenamento de figos embalados com filme de PP com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50) e armazenados às temperaturas de 10°C e 20°C. Médias

de três ensaios experimentais, com cinco repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.66

Figura 14. Aspectos da modificação atmosférica realizada nos recipientes plásticos. (A) Cilindro pressurizado de dióxido de carbono e conexões; (B) baldes plásticos para acondicionamento das frutas.69

Figura 15. Produção de gás carbônico para figos expostos à atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por 20 frutas.73

Figura 16. Perda de massa acumulada para figos expostos à atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por 20 frutas.74

Figura 17. Valores médios de amadurecimento, murchamento, danos e manchas e podridão ao final do período de armazenamento para figos expostos à atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por 20 frutas.76

Figura 18. Qualidade final dos figos expostos à atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.77

Figura 19. Fluxograma de realização dos ensaios de combinação de tratamentos físicos para manutenção da qualidade de figos.80

Figura 20. Concentrações médias gás carbônico e oxigênio ao longo do período de armazenamento nas embalagens contendo figos dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.83

Figura 21. Perda de massa ao longo do período de armazenamento nas embalagens contendo figos dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.84

Figura 22. Valores médios de amadurecimento, murchamento, danos e manchas e podridão ao final do período de armazenamento de figos dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.85

Figura 23. Aspectos da qualidade final dos figos ao final do período de armazenamento para os tratamentos PP, UV+PP e AM+PP, armazenados a 10°C e 20°C.86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Limites mínimos de atividade de água (A_w) necessários para o desenvolvimento de alguns tipos de fungos e produção de toxinas.	11
Tabela 2. Descrição dos tratamentos utilizados nos testes de patogenicidade.	29
Tabela 3. Porcentagem de frutas com desenvolvimento fúngico e Índice de Doença (%) para figos ‘Roxo de Valinhos’ inoculados com <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Alternaria alternata</i> e <i>Lasiodiplodia theobromae</i> incubados durante sete dias à 25°C.	31
Tabela 4. Descrição dos tratamentos utilizados nos testes de sensibilidade de figos à radiação UV-C.	35
Tabela 5. Teor de sólidos solúveis (°Brix) em figo ‘Roxo de Valinhos’ submetido a radiação UV-C e armazenado a 10°C e 20°C por sete dias (Valor inicial: 11,23°Brix).	38
Tabela 6. Acidez titulável (% ácido cítrico) em figo ‘Roxo de Valinhos’ submetido a radiação UV-C e armazenado a 10°C e 20°C por sete dias (Valor inicial: 0,20 % de ácido cítrico).	39
Tabela 7. Valores médios de pH em figo ‘Roxo de Valinhos’ submetido a radiação UV-C e armazenado a 10°C e 20°C por sete dias (Valor inicial: 4,92).	39
Tabela 8. Perda de Massa em figo ‘Roxo de Valinhos’ submetido a radiação UV-C e armazenado a 10°C e 20°C por sete dias.	40
Tabela 9. Descrição dos tratamentos utilizados na aplicação da radiação UV-C nos testes <i>in vitro</i>	44
Tabela 10. Descrição dos tratamentos nos testes preventivos e curativos de aplicação da radiação UV-C <i>in vivo</i> em figos inoculados com os fungos <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Lasiodiplodia theobromae</i> e <i>Alternaria alternata</i>	47
Tabela 11. Valores médios do crescimento micelial (cm) para <i>Rhizopus stolonifer</i> , após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.	50
Tabela 12. Valores médios do crescimento micelial (cm) para <i>Lasiodiplodia theobromae</i> , após a exposição a diferentes níveis de radiação UV-C.	50
Tabela 13. Valores médios do crescimento micelial (cm) para <i>Alternaria alternata</i> , após a exposição a diferentes níveis de radiação UV-C.	51
Tabela 14. Produção de esporos (10^6) para <i>Rhizopus stolonifer</i> , dez dias após a exposição a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.	53
Tabela 15. Produção de esporos (10^6) para <i>Lasiodiplodia theobromae</i> dez dias após a exposição a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.	53
Tabela 16. Produção de esporos (10^6) para <i>Alternaria alternata</i> dez dias após a exposição a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.	54
Tabela 17. Massa de micélio seco (10^2 g) produzida no crescimento de <i>Rhizopus stolonifer</i> dez dias após a exposição dos fungos a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.	54

Tabela 18. Massa de micélio seco (10^2 g) produzida no crescimento de <i>Lasiodiplodia theobromae</i> dez dias após a exposição dos fungos a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.....	55
Tabela 19. Massa de micélio seco (10^2 g) produzida no crescimento de <i>Alternaria alternata</i> dez dias após a exposição dos fungos a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.....	55
Tabela 20. Descrição dos tratamentos utilizados nos ensaios com atmosfera modificada passiva com filmes de PP na manutenção da qualidade de figos e redução de podridão.....	59
Tabela 21. Teor de sólidos solúveis (°Brix) em figo ‘Roxo de Valinhos’ do tratamento controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50) e armazenados a 10°C e 20°C.....	64
Tabela 22. Acidez titulável (% ácido cítrico) em figo ‘Roxo de Valinhos’ do tratamento controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50) e armazenados a 10°C e 20°C.....	64
Tabela 23. pH (% ácido cítrico) em figo ‘Roxo de Valinhos’ do tratamento controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50) e armazenados a 10°C e 20°C.....	64
Tabela 24. Perda de massa (%) em figo ‘Roxo de Valinhos’ do tratamento controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50) e armazenados a 10°C e 20°C.....	65
Tabela 25. Descrição dos tratamentos utilizados nos ensaios com alta concentração de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h na manutenção da qualidade de figos.....	71
Tabela 26. Teor de sólidos solúveis (°Brix) para figos expostos a atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C. (Valor inicial: 13,23°Brix).	75
Tabela 27. Acidez titulável (% ácido cítrico) para figos expostos a atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C (Valor inicial: 0,14 % ácido cítrico).....	75
Tabela 28. Valores de pH para figos expostos a atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C (Valor inicial: 5,27).....	75
Tabela 29. Descrição dos tratamentos utilizados nos ensaios com combinação de tratamentos físicos para manutenção da qualidade de figos e inibição do crescimento fúngico.	81
Tabela 30. Teor de sólidos solúveis (°Brix) em figo ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP armazenados a 10°C e 20°C (Valor inicial: 11,39°Brix).	87
Tabela 31. Acidez titulável (% ácido cítrico) em figo ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP armazenados a 10°C e 20°C (Valor inicial: 0,17% ácido cítrico).	87
Tabela 32. Valores de pH em figo ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP armazenados a 10°C e 20°C (Valor inicial: 4,45).	87
Tabela 33. Análise de variância para teor de sólidos solúveis de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m ⁻² , 0,72 kJ.m ⁻² , 1,32 kJ. m ⁻² , 2,64 kJ. m ⁻² e 4,00 kJ.m ⁻² , armazenados à 10°C e 20°C.	96

Tabela 34. Análise de variância para acidez total de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m ⁻² , 0,72 kJ.m ⁻² , 1,32 kJ. m ⁻² , 2,64 kJ. m ⁻² e 4,00 kJ.m ⁻² , armazenados à 10°C e 20°C.	96
Tabela 35. Análise de variância para pH de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m ⁻² , 0,72 kJ.m ⁻² , 1,32 kJ. m ⁻² , 2,64 kJ. m ⁻² e 4,00 kJ.m ⁻² , armazenados à 10°C e 20°C.....	96
Tabela 36. Análise de variância para perda de massa de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m ⁻² , 0,72 kJ.m ⁻² , 1,32 kJ. m ⁻² , 2,64 kJ. m ⁻² e 4,00 kJ.m ⁻² , armazenados à 10°C e 20°C.	97
Tabela 37. Análise de variância do parâmetro de aparência “amadurecimento” de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m ⁻² , 0,72 kJ.m ⁻² , 1,32 kJ. m ⁻² , 2,64 kJ. m ⁻² e 4,00 kJ.m ⁻² , armazenados à 10°C e 20°C.....	97
Tabela 38. Análise de variância do parâmetro de aparência “murchamento” de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m ⁻² , 0,72 kJ.m ⁻² , 1,32 kJ. m ⁻² , 2,64 kJ. m ⁻² e 4,00 kJ.m ⁻² , armazenados à 10°C e 20°C.....	97
Tabela 39. Análise de variância do parâmetro de aparência “manchas” de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m ⁻² , 0,72 kJ.m ⁻² , 1,32 kJ. m ⁻² , 2,64 kJ. m ⁻² e 4,00 kJ.m ⁻² , armazenados à 10°C e 20°C.	98
Tabela 40. Análise de variância do parâmetro de aparência “podridão” de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m ⁻² , 0,72 kJ.m ⁻² , 1,32 kJ. m ⁻² , 2,64 kJ. m ⁻² e 4,00 kJ.m ⁻² , armazenados à 10°C e 20°C.	98
Tabela 41. Análise de variância para crescimento micelial para <i>Rhizopus stolonifer</i> , após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.....	99
Tabela 42. Análise de variância para crescimento micelial para <i>Lasiodiplodia theobromae</i> , após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.....	99
Tabela 43. Análise de variância para crescimento micelial de <i>Alternaria alternata</i> , após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.....	99
Tabela 44. Análise de variância para produção de micélio aéreo seco de <i>Rhizopus stolonifer</i> , após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.....	100
Tabela 45. Análise de variância para produção de micélio aéreo seco de <i>Lasiodiplodia theobromae</i> , após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.	100
Tabela 46. Análise de variância para produção de micélio aéreo seco de <i>Alternaria alternata</i> , após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.....	100
Tabela 47. Análise de variância para teor de sólidos solúveis de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.	101
Tabela 48. Análise de variância para acidez titulável de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.	101
Tabela 49. Análise de variância para pH de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.	101

Tabela 50. Análise de variância para perda de massa de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.....	102
Tabela 51. Análise de variância para concentração de gás carbônico de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.....	102
Tabela 52. Análise de variância para concentração de oxigênio de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.....	102
Tabela 53. Análise de variância para concentração de etileno de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.....	103
Tabela 54. Análise de variância para o parâmetro de aparência “amadurecimento” de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.....	103
Tabela 55. Análise de variância para o parâmetro de amadurecimento “murchamento” de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.....	103
Tabela 56. Análise de variância para o parâmetro de aparência “manchas” de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.....	104
Tabela 57. Análise de variância para o parâmetro de aparência “podridão” de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.....	104
Tabela 58. Análise de variância para o teor de sólidos solúveis de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.....	105
Tabela 59. Análise de variância para acidez titulável de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.....	105
Tabela 60. Análise de variância para pH de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.	105
Tabela 61. Análise de variância para perda de massa de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.....	106
Tabela 62. Análise de variância para concentração de gás carbônico de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.....	106

Tabela 63. Análise de variância para o parâmetro de aparência “amadurecimento” de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.	106
Tabela 64. Análise de variância para o parâmetro de aparência “murchamento” de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.	107
Tabela 65. Análise de variância para o parâmetro de aparência “manchas” de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.	107
Tabela 66. Análise de variância para o parâmetro de aparência “podridão” de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.	107
Tabela 67. Análise de variância para teor de sólidos solúveis para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.	108
Tabela 68. Análise de variância para acidez titulável para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.	108
Tabela 69. Análise de variância para pH de figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.	108
Tabela 70. Análise de variância para perda de massa para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.	109
Tabela 71. Análise de variância para concentração de gás carbônico nas embalagens de figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.	109
Tabela 72. Análise de variância para concentração de oxigênio nas embalagens de figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.	109
Tabela 73. Análise de variância para o parâmetro de aparência “amadurecimento” para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.	110
Tabela 74. Análise de variância para o parâmetro de aparência “murchamento” para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.	110
Tabela 75. Análise de variância para o parâmetro de aparência “manchas” para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.	110
Tabela 76. Análise de variância para o parâmetro de aparência “podridão” para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.	111

RESUMO

O manejo inadequado é um fatores que afetam a qualidade de produtos agrícolas, conduzindo a perdas devido aos danos mecânicos e o desenvolvimento microbiano, agravado pelo armazenamento inadequado. No caso do figo, devido à limitada proteção oferecida pela epiderme e presença do ostíolo, o beneficiamento utilizando água não é recomendado, trazendo em pauta ações capazes de promover a desinfecção superficial sem afetar a qualidade do produto. Dentre os métodos físicos mais promissores para conservação de frutas estão a refrigeração, radiação ultravioleta (UV-C) e atmosfera modificada. Por outro lado, a utilização de métodos combinados apresenta vantagens devido sua ação sinérgica e complementar. Neste sentido, acredita-se que o uso combinado de métodos físicos pode trazer benefícios para a conservação de figos, principalmente voltada para o mercado externo, auxiliando na manutenção da qualidade do produto e redução da carga microbiana. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho da combinação dos tratamentos de atmosfera modificada passiva, atmosfera enriquecida com 100% de CO₂ e radiação UV-C na conservação do figo ‘Roxo de Valinhos’. As principais etapas foram as seguintes: (1) isolamento dos fungos causadores de podridão em figos ‘Roxo de Valinhos’ e teste de patogenicidade, utilizando métodos de inoculação de deposição de suspensão de esporos na epiderme do figo, com e sem perfuração, e com deposição sobre papel filtro, avaliando-se a incidência e a severidade dos patógenos com cálculo do Índice de Doença (ID); (2) identificação do nível de tolerância do figo à exposição da radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻²; 0,70 kJ.m⁻²; 1,32 kJ.m⁻²; 2,64 kJ.m⁻² e 4,00 kJ.m⁻², armazenados à 10°C e 20°C, utilizando como parâmetro de qualidade a aparência visual; (3) avaliação do efeito da radiação UV-C no crescimento *in vitro* e *in vivo* dos fungos *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata*, utilizando-se valores de energia de radiação iguais a 0,00 kJ.m⁻²; 2,64 kJ.m⁻²; 4,00 kJ.m⁻²; 8,00 kJ.m⁻² e 16,00 kJ.m⁻² para os ensaios *in vitro* e iguais a 0,00 kJ.m⁻²; 0,70 kJ.m⁻²; 1,32 kJ.m⁻² e 2,64 kJ.m⁻² para os ensaios *in vivo*, a 10°C e 20°C; (4) avaliação de desempenho do filme de polipropileno (PP) com espessuras de 25 µm, 30 µm e 50 µm na manutenção da qualidade de figos, avaliada pelos parâmetros perda de massa (PM), sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), aparência visual e redução da incidência de podridão; (5) avaliação do efeito de atmosfera com 100% de CO₂ por 4h, 8h e 12h, à 10°C e 20°C, na manutenção da qualidade e diminuição da carga microbiana no figo, avaliada pelos índices PM, SS, AT e aparência visual e (6) combinação do

filme de PP de 30 μm com radiação UV-C de $1,32 \text{ kJ.m}^{-2}$ e com a exposição à atmosfera com 100% de CO_2 durante 4h. Os resultados evidenciaram que a utilização isolada do filme de PP de 30 μm , radiação UV-C e exposição à 100% de CO_2 mostrou-se eficiente na manutenção da qualidade das frutas, sobretudo quando se utiliza o armazenamento refrigerado. O uso combinado do filme de PP de 30 μm com atmosfera modificada com 100% de CO_2 , representa uma alternativa para o armazenamento do figo, mesmo quando não se utiliza refrigeração, em função da redução da carga microbiana e manutenção da qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: *Ficus carica* L., doenças pós-colheita, radiação ultravioleta, alta concentração CO_2 .

ABSTRACT**COMBINED USE OF UV-C RADIATION AND MODIFIED ATMOSPHERE FOR POSTHARVEST FIG CONSERVATION**

The main factor affecting quality of agricultural products is the inadequate management, leading to considerable losses due to mechanical damage and fungal contamination, aggravated by improper storage. The fig vulnerability is amplified due to the presence of the ostiole, a peculiar fig orifice, acting as an open door to contamination. Since aqueous sanitization is not recommended, other methods should be searched to promote surface sanitization without affecting the quality of the product. Some promising methods are cooling, ultraviolet radiation (UV-C) and modified atmosphere. A combined method also has advantages because of their synergistic effect on inhibiting microbial growth, and thus maintaining the nutritional and visual qualities of the product. Moreover, the combined use of physical methods, to improve the fig shelf life, potentially can increase business opportunities, specially in the international market. The main objective of this work was to evaluate the performance of the combination of modified atmosphere and UV-C radiation on 'Roxo de Valinhos' fig conservation. To attain this general goal several intermediate steps were performed: (1) fungi rot identification and associated pathogenicity using inoculation by deposition on filter paper to evaluate disease incidence and contamination severity; (2) UV-C radiation fig tolerance identification using energy levels of 0,00 kJ.m⁻²; 0,70 kJ.m⁻²; 1,32 kJ.m⁻²; 2,64 kJ.m⁻² and 4,00 kJ.m⁻², followed by storage at 10°C and 20°C; (3) evaluation of the effect of UV-C radiation on *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* and *Alternaria alternata* fungi growth, for *in vitro* and *in vivo* tests, using energy irradiation of 0,00 kJ.m⁻²; 2,64 kJ.m⁻²; 4,00 kJ.m⁻²; 8,00 kJ.m⁻² and 16,00 kJ.m⁻² for the *in vitro* test, and 0,00 kJ.m⁻²; 0,70 kJ.m⁻²; 1,32 kJ.m⁻² e 2,64 kJ.m⁻² for the *in vivo* test, at 10°C and 20°C; (4) evaluation of the polypropylene (PP) in maintaining the quality, using film thicknesses of 25 µm, 30 µm and 50 µm; (5) evaluation of the fig exposition to 100% CO₂ modified atmosphere for 4h, 8h and 12h, followed by storage at 10°C and 20°C, in maintaining quality and keeping the microbiological load low and (6) evaluation of the combined use of 30 µm PP film with UV-C irradiation of 1,32 kJ.m⁻² and 100% CO₂ modified atmosphere during 4h. Results have shown

that the use of the 30 μm PP film, radiation UV-C of $1,32 \text{ kJ.m}^{-2}$ and exposition to 100% of CO_2 for 4h was effective in maintaining the quality of the fruits, specially when refrigerated storage is employed. It was concluded that combined use of the 30 μm PP film with high CO_2 concentration represents an alternative to non refrigerated fig storage, due to the reduction of the microbial load.

KEYWORDS: *Ficus carica* L., postharvest diseases, ultraviolet radiation, high CO_2 concentration.

1. INTRODUÇÃO

O figo (*Ficus carica* L.) apresenta alta perecibilidade. Para consumo *in natura* deve ser colhido no estágio arroxeadado ou roxo, porém nesse estágio é vulnerável, favorecendo a penetração de fungos tanto pelas aberturas naturais quanto pelas causadas por danos durante o armazenamento e transporte.

No Brasil, a variedade de figos Roxo de Valinhos é a que apresenta maior apelo comercial, cuja produção tem encontrado espaço nos mercados interno e externo. No entanto, as tecnologias atuais utilizadas para sua preservação não são adequadas para o transporte a longas distâncias, causando perdas consideráveis. Apesar de se conhecer os efeitos benéficos da cadeia do frio durante a comercialização de produtos agrícolas, a refrigeração não é uma prática usual no transporte e armazenamento do figo, o qual fica exposto a variações indesejáveis de temperatura e umidade relativa durante vários dias até a chegada ao consumidor. Estas variações afetam sua qualidade e aceleram a senescência.

O principal fator que afeta a qualidade de produtos agrícolas é o manejo inadequado, conduzindo a perdas consideráveis devido aos danos mecânicos ocorridos durante colheita e à contaminação fúngica, agravados pelo armazenamento sem o controle dos parâmetros ambientais de temperatura e umidade relativa.

A conservação de produtos agrícolas via tratamentos químicos é decrescente em decorrência de riscos toxicológicos e contaminação ambiental associados. Em vista disso, os tratamentos físicos podem apresentar vantagens na redução dos riscos para a saúde. No entanto, estes tratamentos têm efeito somente nas contaminações ocorridas antes de sua aplicação e não previnem futuras infestações. Por este motivo, há necessidade de se adequar as tecnologias disponíveis ao manejo do produto durante as etapas de beneficiamento, evitando-se fontes de contaminação após o acondicionamento do produto.

Dentre os tratamentos químicos, são comumente utilizadas soluções de detergentes ou sanitizantes para higienização, cujas concentrações são estabelecidas por lei. No entanto, quando tais limites não são respeitados ou o enxágue não é realizado de forma adequada, pode-se não remover totalmente os patógenos e outros microrganismos deteriorantes, além de inserir elementos de contaminação, seja pela água ou pelo uso em excesso dos produtos

químicos. Tratamentos físicos, tais como imersão em água quente, vapor de água, água ozonizada, irradiação com raios gama, radiação ultravioleta, armazenamento à baixas temperaturas e atmosferas modificadas são utilizados como ações sanitizantes. No entanto, nem sempre estes tratamentos são efetivos na descontaminação superficial, sendo necessário o uso de tratamentos combinados.

No caso do figo, devido à limitada proteção mecânica oferecida pela epiderme e presença do ostíolo, uma abertura natural, o uso de tratamentos que utilizam água não é recomendado, sendo necessário o estudo da combinação de outros tratamentos capazes de promover a desinfecção superficial sem afetar a qualidade do produto. Dentre os tratamentos físicos, a refrigeração, radiação ultravioleta (UV-C) e atmosfera modificada mostram-se promissores na conservação do figo.

A radiação ultravioleta, na faixa entre 200 a 280 nm (UV-C), pode ser utilizada no processamento de alimentos sem deixar resíduos, não apresenta restrições legais e não requer equipamentos com elevado nível de segurança, como ocorre com outros tipos de radiação (YAUN *et al.*, 2004; YOUSEF e MARTH, 1988; WONG *et al.*, 1998). Esta técnica, com potencial para redução da carga microbiana de frutas, apresenta vantagens mesmo com superfícies irregulares e, adicionalmente, pode ser executada na unidade de beneficiamento complementando os tratamentos de campo.

Apesar de conhecidos os efeitos da modificação atmosférica na conservação de alimentos, a mesma tem sido utilizada com maior frequência na comercialização de produtos processados minimamente do que em frutas frescas inteiras. Pode-se modificar a atmosfera de forma ativa ou passiva, utilizando-se embalagens e filmes plásticos de permeabilidade limitada ao oxigênio e gás carbônico. Utilizando-se concentrações de gases adequadas, pode-se reduzir o metabolismo do produto e, conseqüentemente, retardar os processos de amadurecimento e senescência. Além disso, altas concentrações de gás carbônico reduzem a incidência e intensidade de podridões.

A vantagem da utilização de métodos combinados é a sua ação sinérgica, inibindo ou reduzindo o crescimento de microrganismos, visando a obtenção de alimentos seguros e com qualidade visual e nutricional. Neste sentido, acredita-se que o uso combinado de métodos físicos pode trazer benefícios para a conservação do figo, principalmente voltada para o

mercado externo, auxiliando na manutenção na qualidade do produto e redução da carga microbiana.

Para o desenvolvimento do tema proposto, o presente trabalho foi organizado em etapas e apresentado em capítulos. Inicialmente, é apresentada uma revisão bibliográfica geral dos temas abordados no estudo, a qual proporcionou o embasamento técnico e científico para a hipótese apresentada e planejamento experimental. A partir de então, em cada capítulo subsequente são apresentados a metodologia, resultados e discussão de cada etapa experimental que contribuíram para a definição do experimento apresentado no último capítulo, relacionado à utilização combinada de radiação UV-C e atmosfera modificada na conservação do figo.

2. HIPÓTESE

O uso combinado dos tratamentos físicos radiação ultravioleta (UV-C) e alta concentração de dióxido de carbono apresenta grande potencial para reduzir a incidência de podridões após a colheita do figo, mantendo sua qualidade durante a comercialização.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Avaliar o desempenho da combinação dos tratamentos físicos atmosfera modificada passiva, atmosfera com alta concentração de gás carbônico e radiação ultravioleta (UV-C) na conservação do figo 'Roxo de Valinhos'.

3.2. Objetivos Específicos

- Isolar os fungos causadores de podridão no figo 'Roxo de Valinhos' e teste de patogenicidade.
- Avaliar a sensibilidade do figo à diferentes doses de radiação ultravioleta C.
- Avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses de radiação ultravioleta C no crescimento *in vitro* e *in vivo* dos fitopatógenos.
- Avaliar o desempenho de diferentes espessuras de filme de polipropileno para a manutenção da atmosfera modificada e da qualidade do figo.
- Avaliar a aplicação de concentração alta de gás carbônico em curto período de tempo na inibição de crescimento microbiano na conservação da qualidade do figo.
- Investigar a combinação da radiação UV-C e atmosfera modificada com o filme plástico de polipropileno com maior potencial para armazenamento do figo.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Figo

4.1.1. Características

O figo (*Ficus carica* L.) é uma fruta pertencente à família Moracea, de tipo sicônica, com pedúnculo desenvolvido e receptáculo carnoso. Apresenta casca fina e macia, muito susceptível aos danos mecânicos, e paredes internas cobertas por frutos minúsculos (CAMPOS, 1994). Na parte inferior da fruta, existe uma abertura denominada ostíolo (Figura 1). Quando maduro, o figo apresenta coloração externa roxa e polpa vermelho-rosada, e seu ostíolo se abre, possibilitando a contaminação da fruta por fungos e insetos.

No Estado de São Paulo, a cultura da figueira desenvolveu-se inicialmente no município de Valinhos, expandindo-se para os municípios vizinhos. Atualmente, a área destinada ao cultivo no Estado encontra-se situada nos municípios de Campinas, Valinhos e Jundiaí, sendo Valinhos o maior produtor. A variedade cultivada economicamente é a Roxo de Valinhos, a qual apresenta alta resistência às pragas, boa produtividade e seus frutos apresentam ótima qualidade sensorial.

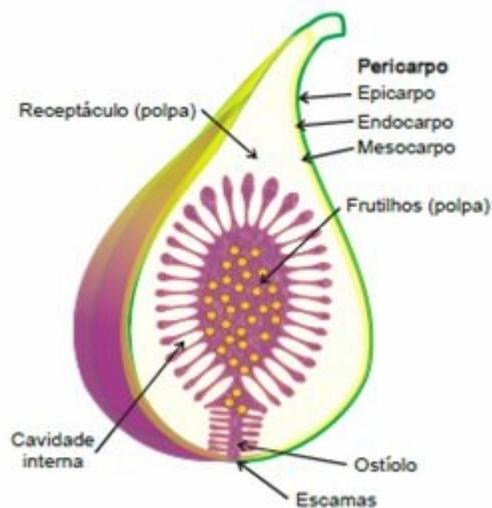


Figura 1. Esquema em corte longitudinal, mostrando a morfologia interna do figo (Fonte: HORTIBRASIL, 2005).

4.1.2. Produção e Comercialização

A estrutura de produção do figo é bastante peculiar, pois, apesar da expressiva participação nas exportações brasileiras, é realizada principalmente por pequenos produtores. As cidades de Campinas, Valinhos e Vinhedo representam aproximadamente 72% da área plantada no Estado de São Paulo, da qual cerca de 80% das unidades produtoras localizam-se em áreas menores que 7,5 ha e, destes, 38,9% em áreas menores que 0,7 ha, o que evidencia a característica de cultura de pequenos pomares, sendo de forma predominante uma atividade básica familiar (SÃO PAULO, 2008).

O valor econômico da cultura da figueira não se restringe somente na produção de figos para o mercado interno, mas principalmente para o mercado externo, para o qual as frutas apresentam maior valor agregado e sua comercialização tem alcançado excelentes índices. Atualmente, cerca de 50% do figo fresco é destinado à exportação. Entre os anos de 2001 e 2011, a exportação de figos pelo Brasil saltou de cerca de 850 toneladas para 1,5 mil toneladas, equivalente a 7,3 milhões de dólares, valor quase cinco vezes maior que o valor correspondente ao ano de 2001, igual a 1,5 milhões de dólares (BRASIL, 2012). Estes resultados ressaltam a importância econômica e social do cultivo do figo para Valinhos e região.

Na entressafra do figo produzido na Turquia, o Brasil exporta o figo ‘Roxo de Valinhos’ para o mercado europeu. No entanto, devido ao elevado tempo de transporte e ausência de tecnologias apropriadas para conservação, os figos destinados à exportação são colhidos mais verdes, e com isso o produto chega aos países europeus com aparência e qualidade inferiores aos figos comercializados no mercado interno (SOUZA, 2007).

Na região de Valinhos, a colheita do figo vai de novembro a maio, sendo a maior produção concentrada entre os meses de dezembro a março. Por ser um produto sensível, o figo fresco tem pouca possibilidade de conservação nas condições ambientais, razão pela qual deve ser colhido, embalado e comercializado rapidamente. Aliado a este inconveniente, a cadeia do frio não é utilizada durante a comercialização do figo, tanto no mercado interno quanto para a exportação. Por este motivo, a colheita é realizada diariamente e os figos são transportados no mesmo dia para as centrais de abastecimento ou para os terminais de exportação. Para o consumo interno, as frutas são colhidas maduras, comercializadas em

embalagens de papelão e transportadas em caminhões, sem controle das condições ambientais. Devido ao elevado tempo de transporte e ausência de tecnologias apropriadas para conservação, os figos destinados à exportação são colhidos mais verdes, e com isso o produto chega aos países europeus com qualidade inferior aos figos comercializados no mercado interno (SOUZA, 2007).

Quando a quantidade de figos não é suficiente para exportação no mesmo dia, as frutas são armazenadas nas propriedades em câmaras frias à temperatura de 10°C, por aproximadamente 24 horas, sendo transportadas no dia seguinte em caminhões fechados até os aeroportos, seguindo em vôos domésticos até a Europa. De acordo com Souza (2007), a cadeia do frio não é utilizada durante o transporte, tanto terrestre quanto aéreo, e as frutas ficam expostas às condições ambientais, sem controle de temperatura e umidade relativa durante vários dias até a chegada ao consumidor final. Estas variações nas condições ambientais prejudicam a qualidade do produto, acelerando sua deterioração. Quando o figo chega ao consumidor final, além de não apresentar características sensoriais adequadas, devido seu ponto de colheita precoce, os mesmos apresentam qualidade inferior, devido às variações ambientais que causam elevada perda de massa e deterioração das frutas.

4.2. Atividade Respiratória

Durante o crescimento e desenvolvimento vegetal, o processo de fotossíntese é responsável pela produção de energia necessária para o metabolismo. No entanto, após a colheita, os produtos agrícolas não dependem mais da planta para absorver água e nutrientes. A energia necessária para a continuidade das atividades metabólicas e reações bioquímicas é produzida a partir das reservas do próprio produto, através da respiração (PANTASTICO, 1975). A vida útil do produto está diretamente relacionada com a intensidade das reações bioquímicas, uma vez que quanto maior o metabolismo, maior a susceptibilidade à perda de água e ao desenvolvimento de microrganismos. A velocidade com que tais reações ocorre depende sobretudo da temperatura e umidade relativa do ambiente, uma vez que temperaturas elevadas aceleram o metabolismo celular.

Segundo Pantastico (1975), a atividade respiratória do produto é influenciada por fatores intrínsecos à fruta, como estágio de maturação e composição, e por fatores externos

como temperatura, umidade relativa, composição atmosférica e danos causados durante manuseio e armazenagem. Como não se pode alterar as propriedades internas da fruta, há a necessidade de se controlar os fatores externos, possibilitando conservar a qualidade durante a comercialização. Para figos, a atividade respiratória para a cultivar 'Mission' varia de 12 a 83 $\text{mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, para as temperaturas de 0°C e 30°C (BIALE, 1960), e para a 'Roxo de Valinhos, Souza e Ferraz (2004) e Souza (2007) obtiveram valores iguais a 50 $\text{mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, 150 $\text{mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ e 175 $\text{mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ para as temperaturas de 10°C, 20°C e 25°C, respectivamente.

De acordo com o comportamento respiratório das frutas, estas podem ser classificadas em climatéricas ou não-climatéricas. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), as frutas climatéricas são aquelas que apresentam, durante a maturação, um aumento rápido e acentuado na atividade respiratória, com amadurecimento imediato; se colhidas fisiologicamente desenvolvidas, as frutas podem amadurecer fora da planta. As frutas classificadas como não-climatéricas, geralmente, apresentam tais variações na atividade respiratória, com ligeiro declínio após a colheita, e não são capazes de completar o processo de amadurecimento fora da planta. Por este motivo, as frutas não-climatéricas devem estar no estágio ótimo de maturação na época da colheita.

Algumas frutas, apesar de classificadas como não-climatéricas, apresentam um aumento na produção de etileno e da atividade respiratória em alguma fase do seu desenvolvimento. É o que ocorre com o figo, razão pela qual alguns autores divergem em relação ao seu comportamento respiratório. Para Kader (2002), o figo é considerado climatérico, enquanto Biale (1960) e Ryall e Pentzer (1982) o classificam como não-climatérico. A taxa produção de etileno para figos, mesmo quando maduros, é considerada baixa, variando de 1 a 10 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ a 20°C (KADER, 2002), e menor que 1 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ para temperaturas inferiores a 5°C (COLELLI, MITCHELL e KADER, 1991, utilizando figos 'Mission'). Para o figo 'Roxo de Valinhos, Souza (2007) obteve valores próximos a 1,6 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ e 3,8 $\mu\text{L}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ para as temperaturas de 10°C e 20°C, respectivamente. Devido às baixas taxas de produção de etileno e ao discreto comportamento climatérico, as frutas devem ser colhidas no estágio ótimo de amadurecimento, caso contrário não atingirão características de qualidade adequadas para comercialização (PANTASTICO, 1975).

4.3. Contaminação Microbiológica em Alimentos

As contaminações microbiológicas em frutas e hortaliças têm, em grande parte, origem no campo ou no beneficiamento. Salunkhe e Desai (1984) enfatizam que as principais causas da deterioração incluem danos físicos e mecânicos facilitando o desenvolvimento de microrganismos, especialmente fungos. Entre outros fatores, o tipo de contaminação depende da região produtora, tipo de solo, clima e características do produto, como teor de água, composição química e presença de aberturas naturais, como ocorre com o figo (DURIGAN, 1999).

Segundo Pitt e Hocking (1999), antes da colheita, os produtos vegetais possuem mecanismos de defesa contra contaminações microbianas. No entanto, durante a colheita, os produtos agrícolas normalmente ficam expostos a várias fontes de contaminação, e as condições de armazenamento favoráveis ao crescimento fúngico podem propiciar a produção de micotoxinas.

Em frutas e hortaliças há ocorrência elevada de um grande número de microrganismos, principalmente em função da elevada atividade de água, a qual apresenta uma relação direta com o seu desenvolvimento (PITT e HOCKING, 1999). Na Tabela 1 são apresentados os limites mínimos de atividade de água (A_w) necessários para o desenvolvimento de alguns tipos de fungos toxigênicos, os quais ocorrem com frequência em frutas. Observa-se que o desenvolvimento de fungos ocorre para valores de A_w acima de 0,76, e a produção de toxinas para A_w a partir de 0,80, demonstrando a susceptibilidade dos produtos ao desenvolvimento microbiológico.

Segundo Pitt e Hocking (1999), diversos fatores físicos e químicos afetam o desenvolvimento dos microrganismos acelerando a deterioração dos vegetais, como a atividade de água, pH, temperatura e concentração gasosa do ambiente e quantidade de nutrientes para o seu desenvolvimento. Devido à acidez mais elevada das frutas, há a predominância de desenvolvimento de fungos, ao passo que nas hortaliças, tanto fungos como bactérias são encontrados.

Tabela 1. Limites mínimos de atividade de água (A_w) necessários para o desenvolvimento de alguns tipos de fungos e produção de toxinas.

Fungo	A_w (Crescimento)	A_w (Produção de toxinas)
<i>Aspergillus clavatus</i>	0,85	0,99 (patulina)
<i>A. flavus</i>	0,78 - 0,80	0,83 – 0,87 (aflatoxina)
<i>A. ochraceus</i>	0,77 – 0,83	0,83 – 0,87 (ocratoxina A)
<i>A. ochraceus</i>	0,76 – 0,81	0,80 – 0,88 (ácido penicílico)
<i>A. parasiticus</i>	0,82	0,87 (aflatoxina)
<i>Penicillium cyclopium</i>	0,82 – 0,87	0,97 (ácido penicílico)
<i>P. cyclopium</i>	0,81 – 0,85	0,87 – 0,90 (ocratoxina)
<i>P. expansum</i>	0,83 – 0,85	0,99 (patulina)
<i>P. martensii</i>	0,79 – 0,83	0,99 (ácido penicílico)
<i>P. patulum</i>	0,81 – 0,85	0,85 – 0,95 (patulina)
<i>P. veridicatum</i>	0,83	0,83 – 0,86 (ocratoxina A)

Fonte: Lamic (2008)

Os gêneros de fungos mais comuns nos alimentos são *Alternaria*, *Botrytis*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Phoma*, *Rhizopus* e *Mucor*, os quais podem estar presentes em produtos de origem animal ou vegetal, *in natura* ou processados (SALUNKHE e DESAI, 1984; PITT e HOCKING, 1999).

Apesar de na literatura serem reportadas algumas espécies de fungos causadores de podridão pós-colheita em figos de diversas variedades, não há estudos sobre a incidência dos microrganismos no figo ‘Roxo de Valinhos’. As principais espécies de fungos relatados como causadores de podridão no figo são *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium moniliforme*, *Penicillium spp.* e *Rhizopus stolonifer* (SALUNKHE e DESAI, 1984; PITT e HOCKING, 1999; MONTEALEGRE *et al.*, 2000). Segundo Durigan (1999), a contaminação do produto ocorre principalmente por via direta, pela abertura do ostíolo ou pelo pedúnculo, e pelos ferimentos, com contaminação proveniente da água, vento e insetos, ou mesmo durante o manuseio, principalmente através de caixas e equipamentos que tenham contato direto com os frutos. Bleinroth (1980) afirma que *Alternaria spp.* começa a se desenvolver na planta, ainda no campo, e continua na fruta colhida, principalmente para temperaturas acima de 10°C. De acordo com Salunkhe e Desai (1984), o apodrecimento da fruta quando esta se aproxima da maturação é atribuído primeiramente às espécies de *Alternaria*, enquanto que para *Cladosporium* predominam lesões. Pitt e Hocking (1999) reportam o aparecimento de manchas causadas por *Aspergillus niger* e infecção interna causadas pelo crescimento e esporulação de *Fusarium moniliforme*.

Chitarra e Chitarra (2005) descrevem que a contaminação superficial por fungos formadores de conídios pode promover reações alergênicas nos consumidores, principalmente se o produto não for adequadamente higienizado. No caso do figo, isto representa um problema, pois o produto apresenta epiderme muito sensível e abertura no ostíolo, que dificulta sua higienização pelos métodos convencionais de lavagem; por este motivo, é necessário a aplicação de tratamentos físicos para redução da contaminação do produto, uma vez que tratamentos químicos podem deixar resíduos e muitas vezes não são aceitos.

Os sintomas e características associados aos principais fungos causadores de podridão em figos são:

- Podridão mole (*Rhizopus stolonifer*): caracterizada pelo amolecimento da epiderme da fruta e exudação. O fungo se desenvolve formando um mofo branco pouco denso com esporos pretos na superfície, visíveis a olho nu, que crescem rapidamente atingindo toda a superfície da fruta. O tecido afetado se torna mole, aquoso, liberando um suco com forte odor ácido ou fermentado e, em pouco tempo, toma outras frutas adjacentes (CIA, 2000).

- Podridão de alternaria (*Alternaria alternata*): caracterizada por lesões circulares cobertas por massa de micélio pouco espessa, de coloração cinza escuro ou esverdeada, as quais crescem mais vagarosamente se comparada a podridão mole, podendo em alguns casos ocorrer podridão total dos frutos (CIA, 2000).

- Podridão de botryodiplodia (*Lasiodiplodia theobromae*): lesões circulares com formação de micélio inicialmente de coloração cinza claro, o qual adquire coloração cinza escura ou marrom, podendo haver escurecimento da polpa sob a lesão (CIA, 2000). Ocorre principalmente na região do ostíolo dos figos, com amolecimento do tecido ao redor da área lesionada.

Além dos sintomas apresentados, estes fungos causam perda de qualidade do produto e podem levar à produção de substâncias nocivas à saúde humana.

4.4. Controle de Microrganismos

Para que o alimento seja considerado seguro, este deve estar isento de contaminações físicas, químicas e biológicas, sejam causadas por insetos, microrganismos ou contaminações

químicas ocorridas durante as etapas de campo, colheita e pós-colheita. Para atingir as exigências de importação imposta por alguns países, são utilizados tratamentos químicos e físicos para controle de microrganismos nos produtos, os quais podem incluir tratamentos térmicos com frio ou calor (armazenamento refrigerado, imersão em água ou vapor aquecidos), fumigação, água ozonizada, irradiação com raios gama, radiação ultravioleta e atmosferas modificadas. Estes tratamentos visam reduzir a carga microbiana do produto, evitando a intoxicação pela ingestão de alimentos contaminados, porém sem afetar a qualidade e a sensibilidade do produto à deterioração (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Para escolher a ação mais adequada para a redução da carga microbiana de determinado produto agrícolas é imprescindível o conhecimento dos microrganismos envolvidos. No entanto, devido a regionalidade da produção de figos no Brasil, não há levantamentos sobre as doenças pós-colheita que afetam o figo 'Roxo de Valinhos', como ocorre para outros produtos de maior produção nacional, tais como a uva (CAMARGO *et al.*, 2011), mamão (LIMA *et al.*, 2009; DANTAS *et al.*, 2003) e banana (PEREIRA *et al.*, 2010). Considerando que o figo é um produto altamente perecível e que a refrigeração não é utilizada durante sua comercialização, o conhecimento dos fungos que podem contamina-lo e os métodos para inibir o crescimento microbiológico constituem uma ferramenta importante na sua conservação após a colheita.

4.5. Irradiação de Alimentos

A irradiação pós-colheita de frutas e hortaliças tem como principal objetivo a redução de contaminações provocadas por fungos e insetos. A irradiação também é utilizada como método de conservação, prolongando o armazenamento pelo retardo do amadurecimento e do brotamento de alguns produtos. O seu uso tem alguns inconvenientes, pois, dependendo da dosagem de radiação, pode provocar escurecimento, amolecimento, desenvolvimento de depressões superficiais, amadurecimento anormal e perda de aroma e sabor dos produtos (KADER, 2002).

As irradiações eletromagnéticas com raios gama, raios-X e ultravioleta C podem ser utilizadas para inativar microrganismos. Laroussi e Leipold (2004) explicam que cada tipo de radiação eletromagnética afeta as células de forma diferente. A radiação UV, no comprimento

de onda entre 220-280 nm, afeta diretamente o DNA das células, enquanto que a radiação gama e os raios-X (radiações ionizantes) afetam as células dos microrganismos causando mudanças físicas e químicas em seu DNA. Durante o processo de irradiação, o produto é exposto por um período suficiente para que ocorra absorção de uma dose requerida de radiação. O uso de elétrons acelerados e radiação UV são limitados aos tratamentos de superfícies, devido ao seu baixo poder de penetração nos tecidos.

4.5.1. Radiação Ultra Violeta C

A radiação ultravioleta (UV) corresponde à faixa do espectro eletromagnético entre os raios-X e a luz visível. A radiação UV pode ser dividida em três tipos diferentes: UV-A, com comprimento de onda entre 315-380 nm; UV-B, entre 280-315 nm; e UV-C, com comprimento de onda entre 200-280 nm (LU *et al.*, 1991; YOUNG, 1996). A radiação UV-C é a mais nociva às células vivas, destruindo-as pela indução de uma variedade de danos ao DNA. Esta radiação não é observada na natureza porque é completamente absorvida pela atmosfera. No entanto, existem lâmpadas germicidas de uso comercial que emitem radiação UV-C, utilizadas para esterilização devido sua capacidade para destruir microrganismos e bactérias. De acordo com Alfenas e Maia (2007), a radiação UV-C tem ação germicida, pois atua nos ácidos nucleicos induzindo a mutação nos microrganismos, interferindo no desenvolvimento do mesmo.

A radiação UV-C pode prolongar o período de armazenamento dos frutos por retardar os processos de amadurecimento, suprimir a produção de etileno (LIU *et al.*, 1993; STEVENS *et al.*, 1998) e induzir respostas bioquímicas no tecido do hospedeiro que são relevantes no controle das doenças. Segundo Stevens *et al.* (1998), a radiação UV-C não é ionizante e penetra apenas superficialmente, tendo efeito germicida. O alvo principal da desinfecção por luz UV-C é o material genético (ácido nucleico) do microrganismo, ocasionando um rearranjo da informação genética e interferindo na capacidade de reprodução da célula. Os microrganismos são inativados pela luz UV-C causado por um dano fotoquímico ao ácido nucleico. Contudo, pesquisas realizadas indicam que os efeitos da radiação UV-C na redução de podridão durante a armazenagem podem estar associadas à indução de resistência via hormese.

O efeito da radiação sobre os microrganismos independe do valor do pH, da temperatura, ou do meio em que se encontram, quer seja líquido, sólido ou gasoso. O importante é que a radiação atinja o microrganismo. Isso significa que um microrganismo, protegido da radiação por algum outro fator do meio, poderá escapar da sua influência. Guedes *et al.* (2009) afirmam que microrganismos suspensos no ar são mais sensíveis à radiação UV-C do que os suspensos em líquidos, devido à diferente capacidade de penetração da luz UV-C dos diferentes meios físicos. A luz incidente é atenuada enquanto atravessa o meio, em maior ou menor grau, de acordo com o coeficiente de absorção, mesmo em água que apresenta a maior taxa de transmissividade. A maior intensidade de cor ou turbidez do líquido eleva o coeficiente de absorção, o que implica em menor penetração de luz através do sistema.

Apesar de não existir trabalhos científicos sobre a aplicação da radiação UV-C no controle de podridão e deterioração em figos, muitos estudos têm sido conduzidos com o objetivo de investigar os efeitos dessa radiação na descontaminação de diversos produtos, como inibição de patógenos em produtos agrícolas e redução de deterioração em frutas durante o armazenamento (YAUN *et al.*, 2004; STEVENS *et al.*, 1997; BASSETO *et al.*, 2007; STEVENS *et al.*, 1998; STEVENS *et al.*, 1999; GONZÁLES-AGUILAR *et al.*, 2001; WILSON *et al.*, 1994; LU *et al.*, 1993) e para tratamento de água potável (PARKINSON *et al.*, 2001), com resultados promissores.

Stevens *et al.* (1997) investigaram o efeito de aplicações de baixas doses de UV-C combinadas com leveduras (*Debaryomyces hansenii*) ou fungicidas químicos para controlar a podridão de frutas e hortaliças durante a pós-colheita causadas por *Monilinia fructicola* em pêssegos, *Penicillium difitatum* em tangerinas e *Rhizopus stolonifer* em tomates e batatas, contaminadas no campo e por inoculação artificial. A luz UV-C isoladamente reduziu a incidência de podridão durante o armazenamento de todos os produtos, apesar de a combinação com *D. hansenii* apresentar melhores resultados. Por este motivo, o tratamento integrado com UV-C e outras tecnologias podem apresentar uma alternativa potencial de controle de infecções pós-colheita.

Yaun *et al.* (2004) investigaram os efeitos bactericidas da radiação UV-C nas superfícies de maçãs 'Red Delicious', alface e tomates inoculados com *Salmonella spp.* e *Escherichia coli* O157:H7. A radiação UV-C aplicada à maçãs inoculadas com *E.coli*

resultaram na maior redução de unidades formadoras de colônias (3,3 logs) para a dose de 24 mW.cm⁻², e a menor redução foi observada para tomates inoculados com *E.coli* e *Salmonella spp.*, iguais a 2,65 e 2,79 log, respectivamente.

Cia *et al.* (2007), utilizando mamão papaya, avaliaram os efeitos da radiação gama e UV-C em *Colletotrichum gloeosporioides*, o agente causal da antracnose, através do crescimento micelial, esporulação e germinação de conídios *in vitro* depois da exposição dos fungos a diferentes doses de irradiação. Os resultados indicaram que a radiação UV-C foi eficaz na inibição da germinação de conídios e crescimento micelial nas frutas e redução da esporulação fúngica *in vitro*. Entretanto, todas as doses de UV-C causaram queimaduras em mamões, e a irradiação gama foi mais eficiente no controle da antracnose.

A ocorrência de *Aspergillus alternata*, *Botrytis cinerea* e *Rhizopus stolonifer* em tomates foram reduzidos com diferentes dosagens UV-C, contribuindo para a contenção do amadurecimento e manutenção da firmeza das frutas (LIU *et al.*, 1993). Stevens *et al.* (1999) observaram indução de resistência ao *Fusarium solani* em batatas doces tratadas com UV-C. Lu *et al.* (1993), reportaram que ambos UV-C e raios gama reduziram a podridão durante o armazenamento e atrasaram o amadurecimento de pêssegos, mas a combinação de UV e gama não mostrou vantagens sobre o uso de UV-C ou gama isoladamente. UV-C foi efetivo em reduzir a deterioração de mangas sem afetar a qualidade após o armazenamento (GONZÁLES-AGUILAR *et al.*, 2001). Os resultados expostos demonstram que existem diferenças da sensibilidade de cada produto à radiação, sendo necessários estudos particulares para identificar os níveis de tolerância.

4.6. Atmosfera Modificada

Os principais mecanismos de deterioração que afetam frutas e legumes frescos são o crescimento microbológico, o escurecimento enzimático e a perda de água (PANTASTICO, 1975). O uso correto da atmosfera modificada (AM) é eficaz na inibição destes mecanismos de deterioração, prolongando a vida útil através da redução da respiração e produção de etileno, retardamento do processo de amadurecimento e senescência, manutenção da cor e firmeza, redução da incidência e intensidade de podridões e da decomposição de clorofila no produto fresco.

Segundo Kader, Zagory e Kerbel (1989), os principais fatores na manutenção de qualidade e aumento da vida útil de frutas frescas são a colheita no ponto adequado de maturidade, minimização de danos mecânicos e uso de temperatura e umidade relativa adequadas durante as etapas de beneficiamento e comercialização. Além desses fatores, pode-se também modificar as concentrações dos gases oxigênio e gás carbônico na atmosfera ao redor do produto a concentrações diferentes daquelas encontradas no ar. Essa alteração é denominada atmosfera modificada ou atmosfera controlada, dependendo do grau de controle dos gases (KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989; KADER e WATKINS, 2000). De acordo com Kader (2002), o uso de atmosfera modificada, mesmo à temperatura entre 20 e 25°C, pode dobrar o tempo de comercialização de um produto. Quando esta técnica é empregada em conjunto com a refrigeração, em condições de temperatura e umidade relativa adequadas, o tempo disponível para comercialização pode ser três vezes maior.

As concentrações atmosféricas podem ser controladas ou modificadas de forma ativa ou passiva. No caso da atmosfera controlada, são utilizadas câmaras herméticas a gases, nas quais é feita a adição ou remoção de gases (gás carbônico, oxigênio e etileno), exigindo um controle instrumental rigoroso da composição atmosférica. Dependendo das características do produto, a atmosfera controlada pode minimizar o processo de deterioração, devido à redução em sua atividade metabólica (KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989). Na atmosfera modificada ativa, a atmosfera da embalagem é substituída pela mistura de gases desejada, e apresenta como principal vantagem a modificação logo após o acondicionamento. A atmosfera modificada passiva é obtida pelo acondicionamento do produto em filmes plásticos de permeabilidade limitada aos gases oxigênio e dióxido de carbono, com conseqüente modificação na concentração de gases no interior da embalagem. Absorvedores ou adsorvedores podem ser colocados nas embalagens para retirar oxigênio, gás carbônico e etileno, garantindo uma quantidade mínima desejada de determinado gás ou evitando que haja acúmulo de gases indesejados. A composição da atmosfera interna irá depender da característica de permeabilidade do material da embalagem e da velocidade de consumo ou de liberação de gases pelo produto embalado (KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989). Kader (2002) afirma que o uso adequado do método reduz a taxa respiratória em cerca de 50%, quando comparada com a taxa respiratória do produto armazenado ao ar, nas mesmas condições de temperatura.

Dentre os principais benefícios da atmosfera modificada, podem ser citados retardo do processo de amadurecimento e senescência e redução da incidência e intensidade de podridões. Por outro lado, a modificação atmosférica pode provocar desordens fisiológicas, como escurecimento de caules em alface e escurecimento da parte central em batatas e maçãs (KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989). Além disso, a utilização de níveis de oxigênio inferiores a 2% e superiores a 5% de gás carbônico podem provocar amadurecimento irregular de alguns produtos, como banana, pêra e tomate, pois estas condições inibem a produção de etileno pelas frutas. Baixas concentrações de oxigênio podem ainda provocar o desenvolvimento de odores desagradáveis e aumento na susceptibilidade a doenças devido à respiração anaeróbia (KADER, 2002).

4.6.1. Atmosfera Modificada com Filmes Poliméricos

Na seleção de embalagens para o acondicionamento de frutas e hortaliças, é importante o conhecimento da concentração de gases recomendada para cada produto, pois valores inferiores à concentração de oxigênio e superiores à concentração de gás carbônico recomendada podem causar danos fisiológicos aos mesmos. Assim, o tipo ideal de embalagem é aquele que possibilita que a concentração de oxigênio seja suficientemente baixa para retardar a respiração, porém mais alta que a concentração crítica para o início da respiração anaeróbia (KADER, 2002). Os limites de tolerância variam de acordo com o produto e a temperatura de armazenamento. Para figos, as condições recomendadas de atmosfera modificada são de 5-10% de oxigênio e 15-20% de gás carbônico (KADER, 2002; THOMPSON, BISHOP e BRECHT, 2004).

Segundo Kader (2002), os efeitos do uso de atmosfera modificada em produtos frescos depois de transferidos para o ar, durante a comercialização, podem incluir redução das taxas de respiração e produção de etileno, manutenção da cor e firmeza, e atraso do apodrecimento. Na maioria das vezes, os melhores resultados são conseguidos quando se utiliza a menor concentração de oxigênio e maior concentração de gás carbônico, dentro dos limites de tolerância para cada produto.

Dentre os materiais de embalagens que têm sido utilizados para acondicionar frutas e hortaliças incluem-se polietileno de baixa densidade, polietileno de alta densidade,

polipropileno, poliestireno e policloreto de vinila (PVC). A seleção do filme plástico deve ser feita a partir da taxa de permeabilidade do mesmo aos gases O₂ e CO₂ e das características respiratórias e condições gasosas ideais para a conservação do produto (KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989). Para produtos minimamente processados, os filmes plásticos de polietileno bio-orientado (BOPE), polipropileno bio-orientado (BOPP) e nylon são os mais utilizados devido a sua praticidade, custo relativamente baixo e alta eficiência principalmente quando associado ao armazenamento refrigerado (MANGARAJ *et al.*, 2009).

Segundo Kader e Watkins (2000), o principal problema associado às embalagens é a manutenção da integridade das mesmas durante as operações de armazenagem e transporte. O plástico deve ser flexível e fácil de usar, mas também deve ser resistente o suficiente para resistir ao manuseio.

Filmes flexíveis ou embalagens plásticas influenciam as taxas de transferência de calor dos produtos e devem ser considerados na seleção dos procedimentos apropriados de controle de temperatura para um produto embalado. Produtos embalados com filmes normalmente requerem maiores períodos de resfriamento que produtos não embalados. Outra desvantagem potencial do acondicionamento com filme é a possível condensação de água dentro da embalagem, a qual pode estimular o crescimento de fungos e aumento do apodrecimento. Tal condensação ocorre quando o produto é removido da armazenagem a baixas temperaturas para o ambiente com altas temperaturas durante o manuseio pós-colheita (KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989).

Devido aos avanços no projeto e fabricação de filmes poliméricos, tem sido possível produzir filmes com permeabilidades específicas e diferentes ao oxigênio e gás carbônico. Filmes semipermeáveis são utilizados para modificar a atmosfera nas embalagens. As principais características desejadas para filmes plásticos são permeabilidades diferentes para diferentes gases, boa transparência e brilho, leveza, alta resistência ao cisalhamento e alongação, atóxica, não reagente com o produto, facilidade de manuseio e facilidade de impressão para rotulagem (KADER, ZAGORY e KERBEL, 1989).

Penteado (1998) avaliou a influência de embalagens de atmosfera modificada e substâncias ativas na conservação do figo 'Roxo de Valinhos'. Foram utilizados figos nas fases de maturação verde (padrão exportação) e Rami (meio maduro), em quatro tratamentos:

polietileno de baixa densidade (PEBD) de 60 µm, PEBD de 60 µm com sachê de cal hidratada (absorvedor de gás carbônico e umidade), filme plástico Confresh (PEBD de 35 µm com absorvedor de etileno) e embalagem Fresh Paper (papel impregnado com absorvedor de gases), nas condições ambientais (temperatura de 25°C e umidade relativa de 70%) e sob refrigeração (temperatura de 0°C e umidade relativa de 90%). O uso das embalagens de atmosfera modificada PEBD, PEBD com sachê de cal hidratada e Confresh tiveram efeito positivo na conservação do figo, mesmo sem o emprego de refrigeração, conservando as frutas por até oito dias, contra quatro dias do tratamento controle. O figo Rami apresentou melhores características de sabor e aparência ao final da armazenagem. Os figos submetidos à refrigeração, apesar de apresentarem menor perda de peso e maior firmeza ao final do armazenamento, tiveram coloração da casca e sabor prejudicados, além da fruta ser mais susceptível à ocorrência de extravasamento do líquido intracelular. Os métodos estudados não foram efetivos para evitar o desenvolvimento da podridão nas frutas.

Neves, Rodrigues e Vieites (2002) estudaram o efeito de embalagens de polietileno de baixa densidade (PEBD) de diferentes espessuras em figos ‘Roxo de Valinhos’, colhidos no início do estágio de maturação, sob condições de armazenagem refrigerada, à temperatura de 0,5°C negativos e umidade relativa entre 85-90% durante oito dias. Foram utilizadas embalagens de PEBD com 6, 10, 15 e 22 µm, avaliando-se os parâmetros de qualidade da fruta: perda de massa, aparência, firmeza da polpa, sólidos solúveis totais e acidez total titulável. Verificou-se que nestas condições de armazenagem, as frutas embaladas em PEBD de 22 µm apresentaram melhor qualidade ao final do armazenamento quando comparadas aos demais tratamentos, enquanto as frutas do tratamento controle, ao final de quatro dias de armazenamento, estavam impróprias para comercialização. No entanto, estudos realizados por Souza (2007) utilizando o filme plástico de PEBD com 30 µm de espessura para manutenção da qualidade de figos com atmosfera modificada ativa e passiva mostraram que há elevada ocorrência de podridão nas frutas armazenadas com filme plástico devido à condensação de vapor de água no interior das embalagens, facilitando o desenvolvimento de microrganismos.

Souza (2007) avaliou o desempenho da atmosfera modificada ativa na qualidade e vida útil do figo ‘Roxo de Valinhos’ destinado à exportação, armazenado com atmosfera modificada passiva (AMP) e atmosfera modificada ativa (AMA) com 20% de CO₂ e 6,5% de

O₂, acondicionado em filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 30 µm, e armazenado durante uma semana sob quatro regimes térmicos (RT), com umidade relativa de 90±5%. Os RT avaliados foram: (1) temperatura constante de 20°C±1°C (RT1), (2) temperatura constante de 10°C±1°C (RT2), (3) temperatura de 20°C±1°C nas primeiras 48 horas de armazenamento seguida de um degrau negativo de 10°C a partir o terceiro dia (RT3) e (4) temperatura de 10°C±1°C no primeiro dia de armazenamento, seguidas por um degrau positivo de 10°C no segundo dia, com diminuição para 10°C do terceiro dia até o final do armazenamento (RT4). O desempenho dos tratamentos foi medido pelas concentrações gasosas nas embalagens (CO₂, O₂ e etileno), perda de massa, sólidos solúveis, acidez titulável, firmeza de polpa e aparência. De acordo com o autor, as embalagens com AMA não mantiveram a concentração inicial de CO₂ em 20%, devido à alta taxa de permeabilidade do filme a esse gás, e os tratamentos com AMP e AMA não apresentaram diferenças significativas para este gás até o final do armazenamento. No entanto, os tratamentos com AMP e AMA foram eficazes na redução da perda de massa e manutenção da aparência.

Estudo realizado por Souza, Ferraz e Lichtenstein (2009) com uso de filmes de PEBD (25 µm, 30 µm e 50 µm) e PP (50 µm) para armazenamento de figos à 20°C indicou que o filme de PP é potencialmente mais indicado que filmes de PEBD para armazenagem do produto, uma vez que possui menor permeabilidade ao gás carbônico e maior permeabilidade ao vapor de água, permitindo manutenção de atmosfera com elevada concentração de gás carbônico e dos atributos de qualidade do figo durante a comercialização. Para a espessura utilizada nos ensaios para ambos os filmes, a retenção de água nas embalagens evitou perdas de água, porém promoveu o desenvolvimento de podridão.

Dessa forma, há a necessidade de se avaliar outros filmes, bem como outras tecnologias, para se conseguir controlar o desenvolvimento fúngico em figos.

4.6.2. Atmosferas com Alta Concentração de CO₂

O efeito de atmosferas enriquecidas com gás carbônico tem sido estudado na conservação de produtos agrícolas. Kader (2002) relata que a exposição por curto período a concentrações superiores a 10% de CO₂ apresentam efeito fungistático, enquanto a exposição

a concentrações mais elevadas, entre 40 e 80% apresentam efeito fungicida. Investigações realizadas com figos das variedades 'Mission' e 'Craxiou de Porcu' mostraram que a exposição a atmosferas enriquecidas com CO₂ resultaram em diminuição de podridões nas frutas. Alfenas e Maia (2007) corroboram esta informação ao afirmarem que os gases CO₂ e O₂ são os que mais afetam o crescimento de microrganismos. Segundo os autores, apesar do gás carbônico ser utilizado em todas as células em determinadas reações químicas, seu excesso pode inibir o crescimento e a esporulação de alguns fungos.

Watkins (2000) afirma que os efeitos benéficos, e também maléficos, durante a conservação de produtos agrícolas se deve principalmente à alta concentração de gás carbônico ou baixa concentração de oxigênio. Por este motivo, deve-se conhecer os limites tolerados para cada produto, evitando a ocorrência de danos fisiológicos tais como amadurecimento irregular e desenvolvimento de aromas estranhos. Para figos, Kader (2002) enfatizam que altas concentrações de CO₂, superiores a 15%, são capazes de controlar podridões no produto.

O uso de atmosferas com alta concentração de gás carbônico na conservação de produtos agrícolas não é recente. Estudo realizado por Claypool and Özbek (1952) mostrou que a exposição de figos 'Mission' à atmosfera com 100% de gás carbônico por 36h, à temperatura de 5 e 10°C, foi efetiva na redução da atividade respiratória e desenvolvimento microbiano.

Com o objetivo de estudar a efetividade da atmosfera controlada na manutenção de figos da variedade 'Mission' (*Ficus carica* L.), Colelli, Mitchell e Kader (1991) submeteram frutas maduras a altas concentrações de gás carbônico, iguais a 15% e 20%, armazenando-as durante quatro semanas às temperaturas de 0°C, 2,2°C e 5°C sob fluxo contínuo. Foram realizadas análises de avaliação da qualidade, taxas de produção de gás carbônico e etileno e conteúdo de etanol e acetaldeído. Segundo o autor, as frutas mantidas às condições de atmosfera controlada apresentaram baixos valores de taxa respiratória e produção de etileno, uma vez que a produção desse gás está associada com a disponibilidade de oxigênio. As frutas armazenadas sob atmosfera controlada mostraram melhor qualidade do que as frutas do tratamento controle, sendo que estas últimas, ao final de duas semanas, já se encontravam deterioradas e sem condições de comercialização, enquanto as frutas submetidas aos demais

tratamentos, ao final do período de armazenagem, mantinham boas condições de qualidade. No entanto, as concentrações de etanol e acetaldeído encontradas nos produtos submetidos a altas concentrações de gás carbônico foram superiores aos valores encontrados para as amostras armazenadas nas condições normais de atmosfera, podendo desenvolver sabores desagradáveis nas frutas.

D'Aquino *et al.* (1998) investigaram os efeitos da utilização de filme de polietileno esticável de 19 μm com atmosfera modificada em figos (*Ficus carica* L.) da variedade 'Craxiou de Porcu', em condições simuladas de comercialização (15°C e 80% de umidade relativa) durante uma semana. Foram utilizadas as concentrações iniciais de atmosfera (1) 100% de gás carbônico, (2) 100% de nitrogênio e (3) utilização de filme plástico sem modificação atmosférica. Segundo os autores, o filme foi efetivo na manutenção da qualidade e redução de perda de massa dos figos, e que a adição de nitrogênio no interior das embalagens foi a mais efetiva no retardamento da deterioração. Após cinco dias de armazenamento, aproximadamente 30% das frutas deste tratamento apresentavam podridão, contra 55% dos outros tratamentos. Enquanto isso, os figos do tratamento controle, nos quais não foram utilizados filme plástico e atmosfera modificada, não apresentaram condições de comercialização depois de dois dias de armazenamento.

Piga *et al.* (1998) avaliaram a influência da modificação atmosférica na conservação de figos frescos (*Ficus carica* L.) 'Niedda longa', em condições ambientais durante três dias. As frutas foram submetidas por um período de 12h a uma atmosfera com 99% de nitrogênio e 1% de oxigênio, sendo depois transferidas para condições normais de armazenagem à temperatura ambiente. Os figos submetidos à modificação atmosférica apresentaram uma redução na perda de massa e melhor aparência, sem efeitos negativos no sabor. Além disso, a adição de nitrogênio reduziu o apodrecimento das frutas devido a contaminação por fungos, assim como a exudação do líquido intracelular.

Shin *et al.* (2008) avaliaram o efeito da armazenagem de duas cultivares de morangos em atmosfera com 20% de CO₂ a 3°C durante 20 dias nos parâmetros de qualidade cor, firmeza, ácido ascórbico e atividade antioxidante. Segundo os autores, o armazenamento com CO₂ inibiu o avanço do amadurecimento e a perda de firmeza das frutas, sendo uma tecnologia importante na manutenção da qualidade das frutas.

Estudos preliminares realizados por Souza *et al.* (2008) com aplicação de 100% de gás carbônico por curtos períodos, iguais a 4, 8 e 12h em figos ‘Roxo de Valinhos’ à 25°C, apontaram que a exposição das frutas à esta atmosfera por 4 e 8h foi efetivo na manutenção da qualidade das frutas, reduzindo a taxa respiratória, perda de massa e desenvolvimento fúngico nas frutas. Tais resultados demonstram que estudos complementares do efeito da curta exposição de figos à altas concentrações de gás carbônico devem ser realizados para comprovar seus efeitos.

4.7. Tratamentos Físicos Combinados

O uso combinado de tratamentos físicos tais como refrigeração, atmosfera modificada ativa ou passiva, ultra-som e radiação ultravioleta têm sido apresentado como uma alternativa segura aos métodos químicos de descontaminação de alimentos. Essas tecnologias, quando aplicadas de forma adequada, têm sido comprovadas como capazes de inibir o crescimento microbiológico em produtos de origem vegetal e animal.

Pan *et al.* (2004) investigaram o uso da radiação UV-C combinada com tratamento térmico para conservação de morangos. Foram utilizadas doses de radiação de 4,1 kJ.m⁻² e uso de vapor a 45°C durante 3h. Segundo os autores, o uso combinado dos tratamentos apresentou melhores resultados quando comparado à aplicação isolada de cada tratamento, sendo indicado para manutenção da qualidade de morangos durante o armazenamento.

Com o objetivo de estudar o efeito da aplicação isolada e combinada de tratamentos físicos na conservação de morangos, Allende *et al.* (2007) utilizaram atmosfera modificada ativa com alta concentração de O₂ (80 kPa), atmosfera modificada ativa com alta concentração de CO₂ (10 kPa), ozônio (5000 mg.L⁻¹) e radiação UV-C (1 kJ.m⁻²). Os resultados obtidos mostraram que todos os tratamentos foram adequados para manutenção da qualidade do produto, e que a aplicação dos tratamentos combinados não produziu efeito adicional significativo comparado aos demais tratamentos.

Reuck, Sivakumar e Korsten (2009) avaliaram o efeito do uso combinado de 1-MCP (Metilciclopropeno) e atmosfera modificada para conservação da qualidade de lichia. As frutas foram embaladas em sacos de polipropileno bio-orientado, nos quais foram adicionadas

diferentes concentrações de 1-MCP, iguais a 300, 500 e 1000 nL.L⁻¹. Os tratamentos foram armazenados a 2°C por 14 e 21 dias. Concluíram que a aplicação de 1-MCP combinado com atmosfera modificada manteve a qualidade das frutas durante o armazenamento, prevenindo o escurecimento dos tecidos.

Martinez-Hernández *et al.* (2011) estudaram o efeito da combinação de pré-tratamento com radiação UV-C seguido de armazenamento sob atmosfera modificada passiva (AMP) na qualidade de brócolis minimamente processado. Os floretes foram irradiados com energias de 1,5 kJ.m⁻², 4,5 kJ.m⁻², 9,0 kJ.m⁻² e 15,0 kJ.m⁻² e em seguida acondicionados em bandejas de polipropileno (PP), as quais foram seladas termicamente na parte superior com filme de polipropileno bio-orientado microperfurado com 50 µm de espessura. Os tratamentos foram armazenados a 5°C e 10°C durante 19 dias. Doses de radiação UV-C moderadas, entre 1,5 kJ.m⁻² e 4,5 kJ.m⁻² inibiram o crescimento microbiológico e mantiveram a qualidade do brócolis, sendo a radiação UV-C indicada como tecnologia de pré-tratamento do produto.

Vieira (2011) avaliou os métodos físicos de radiação UV-C, imersão em água quente e a combinação de ambos na desinfestação de ovos de *Ceratitidis capitata* em goiabas 'Kumagai', concluindo que houve sinergia entre os resultados obtidos para a combinação de tratamentos, evidenciada pelo efeito aditivo na mortalidade de ovos considerando os tratamentos isoladamente.

Os resultados expostos sobre a aplicação de tratamentos combinados indicam que estudos adicionais devem ser conduzidos para se identificar as condições adequadas para se obter sinergia entre os tratamentos, sobretudo em produtos muito perecíveis, como ocorre com figo.

5. CAPÍTULO I: Identificação e Teste de Patogenicidade de Fungos Causadores de Podridão em Figos

5.1. Objetivo

O objetivo da presente investigação foi identificar os principais fungos causadores de podridão em figos 'Roxo de Valinhos' produzidos em Campinas/SP e região, bem como testar a patogenicidade para aqueles fungos de maior incidência utilizando três diferentes métodos de inoculação.

5.2. Material e Métodos

5.2.1. Identificação dos Microrganismos

5.2.1.1. Figos

Foram adquiridos 360 figos 'Roxo de Valinhos' maduros, com massa média entre 50 e 70 g, de distintas propriedades dos municípios de Campinas e Valinhos, interior de São Paulo. As coletas foram realizadas diretamente nas propriedades e na Ceasa-Campinas no período de janeiro a março de 2009. O município de Campinas situa-se a 22°54'21" de latitude sul e 47°03'39" de longitude oeste com altitude média de 685 m, e o de Valinhos a 22°58'14" de latitude sul e 46°59'45" de longitude oeste, com altitude média de 660 m. O clima regional de ambos os municípios, segundo a classificação de Köppen é do tipo Cwa, temperado úmido com inverno seco e verão chuvoso. Os valores de temperatura anual média e precipitação anual média são iguais a 21,4°C e 1372 mm para Campinas e 21,0°C e 1425 mm para Valinhos, respectivamente (CEPAGRI, 2012).

5.2.1.2. Incubação dos Microrganismos

As caixas de papelão contendo as frutas foram cobertas com embalagens de polietileno de baixa densidade, com espessura de 50 µm, previamente umidificadas com um borrifador de água. As embalagens foram armazenadas em câmara a 25±2°C e 85±5% UR por uma semana, tempo suficiente para identificar os sintomas de podridão nas frutas e sinais dos patógenos.

5.2.1.3. Obtenção de Isolados

Os experimentos com isolamento dos fungos foram realizados no Laboratório de Fitopatologia do Grupo de Engenharia e Pós-Colheita (GEPC) do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) de Campinas. Frutas com sintomas de podridão foram separadas em grupos de acordo com os sintomas e sinais apresentados, anotando-se as características de cada grupo.

Extraíram-se amostras do tecido lesionado (5x5 mm) com o auxílio de um bisturi, as quais foram sanitizadas em solução de álcool (70%) durante 30s, colocadas em solução de hipoclorito de sódio (3:1) durante 60s e enxaguadas duas vezes em água destilada esterilizada, colocando-as em seguida sobre papel filtro para secagem. Os fragmentos foram transferidos para placa de petri com meio BDA (Batata Dextrose Agar) e oxitetraciclina ($50 \mu\text{g.mL}^{-1}$). As placas foram armazenadas em BOD a 25°C com alternância de luz (12h) até se observar o crescimento dos microrganismos, os quais foram repicados até se obter colônias puras (ALFENAS e MAFIA, 2007).

5.2.1.4. Identificação dos Fungos

A identificação dos fungos isolados foi realizada com base nas características culturais, morfológicas e fisiológicas de cada espécie (SINGH *et al.*, 1991; PITT e HOCKING, 1999) através de observações de hifas e esporos em microscópio óptico. Foram identificados quatro fungos que apresentaram maior ocorrência nas frutas analisadas: *Lasiodiplodia theobromae*, *Rhizopus stolonifer*, *Alternaria alternata* e *Fusarium spp.*

Após a identificação, os isolados foram transferidos para tubos de ensaio com meio BDA, e após seu crescimento foi adicionado cerca de 2 mL de óleo mineral (Nujol) esterilizado para sua conservação (TUIITE, 1969).

5.2.1.5. Análise dos Resultados

Para cada fungo identificado, foi apontada a incidência do mesmo, em porcentagem, considerando todas as frutas contaminadas nos ensaios.

5.2.2. Testes de Patogenicidade

5.2.2.1. Inóculo

As suspensões foram preparadas com os fungos isolados dos figos contaminados, utilizando-se os três fungos de maior ocorrência nas frutas. Para cada fungo selecionado (*Lasiodiplodia theobromae*, *Rhizopus stolonifer* e *Alternaria alternata*), adicionou-se água destilada esterilizada em placas contendo as colônias, removendo-as com auxílio de uma alça de Drigalski e procedendo-se à filtragem da suspensão com dupla camada de gaze estéril. A suspensão foi diluída até se obter uma suspensão de esporos com concentração de aproximadamente 10^5 esporos.mL⁻¹ ($3,9.10^5$ esporos.mL⁻¹ para *Lasiodiplodia theobromae*; $5,8.10^5$ esporos.mL⁻¹ para *Alternaria alternata*; e $8,3.10^5$ esporos.mL⁻¹ para *Rhizopus stolonifer*) determinada pela contagem em hemacitômetro. Acrescentou-se à suspensão de esporos 10 µL de Tween 20 para dispersão.

5.2.2.2. Inoculação nas Frutas

Foram utilizados figos isentos de danos físicos e microbiológicos visíveis. Para cada isolado, foram testadas três metodologias de inoculação, com o objetivo de se conhecer a forma de contaminação do produto pelos fungos estudados. As metodologias foram:

(1) Inoculação sem perfuração: Depositou-se 10 µL de suspensão com densidade de 10^5 esporos.mL⁻¹ com uma micropipeta automática sobre a superfície da fruta;

(2) Inoculação com perfuração: Foram feitas perfurações de 0,70 mm de diâmetro e 2 mm de profundidade na região equatorial das frutas, utilizando uma agulha (ZAHAVI, 2000), e depositou-se sobre a perfuração 10 µL de suspensão com uma micropipeta automática sobre a superfície da fruta;

(3) Inoculação com papel filtro: Depositou-se 10 µL de suspensão com densidade de 10^5 esporos.mL⁻¹ sobre discos de papel filtro com 5 mm de diâmetro, depositando o disco úmido sobre a superfície da fruta.

Aspectos das metodologias descritas estão ilustrados na Figura 2. Após a inoculação, os figos foram armazenados em BOD a $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, com alternância de luz por um período de sete dias.

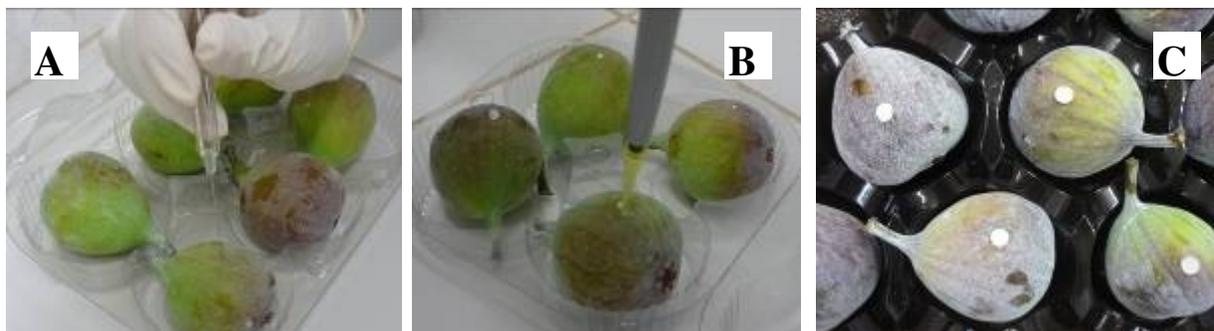


Figura 2. Aspectos da preparação dos tratamentos: (A) perfuração nas frutas, (B) deposição de suspensão na superfície da fruta e (C) colocação de papel com suspensão de esporos sobre a superfície das frutas.

5.2.2.3. Tratamentos

Foram utilizados seis tratamentos, compostos pelas três metodologias apresentadas, descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Descrição dos tratamentos utilizados nos testes de patogenicidade.

Tratamento	Descrição
TSF (testemunha sem perfuração)	Deposição de 10 μL de água esterilizada sobre a superfície da fruta.
TCF (testemunha com perfuração)	Deposição de 10 μL de água esterilizada sobre a perfuração.
TPF (testemunha com papel filtro)	Deposição de discos de 5 mm de diâmetro de papel filtro com 10 μL de água esterilizada sobre a superfície da fruta.
SSF (suspensão sem perfuração)	Deposição de 10 μL de suspensão com densidade de 10^5 esporos. mL^{-1} sobre a superfície da fruta.
SCF (suspensão com perfuração)	Deposição de 10 μL de suspensão com densidade de 10^5 esporos. mL^{-1} sobre a perfuração.
SPF (suspensão com papel filtro)	Deposição de discos de 5 mm de diâmetro de papel filtro com 10 μL de suspensão com 10^5 esporos. mL^{-1} sobre a superfície da fruta.

5.2.2.4. Avaliação da incidência e severidade das doenças pós-colheita

Diariamente inspecionou-se visualmente as frutas para a incidência e a severidade das podridões. A incidência foi avaliada pela presença ou ausência do desenvolvimento fúngico, sendo seu resultado expresso em porcentagem de figos contaminados. Para a severidade, foram medidos dois diâmetros transversais da colônia de fungos, calculando-se o diâmetro médio, o qual foi convertido em uma escala de notas variando de 0 a 5, baseada na área da lesão, conforme metodologia apresentada por Alfenas e Mafia (2007), em que as notas correspondem às seguintes porcentagens da área lesionada: 0 = 0%; 1 = >0-10%; 2 = >10-30%; 3 = >30-50%; 4 = >50-80%; 5 = >80-100%. Estas notas foram utilizadas para calcular o Índice de McKinney (ALFENAS e MAFIA, 2007), dado pela Equação (1):

$$ID (\%) = \frac{\sum (\text{grau da escala} \times \text{frequência})}{\text{N}^\circ \text{ de frutas} \times \text{grau máximo}} \times 100 \quad (1)$$

em que ID corresponde ao Índice de Doença, expresso em porcentagem; grau da escala corresponde à nota correspondente à lesão; frequência corresponde ao número de figos infectados com a respectiva nota; N é o número total de figos inoculados e o grau máximo corresponde a nota máxima da escala.

5.2.2.5. Delineamento experimental e avaliação dos tratamentos

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por seis tratamentos e dez repetições por tratamento, sendo cada repetição correspondente a uma fruta.

5.3. Resultados e Discussão

Nos ensaios de isolamento dos patógenos, verificou-se que grande parte do desenvolvimento fúngico ocorreu na região do ostíolo das frutas, como mencionado por Durigan (1999), por ser uma região de fácil entrada de microrganismos. Nas frutas coletadas nas propriedades de Campinas e região houve grande incidência do fungo *Lasiodiplodia theobromae* (55,56%), seguida por *Rhizopus stolonifer*, *Alternaria alternata* e *Fusarium sp.*,

(Figura 3). Em figos da variedade Mission, Montealegre *et al.* (2000) identificaram os fungos *Fusarium flocciferum*, *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium minioluteum* e *Rhizopus stolonifer*, porém não são citados os fungos de maior ocorrência.

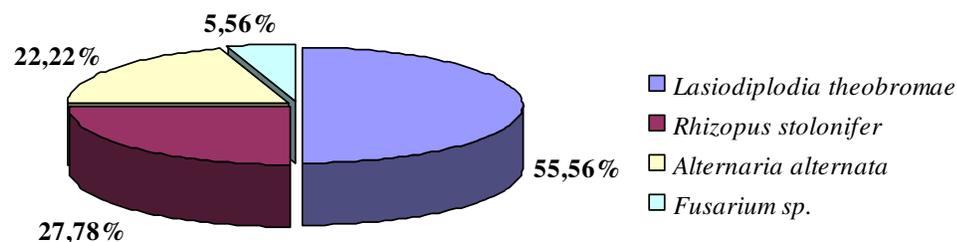


Figura 3. Incidência (%) de fungos causadores de podridões em figos 'Roxo de Valinhos', oriundos de Campinas/SP e região, no período de janeiro a abril de 2009.

Para os testes de patogenicidade, observou-se que os figos dos três tratamentos testemunha (TSF, TCF e TPF) inoculados com água estéril, e os figos inoculados com suspensão sem fermento (SSF) não apresentaram desenvolvimento de podridão para os três fungos estudados, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Porcentagem de frutas com desenvolvimento fúngico e Índice de Doença (%) para figos 'Roxo de Valinhos' inoculados com *Rhizopus stolonifer*, *Alternaria alternata* e *Lasiodiplodia theobromae* incubados durante sete dias à 25°C.

Tratamento	<i>Rhizopus stolonifer</i>		<i>Alternaria alternata</i>		<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	
	% frutas	ID (%)	% frutas	ID (%)	% frutas	ID (%)
TSF	0	0	0	0	0	0
TCF	0	0	0	0	0	0
TPF	0	0	0	0	0	0
SSF	0	0	0	0	0	0
SCF	100	100	90	26	80	92
SPF	0	0	0	0	40	28

* TSF = testemunha sem fermento; TCF = testemunha com fermento; TPF = testemunha com papel filtro; SSF = suspensão sem fermento; SCF = suspensão com fermento; SPF = suspensão com papel filtro.

Para a inoculação realizada com suspensão com ferimento (SCF), verificou-se que houve desenvolvimento fúngico para todos os tratamentos, sendo que o fungo *Rhizopus stolonifer* apresentou a maior porcentagem de contaminação, correspondente a 100% dos figos inoculados, seguido de *Alternaria alternata* (90%) e *Lasiodiplodia theobromae* (80%). As frutas inoculadas com suspensão em papel filtro (SPF) apresentaram desenvolvimento fúngico somente para *Lasiodiplodia theobromae* (40%). Apesar da *Alternaria alternata* penetrar nas frutas por aberturas naturais, como estômatos e lenticelas, não houve desenvolvimento nas frutas sem perfuração. Estes resultados coincidem com os obtidos por Montealegre *et al.* (2000), os quais observaram que todos os fungos identificados em seu trabalho se desenvolveram quando inoculados sobre ferimentos. Os autores também classificaram o *Rhizopus stolonifer* como muito agressivo, pois o mesmo provocou 100% de podridão nas frutas inoculadas, seguido por *Botrytis cinerea* e *Alternaria alternata*, com 80% de contaminação. No entanto, para a cultivar estudada, as frutas inoculadas sem ferimento apresentaram desenvolvimento fúngico para *Rhizopus stolonifer*, diferindo dos resultados obtidos para o figo 'Roxo de Valinhos'. Estes resultados mostram que os fungos estudados obrigatoriamente dependem de uma abertura de entrada para contaminação dos figos, ou uma condição favorável à sua sobrevivência até que o mesmo consiga romper a epiderme e se alojar na fruta, como ocorreu com *Lasiodiplodia theobromae* inoculada sobre papel filtro. Neste sentido, deve-se assegurar o manejo adequado das frutas durante todo processo de colheita e pós-colheita, evitando a ocorrência de qualquer tipo de danos que possam permitir a contaminação fúngica que, associada à falta de armazenamento adequado, acelera a deterioração das frutas e prejudicam sua qualidade.

Em relação ao Índice de Doença (Tabela 3), observa-se que os fungos *Rhizopus stolonifer* e *Lasiodiplodia theobromae* apresentaram maior severidade de contaminação, identificados pelos maiores valores de ID, iguais a 100% e 92%, respectivamente, mostrando que as frutas apresentavam desenvolvimento fúngico em toda sua superfície (Figura 4). Para a *Alternaria alternata*, apesar de 90% das frutas apresentarem incidência de contaminação, o ID foi igual a 26%, inferior aos demais tratamentos, indicando menor severidade de contaminação do fungo.



Figura 4. Imagens ilustrativas de figos ‘Roxo de Valinhos’ contaminados com (A) *Rhizopus stolonifer*, (B) *Alternaria alternata* e (C) *Lasiodiplodia theobromae* nos testes de patogenicidade.

5.4. Conclusões

Os fungos que apresentaram maior porcentagem de incidência em figos ‘Roxo de Valinhos’ foram *Lasiodiplodia theobromae*, *Rhizopus stolonifer* e *Alternaria alternata*.

Os fungos *Rhizopus stolonifer* e *Alternaria alternata* se desenvolveram nas frutas somente quando inoculados sobre o ferimento, enquanto *Lasiodiplodia theobromae* se desenvolveu com a inoculação sobre o ferimento e com papel filtro sem ferimento, evidenciando a importância da manipulação das frutas durante os processos de colheita e beneficiamento na prevenção da contaminação fúngica.

6. CAPÍTULO II: Efeito da Radiação UV-C e Diferentes Temperaturas de Armazenamento sobre a Qualidade do Figo

6.1. Objetivo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a sensibilidade de figos expostos à diferentes doses de radiação UV-C, armazenados às temperaturas de 10°C e 20°C.

6.2. Material e Métodos

6.2.1. Figo

Foi utilizado o figo 'Roxo de Valinhos' (*Ficus carica* L.), com massa entre 50 e 70 g e metade da superfície com coloração arroxeadada, isento de danos físicos e microbiológicos visíveis, adquirido diretamente de produtor do município de Campinas/SP. Os figos foram colhidos no período da manhã, transportados ao laboratório e mantidos na sala de processamento à temperatura de 20°C.

6.2.2. Aplicação da radiação UV-C

Após a seleção e separação das frutas, de acordo com o tamanho e grau de maturação, para homogeneização das amostras, as mesmas foram expostas à radiação UV-C. A câmara de radiação utilizada possui estrutura em madeira, dimensões de 1000 x 1000 x 600 mm, revestida internamente com folhas de papel alumínio. No interior, há doze lâmpadas UV (30W, Phillips), com comprimento de onda de 254 nm, sendo seis na parte inferior e seis na parte superior da mesma (Figura 5).

Os figos foram colocados em uma tela metálica, utilizada para apoio, com distância das frutas às lâmpadas de 220 mm. A taxa de fluência da luz UV-C na região em que as frutas foram irradiadas foi de 0,044 W.m⁻², medida com radiômetro (Optometer Newport, model 1830-C, resolução 0,1 pW e precisão 2%). As intensidades de radiação foram obtidas variando o tempo de exposição do produto, sendo iguais às energias de 0,00 kJ.m⁻², 0,70 kJ.m⁻², 1,32 kJ.m⁻², 2,64 kJ.m⁻² e 4,00 kJ.m⁻². Após a irradiação, os figos foram levados à câmara fria e

armazenadas às temperaturas de $10\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, com umidade relativa igual a $90\pm 5\%$ em ambas as câmaras, por um período de sete dias.

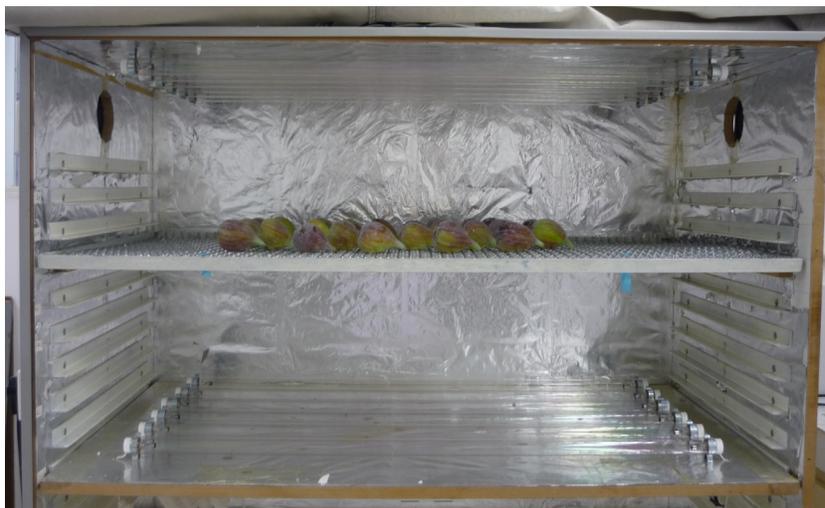


Figura 5. Vista interna da câmara utilizada para aplicação da radiação ultravioleta (UV-C) em figos.

6.2.3. Tratamentos

Na Tabela 4 é apresentada a descrição dos tratamentos utilizados nos testes de sensibilidade de figos à radiação UV-C.

Tabela 4. Descrição dos tratamentos utilizados nos testes de sensibilidade de figos à radiação UV-C.

Tratamento	Descrição
R 0,00 10°C	Tratamento controle, sem exposição à radiação UV-C, armazenados a 10°C.
R 0,70 10°C	Exposição à energia de radiação UV-C de $0,70 \text{ kJ.m}^{-2}$, armazenados a 10°C.
R 1,32 10°C	Exposição à energia de radiação UV-C de $1,32 \text{ kJ.m}^{-2}$, armazenados a 10°C.
R 2,64 10°C	Exposição à energia de radiação UV-C de $2,64 \text{ kJ.m}^{-2}$, armazenados a 10°C.
R 4,00 10°C	Exposição à energia de radiação UV-C de $4,00 \text{ kJ.m}^{-2}$, armazenados a 10°C.
R 0,00 20°C	Tratamento controle, sem exposição à radiação UV-C, armazenados a 20°C.
R 0,70 20°C	Exposição à energia de radiação UV-C de $0,70 \text{ kJ.m}^{-2}$, armazenados a 20°C.
R 1,32 20°C	Exposição à energia de radiação UV-C de $1,32 \text{ kJ.m}^{-2}$, armazenados a 20°C.
R 2,64 20°C	Exposição à energia de radiação UV-C de $2,64 \text{ kJ.m}^{-2}$, armazenados a 20°C.
R 4,00 20°C	Exposição à energia de radiação UV-C de $4,00 \text{ kJ.m}^{-2}$, armazenados a 20°C.

6.2.4. Avaliação de qualidade dos tratamentos

Durante o período de armazenamento, os figos foram avaliados a cada dois dias, considerando a aparência dos mesmos, e nos dias inicial e final de armazenamento, determinaram-se a perda de massa, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e pH. Os procedimentos são descritos a seguir.

Aparência: realizada visualmente, utilizando uma escala de notas de 0 a 10, através dos parâmetros amadurecimento das frutas, murchamento, presença de manchas e incidência de podridão. Para cada parâmetro, foi atribuída uma escala de notas, variando de 0 a 10, de acordo com as características apresentadas para cada parâmetro (SOUZA, 2007), descritas a seguir:

- Amadurecimento das frutas. Avaliado pelo avanço na coloração da epiderme das frutas, considerando a escala de notas: 10 = 100% da epiderme das frutas com coloração roxa; 9 = 90 a 99% da epiderme das frutas com coloração roxa; 8 = 80 a 89% da epiderme das frutas com coloração roxa; 7 = 70 a 79% da epiderme das frutas com coloração roxa; 6 = 60 a 69 % da epiderme das frutas com coloração roxa; 5 = 50 a 59% da epiderme das frutas com coloração roxa; 4 = 40 a 49% da epiderme das frutas com coloração roxa; 3 = 30 a 39% da epiderme das frutas com coloração roxa; 2 = 20 a 29% da epiderme das frutas com coloração roxa; 1 = 10 a 19 % da epiderme das frutas com coloração roxa; 0 = menos de 10% da epiderme das frutas com coloração roxa.

- Murchamento. Avaliado com base na turgidez da fruta, considerando a escala de notas: 0 = fruta sem enrugamento; 1 = menos de 10% da superfície das frutas com enrugamento; 2 = 10 a 20% da superfície das frutas com enrugamento; 3 = 21 a 30% da superfície das frutas com enrugamento; 4 = 31 a 40% da superfície das frutas com enrugamento; 5 = 41 a 50% da superfície das frutas com enrugamento; 6 = 51 a 60% da superfície das frutas com enrugamento; 7 = 61 a 70% da superfície das frutas com enrugamento; 8 = 71 a 80% da superfície das frutas com enrugamento; 9 = 81 a 90% da superfície das frutas com enrugamento; 10 = 91 a 100% da superfície das frutas com enrugamento.

- Presença de manchas. Avaliada pela presença de manchas na epiderme das frutas, provocadas pelos danos físicos e mecânicos, de acordo com a escala de notas: 0 = ausência de

manchas; 1 = menos de 10% da superfície das frutas com manchas; 2 = 10 a 20% da superfície das frutas com manchas; 3 = 21 a 30% da superfície das frutas com manchas; 4 = 31 a 40% da superfície das frutas com manchas; 5 = 41 a 50% da superfície das frutas com manchas; 6 = 51 a 60% da superfície das frutas com manchas; 7 = 61 a 70% da superfície das frutas com manchas; 8 = 71 a 80% da superfície das frutas com manchas; 9 = 81 a 90% da superfície das frutas com manchas; 10 = 91 a 100% da superfície das frutas com manchas.

- Ocorrência de podridões. Avaliada considerando a porcentagem de frutas com contaminações fúngicas em cada embalagem.

Perda de massa: calculada pela diferença entre a massa inicial e final das frutas de cada embalagem, realizando-se cinco repetições.

Teor de sólidos solúveis: obtido segundo metodologia oficial da Association of Official Analytical Chemistry (1995), através de leitura refratométrica, em °Brix, com refratômetro manual (QUIMIS modelo Q-109B, resolução de 0,01 °Brix e precisão de 0,25%). Foi realizada a leitura direta do °Brix da amostra, a qual foi corrigida em função da temperatura e acidez total da amostra, segundo manual do aparelho. Foram realizadas cinco repetições.

Acidez titulável: determinada pela titulação de 10g de polpa triturada e homogeneizada com 90 ml de água destilada, utilizando-se como titulante solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,10 N, e potenciômetro digital (HANNA INSTRUMENTS, modelo HI 8417, resolução de 0,01 e precisão de 1%). A amostra foi colocada sobre o agitador magnético para homogeneização. Adicionou-se solução de NaOH até a amostra atingir pH igual a 8,10. Para cada tratamento, foram realizadas cinco repetições. A acidez titulável foi calculada pela Equação (2) (CARVALHO *et al.*, 1990), e os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico.

$$AT = \frac{mLNaOH \times N \times 64 \times 100}{m_{amostra} \times 1000} \quad (2)$$

em que: mLNaOH = volume da solução de NaOH adicionada à amostra (ml); N = normalidade da solução de NaOH; 64 = equivalente-grama do ácido cítrico anidro; $m_{amostra}$ = massa de amostra (g).

6.2.5. Delineamento Experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 5x2, com cinco doses de radiação (0,00 kJ.m⁻², 0,70 kJ.m⁻², 1,32 kJ.m⁻², 2,64 kJ.m⁻² e 4,00 kJ.m⁻²) e duas temperaturas de armazenamento (10°C e 20°C). Foram realizadas cinco repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por cinco figos, e os experimentos realizados em triplicata.

Foi realizada análise de variância e comparação de médias entre os tratamentos (Tukey, p<0,05), com o auxílio do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System) versão 9.1.3 (SAS, 2006).

6.3. Resultados e Discussão

Nas Tabelas 5 a 8 são apresentados os valores médios de teor sólidos solúveis, acidez titulável, pH e perda de massa, respectivamente, para figos submetidos a radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻², 0,72 kJ.m⁻², 1,32 kJ.m⁻², 2,64 kJ.m⁻², e 4,00 kJ.m⁻², armazenados à 10°C e 20°C.

Para o teor de sólidos solúveis, observa-se pela Análise de Variância (Tabela 33 do Apêndice) que houve diferença significativa somente para o parâmetro temperatura, não sendo verificada interação entre esta e a radiação, sendo que o tratamento testemunha e o exposto a radiação de 4,00 kJ.m⁻² apresentaram as maiores médias (Tabela 5).

Tabela 5. Teor de sólidos solúveis (°Brix) em figo 'Roxo de Valinhos' submetido a radiação UV-C e armazenado a 10°C e 20°C por sete dias (Valor inicial: 11,23°Brix).

Radiação (kJ.m ⁻²)	10°C	20°C	Média
0,00	11,59	12,94	12,27
0,70	11,81	11,51	11,66
1,32	11,72	11,57	11,65
2,64	12,02	11,78	11,90
4,00	11,63	12,11	11,87
Média	11,75 A	11,98 A	11,87

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si para o teste de Tukey (p<0,05).

**Médias de três ensaios experimentais, sendo cada um composto por cinco repetições com cinco frutas por parcela.

Para a acidez titulável, observa-se pela Tabela 6 que houve diferença significativa tanto entre as radiações utilizadas quanto para as temperaturas de armazenamento, comprovada pela análise de variância apresentada na Tabela 34 (Apêndice), evidenciando maior acidez para as frutas do tratamento testemunha armazenados tanto a 10°C quanto a 20°C.

Tabela 6. Acidez titulável (% ácido cítrico) em figo ‘Roxo de Valinhos’ submetido a radiação UV-C e armazenado a 10°C e 20°C por sete dias (Valor inicial: 0,20 % de ácido cítrico).

Radiação (kJ.m ⁻²)	10°C	20°C	Média
0,00	0,21 A,b	0,21 A,b	0,21
0,70	0,17 A,a	0,19 B,a	0,18
1,32	0,20 A,b	0,19 A,a	0,20
2,64	0,20 B,b	0,18 A,a	0,19
4,00	0,20 A,b	0,20 A,a	0,20
Média	0,20	0,19	0,20

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si para o teste de Tukey ($p < 0,05$). **Médias de três ensaios experimentais, sendo cada um composto por cinco repetições com cinco frutas por parcela.

Para o parâmetro pH (Tabela 7), não foram observadas diferenças significativas tanto entre as temperaturas de armazenamento quanto à radiação UV-C. Para perda de massa (Tabela 8), evidencia-se o efeito predominante da temperatura na manutenção da qualidade do produto, uma vez que não foram observadas diferenças significativas entre as radiações aplicadas.

Tabela 7. Valores médios de pH em figo ‘Roxo de Valinhos’ submetido a radiação UV-C e armazenado a 10°C e 20°C por sete dias (Valor inicial: 4,92).

Radiação (kJ.m ⁻²)	10°C	20°C	Média
0,00	5,31	5,58	5,45
0,70	5,50	5,45	5,48
1,32	5,43	5,70	5,57
2,64	5,44	5,65	5,55
4,00	5,18	5,50	5,34
Média	5,37	5,58	5,47

* Médias de três ensaios experimentais, sendo cada um composto por cinco repetições com cinco frutas por parcela.

Tabela 8. Perda de Massa em figo ‘Roxo de Valinhos’ submetido a radiação UV-C e armazenado a 10°C e 20°C por sete dias.

Radiação (kJ.m ⁻²)	10°C	20°C	Média
0,00	6,37	9,65	8,01
0,70	6,62	9,03	7,83
1,32	6,76	9,72	8,24
2,64	7,04	9,01	8,03
4,00	7,08	9,46	8,27
Média	6,77 A	9,37 B	8,07

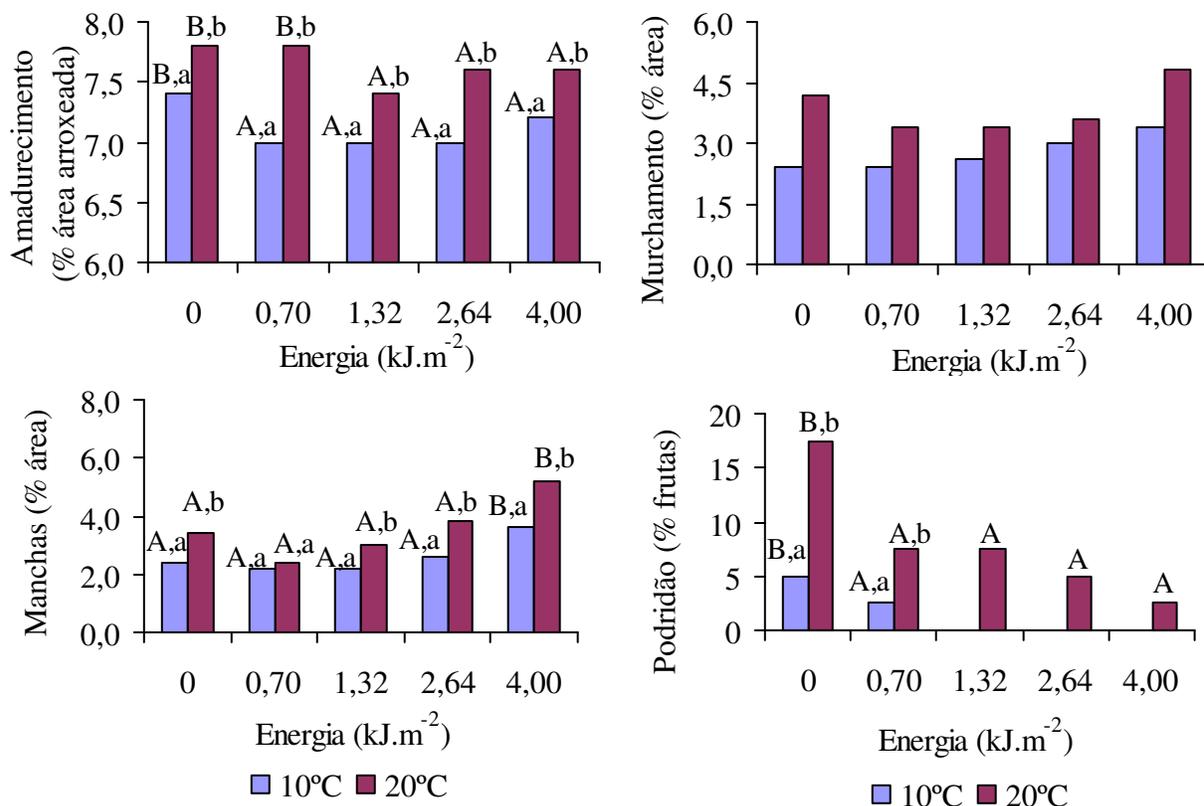
* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si para o teste de Tukey (p<0,05).

**Médias de três ensaios experimentais, sendo cada um composto por cinco repetições com cinco frutas por parcela.

Na Figura 6 são apresentados os valores médios das características de qualidade aparência amadurecimento, murchamento, manchas e podridão para figos expostos às energias de radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻², 0,72 kJ.m⁻², 1,32 kJ.m⁻², 2,64 kJ.m⁻² e 4,00 kJ.m⁻², armazenados à 10°C e 20°C. Pela ANOVA, verificou-se que a interação entre a temperatura e radiação foi significativa para os parâmetros amadurecimento, murchamento e podridão (Tabelas 34,35 e 36 do Apêndice, respectivamente), evidenciando as diferenças obtidas entre os tratamentos. Os frutos dos tratamentos armazenados a 10°C apresentaram menores valores médios para os índices amadurecimento, murchamento, presença de manchas e podridão que os tratamentos a 20°C, evidenciando o efeito predominante da temperatura na manutenção da qualidade das frutas.

Figos expostos às energias radiação entre 0,70 e 4,00 kJ.m⁻² apresentaram menor incidência de podridão para uma mesma temperatura, diferindo estatisticamente do tratamento testemunha, porém os figos expostos à radiação de 4,00 kJ.m⁻² obtiveram menor qualidade visual em relação aos parâmetros murchamento e presença de manchas, inviabilizando sua comercialização. Este comportamento evidencia a sensibilidade do figo à exposição a radiação UV-C. Comportamento similar é observado para outras frutas como uvas, mirtilos e morangos, para os quais energias superiores a 1,0 kJ.m⁻² causam escurecimento da epiderme e perda de qualidade (SHAMA e ALDERSON, 2005).

Para uma mesma temperatura, observa-se que figos expostos à radiação 1,32 kJ.m⁻² apresentaram melhor desempenho geral comparado aos demais tratamentos.



* Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre as radiações, e médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si entre as temperaturas pelo teste de Tukey (p<0,05). **Médias de três ensaios experimentais, sendo cada um composto por cinco repetições com cinco frutas por parcela.

Figura 6. Valores médios de amadurecimento, murchamento, manchas e podridão ao final de sete dias de armazenamento de figos submetidos às doses de radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻², 0,70 kJ.m⁻², 1,32 kJ.m⁻², 2,64 kJ.m⁻² e 4,00 kJ.m⁻² e armazenados à 10°C e 20°C.

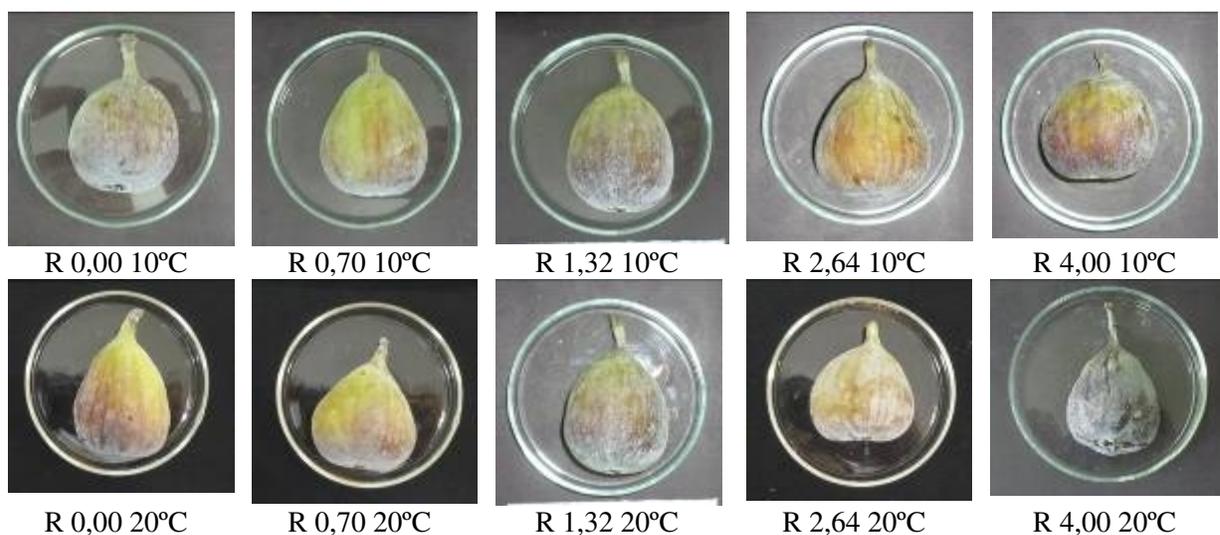


Figura 7. Qualidade final das frutas expostas à radiação UV-C após sete dias de armazenamento à 10°C e 20°C.

6.4. Conclusões

Figos apresentam sensibilidade à exposição de radiação UV-C. Os níveis de radiação utilizados foram eficientes para reduzir a incidência de podridões durante armazenamento sob refrigeração e a temperatura ambiente, embora o uso de radiação UV-C em conjunto com a refrigeração seja mais indicado para manutenção da qualidade do figo.

Energias de radiação superiores a $2,64 \text{ kJ.m}^{-2}$ não devem ser utilizadas, pois evidenciaram perdas qualitativas na aparência dos figos.

7. CAPÍTULO III: Efeito da Radiação UV-C na Inibição de Fitopatógenos *in vitro* e *in vivo*

7.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da radiação UV-C no crescimento *in vitro* dos fungos *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata* no controle das podridões em figos inoculados antes e após a irradiação.

7.2. Material e Métodos

7.2.1. Ensaio *in vitro*

7.2.1.1. Inoculação dos Patógenos

Nos testes *in vitro*, discos de micélio de 5mm de diâmetro dos fungos *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata*, com 25, 17 e 4 dias de crescimento, respectivamente, foram inoculados, no centro de placas de petri, com meio BDA (Batata Dextrose Agar) e oxitetraciclina ($50 \mu\text{g.mL}^{-1}$).

7.2.1.2. Aplicação da Radiação UV-C

Foi utilizado o aparato experimental apresentado na seção 5.2.2. Colocaram-se as placas abertas sobre a tela central a uma distância de 0,22m das lâmpadas, com fluxo de radiação da luz UV-C de $0,044 \text{ W.m}^{-2}$. As placas foram irradiadas à 20°C utilizando-se energias de radiação iguais a $0,00 \text{ kJ.m}^{-2}$, $2,64 \text{ kJ.m}^{-2}$; $4,00 \text{ kJ.m}^{-2}$; $8,00 \text{ kJ.m}^{-2}$ e $16,00 \text{ kJ.m}^{-2}$. Imediatamente após a irradiação, as placas foram fechadas e os tratamentos incubados em BOD (resolução de $0,1^{\circ}\text{C}$ e precisão de $0,5^{\circ}\text{C}$), sem alternância de luz, às temperaturas de 10°C e 20°C por um período de dez dias, realizando-se seis repetições por tratamento.

7.2.1.3.Tratamentos

Na Tabela 9 é apresentada a descrição detalhada dos tratamentos utilizados na aplicação da radiação UV-C *in vitro* com os fungos *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata*.

Tabela 9. Descrição dos tratamentos utilizados na aplicação da radiação UV-C nos testes *in vitro*.

Tratamento	Descrição
R 0,00 10°C	Tratamento controle, sem exposição à radiação UV-C, armazenados a 10°C.
R 2,64 10°C	Exposição à energia de radiação UV-C de 2,64 kJ.m ⁻² , armazenados a 10°C.
R 4,00 10°C	Exposição à energia de radiação UV-C de 4,00 kJ.m ⁻² , armazenados a 10°C.
R 8,00 10°C	Exposição à energia de radiação UV-C de 8,00 kJ.m ⁻² , armazenados a 10°C.
R 16,00 10°C	Exposição à energia de radiação UV-C de 16,00 kJ.m ⁻² , armazenados a 10°C.
R 0,00 20°C	Tratamento controle, sem exposição à radiação UV-C, armazenados a 20°C.
R 2,64 20°C	Exposição à energia de radiação UV-C de 2,64 kJ.m ⁻² , armazenados a 20°C.
R 4,00 20°C	Exposição à energia de radiação UV-C de 4,00 kJ.m ⁻² , armazenados a 20°C.
R 8,00 20°C	Exposição à energia de radiação UV-C de 8,00 kJ.m ⁻² , armazenados a 20°C.
R 16,00 20°C	Exposição à energia de radiação UV-C de 16,00 kJ.m ⁻² , armazenados a 20°C.

7.2.1.4.Avaliação dos tratamentos

A avaliação do crescimento dos fungos foi realizada nos dias 3, 5, 8 e 10 de incubação pelas medidas de dois diâmetros transversais das colônias. Foram tomadas fotos das placas com câmera digital (Lumix Panasonic 8,1 MP) e medidos os diâmetros e a área usando o software Image Tools 3.0 (UTHSCSA). Subtraiu-se das medidas o diâmetro e área referentes ao diâmetro inicial do inóculo.

Ao final do tempo de incubação, foram avaliadas a produção de esporos e massa de micélio aéreo seco das colônias. Para isso, as placas foram congeladas a -20°C por 48 horas (KORTEKAMP, 2006).

Para separação do micélio aéreo, o mesmo foi removido com auxílio de um bisturi e colocado sobre papel filtro previamente seco em estufa e pesado (PASANEN *et al*, 1999). As amostras foram levadas em estufa a 105°C por 2,5 h. Após este período, mediu-se o peso seco

do micélio com o papel filtro, calculando por diferença o peso seco do micélio. Para cada tratamento foram realizadas três repetições.

Para produção de esporos, após congelar as amostras, removeu-se o micélio aéreo com uma espátula, adicionando-se em seguida água destilada nas placas e tampas para coletar os esporos presentes nas mesmas. O micélio removido e a suspensão foram colocados em um béquer de vidro e agitados com bastão de vidro para separação dos esporos e micélio. Acrescentou-se à suspensão de esporos 10 μL do dispersante Tween 20 e adicionou-se água destilada até se obter uma suspensão com densidade de esporos contáveis. Procedeu-se à contagem dos esporos na suspensão utilizando-se um hemacitômetro e microscópio ótico, e os resultados expressos pela quantidade total de esporos na suspensão. Foram realizadas três repetições por tratamento.

7.2.1.5. Delineamento Experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 5x2, com cinco energias de radiação (0,00 kJ.m^{-2} , 2,64 kJ.m^{-2} , 4,00 kJ.m^{-2} , 8,00 kJ.m^{-2} e 16,00 kJ.m^{-2}) e duas temperaturas de armazenamento (10°C e 20°C), realizando-se seis repetições por tratamento. Os ensaios experimentais foram realizados em triplicata.

Foi realizada análise de variância e comparação de médias entre os tratamentos utilizando-se teste de Tukey ($p < 0,05$), com o auxílio do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System) versão 9.1.3 (SAS, 2006).

7.2.2. Ensaio *in vivo*

7.2.2.1. Inoculação dos Figos

Foi utilizado o figo 'Roxo de Valinhos' com massa entre 50 e 70 g, metade da superfície com coloração arroxeadada e isento de danos físicos e microbiológicos visíveis. Os figos foram adquiridos de um produtor da cidade de Campinas-SP.

A preparação das suspensões de esporos e inoculação das frutas foram realizadas como descrito no item 4.2.2 do Capítulo I, em que foram feitos perfurações de 0,7 mm de diâmetro e

2 mm de profundidade na região equatorial das frutas com agulha, depositando-se 10 μL de suspensão de esporos com micropipeta automática sobre o ferimento. Foram utilizadas densidades de $7,5 \cdot 10^5$ esporos. mL^{-1} para *Rhizopus stolonifer*, $2,5 \cdot 10^5$ esporos. mL^{-1} para *Lasiodiplodia theobromae* e $28,0 \cdot 10^5$ esporos. mL^{-1} para *Alternaria alternata*.

7.2.2.2. Aplicação da Radiação UV-C

Para investigar o efeito da indução de resistência em figos expostos à radiação UV-C, foram realizados dois ensaios: (1) teste *preventivo*, em que a radiação UV-C foi aplicada 30 minutos antes da inoculação e (2) teste *curativo*, cuja irradiação foi realizada 30 minutos após a inoculação dos fungos nas frutas.

Os ensaios foram realizados de acordo com os procedimentos apresentados na seção 6.2.2 (Capítulo II), à temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$, porém utilizando-se energias de radiação UV-C iguais a $0,00 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$, $0,70 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$; $1,32 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$ e $2,64 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-2}$, uma vez que valores superiores causam danos à epiderme das frutas, como mostram os resultados apresentados no Capítulo II. Imediatamente após a irradiação, as frutas foram colocadas em embalagens alveolares de PET, previamente higienizadas com álcool (99,9%), e armazenadas em BOD (resolução de $0,1^\circ\text{C}$ e precisão de $0,5^\circ\text{C}$), sem alternância de luz, às temperaturas de 10°C e 20°C por um período de sete dias. Foram utilizados dez figos por tratamento.

7.2.2.3. Tratamentos

Na Tabela 10 é apresentada a descrição detalhada dos tratamentos utilizados nos testes preventivos e curativos de aplicação da radiação UV-C *in vivo* em figos inoculados com os fungos *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata*.

7.2.2.4. Avaliação dos Tratamentos

Diariamente os figos foram inspecionados quanto a incidência e severidade das podridões para cada espécie de fungo inoculado. A incidência e severidade das podridões foram avaliadas de acordo com a metodologia apresentada na seção 5.2.2 do Capítulo I, sendo

a incidência expressa em porcentagem de frutas contaminadas e a severidade pela escala de notas variando de 0 a 5, baseada na área da lesão, a qual foi utilizada para se calcular o Índice de Doença dos figos (Equação 1).

Tabela 10. Descrição dos tratamentos nos testes preventivos e curativos de aplicação da radiação UV-C *in vivo* em figos inoculados com os fungos *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata*.

Tratamento	Descrição
Controle 10°C	Figos do tratamento controle, sem exposição à radiação UV-C, armazenados a 10°C.
P 0,70 10°C	Figos expostos à energia de radiação UV-C de 0,70 kJ.m ⁻² e após 30 minutos inoculados com os fungos, armazenados a 10°C.
P 1,32 10°C	Figos expostos à energia de radiação UV-C de 1,32 kJ.m ⁻² e após 30 minutos inoculados com os fungos, armazenados a 10°C.
P 2,64 10°C	Figos expostos à energia de radiação UV-C de 2,64 kJ.m ⁻² e após 30 minutos inoculados com os fungos, armazenados a 10°C.
C 0,70 10°C	Figos inoculados com fungos e após 30 minutos expostos à energia de radiação UV-C de 0,70 kJ.m ⁻² , armazenados a 10°C.
C 1,32 10°C	Figos inoculados com fungos e após 30 minutos expostos à energia de radiação UV-C de 1,32 kJ.m ⁻² , armazenados a 10°C.
C 2,64 10°C	Figos inoculados com fungos e após 30 minutos expostos à energia de radiação UV-C de 2,64 kJ.m ⁻² , armazenados a 10°C.
Controle 20°C	Figos do tratamento controle, sem exposição à radiação UV-C, armazenados a 20°C.
P 0,70 20°C	Figos expostos à energia de radiação UV-C de 0,70 kJ.m ⁻² e após 30 minutos inoculados com os fungos, armazenados a 20°C.
P 1,32 20°C	Figos expostos à energia de radiação UV-C de 1,32 kJ.m ⁻² e após 30 minutos inoculados com os fungos, armazenados a 20°C.
P 2,64 20°C	Figos expostos à energia de radiação UV-C de 2,64 kJ.m ⁻² e após 30 minutos inoculados com os fungos, armazenados a 20°C.
C 0,70 20°C	Figos inoculados com fungos e após 30 minutos expostos à energia de radiação UV-C de 0,70 kJ.m ⁻² , armazenados a 20°C.
C 1,32 20°C	Figos inoculados com fungos e após 30 minutos expostos à energia de radiação UV-C de 1,32 kJ.m ⁻² , armazenados a 20°C.
C 2,64 20°C	Figos expostos à energia de radiação UV-C de 2,74 kJ.m ⁻² e inoculados com fungos após 30 minutos, armazenados a 20°C.

7.2.2.5. Delineamento Experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 7x2, com sete energias de radiação (Controle, P 0,70; P 1,32; P 2,64; C 0,70; C 1,32; C 2,64) e duas temperaturas de armazenamento (10°C e 20°C), utilizando-se dez frutas para cada tratamento. Os ensaios experimentais foram realizados em triplicata.

Foi realizada análise de variância e comparação de médias entre os tratamentos utilizando-se teste de Tukey ($p < 0,05$), com o auxílio do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System) versão 9.1.3 (SAS, 2006).

7.3. Resultados e Discussão

7.3.1. Ensaios *in vitro*

Na Figura 8 são apresentados os resultados da evolução do diâmetro de crescimento das colônias de *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata* submetidos à radiação UV-C e armazenados às temperaturas de 10°C e 20°C, durante dez dias. Observa-se que a temperatura foi o fator de maior influência no crescimento das colônias, uma vez que as menores médias são apresentadas para os tratamentos armazenados a 10°C. Pela ANOVA (Tabelas 37, 38 e 39 do Apêndice para colônias de *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata*, respectivamente), verifica-se que houve interação significativa entre a temperatura de armazenamento e radiação UV-C para o crescimento dos três fungos. Para *Rhizopus stolonifer* observa-se que, apesar dos tratamentos incubados a 10°C apresentarem crescimento mais lento, ao final do período de armazenamento todas as colônias haviam ocupado toda a extensão da placa, sem apresentar diferença entre os mesmos. No entanto, considerando-se o crescimento entre os dias 5 e 8 de incubação (Tabela 11), verifica-se que os fungos expostos à radiação de 8,00 kJ.m⁻² e mantidos à 10°C apresentaram menor valor médio de diâmetro, diferindo estatisticamente do tratamento testemunha.

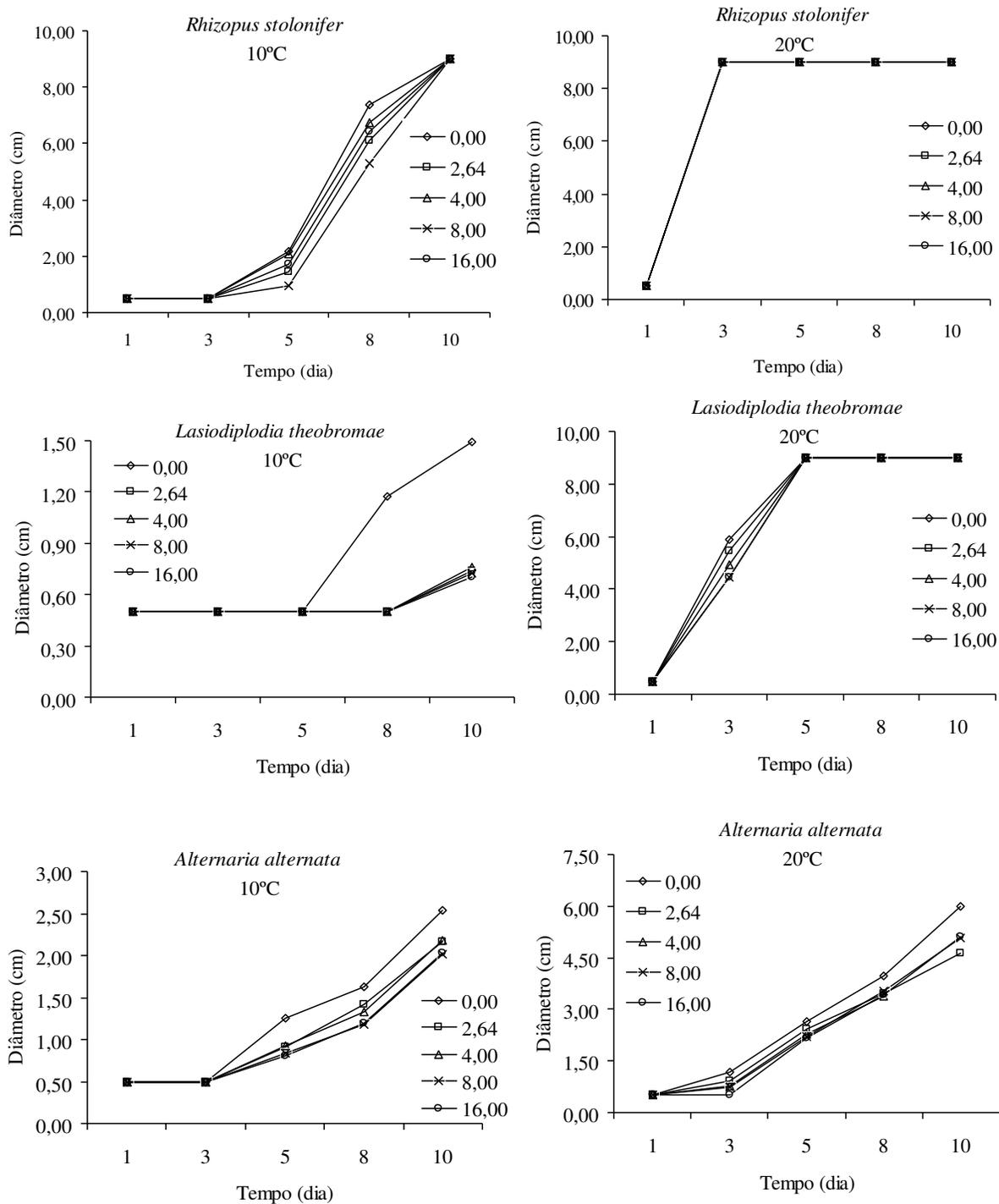


Figura 8. Efeito da radiação UV-C sobre o crescimento micelial das colônias de *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata*, incubados a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições cada.

Tabela 11. Valores médios do crescimento micelial (cm) para *Rhizopus stolonifer*, após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.

Tratamento	Tempo de incubação (dia)				
	1	3	5	8	10
R 0,00 10°C	0,50 a	0,50 a	2,15 a	7,39 b	9,00 a
R 2,64 10°C	0,50 a	0,50 a	1,45 a	6,0 ab	9,00 a
R 4,00 10°C	0,50 a	0,50 a	2,06 a	6,74 ab	9,00 a
R 8,00 10°C	0,50 a	0,50 a	0,93 a	5,30 a	9,00 a
R 16,00 10°C	0,50 a	0,50 a	1,73 a	6,44 ab	9,00 a
R 0,00 20°C	0,50 a	9,00 b	9,00 b	9,00 c	9,00 a
R 2,64 20°C	0,50 a	9,00 b	9,00 b	9,00 c	9,00 a
R 4,00 20°C	0,50 a	9,00 b	9,00 b	9,00 c	9,00 a
R 8,00 20°C	0,50 a	9,00 b	9,00 b	9,00 c	9,00 a
R 16,00 20°C	0,50 a	9,00 b	9,00 b	9,00 c	9,00 a

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$). ** Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições.

Para os fungos *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata* a temperatura se mostrou fator limitante ao crescimento das colônias, evidenciado pelas menores médias dos tratamentos armazenados a 10°C se comparados à temperatura de 20°C (Tabela 12 e Tabela 13). Nota-se ainda que estes fungos apresentaram sensibilidade à radiação UV-C, comportamento evidenciado pelas curvas de crescimento de *Lasiodiplodia theobromae* a 10°C, e *Alternaria alternata* para ambas temperaturas, cujos tratamentos sem radiação UV-C apresentaram valores mais elevados, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos.

Tabela 12. Valores médios do crescimento micelial (cm) para *Lasiodiplodia theobromae*, após a exposição a diferentes níveis de radiação UV-C.

Tratamento	Tempo de incubação (dia)				
	1	3	5	8	10
R 0,00 10°C	0,50 a	0,50 a	0,50 a	1,18 b	1,49 b
R 2,64 10°C	0,50 a	0,50 a	0,50 a	0,50 a	0,74 a
R 4,00 10°C	0,50 a	0,50 a	0,50 a	0,50 a	0,76 a
R 8,00 10°C	0,50 a	0,50 a	0,50 a	0,50 a	0,72 a
R 16,00 10°C	0,50 a	0,50 a	0,50 a	0,50 a	0,70 a
R 0,00 20°C	0,50 a	5,89 c	9,00 b	9,00 c	9,00 c
R 2,64 20°C	0,50 a	5,48 bc	9,00 b	9,00 c	9,00 c
R 4,00 20°C	0,50 a	4,94 bc	9,00 b	9,00 c	9,00 c
R 8,00 20°C	0,50 a	4,47 b	9,00 b	9,00 c	9,00 c
R 16,00 20°C	0,50 a	4,43 b	9,00 b	9,00 c	9,00 c

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$). ** Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições.

Tabela 13. Valores médios do crescimento micelial (cm) para *Alternaria alternata*, após a exposição a diferentes níveis de radiação UV-C.

Tratamento	Tempo de incubação (dia)				
	1	3	5	8	10
R 0,00 10°C	0,50 a	0,50 a	1,26 b	1,63 d	2,53 b
R 2,64 10°C	0,50 a	0,50 a	0,91 a	1,42 c	2,17 a
R 4,00 10°C	0,50 a	0,50 a	0,93a	1,33 bc	2,17 a
R 8,00 10°C	0,50 a	0,50 a	0,83 a	1,17 a	2,01 a
R 16,00 10°C	0,50 a	0,50 a	0,81 a	1,20 ab	2,03 a
R 0,00 20°C	0,50 a	1,19 c	2,65 e	3,98 g	6,01 d
R 2,64 20°C	0,50 a	0,92 b	2,43 de	3,45 ef	4,64 c
R 4,00 20°C	0,50 a	0,78 b	2,30 cd	3,40 e	5,06 cd
R 8,00 20°C	0,50 a	0,75 b	2,21 c	3,54 ef	5,07 cd
R 16,00 20°C	0,50 a	0,50 a	2,17 c	3,40 e	5,11 cd

* Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$). ** Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições.

Observa-se ainda que as energias de radiação utilizadas associadas à baixas temperaturas apresentam potencial na inibição micelial de *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata*, sendo que energias superiores a $4,00 \text{ kJ.m}^{-2}$ apresentaram melhores resultados.

Na Figura 9 são apresentadas as curvas de produção de esporos em função da energia de radiação para os fungos *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata* nos ensaios *in vitro*. Para *Rhizopus*, observa-se que os menores valores foram observados para os tratamentos expostos à radiação UV-C e incubados a 10°C , diferindo estatisticamente dos tratamentos incubados a 20°C (Tabela 14). Para a temperatura de 10°C , os tratamentos expostos à radiação UV-C apresentaram as menores médias, com diferença significativa em relação ao tratamento controle. Para 20°C , os tratamentos expostos às energias de $2,64 \text{ kJ.m}^{-2}$ e $4,00 \text{ kJ.m}^{-2}$ apresentaram maior produção de esporos, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Comparando-se os resultados apresentados na Tabela 14 com as curvas de produção de esporos apresentadas na Figura 9 para este fungo, nota-se que, para energias de radiação entre $0,00 \text{ kJ.m}^{-2}$ e $4,00 \text{ kJ.m}^{-2}$, há uma tendência de aumento do número de esporos, seguido por um decréscimo para energias entre $8,00 \text{ kJ.m}^{-2}$ e $16,00 \text{ kJ.m}^{-2}$.

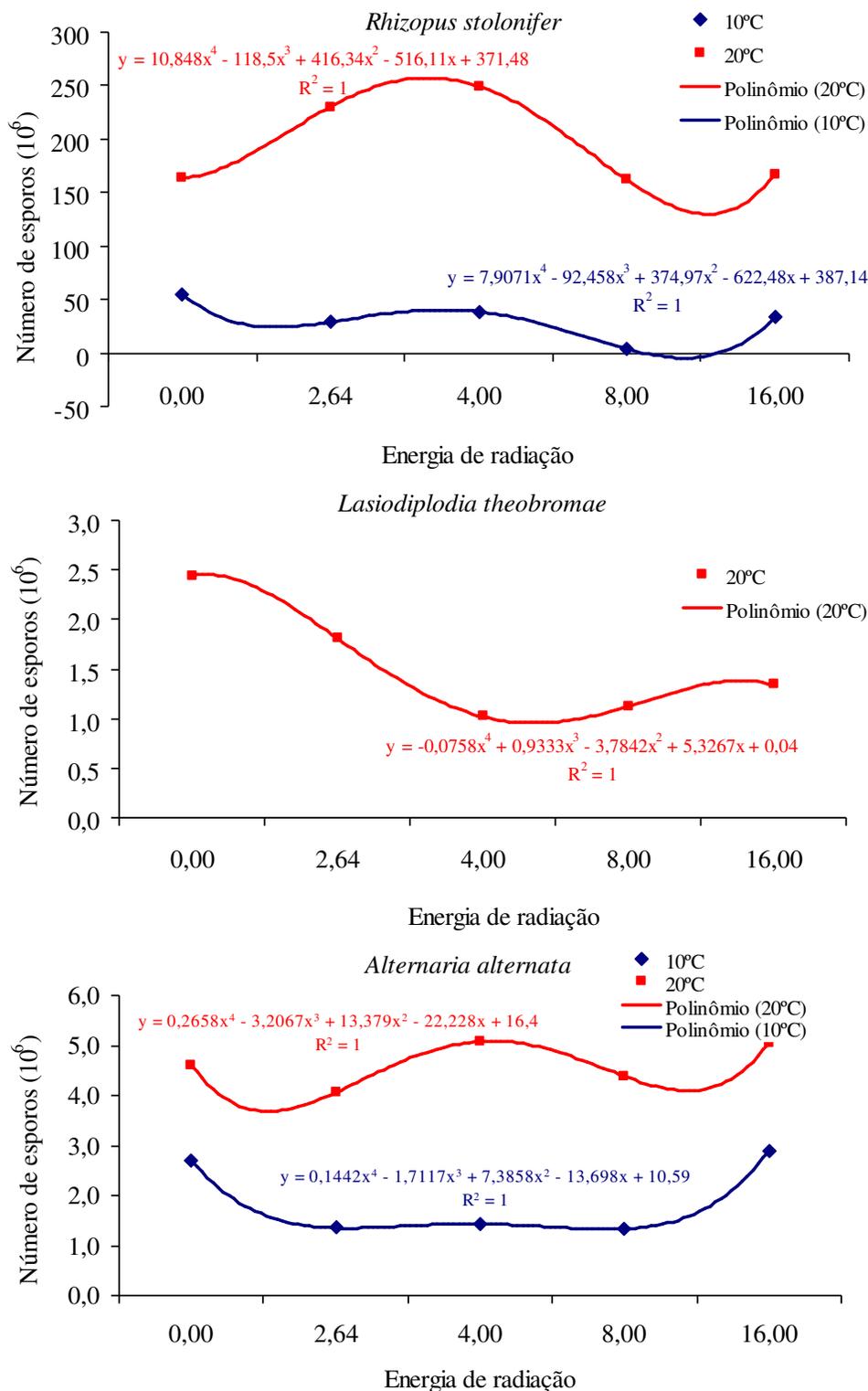


Figura 9. Produção de esporos (10^6) para *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata* dez dias após a exposição a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições cada.

Tabela 14. Produção de esporos (10^6) para *Rhizopus stolonifer*, dez dias após a exposição a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.

Energia (kJ.m^{-2})	<i>Rhizopus stolonifer</i>		
	10°C	20°C	Média
R 0,00	55,08 A,c	164,06 B,a	109,57
R 2,64	28,91 A,b	230,21 B,b	129,56
R 4,00	38,54 A,b	249,47 B,b	144,01
R 8,00	3,65 A,a	161,72 B,a	82,69
R 16,00	33,69 A,b	167,18 B,a	100,44
Média	31,97	194,53	113,25

* Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$). ** Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições.

O efeito da radiação UV-C foi mais evidente para o fungo *Lasiodiplodia theobromae*, o qual apresentou menor produção de esporos para energias de 4,00 e 8,00 kJ.m^{-2} para 20°C, apresentando diferença significativa do tratamento testemunha (Tabela 15); para a temperatura de 10°C, não houve produção de esporos para este fungo.

Tabela 15. Produção de esporos (10^6) para *Lasiodiplodia theobromae* dez dias após a exposição a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.

Energia (kJ.m^{-2})	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>		
	10°C	20°C	Média
R 0,00	0,00	2,44 b	1,22
R 2,64	0,00	1,81 ab	0,91
R 4,00	0,00	1,02 a	0,51
R 8,00	0,00	1,12 a	0,56
R 16,00	0,00	1,34 a	0,67
Média	0,00	1,55	0,77

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$). ** Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições.

Para *Alternaria alternata* (Tabela 16), os menores valores de produção de esporos foram observados para energias de radiação UV-C entre 2,64 kJ.m^{-2} e 8,00 kJ.m^{-2} para 10°C e para as energias de 2,64 kJ.m^{-2} e 8,00 kJ.m^{-2} para 20°C, apresentando diferença significativa entre os demais tratamentos.

Tabela 16. Produção de esporos (10^6) para *Alternaria alternata* dez dias após a exposição a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.

Energia (kJ.m^{-2})	<i>Alternaria alternata</i>		
	10°C	20°C	Média
R 0,00	2,71 A,b	4,61 A,ab	3,66
R 2,64	1,35 A,a	4,06 A,a	2,71
R 4,00	1,43 A,a	5,08 A,b	3,26
R 8,00	1,33 A,a	4,38 A,a	2,86
R 16,00	2,89 A,b	5,05 A,b	3,97
Média	1,94	4,64	3,29

* Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si (Tukey, $p < 0,05$). ** Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições.

Os resultados de massa de micélio seco produzida no crescimento de *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata* dez dias após a exposição dos fungos a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C, são apresentadas nas Tabelas 17, 18 e 19, respectivamente. Pela análise de variância, observa-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos para *Rhizopus stolonifer* (Tabela 44 do Apêndice), porém a interação entre a temperatura e radiação foi significativa para *Lasiodiplodia theobromae* (Tabela 45) e a radiação UV-C para *Alternaria alternata* (Tabela 46).

Tabela 17. Massa de micélio seco (10^2 g) produzida no crescimento de *Rhizopus stolonifer* dez dias após a exposição dos fungos a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.

Energia (kJ.m^{-2})	<i>Rhizopus stolonifer</i>		
	10°C	20°C	Média
R 0,00	3,86	6,74	5,30
R 2,64	3,81	4,27	4,04
R 4,00	5,83	4,66	5,25
R 8,00	2,77	5,00	3,89
R 16,00	3,48	4,12	3,80
Média	3,95	4,96	4,45

* Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições.

Analisando a Tabela 18, observa-se que houve diferença significativa entre as temperaturas para todas as radiações utilizadas, sendo que os menores valores médios foram observados para os tratamentos incubados a 10°C, devido ao menor crescimento do mesmo.

Para esta temperatura, o tratamento testemunha apresentou os maiores valores médios, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Para a temperatura de 20°C não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Para *Alternaria alternata* (Tabela 19), os tratamentos expostos às energias entre 2,64 kJ.m⁻² e 8,00 kJ.m⁻² apresentaram os melhores valores médios, diferindo estatisticamente do tratamento testemunha e do exposto à energia de radiação de 16,00 kJ.m⁻².

Tabela 18. Massa de micélio seco (10²g) produzida no crescimento de *Lasiodiplodia theobromae* dez dias após a exposição dos fungos a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.

Energia (kJ.m ⁻²)	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>		
	10°C	20°C	Média
R 0,00	0,54 A,c	7,07 B,a	3,81
R 2,64	0,41 A,bc	5,19 B,a	2,80
R 4,00	0,11 A,a	4,56 B,a	2,34
R 8,00	0,21 A,ab	4,83 B,a	2,52
R 16,00	0,10 A,a	4,50 B,a	2,30
Média	0,27	5,23	2,75

* Médias seguidas por mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si (Tukey, p<0,05). ** Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições.

Tabela 19. Massa de micélio seco (10²g) produzida no crescimento de *Alternaria alternata* dez dias após a exposição dos fungos a diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C.

Energia (kJ.m ⁻²)	<i>Alternaria alternata</i>		
	10°C	20°C	Média
R 0,00	1,67	32,08	16,88 b
R 2,64	1,66	14,28	7,97 a
R 4,00	5,49	13,44	9,47 a
R 8,00	3,04	11,32	7,18 a
R 16,00	2,73	23,67	13,20 b
Média	2,92	18,96	10,94

* Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si (Tukey, p<0,05). ** Médias de três ensaios experimentais, com seis repetições.

7.3.2. Ensaios *in vivo*

Na Figura 10 são apresentados os Índices de Doença (ID) para figos inoculados com *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata* antes e após a exposição às energias de radiação UV-C de $0,70 \text{ kJ.m}^{-2}$, $1,32 \text{ kJ.m}^{-2}$ e $2,64 \text{ kJ.m}^{-2}$, incubados a 10°C e 20°C .

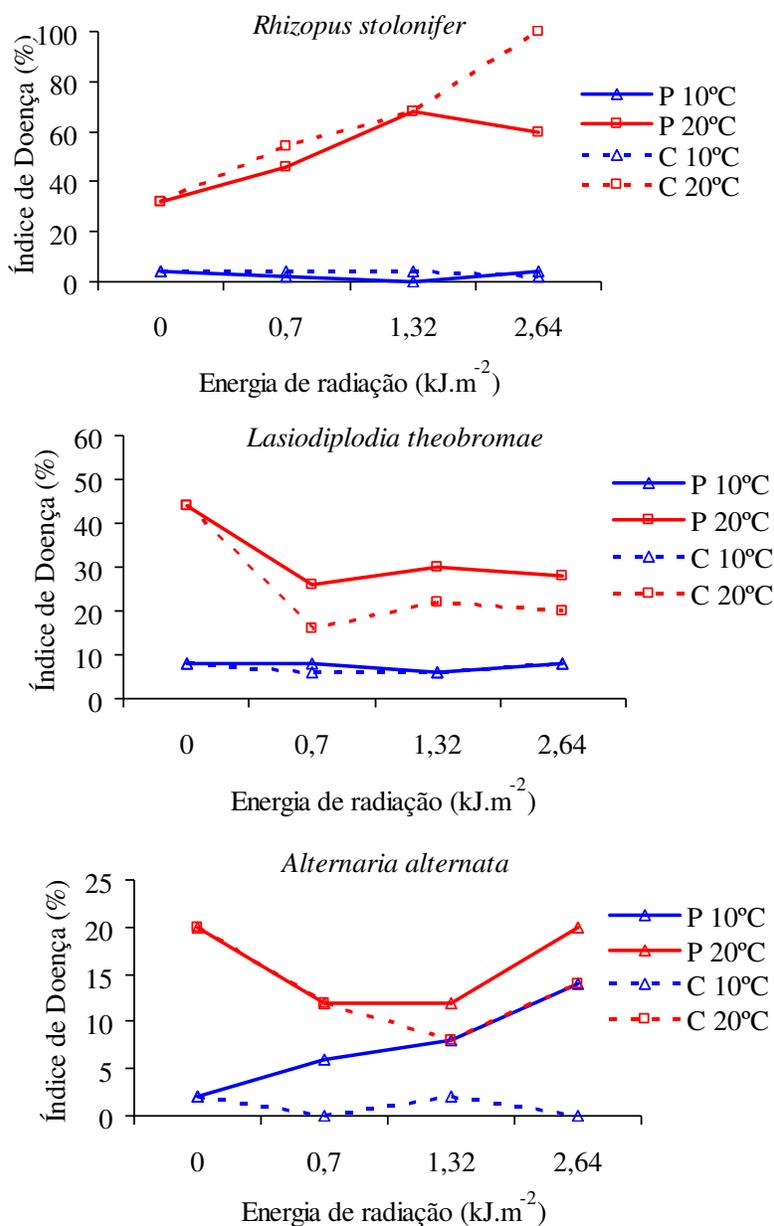


Figura 10. Índice de Doença (ID) para figos inoculados com *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata* antes (Curativo) e depois (Preventivo) da exposição à diferentes energias de radiação UV-C, incubados a 10°C e 20°C .

Verifica-se que o maior Índice de Doença (ID) foi obtido para as frutas inoculadas com o fungo *Rhizopus stolonifer*, cujas frutas armazenadas a 20°C apresentaram contaminação próxima a 100%, com grande severidade. Para este mesmo fungo, à temperatura de 20°C, o tratamento Preventivo, em que as frutas foram irradiadas antes da inoculação do patógeno, apresentou tendência de menor contaminação das frutas, enquanto para *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata* o tratamento curativo apresentou menores valores de ID. Para a temperatura de 10°C não foram identificadas diferenças entre os tratamentos de inoculação (Preventivo e Curativo), mas evidenciou-se o efeito da temperatura no desenvolvimento microbiológico. Em relação às energias de radiação UV-C utilizadas, verificou que, assim como nos ensaios *in vitro*, os fungos *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata* apresentam maior sensibilidade à doses mais baixas de energia, sendo que os valores de 0,70 kJ.m⁻² e 1,32 kJ.m⁻² mostraram menor incidência de podridões causadas por estes patógenos.

7.4. Conclusões

Para os ensaios *in vitro*, níveis de radiação UV-C superiores a 4,00 kJ.m⁻² e menores temperaturas de armazenamento inibem o crescimento de *Lasiodiplodia theobromae* e *Alternaria alternata*, representando melhor resultado para inibir a propagação dos fungos.

Apesar das energias apresentadas como potenciais para a inibição fúngica *in vitro* dos fungos estudados serem superiores àquelas toleradas para o figo, igual a 2,64 kJ.m⁻², verifica-se que doses menores a esta podem auxiliar na inibição do desenvolvimento microbiológico, seja pela ação direta da radiação UV-C no fungo ou pela indução de resistência da fruta.

8. CAPÍTULO IV: Efeito da Atmosfera Modificada Passiva com Filme de Polipropileno na Manutenção da Qualidade de Figos

8.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho do filme de polipropileno em três diferentes espessuras identificando a mais adequada para manutenção da atmosfera modificada e redução da incidência de podridão no figo.

8.2. Material e Métodos

8.2.1. Figos

Foi utilizado o figo 'Roxo de Valinhos' com massa entre 50 e 70 g, metade da superfície com coloração arroxeadada, adquiridos de um produtor da cidade de Campinas-SP. Frutas íntegras foram colhidas no período da manhã e transportadas no mesmo dia até o Laboratório de Pós-Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp, onde foram realizados os experimentos.

8.2.2. Acondicionamento dos Figos e Selamento das Embalagens

Foi utilizado o filme de polipropileno (PP), transparente e sem perfurações, com diferentes espessuras comerciais, iguais a 25, 30 e 50 μm , e dimensões 350x450mm.

Os figos foram colocados em recipientes plásticos transparentes de polipropileno com dimensões 233 x 163 x 77 mm e capacidade de 1800 mL, colocando-se oito frutas em cada recipiente (400 ± 40 g). Os sacos plásticos foram cortados no tamanho 350 x 350 mm, e os recipientes foram acondicionados nos mesmos, sendo o selamento realizado por termosoldagem (seladora BARBI TI-400), sem modificação inicial da concentração atmosférica. Após o fechamento das embalagens, foram colocados dois septos de silicone para a extração de amostras gasosas. A área total de trocas gasosas do filme plástico considerada foi de 0,21 m², correspondente a 0,026 m² por figo ou 0,35 m² por quilograma de fruta.

8.2.3. Condições de Armazenamento

As temperaturas de armazenamento foram $10\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, para comparar o efeito dos tratamentos em figos armazenados sob condições de refrigeração, algumas vezes utilizadas durante a exportação, e sob condições ambientais sem controle de temperatura, respectivamente. Os figos foram armazenados em câmara fria com dimensões internas 4,05 x 2,85 x 3,00 m (comprimento x largura x altura, respectivamente) e capacidade frigorífica de $4.400 \text{ kcal.h}^{-1}$, construída com painéis pré-fabricados revestidos com chapas metálicas de 0,001 m de espessura e isolamento de poliuretano injetado de 0,10 m de espessura, com controlador eletrônico digital de temperatura (COEL modelo TLY29). A umidade relativa na câmara variou de 85 a 90%. As frutas foram armazenadas por um período de sete dias.

8.2.4. Tratamentos

Na Tabela 20 são descritos os tratamentos utilizados nos ensaios com atmosfera modificada passiva com filmes de PP na manutenção da qualidade de figos.

Tabela 20. Descrição dos tratamentos utilizados nos ensaios com atmosfera modificada passiva com filmes de PP na manutenção da qualidade de figos e redução de podridão.

Tratamento	Descrição
C 10°C	Tratamento controle, sem utilização de filme plástico, armazenados a 10°C.
PP25 10°C	Embalagens envoltas em filme de polipropileno com espessura de 25 μm , armazenadas a 10°C.
PP30 10°C	Embalagens envoltas em filme de polipropileno com espessura de 35 μm , armazenadas a 10°C.
PP50 10°C	Embalagens envoltas em filme de polipropileno com espessura de 50 μm , armazenadas a 10°C.
C 20°C	Tratamento controle, sem utilização de filme plástico, armazenados a 20°C.
PP25 20°C	Embalagens envoltas em filme de polipropileno com espessura de 25 μm , armazenadas a 20°C.
PP30 20°C	Embalagens envoltas em filme de polipropileno com espessura de 35 μm , armazenadas a 20°C.
PP50 20°C	Embalagens envoltas em filme de polipropileno com espessura de 50 μm , armazenadas a 20°C.

8.2.5. Medidas de Concentração dos Gases

Foram realizadas diariamente por cromatografia gasosa (cromatógrafo VARIAN CG3400) para determinação das concentrações de gás carbônico, oxigênio e etileno. O equipamento possui detector de condutividade térmica e coluna com Chromosorb 106 (60-80 mesh, 180 mm de comprimento e 3,2 mm de diâmetro interno), utilizado na separação de gás carbônico e etileno, e detector de ionização de chama e coluna empacotada com peneira molecular 5A (80-100 mesh, 180 mm de comprimento e 3,2 mm de diâmetro interno) para separação de oxigênio e nitrogênio. Utilizou-se temperaturas de 40°C para as colunas, 70°C para o injetor e 150° para o detector. Para correção de prováveis variações da resposta do detector, foram utilizadas misturas padrão de concentrações conhecidas (BONATO, 2006), iguais a 114,30 mg.L⁻¹, 1,75 mg.L⁻¹ e 8,54.10⁻³ mg.L⁻¹ para os gases oxigênio, gás carbônico e etileno, respectivamente. Amostras de 1 mL foram retiradas diariamente, através de septo apropriado, e analisadas por cromatografia gasosa para determinação dos níveis de gás carbônico, oxigênio e etileno.

8.2.6. Avaliação dos Tratamentos

O desempenho dos tratamentos foi avaliado considerando os parâmetros de qualidade perda de massa, análises físico-químicas (sólidos solúveis, acidez titulável e pH) e aparência, como descritos na seção 6.2.4.

8.2.7. Delineamento Experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 4x2, com quatro tipos de embalagens (Controle, PP25, PP30 e PP50) e duas temperaturas de armazenamento (10°C e 20°C). Os experimentos foram realizados em triplicada, com cinco repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.

Realizou-se análise de variância e comparação de médias entre os tratamentos (Tukey, p<0,05), com o auxílio do pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System) versão 9.1.3 (SAS, 2006).

8.3. Resultados e Discussão

Na Figura 11 são mostradas as variações médias das concentrações de gás carbônico e oxigênio ao longo do período de armazenamento para os figos embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50) armazenados a 10°C e 20°C. Para as frutas armazenadas a 10°C, observa-se que nos tratamentos PP25 e PP30, as concentrações de O_2 e CO_2 estabilizaram-se ao longo do armazenamento em 11,36% e 13,45% para PP25 e 12,40% e 13,33% para PP30. Para o tratamento PP50, a concentração de gás carbônico e oxigênio ao final do armazenamento foram próximas a 20% e 7%, respectivamente, em função da menor permeabilidade do filme. Para os tratamentos armazenados a 20°C, nota-se que as concentrações de O_2 e CO_2 foram maiores, atingindo 26,5%, 13,75% e 12,72% de CO_2 e 2,25%, 8,26% e 10,18% de O_2 para os tratamentos PP25, PP30 e PP50, respectivamente.

Para a produção de etileno, observa-se pelas Figura 12 e Tabela 53 (Apêndice) que para uma mesma temperatura de armazenamento não houve diferença significativa entre os tratamentos, apesar de o tratamento PP25 apresentar um pico de produção no segundo dia de armazenamento. Frutas dos tratamentos armazenados a 20°C apresentaram maiores valores médios de produção de etileno em função da maior atividade respiratória e conseqüentemente maior produção autocatalítica desse gás.

Os resultados médios obtidos nas análises de sólidos solúveis, acidez titulável, pH e perda de massa são apresentados nas Tabelas 21 a 24, respectivamente. Para o teor de sólidos solúveis e acidez titulável, observa-se pela ANOVA (Tabelas 47 e 48 do Apêndice) que não houve diferença significativa entre tratamentos e temperaturas de armazenamento. Para o pH (Tabela 23), verifica-se que para a temperatura de 20°C, figos do tratamento PP50 apresentaram maior valor médio, diferindo estatisticamente dos demais, e para 10°C, o maior valor médio foi observado para o tratamento PP30. Para a perda de massa (Tabela 24), os maiores valores médios foram observados para o tratamento Controle, iguais a 4,19% (10°C) e 29,25% (20°C), evidenciando os efeitos do filme plástico e da temperatura de armazenagem na redução de perda de água do produto. Para os demais tratamentos, a perda de massa foi inferior a 1%, não havendo diferença entre os tratamentos para uma mesma temperatura.

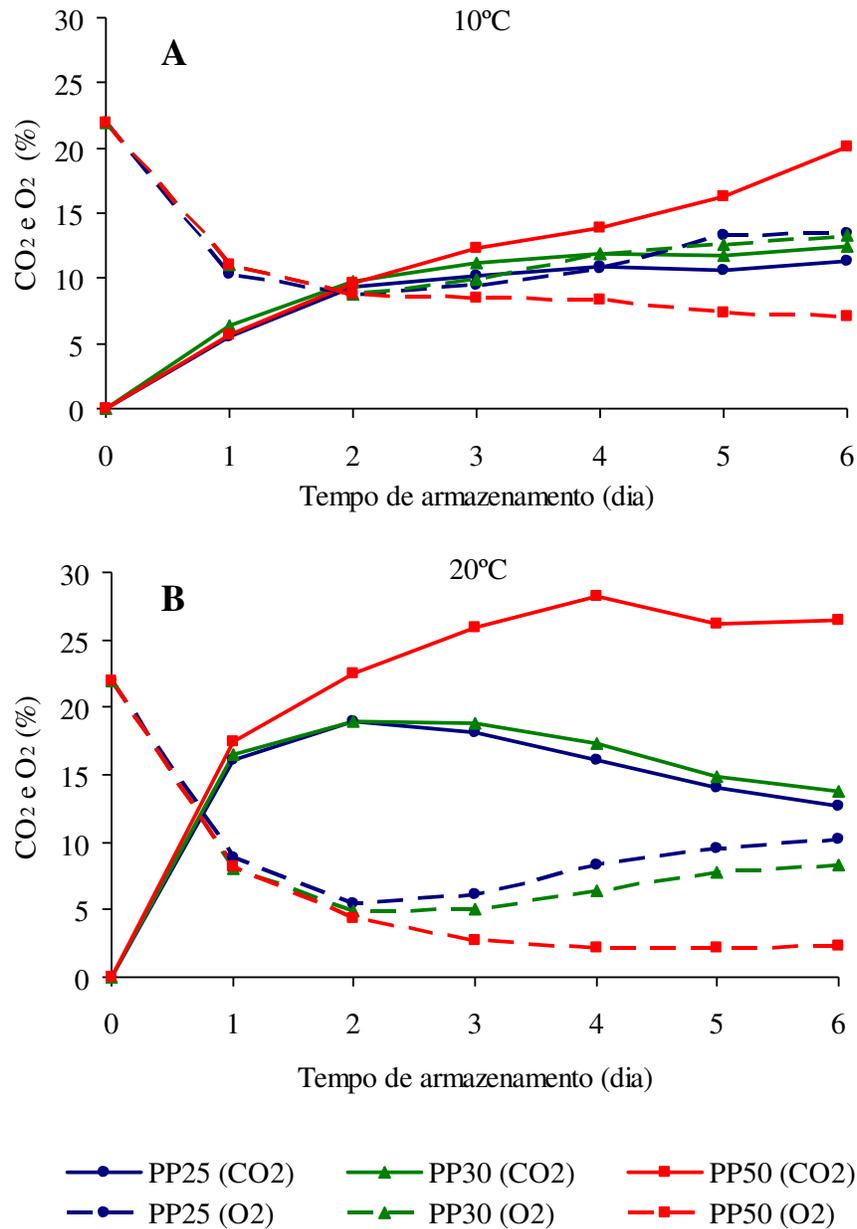


Figura 11. Concentrações médias gás carbônico e oxigênio ao longo do período de armazenamento nas embalagens contendo figos embalados com filme de PP com espessuras de 25µm (PP25), 30µm (PP30) e 50µm (PP50) e armazenados às temperaturas de 10°C (A) e 20°C (B). Médias de três ensaios experimentais, com cinco repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.

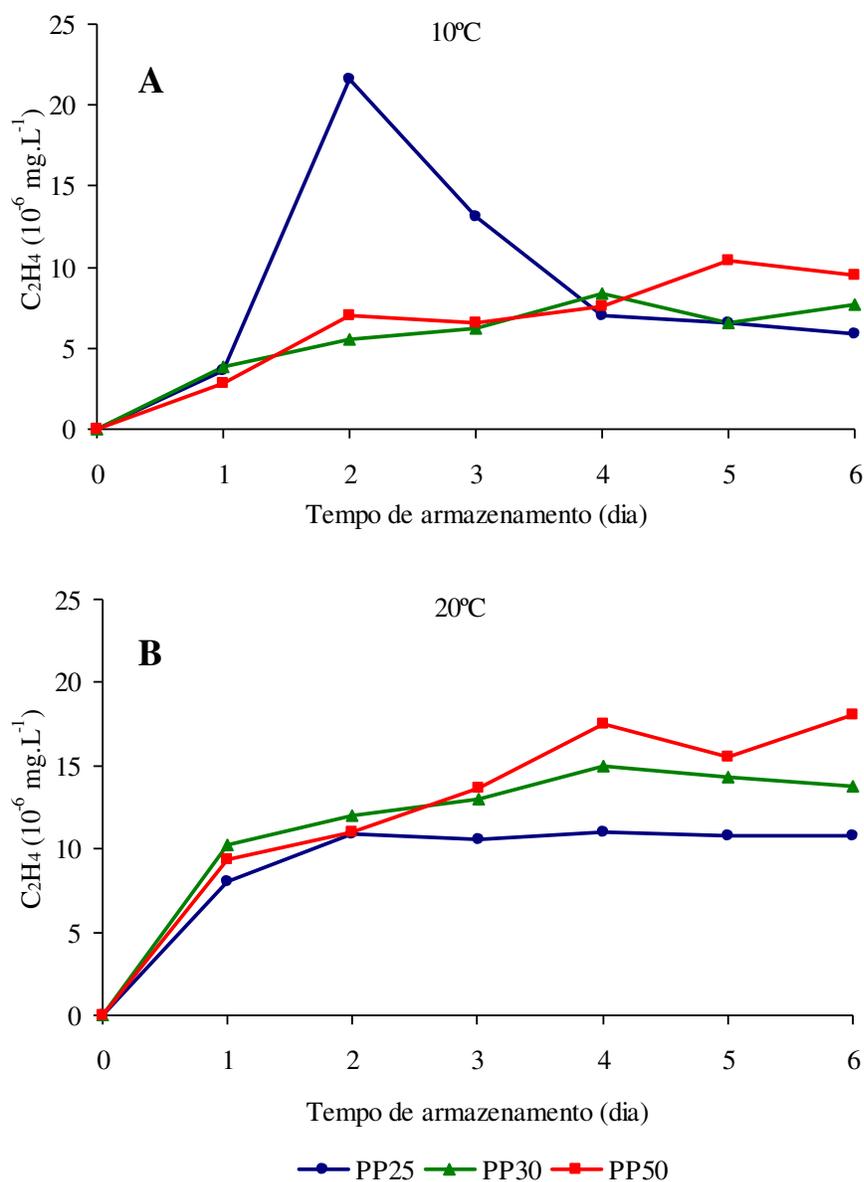


Figura 12. Concentrações médias de etileno ao longo do período de armazenamento nas embalagens contendo figos embalados com filme de PP com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50) e armazenados às temperaturas de 10°C (A) e 20°C (B). Médias de três ensaios experimentais, com cinco repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.

Tabela 21. Teor de sólidos solúveis (°Brix) em figo 'Roxo de Valinhos' do tratamento controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 µm (PP25), 30 µm (PP30) e 50 µm (PP50) e armazenados a 10°C e 20°C.

Tratamento	10°C	20°C	Média
Controle	13,50	17,00	15,25
PP25	12,90	12,85	12,88
PP30	13,05	12,85	12,95
PP50	13,10	12,40	12,75
Média	13,14	13,78	13,46

*Médias de três ensaios experimentais, com cinco repetições por tratamento.

Tabela 22. Acidez titulável (% ácido cítrico) em figo 'Roxo de Valinhos' do tratamento controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 µm (PP25), 30 µm (PP30) e 50 µm (PP50) e armazenados a 10°C e 20°C.

Tratamento	10°C	20°C	Média
Controle	0,16	0,22	0,19
PP25	0,15	0,17	0,15
PP30	0,13	0,16	0,15
PP50	0,14	0,16	0,15
Média	0,15	0,18	0,16

*Médias de três ensaios experimentais, com cinco repetições por tratamento.

Tabela 23. pH (% ácido cítrico) em figo 'Roxo de Valinhos' do tratamento controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 µm (PP25), 30 µm (PP30) e 50 µm (PP50) e armazenados a 10°C e 20°C.

Tratamento	10°C	20°C	Média
Controle	5,03 A,a	4,80 A,a	4,92
PP25	4,98 A,a	4,81 A,a	4,90
PP30	5,17 B,a	4,80 A,a	4,99
PP50	5,04 A,a	4,93 A,b	4,99
Média	5,06	4,84	4,95

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si para o teste de Tukey ($p < 0,05$). **Médias de três ensaios experimentais, com cinco repetições por tratamento.

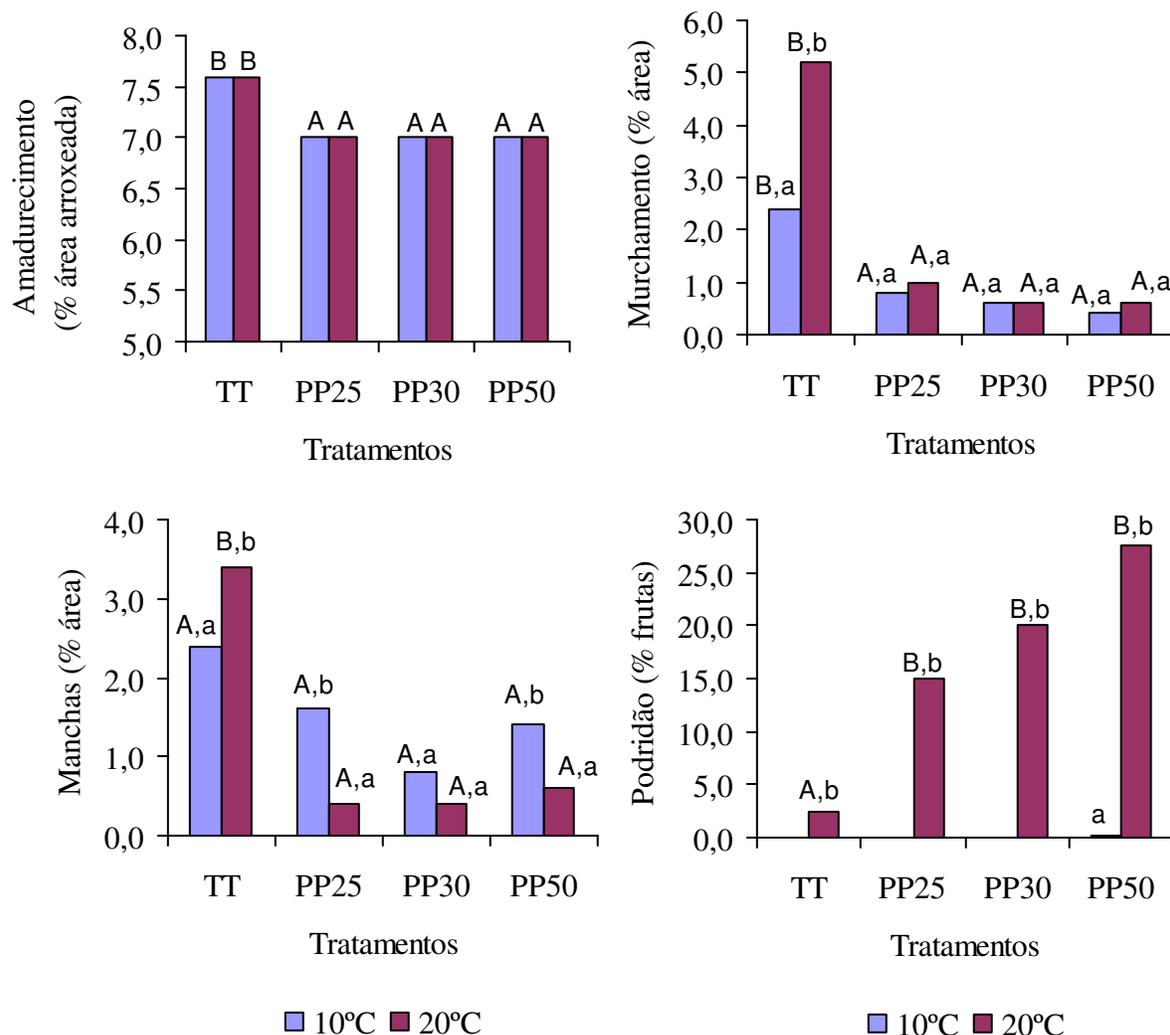
Tabela 24. Perda de massa (%) em figo ‘Roxo de Valinhos’ do tratamento controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50) e armazenados a 10°C e 20°C.

Tratamento	10°C	20°C	Média
Controle	4,19	29,25	16,72 b
PP25	0,44	0,76	0,60 a
PP30	0,5	0,78	0,64 a
PP50	0,61	0,95	0,78 a
Média	1,44 A	7,94 B	4,69

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si para o teste de Tukey ($p < 0,05$). **Médias de três ensaios experimentais, com cinco repetições por tratamento.

Em relação à aparência, observa-se pela Figura 13 que as frutas do tratamento Controle apresentaram maiores valores para o parâmetro de aparência amadurecimento para os figos armazenados em ambas temperaturas, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos, porém sem apresentar diferença significativa entre as temperaturas. Para o parâmetro murchamento, o tratamento Controle apresentou maiores médias, diferindo estatisticamente tanto entre os demais tratamentos para uma mesma temperatura de armazenamento quanto entre as temperaturas, evidenciando os efeitos do uso da refrigeração e do filme plástico na manutenção da perda de massa e qualidade do produto.

Para a temperatura de 10°C, os tratamentos submetidos à modificação atmosférica apresentaram maior incidência de manchas ocasionados pela condensação de vapor de água nas embalagens. Figos armazenados com filme plástico a 20°C apresentaram maior ocorrência de desenvolvimento de podridão, diferindo estatisticamente do tratamento controle, devido à elevada temperatura e condensação de vapor de água nas embalagens, condição propícia para o desenvolvimento microbiológico.



* Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre os tratamentos, e médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si entre as temperaturas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). **Médias de três ensaios experimentais, sendo cada um composto por cinco repetições com oito frutas por parcela.

Figura 13. Valores médios de amadurecimento, murchamento, manchas e podridão ao final do período de armazenamento de figos embalados com filme de PP com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50) e armazenados às temperaturas de 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com cinco repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.

8.4. Conclusões

O uso de filme plástico foi eficiente na manutenção da aparência visual e redução de perda de água das frutas.

O filme de polipropileno com espessuras de 25 μm e 30 μm são indicados para armazenamento do figo, em função da manutenção da concentração gasosa em níveis recomendados para sua conservação, bem como na manutenção da qualidade do produto à temperatura ambiente e sob refrigeração.

9. CAPÍTULO V: Aplicação de Atmosfera com Alta Concentração de CO₂ na Manutenção da Qualidade de Figos

9.1. Objetivo

Neste trabalho investigou-se o efeito de atmosfera com alta concentração de dióxido de carbono por curtos períodos na manutenção da qualidade de figos e diminuição da carga microbiana.

9.2. Material e Métodos

9.2.1. Figos

Foi utilizado o figo 'Roxo de Valinhos' (*Ficus carica* L.), de tamanho médio e estágio de maturação meio maduro, com massa média entre 50 e 70 g.

9.2.2. Modificação Atmosférica

Para permitir a modificação atmosférica, foram utilizados baldes em polipropileno com capacidade para 10 L. Na parte superior das tampas, foram adaptadas duas conexões, uma para entrada da composição atmosférica desejada e outra para varredura do ar interno.

A composição atmosférica desejada foi obtida a partir de cilindro pressurizado com 100% de dióxido de carbono. Na saída do cilindro, conectou-se uma válvula de duplo estágio para diminuir a pressão de saída do gás e manter a vazão constante. Na saída da válvula de pressão, acoplou-se uma mangueira plástica, levando o gás até os baldes (Figura 14). Foi utilizada vazão de saída do gás CO₂ de 10 L.min⁻¹ e o tempo necessário para que a concentração de gás desejada fosse alcançada foi estimado pela equação (3) (Nelson, 1972).

$$\tau = 2,303 \left(\frac{V}{Q} \right) \log \left(\frac{c_0}{c_0 - C} \right) \quad (3)$$

em que: τ = tempo necessário para alcançar a concentração desejada (minutos); V = volume total da câmara (litros); Q = vazão total dentro da câmara (litros por minuto); C = concentração resultante (% ou ppm); c_0 = concentração inicial do gás (% ou ppm).

9.2.3. Testes de Estanqueidade

Para se verificar a estanqueidade dos recipientes, realizaram-se testes utilizando-se os baldes vazios. Para isso, os mesmos foram tampados e vedados com papel Parafilm[®]. Foi feita a modificação da atmosfera no interior dos mesmos, e após o tempo determinado, verificou-se a concentração gasosa inicial nos recipientes por leitura direta em medidor portátil da concentração de O₂ e CO₂ (Pac Check 325, MOCON, faixa de medição: 0 a 100% para O₂ e CO₂; precisão: O₂ = 2% da leitura; CO₂ = 2% para leituras de 0-20% e 3% para leituras de 20-100%), calibrado com a concentração gasosa do meio ambiente (21% de O₂ e 0,03% de CO₂). Após a verificação, as duas entradas de ar presentes na tampa dos baldes foram fechadas simultaneamente. Em intervalos de 30 min verificou-se a concentração de CO₂ e O₂ nos baldes, por um período de 8 horas, para se verificar se os recipientes seriam adequados para o armazenamento dos figos durante a modificação atmosférica. Para cada temperatura (10±1°C e 20±1°C) foram realizadas três repetições.

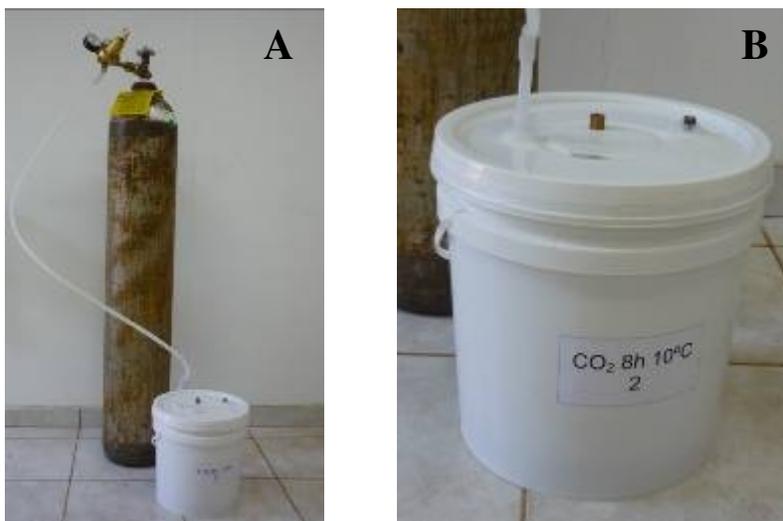


Figura 14. Aspectos da modificação atmosférica realizada nos recipientes plásticos. (A) Cilindro pressurizado de dióxido de carbono e conexões; (B) baldes plásticos para acondicionamento das frutas.

9.2.4. Preparação dos Tratamentos

Após a seleção dos figos, colocou-se cerca de 1 kg nos baldes e anotadas suas respectivas massas. Os baldes foram tampados e utilizou-se papel Parafilm® para vedação. Procedeu-se à modificação atmosférica como descrito anteriormente, verificando-se ao final da modificação atmosférica as concentrações dos gases O₂ e CO₂ (Pac Check 325, MOCON). Para os ensaios, foi utilizada vazão de ar de 10 L.min⁻¹ e tempo de injeção do gás igual a 6,1 min.

Foram testados três tempos de exposição das frutas à atmosfera com 100% de CO₂, iguais a 4, 8 e 12 horas. Depois destes períodos, os baldes foram abertos e as frutas continuaram armazenadas nas câmaras à mesma temperatura, porém em condições atmosféricas normais, completando o período de sete dias de armazenamento. Foram realizadas três repetições para cada tratamento.

9.2.5. Condições de Armazenamento

As temperaturas de armazenamento foram 10°C e 20°C, para comparar o efeito dos tratamentos em figos armazenados sob condições de refrigeração, algumas vezes utilizadas durante a exportação, e sob condições ambientais sem controle de temperatura, respectivamente.

As frutas foram mantidas durante sete dias nas seguintes câmaras frias:

- 10°C: câmara da marca Prófrío, modelo Modular 34512, dimensões internas 7,12 x 3,16 x 4,00 m (comprimento x largura x altura, respectivamente), com sistema de refrigeração composto por evaporador (Mipal, modelo MI078E) e unidade condensadora (Danfoss modelo HCM040B21Q) com capacidade frigorífica de 6412 kcal.h⁻¹ e controlador de temperatura com resolução de 0,1°C e precisão de 1°C. Para garantir a umidificação da câmara, utilizou-se um umidificador de ambiente (Waterclear, modelo Max turbo ultrassônico) com taxa de nebulização de 400 mL.h⁻¹ a 450 mL.h⁻¹. As condições de temperatura e umidade relativa foram monitoradas com medidor de temperatura e umidade relativa (Impac modelo IP 747-RH, com resolução de 0,1°C e 0,1% e precisão de 1°C e 5% para os parâmetros temperatura e

umidade relativa, respectivamente). A temperatura de armazenamento na câmara variou de 9 a 11°C e a umidade relativa de 80 a 90%.

- 20°C: câmara fria com dimensões internas 4,05 x 2,85 x 3,00 m (comprimento x largura x altura, respectivamente) e capacidade frigorífica de 4.400 kcal.h⁻¹, construída com painéis pré-fabricados revestidos com chapas metálicas de 0,001 m de espessura e isolamento de poliuretano injetado de 0,10 m de espessura, com controlador eletrônico digital de temperatura com resolução de 0,1°C e precisão de 1°C (COEL modelo TLY29). As condições de temperatura e umidade relativa foram monitoradas com medidor de temperatura e umidade relativa (Impac modelo IP 747-RH, com resolução de 0,1°C e 0,1% e precisão de 1°C e 5% para os parâmetros temperatura e umidade relativa, respectivamente). A temperatura de armazenamento na câmara variou de 19 a 21°C e a umidade relativa de 85 a 98%.

9.2.6. Tratamentos

Os tratamentos utilizados considerando os tempos de exposição à condição de atmosfera proposta são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25. Descrição dos tratamentos utilizados nos ensaios com alta concentração de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h na manutenção da qualidade de figos.

Tratamento	Descrição
Controle 10°C	Figos colocados em baldes abertos, e armazenadas em câmara fria à 10°C.
CO ₂ 4h 10°C	Figos expostos durante 4 horas à atmosfera com 100% de CO ₂ , e após este período, armazenados em atmosfera ambiente a 10°C.
CO ₂ 8h 10°C	Figos expostos durante 8 horas à atmosfera com 100% de CO ₂ , e após este período, armazenados em atmosfera ambiente a 10°C.
CO ₂ 12h 10°C	Figos expostos durante 12 horas à atmosfera com 100% de CO ₂ , e após este período, armazenados em atmosfera ambiente a 10°C.
Controle 20°C	Figos colocados em baldes abertos, e armazenadas em câmara fria à 20°C.
CO ₂ 4h 20°C	Figos expostos durante 4 horas à atmosfera com 100% de CO ₂ , e após este período, armazenados em atmosfera ambiente a 20°C.
CO ₂ 8h 20°C	Figos expostos durante 8 horas à atmosfera com 100% de CO ₂ , e após este período, armazenados em atmosfera ambiente a 20°C.
CO ₂ 12h 20°C	Figos expostos durante 12 horas à atmosfera com 100% de CO ₂ , e após este período, armazenados em atmosfera ambiente a 20°C.

9.2.7. Avaliação dos Tratamentos

A avaliação temporal da qualidade dos tratamentos foi realizada pelos parâmetros de qualidade perda de massa, análises físico-químicas (sólidos solúveis, acidez titulável e pH) e aparência, como descritos na seção 6.2.4.

Diariamente mediu-se também a atividade respiratória dos figos. Para isso, os baldes foram fechados e vedados com Parafilm durante uma hora, procedendo-se à leitura direta das concentrações de O₂ e CO₂ (Pac Check 325, MOCON) por meio de septo apropriado.

9.2.8. Delineamento Experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 4 x 2, com quatro tempos de exposição à alta concentração de dióxido de carbono (controle, 4h, 8h e 12h) e duas temperaturas de armazenamento (10°C e 20°C). Os experimentos foram realizados em triplicata, com três repetições por tratamento, composto por 20 figos cada tratamento.

A análise dos resultados foi realizada através da análise de variância e comparação de médias entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$) (NETO, SCARMINO e BRUNS, 2001), com o auxílio do pacote estatístico SISVAR versão 9.1.3 (SAS, 2006).

9.3. Resultados e Discussão

A partir dos testes de estanqueidade verificou-se que os baldes utilizados mantiveram a concentração de CO₂ em um nível próximo ao desejado durante o tempo de armazenamento, caindo para valores próximos a 97% ao final de 8h.

Na Figura 15 são apresentados os valores médios de taxa respiratória para figos expostos à atmosfera com 100% de dióxido de carbono períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados a 10°C e 20°C. Observa-se que os tratamentos expostos à atmosfera com 100% de CO₂ durante 12h apresentaram elevada taxa respiratória no primeiro dia após a exposição, chegando a valores próximos a 320 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ e 240 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ para os tratamentos armazenados a 10°C e 20°C, respectivamente, em contraposição ao demais tratamentos que apresentaram taxa respiratória próxima a 50 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ e 120 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹,

respectivamente. Este comportamento indica que a produção de CO_2 se deve não só à taxa respiratória, mas também à difusão inicial do gás carbônico do interior da fruta para o ambiente, devido à superexposição dos figos ao CO_2 . A partir do segundo dia de armazenamento, todos os tratamentos apresentaram tendência de estabilização nos valores de taxa respiratória, atingindo valores próximos a $60 \text{ mgCO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ e $60 \text{ mgCO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ para as temperaturas de 10°C e 20°C , sem apresentar diferença significativa entre os tratamentos.

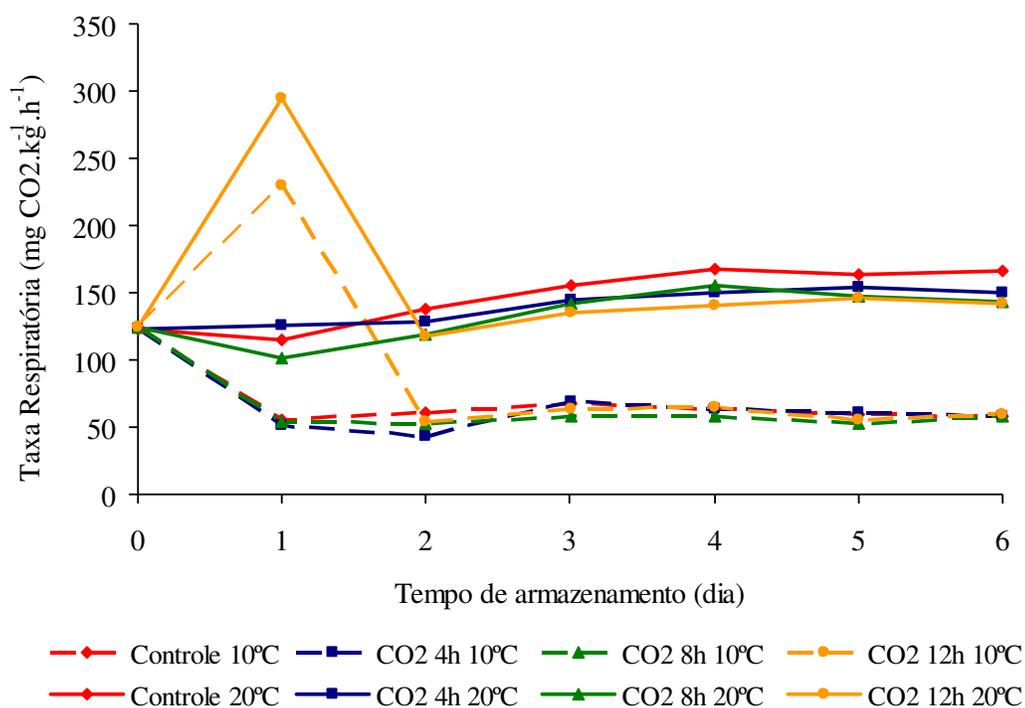


Figura 15. Produção de gás carbônico para figos expostos à atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados a 10°C e 20°C . Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por 20 frutas.

Em relação à perda de massa (Figura 16), observa-se pela ANOVA que houve interação significativa entre os parâmetros tempo de exposição à atmosfera modificada e temperatura (Tabela 61 – Apêndice), evidenciando as diferenças principalmente em relação à temperatura de armazenamento. Devido à menor temperatura não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para uma mesma temperatura. Os maiores valores de perda

de massa foram verificados para os tratamentos armazenados à 10°C em função da menor umidade relativa do ambiente, que variou de 80 a 90%, ao passo que para 20°C, a mesma variou de 80 a 98%.

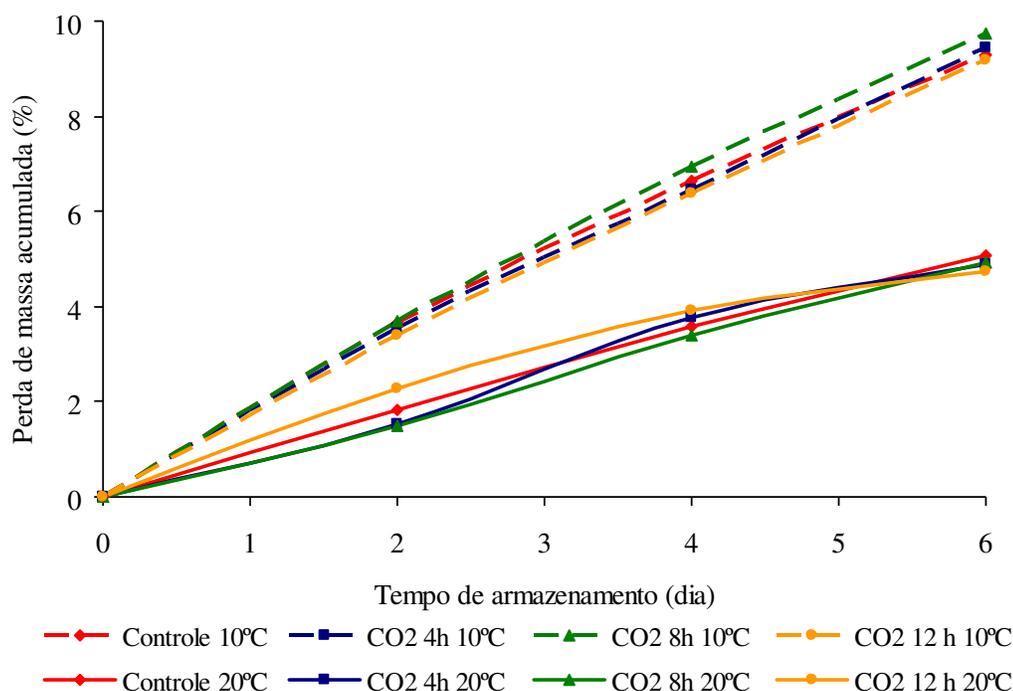


Figura 16. Perda de massa acumulada para figos expostos à atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por 20 frutas.

Na Tabelas 26, 27 e 28 são apresentados os valores médios para teor de sólidos solúveis, acidez titulável e pH, respectivamente, para figos expostos à atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C. Observa-se, para os três parâmetros, que apesar de serem identificadas pela ANOVA interação entre os parâmetros analisados (Tabelas 58 a 60 – Apêndice), as diferenças significativas ocorreram somente entre as temperaturas de armazenamento, evidenciando que a exposição de figos a atmosferas enriquecidas com CO₂ não afetam a qualidade físico-química das frutas.

Tabela 26. Teor de sólidos solúveis (°Brix) para figos expostos a atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C. (Valor inicial: 13,23°Brix).

Tratamento	10°C	20°C	Média
Controle	13,94 A,a	13,25 A,a	13,60
CO ₂ 4h	14,31 B,a	13,01 A,a	13,66
CO ₂ 8h	14,04 B,a	12,87 A,a	13,46
CO ₂ 12h	14,57 B,a	13,19 A,a	13,88
Média	14,22	13,08	13,65

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si para o teste de Tukey ($p < 0,05$). **Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento.

Tabela 27. Acidez titulável (% ácido cítrico) para figos expostos a atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C (Valor inicial: 0,14 % ácido cítrico).

Tratamento	10°C	20°C	Média
Controle	0,16 B,a	0,13 A,a	0,15
CO ₂ 4h	0,15 B,a	0,13 A,a	0,14
CO ₂ 8h	0,14 A,a	0,13 A,a	0,14
CO ₂ 12h	0,15 A,a	0,14 A,a	0,15
Média	0,15	0,13	0,14

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si para o teste de Tukey ($p < 0,05$). **Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento.

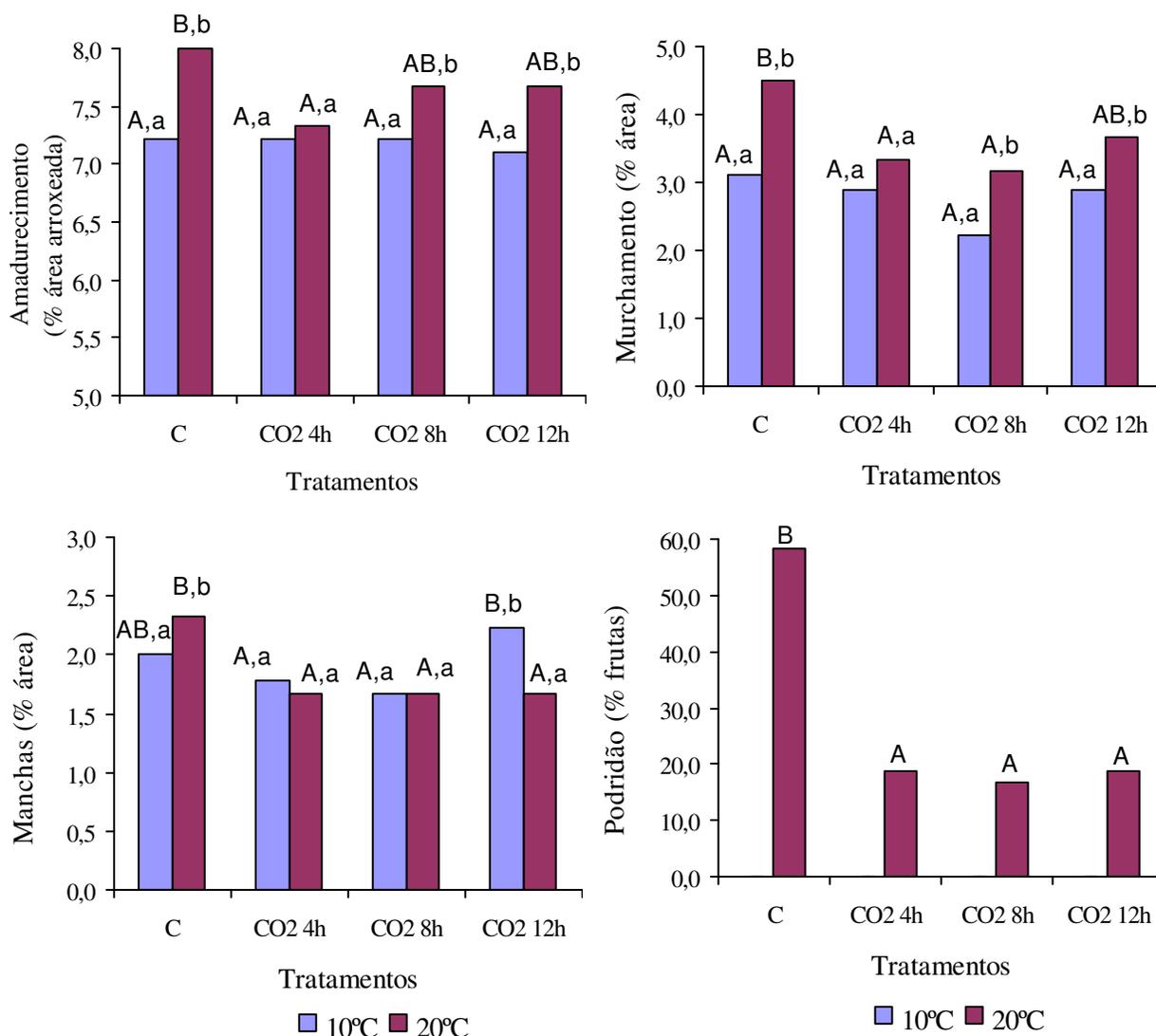
Tabela 28. Valores de pH para figos expostos a atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C (Valor inicial: 5,27).

Tratamento	10°C	20°C	Média
Controle	4,82 A,a	5,00 A,a	4,91
CO ₂ 4h	4,86 A,a	5,08 A,a	4,97
CO ₂ 8h	5,00 A,a	5,00 A,a	5,00
CO ₂ 12h	4,95 A,a	5,03 A,a	4,99
Média	4,91	5,03	4,97

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si para o teste de Tukey ($p < 0,05$). **Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento.

Em relação à aparência visual, cujos resultados são apresentados na Figura 17 observa-se que para os parâmetros amadurecimento e manchas não houve grande diferenciação na qualidade dos figos, exceto para o tratamento Controle, armazenado a 20°C, o qual apresentou os maiores valores médios para estes parâmetros. No entanto, quando se considera os

parâmetros murchamento e presença de podridão, verifica-se que os tratamentos expostos às atmosferas com 100% de CO₂ durante 4h e 8h apresentaram os melhores resultados, comprovados pela comparação de médias e evidenciados pelas imagens apresentadas na Figura 18.



* Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre os tratamentos, e médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si entre as temperaturas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). **Médias de três ensaios experimentais, sendo cada um composto por três repetições compostas por vinte frutas por parcela.

Figura 17. Valores médios de amadurecimento, murchamento, danos e manchas e podridão ao final do período de armazenamento para figos expostos à atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por 20 frutas.

Apesar de não haver desenvolvimento de podridão para figos armazenados a 10°C, mesmo para o tratamento Controle, observa-se que a exposição ao dióxido de carbono promoveu a redução do desenvolvimento de podridão nas frutas para todos os tratamentos. Analisando as imagens da Figura 18, verifica-se que as frutas do tratamento CO₂ 4h apresentou a melhor qualidade global visual para ambas temperaturas, sendo recomendada para o acondicionamento de figos.

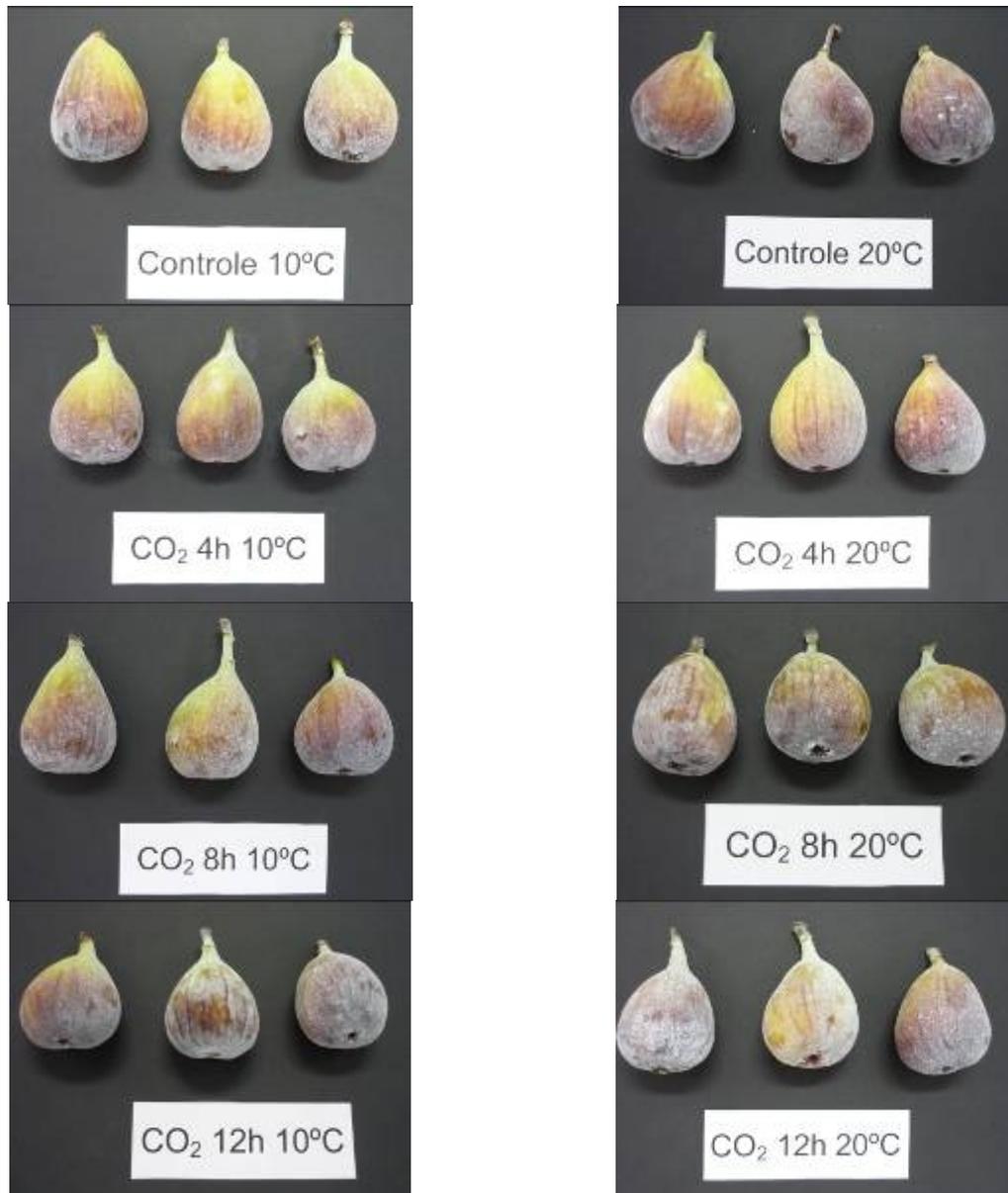


Figura 18. Qualidade final dos figos expostos à atmosfera com 100% de dióxido de carbono por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.

9.4. Conclusões

A exposição de figos à atmosfera com 100% de gás carbônico durante 4h e 8h, antes do armazenamento, foi eficiente na manutenção da qualidade de figos armazenados sem o uso da refrigeração, evidenciando seu potencial para conservação da qualidade em temperatura e umidade relativa ambientais, como alternativa à cadeia do frio durante a comercialização.

No entanto, devido aos altos índices de perda de massa e murchamento observados, recomenda-se a adoção de medidas para controle deste parâmetro.

10. CAPÍTULO VI: Combinação de Atmosfera Modificada e Radiação UV-C na Manutenção da Qualidade do Figo

10.1. Objetivo

Avaliar o uso combinado da radiação UV-C, com energia de irradiação de $1,32 \text{ kJ.m}^{-2}$, e da exposição do figo à atmosfera com 100% de dióxido de carbono durante 4h com filme de polipropileno de $30 \mu\text{m}$ na qualidade do figo, armazenado a 10°C e 20°C .

10.2. Material e Métodos

10.2.1. Figos

Foram utilizados figos da variedade 'Roxo de Valinhos' de tamanho médio, com massa entre 50 e 70 g, no estágio de maturação meio maduro, obtidos em propriedade localizada na cidade de Campinas-SP, transportados Laboratório de Pós-Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola da Unicamp e utilizados no mesmo dia para realização dos experimentos.

10.2.2. Combinação dos Tratamentos

Os tratamentos físicos selecionados para realização dos ensaios de combinação dos tratamentos físicos foram:

- (1) Filme plástico de polipropileno (PP) com $30 \mu\text{m}$ de espessura (cada parede), transparente e sem perfurações, utilizado para acondicionar as frutas durante o armazenamento;
- (2) Aplicação de atmosfera com 100% de gás carbônico durante 4h;
- (3) Aplicação de radiação ultravioleta C, com comprimento de onda de 254 nm, com energia de radiação de $1,32 \text{ kJ.m}^{-2}$.

O filme plástico de PP foi utilizado na combinação com os demais tratamentos pois verificou-se que seu uso, além de reduzir a perda de massa, promove uma modificação atmosférica passiva durante o armazenamento, contribuindo para a redução da atividade

respiratória do produto e conseqüentemente diminuindo a velocidade de deterioração das frutas. Já os tratamentos com aplicação de atmosfera com 100% de gás carbônico e aplicação de radiação ultravioleta C foram testados quanto à sua eficácia na inibição do crescimento fúngico, uma vez que as altas umidades relativas nas embalagens durante o armazenamento representam condição favorável ao desenvolvimento dos microrganismos. A combinação dos tratamentos físicos utilizados nos ensaios é esquematizado na Figura 19.

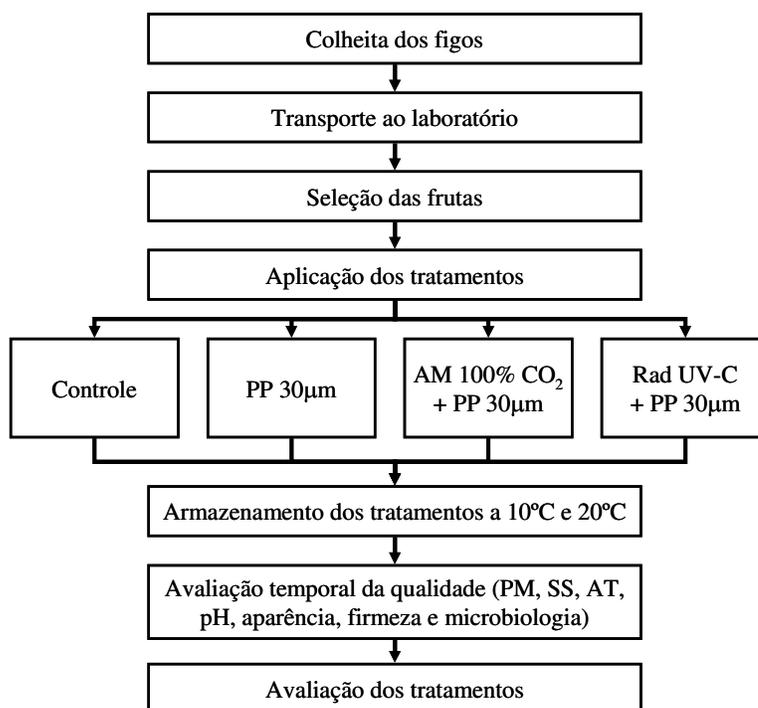


Figura 19. Fluxograma de realização dos ensaios de combinação de tratamentos físicos para manutenção da qualidade de figos.

10.2.3. Tratamentos

Na Tabela 29 é apresentada a identificação e o detalhamento dos tratamentos utilizados nos ensaios com combinação de tratamentos físicos para manutenção da qualidade de figos e inibição do crescimento fúngico.

Tabela 29. Descrição dos tratamentos utilizados nos ensaios com combinação de tratamentos físicos para manutenção da qualidade de figos e inibição do crescimento fúngico.

Tratamento	Descrição
C 10°C	Frutas do tratamento controle armazenadas a 10°C.
PP 10°C	Frutas acondicionadas em embalagens de PP de 30 µm e armazenadas a 10°C.
AM+PP 10°C	Frutas expostas à atmosfera com concentração de 100% de CO ₂ durante 4 horas e posteriormente acondicionadas em embalagens de PP de 30 µm, armazenadas a 10°C.
UV+PP 10°C	Frutas expostas à radiação UV-C com energia de 1,32 kJ.m ⁻² e acondicionadas em embalagens de PP de 30 µm, armazenadas a 10°C.
C 20°C	Frutas do tratamento controle armazenadas a 20°C.
PP 20°C	Frutas acondicionadas em embalagens de PP de 30 µm e armazenadas a 20°C.
AM+PP 20°C	Frutas expostas à atmosfera com concentração de 100% de CO ₂ durante 4 horas e posteriormente acondicionadas em embalagens de PP de 30 µm, armazenadas a 20°C.
UV+PP 20°C	Frutas expostas à radiação UV-C com energia de 1,32 kJ.m ⁻² e acondicionadas em embalagens de PP de 30 µm, armazenadas a 10°C.

10.2.4. Preparação dos Tratamentos

Para acondicionar as frutas foram utilizados recipientes plásticos transparentes fabricados em polipropileno (PP) com dimensões 233x163x77mm e capacidade de 1800mL. Serão colocadas oito frutas em cada recipiente, com aproximadamente 500±50g de produto.

Após os figos serem colocados nos recipientes plásticos, estes foram acondicionados nos sacos plásticos de polipropileno. O selamento das embalagens por termosoldagem (seladora BARBI TI-400), sem modificação inicial da concentração atmosférica. Após o fechamento das embalagens, foram colocados septos de silicone nas mesmas, para a retirada das amostras gasosas.

10.2.5. Condições de Armazenamento

Os ensaios foram conduzidos às temperaturas de 10±1°C e 20±1°C, para comparar o efeito dos tratamentos em figos armazenados sob condições de refrigeração algumas vezes utilizadas durante a exportação e sob condições ambientais sem controle de temperatura. Para

isso, os tratamentos serão armazenados em BOD, com variação da temperatura de 1°C, e sem controle da umidade relativa, porém com monitoramento deste parâmetro.

10.2.6. Medidas de Concentração dos Gases

As concentrações de oxigênio e gás carbônico nas embalagens foi determinada pela leitura direta em medidor portátil da concentração de O₂ e CO₂ (Pac Check 325, MOCON), calibrado com a concentração gasosa do meio ambiente (21% de O₂ e 0,03% de CO₂).

10.2.7. Avaliação dos Tratamentos

A avaliação temporal da qualidade dos tratamentos foi realizada pelos parâmetros de qualidade perda de massa, análises físico-químicas (sólidos solúveis, acidez titulável e pH) e aparência, descritos na seção 6.2.4.

10.2.8. Delineamento Experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 4 x 2, com quatro combinações de tratamentos (Controle, PP, PP+UV e PP+AM) e duas temperaturas de armazenamento (10°C e 20°C). Os experimentos foram realizados em triplicada, com três repetições compostas por oito figos cada parcela.

Foi realizada análise de variância e comparação de médias entre os tratamentos (Tukey, $p < 0,05$) com o pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System) versão 9.1.3 (SAS, 2006).

10.3. Resultados e Discussão

Na Figura 20 são apresentados os valores de concentração média de oxigênio e gás carbônico para os figos submetidos aos tratamentos com filme de polipropileno com 30 µm de espessura, figos irradiados com energia de 1,32 kJ.m⁻² e acondicionados em embalagens de PP

de 30 μ m, e figos expostos à atmosfera com concentração de 100% de CO₂ durante 4 horas e posteriormente acondicionadas em embalagens de PP de 30 μ m, armazenadas a 10°C e 20°C.

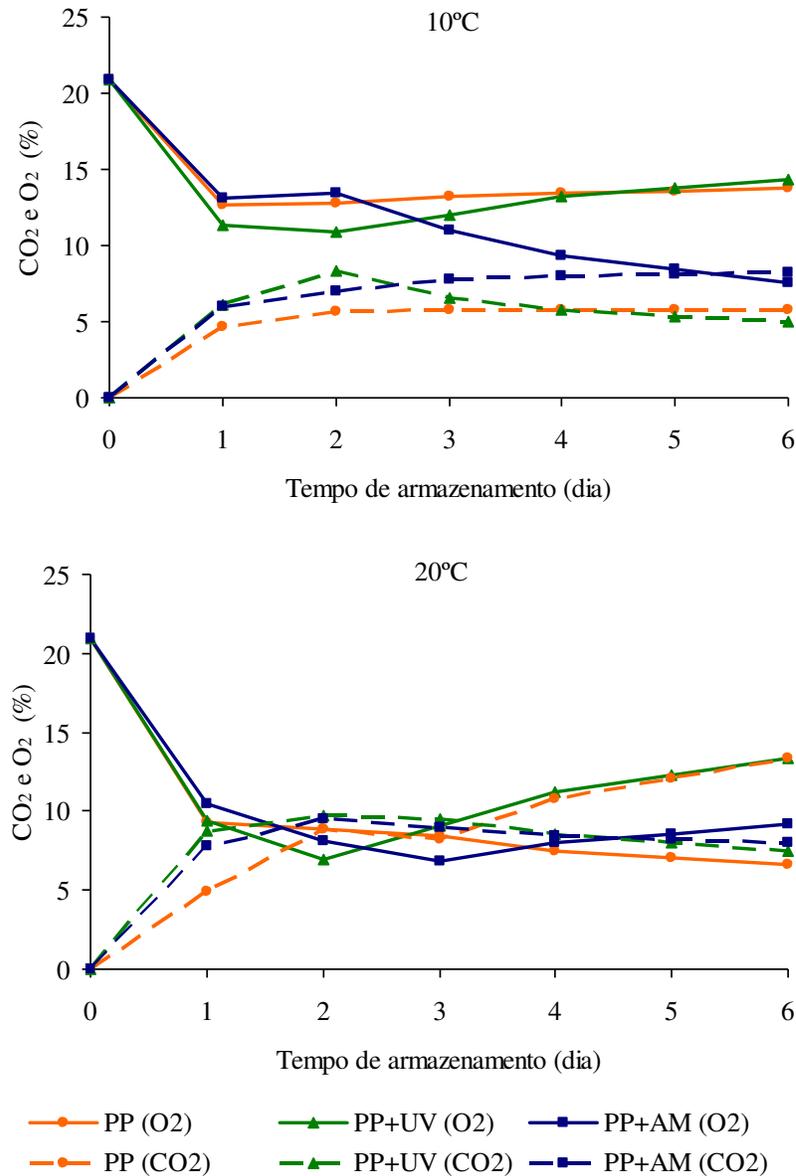


Figura 20. Concentrações médias gás carbônico e oxigênio ao longo do período de armazenamento nas embalagens contendo figos dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.

Para os tratamentos armazenados a 10°C observa-se que em função da redução dos mesmos apresentaram tendência em manter as concentrações de oxigênio e gás carbônico próximas a 15% e 7%, respectivamente, exceto para o tratamento AM+PP, o qual apresentou acentuada elevação da concentração de CO₂ e redução de O₂ comparado aos demais tratamentos, alcançando níveis próximos a 10% para ambos os gases. Para a temperatura de 20°C, verifica-se comportamento idêntico para o tratamento AM+PP, ao passo que para os demais tratamentos (PP e UV+PP), ocorreu redução da concentração de oxigênio e acúmulo de gás carbônico, em concentrações próximas a 8% e 15%, respectivamente.

Em relação à perda de massa (Figura 21), verifica-se que as frutas do tratamento controle apresentaram valores iguais a 13,46% e 17,85% para as temperaturas de 10°C e 20°C, respectivamente, evidenciando o efeito positivo do uso do filme de polipropileno na retenção de umidade do produto, já que os tratamentos com filme de PP apresentaram perdas inferiores a 2%, e que os tratamentos AM+PP 10°C e AM+PP 20°C apresentaram valores médios de perda de massa iguais a 0,43% e 0,53%, respectivamente.

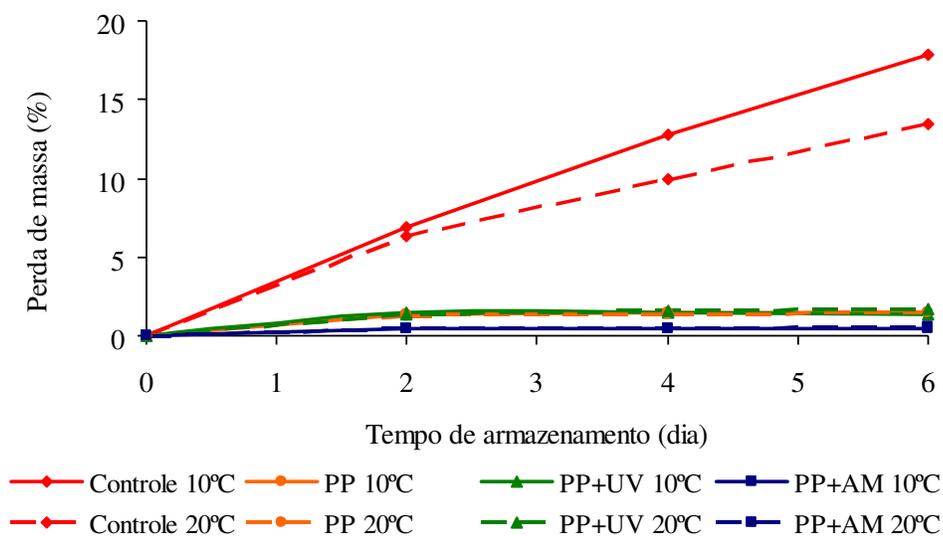
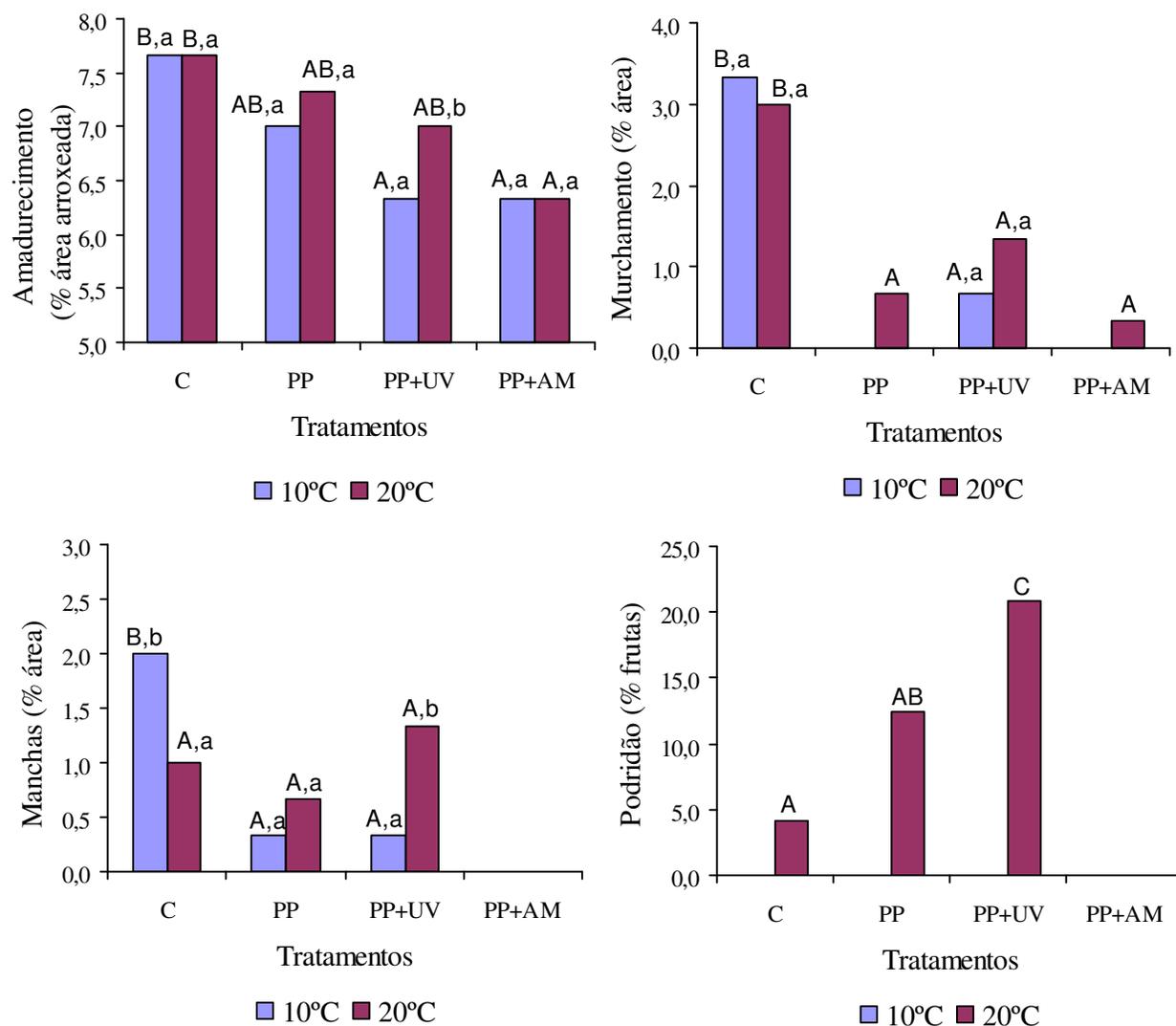


Figura 21. Perda de massa ao longo do período de armazenamento nas embalagens contendo figos dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.

Na Figura 22 são apresentados os valores médios de amadurecimento, murchamento, danos e manchas e podridão ao final do período de armazenamento de figos dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP, armazenados a 10°C e 20°C durante sete dias.



* Médias seguidas de mesma letra maiúscula não diferem entre si entre os tratamentos, e médias seguidas de mesmas letras minúsculas não diferem entre si entre as temperaturas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). **Médias de três ensaios experimentais, sendo cada um composto por três repetições compostas por oito frutas por parcela.

Figura 22. Valores médios de amadurecimento, murchamento, danos e manchas e podridão ao final do período de armazenamento de figos dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP a 10°C e 20°C. Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento, sendo cada repetição composta por oito frutas.

Observa-se que os tratamentos expostos à 100% de dióxido de carbono por 4 horas seguido do acondicionamento em filme de polipropileno com 30 μm de espessura (PP+AM) apresentou melhores índices de qualidade, evidenciados pelo retardo do amadurecimento, menores notas médias para murchamento e ausência de manchas e podridão. Estes resultados, somados aos obtidos para perda de massa e concentrações gasosas nas embalagens sugerem que o tratamento AM+PP apresenta grande potencial quando não se consegue manter o controle da temperatura durante a comercialização de figos, como ocorre no transporte para mercados distantes.

Na Figura 23 são apresentados aspectos da qualidade final dos figos ao final do período de armazenamento para os tratamentos PP, UV+PP e AM+PP, armazenados a 10°C e 20°C.

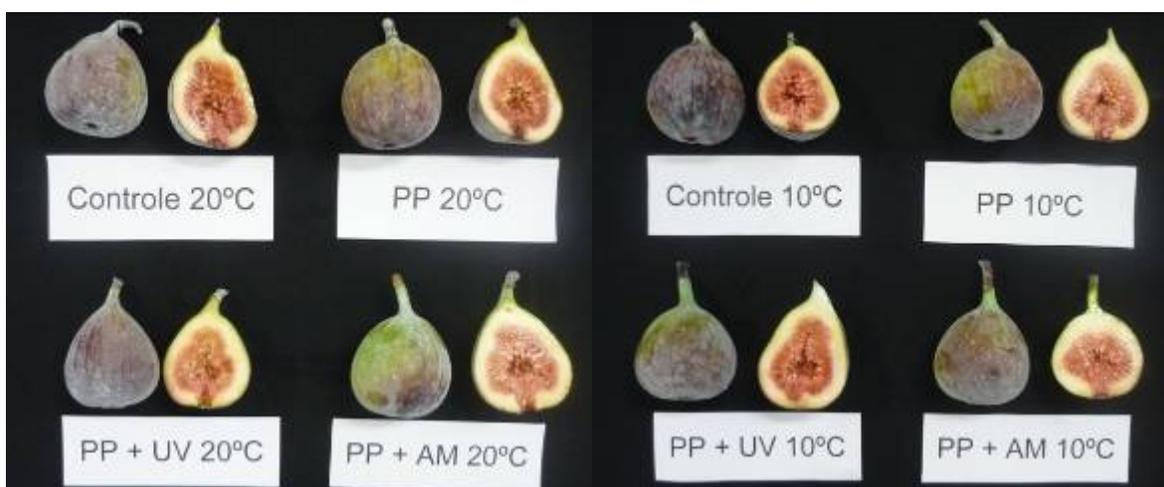


Figura 23. Aspectos da qualidade final dos figos ao final do período de armazenamento para os tratamentos PP, UV+PP e AM+PP, armazenados a 10°C e 20°C.

Nas Tabelas 30, 31 e 32 são apresentados os valores médios para os teores de sólidos solúveis, acidez titulável e pH, respectivamente. Para o teor de sólidos solúveis, verifica-se que houve diferença significativa entre o tratamento controle e os demais tratamentos, para uma mesma temperatura, em função de maior perda de massa associada. Para acidez titulável e pH, apesar da análise de variância (Tabelas 68 e 69) indicar diferenças entre os tratamentos, as mesmas não foram verificadas. Os resultados mostram que os tratamentos utilizados não influenciaram significativamente as características físico-química dos figos.

Tabela 30. Teor de sólidos solúveis (°Brix) em figo ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP armazenados a 10°C e 20°C (Valor inicial: 11,39°Brix).

Tratamento	10°C	20°C	Média
Controle	15,15 B,b	13,76 A,b	14,46
CO ₂ 4h	12,17 A,a	12,25 A,a	12,21
CO ₂ 8h	11,80 A,a	11,96 A,a	11,88
CO ₂ 12h	12,02 A,a	11,78 A,a	11,90
Média	12,79	12,44	12,61

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si para o teste de Tukey ($p < 0,05$). **Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento.

Tabela 31. Acidez titulável (% ácido cítrico) em figo ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP armazenados a 10°C e 20°C (Valor inicial: 0,17% ácido cítrico).

Tratamento	10°C	20°C	Média
Controle	0,23	0,20	0,22
CO ₂ 4h	0,17	0,18	0,18
CO ₂ 8h	0,21	0,18	0,20
CO ₂ 12h	0,16	0,22	0,19
Média	0,19 A	0,20 A	0,19

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si para o teste de Tukey ($p < 0,05$). **Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento.

Tabela 32. Valores de pH em figo ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos PP, UV+PP e AM+PP armazenados a 10°C e 20°C (Valor inicial: 4,45).

Tratamento	10°C	20°C	Média
Controle	4,55 A,a	4,63 A,a	4,59
CO ₂ 4h	4,77 A,a	4,63 A, a	4,70
CO ₂ 8h	4,44 A,a	4,65 A,a	4,55
CO ₂ 12h	4,73 A,a	4,73 A,a	4,73
Média	4,62	4,66	4,64

* Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si para o teste de Tukey ($p < 0,05$). **Médias de três ensaios experimentais, com três repetições por tratamento.

10.4. Conclusões

A combinação da exposição de figos à atmosfera com 100% de dióxido de carbono e posterior acondicionamento em filme plástico de polipropileno de 30 µm apresenta-se como condição favorável ao armazenamento de figos com ou sem o uso refrigeração, sendo capaz de manter a qualidade durante sua comercialização por sete dias.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A identificação dos fungos causadores de podridão no figo 'Roxo de Valinhos' produzidos em Campinas e região revelou, além dos patógenos de maior ocorrência, a identificação da contaminação das frutas por *Lasiodiplodia theobromae*, fungo este que não havia sido relatado na literatura para outras cultivares de figos.

O figo apresenta grande sensibilidade à radiação ultravioleta C, não sendo recomendada a exposição do mesmo a energias superiores a $2,64 \text{ kJ.m}^{-2}$.

Os métodos físicos de radiação ultravioleta C e atmosfera modificada estudados apresentam potencial para conservação da qualidade do figo considerando as dificuldades encontradas durante sua comercialização.

O uso isolado de filme plástico de polipropileno com $30 \mu\text{m}$, radiação ultra-violeta C de $1,32 \text{ kJ.m}^{-2}$ e exposição à concentração de 100% de dióxido de carbono por 4h mostraram-se eficazes na manutenção da qualidade do figo, sobretudo quando se utiliza o armazenamento refrigerado.

O uso combinado de filme plástico de $30 \mu\text{m}$ com alta concentração de dióxido de carbono por 4h preserva o figo durante o armazenamento, mesmo sem refrigeração, em função de seu efeito na redução da carga microbiológica e manutenção das qualidades físico-químicas e visuais.

12. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para trabalhos futuros, sugere-se investigar os efeitos da aplicação dos tratamentos físicos de ozônio gasoso e plasma à pressão atmosférica na sanitização de figos, bem como o uso de ceras comestíveis com agentes naturais para garantir maior resistência mecânica da epiderme e menor contaminação do produto.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A.C.; MAFIA, R.G. **Métodos em fitopatologia**. Viçosa: Ed. UFV, 2007. 382p.

ALLENDE, A; MARÍN, A.; BUENDÍA, B.; TOMÁS-BARBERÁN, F.; GIL, M.I. Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O₃, superatmospheric O₂ and high CO₂) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 46, n. 3, p. 201-211, 2007.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. Arlington, Virginia, USA. 16 ed. v.II, 1995.

BASSETO, E.; AMORIM, L.; BENATO, E.A.; GONÇALVES, F.P.; LOUREÇO, S.A. Efeito da irradiação UV-C no controle da podridão parda (*Monilinia fructicola*) e da podridão mole (*Rhizopus stolonifer*) em pós-colheita de pêssegos. **Fitopatologia brasileira**, v.32, n.5, p.393-399, out 2007.

BIALE, J.B. The postharvest biochemistry of tropical and subtropical fruits. **Advances in Food Research**, New York, Jan., v.10, p.293-354, 1960.

BLEINROTH, E.W. Fundamentos teóricos da conservação pelo frio de frutas e hortaliças. **Boletim Técnico do ITAL** N° 34, p.35-53, 1980.

BONATO, P.S. Cromatografia Gasosa. In: COLLINS, Carol H.; BRAGA, Gilberto L; BONATO, Pierina Sueli. (Org.) **Fundamentos de Cromatografia**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2006.453p.

BRASIL, 2012. **Ministério da Agricultura**. Internacional - Estatísticas de comércio exterior - Informes de produtos. Frutas – Série Histórica (2001-2011). Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/internacional/indicadores-e-estatisticas/informes-de-produtos>). Acesso em: 03/05/2012.

CAMARGO, R.B.; PEIXOTO, A.R.; TERAQ, D.; ONO, E.O.; CAVALCANTI, L.S. Fungos causadores de podridões pós-colheita em uvas apirênicas no pólo agrícola de Juazeiro-BA e Petrolina-PE. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 15-19, jan.-mar., 2011.

CAMPOS, A.D. **Aspectos Pós-Colheita do Figo**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.17, n.180, p.19-21, 1994.

CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p. (Manual técnico)

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Clima dos municípios paulistas. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-de-campinas.html>>. Acesso em 12/10/2012.

- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- CIA, P. Doenças de pós-colheita em frutas (caqui, maracujá-doce e nêspera). In: Reunião Itinerante de Fitossanidade do Instituto Biológico, 3, Mogi das Cruzes, SP, 2000. **Anais...** Disponível em: <<http://www.biologico.sp.gov.br/rifib/IIIRifib/60-65.pdf>>. Acesso: 10/04/2010.
- CIA, P.; PASCHOLATI, S.F.; BENATO, E.A.; CAMILI, E.C.; SANTOS, C.A. Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, v.43, p.366-373, 2007.
- CLAYPOOL, L.L.; OZBEK, S. Some influences of temperature and carbon dioxide on the Respiration and storage life of the Mission fig. **Procedures of the American Society for Horticultural Science**. v. 60, p. 226-230, 1952.
- COLELLI, G.; MITCHELL, F.G.; KADER, A.A. Extension of postharvest life of 'Mission' figs by CO₂-enriched atmospheres. **Hortscience**, vol. 26, n.9, p.1193-1195, sep. 1991.
- DANTAS, S.A.F.; OLIVEIRA, S.M.A.; MICHEREFF, S.J.; NASCIMENTO, L.C.; GURGEL, L.M.S.; PESSOA, W.R.L.S. Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na central de abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, Oct., 2003.
- D'AQUINO, S.; PIGA, A.; MOLINU, M.G.; AGABBIO, M.; PAPOFF, C.M. Maintaining quality attributes of "Craxiou de Porcu" fresh fruit in simulated marketing conditions by modified atmosphere. **Acta Horticulturae**, 480, p.289-294. dec. 1998.
- DURIGAN, J.F. Pós-colheita do figo. In: CORREA, L.S.; BOLIANI, A.C. (ed) Cultura da Figueira – do plantio à comercialização. In: Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Figueira. **Anais...** 1, Ilha Solteira: Funep, 1999, p.213-225.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A.; WANG, C.Y.; BUTA, J.G.; KRIZEK, D.T. Use of UV-C irradiation to prevent decay and maintain postharvest quality of ripe 'Tommy Atkins' mangoes. **International Journal of Food Science and Technology**, v.36, p.767-773, 2001.
- GUEDES, A.M.M.; NOVELLO, D.; MENDES, G.M.O.; CRISTIANINI, M. Tecnologia de ultravioleta para preservação de alimentos. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v.27, n.1, p.59-70. jan/jun. 2009.
- HORTIBRASIL. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. Programa Brasileiro – Normas de Classificação – Figo. 2005. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/folders/figo.pdf>>. Acesso em: 25/05/2012.
- KADER, A.A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. 3rd ed. University of California, California: Publication 3311, 2002.

- KADER, A.A.; WATKINS, C.B. Modified Atmosphere Packaging - Toward 2000 and Beyond. **HortTechnology**. v.10, n. 3, p.483-486, July-September, 2000.
- KADER, A.A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 28, n.1, p. 1-30. 1989.
- KORTEKAMP, A. Effectiveness of calcium salts, hydrogen peroxide, azoxystrobin, and antagonistic bacteria to control post-harvest rot on tobacco caused by *Rhizopus oryzae*. **International Journal of Pest Management**, v. 52, n. 2, p.109-105. 2006.
- LAMIC. Universidade Federal de Santa Maria. Atividade de água. Disponível em: <http://www.lamic.ufsm.br/info_aw.html>. Acesso em: 07/03/2008.
- LAROUSSE, M.; LEIPOLD, F. Evaluation of the roles of reactive species, heat, and UV radiation in the inactivation of bacterial cells by air plasmas at atmospheric pressure. **International Journal of Mass Spectrometry**, v. 233, n.1-3, abr., p. 81-86, 2004.
- LIMA, L.M.; MORAIS, P.L.D.; MEDEIROS, E.V.; MENDONÇA, V.; XAVIER, I.F.; LEITE, G.A. Qualidade pós-colheita do mamão formosa 'Tainung 01' comercializado em diferentes Estabelecimentos no município de Mossoró-RN. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 31, n. 3, p. 902-906, Set., 2009.
- LIU, J., STEVENS, C., KHAN, V.A., LU, J.Y., WILSON, C.L., ADEYEYE, O., KABWE, M.K., PUSEY, P.L., CHALUTZ, E., SULTANA, T., DROBY, S. Application of ultraviolet-C light on storage rots and ripening of tomatoes. **Journal of Food Protection**, vol. 56, p.868-872, 1993.
- LU, J.Y., STEVENS, C., KHAN, V.A., KABWE, M. The effect of ultraviolet irradiation on shelf-life and ripening of peaches and apples. **Journal of Food Quality**, vol. 14, n.4, p.299-305, 1991.
- MANGARAJ, S.; GOSWAMI, T.K.; MAHAJAN, P.V. Applications of Plastic Films for Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables: A Review. **Food Engineering Review**, n.1, p. 133-158, 2009.
- MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G.B.; GÓMEZ, P.A.; PRADAS, I.; ARTÉS, F.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Moderate UV-C pretreatment as a quality enhancement tool in fresh-cut Bimi broccoli. **Postharvest Biology and Technology**, v. 62, n. 3, p.327-337, Dec., 2011.
- MONTEALEGRE, J.; OYARZÚN, J.; HERRERA, R.; BERGER, H.; GALLETI, L. Identificación de hongos causantes de pudriciones en postcosecha de brevas e higos. **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, Santiago del Chile, v. 26, n. 3, p. 439-443, 2000.
- NELSON, G.O. **Controlled Test Atmospheres** – Principles and techniques. Ann Arbor, MI: Ann Arbor Sci. Publ., 1972.

- NETO, B.B.; SCARMINIO, I.S.; BRUNS, R.E. **Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2001.
- NEVES, L.C.; RODRIGUES, A.C.; VIEITES, R.L. Polietileno de baixa densidade (PEBD) na conservação pós-colheita de figos cv. 'Roxo de Valinhos'. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, v. 24, n.1, p. 57-62, abril 2002.
- PAN, J.; VICENTE, A.R.; MARTÍNEZ, G.A.; CHAVES, A.R.; CIVELLO, P.M. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, vol. 84, p. 1831-1838, 2004.
- PANTASTICO, E.R. B. **Postharvest Physiology, Handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport, Connecticut: The AVI Publishing company, INC. p.560. 1975.
- PARKINSON, A.; BARRY, M.J.; RODDICK, F.A.; HOBDDAY, M.D. Preliminary toxicity assessment of water after treatment with UV-irradiation and UVC/H₂O₂. **Water.Res.**, Great Britain, vol.35, n.15, p.3656-3664, 2001.
- PASANEN, A.L.; YLI-PIETILA, K.; PASANEN, P.; KALLIOKOSKI, P.; TARHANEN, J. Ergosterol content in various fungal species and biocontaminated building materials. **Applied Environmental Microbiology**, v.65, p.138-142. 1999.
- PENTEADO, S.R. **Uso de atmosfera modificada e embalagens ativas, na conservação do figo 'Roxo de Valinhos' (Ficus carica L.)**. 1998. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – ESALQ, Piracicaba – SP.
- PEREIRA, V.M.O.; AMBRÓSIO, M.M.Q.; QUEIROGA, R.C.F.; SOUSA, J.S.; WANDERLEY, J.A.C. Incidência e frequência de fungos em bananas comercializadas na feira livre de Pombal – PB. **Revista Verde**, Mossoró – RN, v.5, n.3, p. 218 – 223, jul/set, 2010.
- PIGA, A.; D'AQUINO, S.; AGABBIO, M.; PAPOFF, C.M. Short-term nitrogen atmosphere exposure extends shelf-life of fresh 'Niedda Longa' fig fruits. **Acta Horticulturae**, 480, 295-300, dec. 1998.
- PITT, J.I.; HOCKING, A.D. **Fungi and food spoilage**. 2nd ed. Aspen Publishers, Inc.: Maryland, 1999. 593p.
- REUCK, K.D.; SIVAKUMAR, D.; KORSTEN, L. Integrated application of 1-methylcyclopropene and modified atmosphere packaging to improve quality retention of litchi cultivars during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 52, n. 1, p.71-77, 2009.
- RYALL, A.; PENTZER, W. T. **Handling, transportation and storage of fruits and vegetables**. USA. The Saybrook Press, Inc. Second Edition, Volumes 1 e 2, 1982.
- SALUNKHE, D.K.; DESAI, B.B. **Postharvest biotechnology of fruits**. Boca Raton, CRC Press, vol.2, 1984. 147p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. São Paulo: SAA/CATI/IEA, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 02/06/2012.

SAS Institute. **SAS User's Guide: Statistics**. Cary, 2006.

SHAMA, G.; ALDERSON, P. UV hormesis in fruits: a concept ripe for commercialization. **Trends in Food Science & Technology**, v. 16, n.1, p. 128-136, 2005.

SHIN, Y.; RYU, J. A.; LIU, R. H.; NOCK, J. F.; POLAR-CABRERA, K.; WATKINS, C.B. Fruit quality, antioxidant contents and activity, and antiproliferative activity of strawberry fruit stored in elevated CO₂ atmospheres. **Journal of Food Science**, vol. 73, n. 6, p. S339-344, 2008.

SINGH, K.; FRISVAD, J.C.; THRANE, U.; MATHUR, S.B. **An illustrated manual on identification of some seed-borne *Aspergilli*, *Fusaria*, *Penicillia* and their mycotoxins**. Hellerup: Danish Government Institute of Seed Pathology and Department of Biotechnology, 1991. 133p.

SOUZA, F.C. **Efeito da Atmosfera Modificada e da Variação de Temperatura durante Armazenagem na Qualidade do Figo 'Roxo de Valinhos'**. 100 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Pós-Colheita) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

SOUZA, F.C.; ABREU, D.M.; FERRAZ, A.C.O.; HONÓRIO, S.L. Quality conservation of fig fruit using carbon dioxide enriched atmosphere. **Anais...** Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 37, Foz do Iguaçu, Brasil, 31Aug-4Sept, 2008. CD-Rom.

SOUZA, F.C.; FERRAZ, Antônio Carlos de Oliveira. Resposta respiratória durante o armazenamento do figo Roxo de Valinhos (*Ficus carica* L.) submetido à vibração. **Anais...** Workshop de Pós-Graduação, 4, Campinas: FEAGRI/UNICAMP, jun. 2004, CD-Rom.

SOUZA, F.C.; FERRAZ, A.C.O.; LICHTENSTEIN, P.L. Use of PP and LDPE films during storage of 'Roxo de Valinhos' fig at room temperature. **Anais...** International Postharvest Symposium, 6, Antalya, Turquia, 8-12 abr, p. 192. 2009.

STEVENS, C; KHAN, V.A.; LU, J.Y.; WILSON, C.L.; PUSEY, P.L.; IGWEGBE, E.C.K.; KABWE, K.; MAFOLO, Y.; LIU, J.; CHALUTZ, E.; DROBY, S. Integration of ultraviolet (UV-C) light with yeast treatment for control of postharvest storage rots of fruits and vegetables. **Biological control**, v.10, p.98-103, 1997.

STEVENS, C., V.A. KHAN, J.Y. LU, C.L. WILSON, P.L. PUSEY, M.K. KABWE, E.C.K. IGWEGBE, E. CHALUTZ and S. DROBY. The germicidal and hormetic effects of UV-C light on reducing brown rot disease and yeast microflora of peaches. **Crop Protection**, vol 17, p.75-84, 1998.

- STEVENS, C.; KHAN, V.A.; LU, J.Y.; WILSON, C.L.; CHALUTZ, E.; DROBY, S.; KABWE, M.K.; HAUNG, Z.; ADEYEYE, O.; PUSEY, L.P.; TANG, A.Y.A. Induced resistance of sweetpotato to Fusarium root rot by UV-C hormesis. **Crop Production**, v.18, p.463-470, 1999.
- THOMPSON, J.F.; BISHOP, C.F.H.; BRECHT, P.E. **Air transport of perishable products**. University of California, California, Publication 21618, 2004.
- TUITE, J. **Plant pathological methods: fungi and bacteria**. Minneapolis: Burgess Press, 1969. 239 p.
- UTHSCSA. Image Tool. The University of Texas Health Science Center in San Antonio, 2002.
- VIEIRA, S.M.J. **Avaliação dos efeitos da água quente e da radiação ultravioleta C como tratamentos quarentenários para Ceratitis captata Wiedemann (Dipter: Tephriae) na qualidade de goiabas 'kumagai' após a colheita**. 105 p. Tese (Doutorado em Tecnologia Pós-Colheita) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, 2011.
- WATKINS, C. B. Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as related to modified atmosphere packaging. **Horttechnology**, vol.10, n. 3, jul-sep, p.501-506, 2000.
- 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 disease of fruits and vegetables. **Plant Disease**, vol. 78, p.837-843, 1994.
- WONG, E., LINTON, R.H., GERRARD, D.E. Reduction of *Escherichia coli* and *Salmonella* senftenberg on pork skin and pork muscle using ultraviolet light. **Food Microbiology**, vol. 15, p.415-423, 1998.
- YOUNG, A. Does UVA exposure cause human malignant melanoma? **European Journal of Dermatology**, vol..6, p.225-226, 1996.
- YAUN, B.R.; SUMMER, S.S.; EIFERT, J.D.; MARCY, J.E. Inhibition of pathogens on fresh produce by ultraviolet energy. **International Journal of Food Microbiology**, vol.90, p.1-8, 2004.
- YOUSEF, A.E., MARTH, E.H. Inactivation of *Listeria monocytogenes* by ultraviolet energy. **Journal of Food Science**, vol. 53, n. 2, p. 571-573, 1988.
- ZAHAVI, T. Biological control of *Botrytis*, *Aspergillus* and *Rhizopus* rot on table and wine grapes in Israel. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 2, p. 115-124, 2000.

14. APÊNDICE

14.1. Tabelas de Análise de Variância dos Ensaio Realizados para Avaliação do Efeito da Radiação UV-C e Diferentes Temperaturas de Armazenamento sobre a Qualidade do Figo

Tabela 33. Análise de variância para teor de sólidos solúveis de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻², 0,72 kJ.m⁻², 1,32 kJ. m⁻², 2,64 kJ. m⁻² e 4,00 kJ.m⁻², armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temperatura (T)	1	0,6635	0,6635	2,77	0,1041
Radiação (R)	4	2,5167	0,6294	2,62	0,0488
T x R	4	4,8696	1,2244	5,10	0,0020
Erro	40	9,5962	0,2399		
Total corrigido	49	17,6754			
Média geral	11,87				
CV(%)	4,18				
Nº observações	50				

Tabela 34. Análise de variância para acidez total de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻², 0,72 kJ.m⁻², 1,32 kJ. m⁻², 2,64 kJ. m⁻² e 4,00 kJ.m⁻², armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,000338	0,000338	0,65	0,4266
Rad	4	0,004252	0,001063	2,03	0,1088
Temp x Rad	4	0,002292	0,000573	1,09	0,3729
Erro	40	0,020960	0,000539		
Total corrigido	49	0,027842			
Média geral	0,19				
CV(%)	11,71				
Nº observações	50				

Tabela 35. Análise de variância para pH de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻², 0,72 kJ.m⁻², 1,32 kJ. m⁻², 2,64 kJ. m⁻² e 4,00 kJ.m⁻², armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,5120	0,5120	45,75	<0,0001
Rad	4	0,3103	0,0775	6,93	0,0002
Temp x Rad	4	0,2215	0,0553	4,95	0,0025
Erro	40	0,4476	0,0112		
Total corrigido	49	1,4916			
Média geral	5,47				
CV(%)	1,93				
Nº observações	50				

Tabela 36. Análise de variância para perda de massa de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻², 0,72 kJ.m⁻², 1,32 kJ. m⁻², 2,64 kJ. m⁻² e 4,00 kJ.m⁻², armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	84,5260	84,5260	406,42	<0,0001
Rad	4	1,3560	0,3390	1,63	0,1856
Temp x Rad	4	2,6255	0,6563	3,16	0,0240
Erro	40	8,3190	0,2079		
Total corrigido	49	96,8266			
Média geral	8,08				
CV(%)	5,64				
Nº observações	50				

Tabela 37. Análise de variância do parâmetro de aparência “amadurecimento” de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻², 0,72 kJ.m⁻², 1,32 kJ. m⁻², 2,64 kJ. m⁻² e 4,00 kJ.m⁻², armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	3,3800	3,3800	18,78	<0,0001
Rad	4	0,8800	0,2200	1,22	0,3167
Temp x Rad	4	0,3200	0,0800	0,44	0,7757
Erro	40	7,2000	0,1800		
Total corrigido	49				
Média geral	7,38				
CV(%)	5,74				
Nº observações	50				

Tabela 38. Análise de variância do parâmetro de aparência “murchamento” de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻², 0,72 kJ.m⁻², 1,32 kJ. m⁻², 2,64 kJ. m⁻² e 4,00 kJ.m⁻², armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	15,6800	15,6800	44,80	<0,0001
Rad	4	8,8800	2,2200	6,34	0,0005
Temp x Rad	4	2,3200	0,5800	1,66	0,1790
Erro	40	14,0000	0,3500		
Total corrigido	49				
Média geral	3,32				
CV(%)	17,82				
Nº observações	50				

Tabela 39. Análise de variância do parâmetro de aparência “manchas” de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻², 0,72 kJ.m⁻², 1,32 kJ. m⁻², 2,64 kJ. m⁻² e 4,00 kJ.m⁻², armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	11,5200	11,5200	50,09	<0,0001
Rad	4	26,2800	6,5700	28,57	<0,0001
Temp x Rad	4	2,6800	0,6700	2,91	0,0332
Erro	40	9,2000	0,2300		
Total corrigido	49				
Média geral	3,08				
CV(%)	15,57				
Nº observações	50				

Tabela 40. Análise de variância do parâmetro de aparência “podridão” de figos submetidos à radiação UV-C de 0,00 kJ.m⁻², 0,72 kJ.m⁻², 1,32 kJ. m⁻², 2,64 kJ. m⁻² e 4,00 kJ.m⁻², armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	528,1250	528,1250	9,94	0,0031
Rad	4	606,2500	151,5625	2,85	0,0359
Temp x Rad	4	143,7500	35,9375	0,68	0,6123
Erro	40	2125,0000	53,1250		
Total corrigido	49				
Média geral	4,75				
CV(%)	153,44				
Nº observações	50				

14.2. Tabelas de Análise de Variância dos Ensaio Realizados para Avaliação do Efeito da Radiação UV-C na Inibição de Fitopatógenos *in vitro* e *in vivo*

Tabela 41. Análise de variância para crescimento micelial para *Rhizopus stolonifer*, após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	956,5102	956,5102	257,42	<0,0001
Rad	4	6,0618	1,5154	0,41	0,8030
Dia	4	2642,2809	660,5702	177,77	<0,0001
Temp x Rad	4	6,0618	1,5154	0,41	0,8030
Erro	286	1062,7135	3,7157		
Total corrigido	299	4673,6283			
Média geral	5,51				
CV(%)	34,96				
Nº observações	300				

Tabela 42. Análise de variância para crescimento micelial para *Lasiodiplodia theobromae*, após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	2615,2359	2615,2359	888,26	<0,0001
Rad	4	3,4524	0,8631	0,29	0,8823
Dia	4	893,5358	223,3839	75,87	<0,0001
Temp x Rad	4	0,4733	0,1183	0,04	0,9969
Erro	286	842,0444	2,9442		
Total corrigido	299	4354,7419			
Média geral	3,56				
CV(%)	42,24				
Nº observações	300				

Tabela 43. Análise de variância para crescimento micelial de *Alternaria alternata*, após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	143,9222	143,9222	365,96	<0,0001
Rad	4	6,3060	1,5765	4,01	0,0035
Dia	4	418,2672	104,5668	265,89	<0,0001
Temp x Rad	4	0,8413	0,2103	0,53	0,7103
Erro	286	112,4757	0,3932		
Total corrigido	299	681,8126			
Média geral	1,79				
CV(%)	35,03				
Nº observações	300				

Tabela 44. Análise de variância para produção de micélio aéreo seco de *Rhizopus stolonifer*, após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,000765	0,000765	9,05	0,0069
Rad	4	0,001354	0,000338	4,00	0,0152
Temp x Rad	4	0,001528	0,000382	4,52	0,0092
Erro	20	0,001691	0,000084		
Total corrigido	29				
Média geral	0,04				
CV(%)	20,64				
Nº observações	30				

Tabela 45. Análise de variância para produção de micélio aéreo seco de *Lasiodiplodia theobromae*, após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,0184	0,0184	121,02	<0,0001
Rad	4	0,0009	0,0002	1,52	0,2334
Temp x Rad	4	0,0005	0,0001	0,78	0,5507
Erro	20	0,0030	0,0001		
Total corrigido	29	0,0229			
Média geral	0,03				
CV(%)	44,82				
Nº observações	30				

Tabela 46. Análise de variância para produção de micélio aéreo seco de *Alternaria alternata*, após a exposição a diferentes doses de radiação UV-C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,2035	0,2035	50,41	<0,0001
Rad	4	0,0417	0,0104	2,58	0,0684
Temp x Rad	4	0,0504	0,0126	3,12	0,0378
Erro	20	0,0807	0,0040		
Total corrigido	29				
Média geral	0,11				
CV(%)	59,27				

14.3. Tabelas de Análise de Variância dos Ensaio Realizados para Avaliação do Efeito da Atmosfera Modificada Passiva com Filme de Polipropileno na Manutenção da Qualidade do Figo

Tabela 47. Análise de variância para teor de sólidos solúveis de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	4,064	4,0640	21,06	<0,0001
Trat	3	43,1046	14,3682	74,46	<0,0001
Temp x Trat	3	27,8921	9,2923	48,18	<0,0001
Erro	32	6,1750	0,1929		
Total corrigido	39	81,2359			
Média geral	13,4562				
CV(%)	3,26				
Nº observações	40				

Tabela 48. Análise de variância para acidez titulável de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,0102	0,0102	59,16	<0,0001
Trat	3	0,0128	0,0042	24,72	<0,0001
Temp x Trat	3	0,0019	0,0006	3,71	0,0214
Erro	32	0,0055	0,0001		
Total corrigido	39	0,0306			
Média geral	0,1624				
CV(%)	8,11				
Nº observações	40				

Tabela 49. Análise de variância para pH de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,4928	0,4928	18,59	0,0001
Trat	3	0,6849	0,0228	0,86	0,4712
Temp x Trat	3	0,0977	0,0325	1,23	0,3152
Erro	32	0,8483	0,0265		
Total corrigido	39	1,5073			
Média geral	4,9455				
CV(%)	3,29				
Nº observações	40				

Tabela 50. Análise de variância para perda de massa de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	422,6950	422,6950	1924,39	<0,0001
Trat	3	1931,4853	643,8284	2931,14	<0,0001
Temp x Trat	3	1148,0631	382,6877	1742,25	<0,0001
Erro	32	7,0288	0,2196		
Total corrigido	39	3509,2723			
Média geral	4,6867				
CV(%)	9,99				
Nº observações	40				

Tabela 51. Análise de variância para concentração de gás carbônico de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	1217,3162	608,6581	83,16	<0,0001
Trat	2	2881,2001	2881,2001	393,65	<0,0001
Dia	5	560,9517	112,1903	15,33	<0,0001
Temp x Trat	2	282,1189	141,0594	19,27	<0,0001
Erro	169	1236,9592	7,3192		
Total corrigido	179	6178,5463			
Média geral	15,0651				
CV(%)	17,96				
Nº observações	180				

Tabela 52. Análise de variância para concentração de oxigênio de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	417,4972	208,7486	47,42	<0,0001
Trat	2	758,0498	758,0498	172,20	<0,0001
Dia	5	200,3944	40,0788	9,10	<0,0001
Temp x Trat	2	32,3290	16,1645	3,67	0,0275
Erro	169	743,9471	4,4020		
Total corrigido	179	2152,2177			
Média geral	8,2129				
CV(%)	25,55				
Nº observações	180				

Tabela 53. Análise de variância para concentração de etileno de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	35,6185	17,8092	0,32	0,7240
Trat	2	1020,7823	1020,7823	18,55	<0,0001
Dia	5	545,5116	109,1023	1,98	0,0837
Temp x Trat	2	362,8518	181,4259	3,30	0,0394
Erro	169	9301,0485	55,0357		
Total corrigido	179	11265,8129			
Média geral	10,1579				
CV(%)	73,03				
Nº observações	180				

Tabela 54. Análise de variância para o parâmetro de aparência “amadurecimento” de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,0000	0,0000	0,00	<0,0001
Trat	3	2,7000	0,9000	12,00	1,0000
Temp x Trat	3	0,0000	0,0000	0,00	1,0000
Erro	32	2,4000	0,0750		
Total corrigido	39	5,1000			
Média geral	7,1500				
CV(%)	3,83				
Nº observações	40				

Tabela 55. Análise de variância para o parâmetro de amadurecimento “murchamento” de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	6,4000	6,4000	21,33	<0,0001
Trat	3	74,5000	24,8333	82,78	<0,0001
Temp x Trat	3	13,4000	4,4667	14,89	<0,0001
Erro	32	9,6000	0,3000		
Total corrigido	39	103,9000			
Média geral	1,4500				
CV(%)	37,77				
Nº observações	40				

Tabela 56. Análise de variância para o parâmetro de aparência “manchas” de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	1,2250	1,2250	2,97	0,0945
Trat	3	32,0750	10,6917	25,92	<0,0001
Temp x Trat	3	6,8750	2,2917	5,56	0,0035
Erro	32	13,2000	0,4125		
Total corrigido	39	53,3750			
Média geral	1,3750				
CV(%)	46,71				
Nº observações	40				

Tabela 57. Análise de variância para o parâmetro de aparência “podridão” de figos ‘Roxo de Valinhos’ dos tratamentos controle e embalados com filme de polipropileno com espessuras de 25 μm (PP25), 30 μm (PP30) e 50 μm (PP50), armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	2441,4062	2441,4062	34,72	<0,0001
Trat	3	980,4687	326,8229	4,65	0,0083
Temp x Trat	3	699,2187	233,0729	3,31	0,0322
Erro	32	2250,0000	70,3125		
Total corrigido	39	6371,0937			
Média geral	8,4375				
CV(%)	99,38				
Nº observações	40				

14.4. Tabelas de Análise de Variância dos Ensaio Realizados para Avaliação da Atmosfera com Alta Concentração de CO₂ na Manutenção da Qualidade do Figo

Tabela 58. Análise de variância para o teor de sólidos solúveis de figos 'Roxo de Valinhos' expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	7,7634	7,7634	20,18	0,0004
Trat	3	0,5683	0,1894	0,49	0,6925
Temp x Trat	3	0,4233	0,1411	0,37	0,7779
Erro	16	6,1559	0,3847		
Total corrigido	23	14,9110			
Média geral	13,65				
CV(%)	4,54				
Nº observações	24				

Tabela 59. Análise de variância para acidez titulável de figos 'Roxo de Valinhos' expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,001944	0,001944	12,08	0,0031
Trat	3	0,000649	0,000216	1,35	0,2950
Temp x Trat	3	0,000131	0,000044	0,27	0,8446
Erro	16	0,002574	0,000160		
Total corrigido	23	0,005299			
Média geral	0,14				
CV(%)	8,98				
Nº observações	24				

Tabela 60. Análise de variância para pH de figos 'Roxo de Valinhos' expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,0280	0,0280	0,15	0,7033
Trat	3	0,0693	0,0231	0,12	0,9445
Temp x Trat	3	0,0124	0,0041	0,02	0,9953
Erro	16	2,9809	0,1863		
Total corrigido	23	3,0907			
Média geral	4,94				
CV(%)	8,74				
Nº observações	24				

Tabela 61. Análise de variância para perda de massa de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	122,8990	122,8990	131,28	<0,0001
Trat	3	0,4490	0,1496	0,16	0,9218
Temp x Trat	3	0,2749	0,0916	0,10	0,9601
Erro	16	14,9790	0,9361		
Total corrigido	23	138,6019			
Média geral	7,15				
CV(%)	13,52				
Nº observações	24				

Tabela 62. Análise de variância para concentração de gás carbônico de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	242374,05	242374,05	115,48	<0,0001
Trat	3	19153,22	6384,40	3,04	0,0313
Dia	5	18969,30	3793,86	1,81	0,1157
Temp x Trat	3	1216,98	405,66	0,19	0,9008
Erro	131	274953,75	2098,88		
Total corrigido	143	556667,33			
Média geral	106,41				
CV(%)	43,05				
Nº observações	144				

Tabela 63. Análise de variância para o parâmetro de aparência “amadurecimento” de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	1,5200	1,5200	23,07	0,0002
Trat	3	0,2644	0,0881	1,34	0,2971
Temp x Trat	3	0,2499	0,0833	1,26	0,3199
Erro	16	1,0540	0,0658		
Total corrigido	23	3,0885			
Média geral	7,45				
CV(%)	3,45				
Nº observações	24				

Tabela 64. Análise de variância para o parâmetro de aparência “murchamento” de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	4,7526	4,7526	9,31	00,76
Trat	3	3,8094	1,2698	2,49	0,0976
Trat x Trat	3	0,6972	0,2324	0,46	0,7171
Erro	16	8,1649	0,5103		
Total corrigido	23	17,424			
Média geral	3,22				
CV(%)	22,17				
Nº observações	24				

Tabela 65. Análise de variância para o parâmetro de aparência “manchas” de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,0408	0,0408	0,30	0,5889
Trat	3	0,9379	0,3126	2,33	0,1132
Temp x Trat	3	0,6045	0,0408	1,50	0,2523
Erro	16	2,1480			
Total corrigido	23	3,7314			
Média geral	1,87				
CV(%)	19,53				
Nº observações	24				

Tabela 66. Análise de variância para o parâmetro de aparência “podridão” de figos ‘Roxo de Valinhos’ expostos a atmosfera com 100% de gás carbônico por períodos de 4h, 8h e 12h e armazenados à 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	813,1704	813,1704	33,25	<0,0001
Trat	3	238,0221	79,3407	3,24	0,0498
Temp x Trat	3	238,0221	79,3407	3,24	0,0498
Erro	16	391,3058	24,4566		
Total corrigido	23	1680,5205			
Média geral	5,82				
CV(%)	84,95				
Nº observações	24				

14.5. Tabelas de Análise de Variância dos Ensaio Realizados para Avaliação da Combinação de Atmosfera Modificada e Radiação UV-C na Manutenção da Qualidade do Figo

Tabela 67. Análise de variância para teor de sólidos solúveis para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,7107	0,7107	1,46	0,2442
Trat	3	27,6635	9,2211	18,96	<0,0001
Temp x Trat	3	2,3120	0,7706	1,59	0,2321
Erro	16	7,7796	0,4862		
Total corrigido	23	38,4658			
Média geral	12,61				
CV(%)	5,53				
Nº observações	24				

Tabela 68. Análise de variância para acidez titulável para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,000096	0,000096	0,66	0,4274
Trat	3	0,005816	0,001938	13,40	0,0001
Temp x Trat	3	0,008973	0,002991	20,66	<0,0001
Erro	16	0,002316			
Total corrigido	23	0,017202			
Média geral	0,19				
CV(%)	6,21				
Nº observações	24				

Tabela 69. Análise de variância para pH de figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,0077	0,0077	0,53	0,4781
Trat	3	0,1380	0,0460	3,15	0,0539
Temp x Trat	3	0,0955	0,0318	2,18	0,1300
Erro	16	0,2336	0,0146		
Total corrigido	23	0,4748			
Média geral	4,64				
CV(%)	2,60				
Nº observações	24				

Tabela 70. Análise de variância para perda de massa para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	5,8016	5,8016	5,85	0,0279
Trat	3	952,2132	317,4044	320,02	<0,0001
Temp x Trat	3	23,2672	7,7557	7,82	0,0020
Erro	16	15,8694	0,9918		
Total corrigido	23	997,1516			
Média geral	4,76				
CV(%)	20,89				
Nº observações	24				

Tabela 71. Análise de variância para concentração de gás carbônico nas embalagens de figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	174,4727	174,4727	60,19	<0,0001
Trat	2	6,0300	3,0150	1,04	0,3573
Dia	5	38,4605	7,6221	2,65	0,0272
Temp x Trat	2	44,4898	22,2449	7,67	0,0008
Erro	97	281,1603	2,8985		
Total corrigido	107	544,6133			
Média geral	7,69				
CV(%)	22,13				
Nº observações	108				

Tabela 72. Análise de variância para concentração de oxigênio nas embalagens de figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	4259,09	4259,09	9,66	0,0025
Trat	2	996,67	498,33	1,13	0,3273
Dia	5	50929,70	10185,94	23,10	<0,0001
Temp x Trat	2	1171,82	585,91	1,33	0,2697
Erro	97	42780,49	441,03		
Total corrigido	107	100137,80			
Média geral	20,22				
CV(%)	103,88				
Nº observações	108				

Tabela 73. Análise de variância para o parâmetro de aparência “amadurecimento” para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,3750	0,3750	1,50	0,2384
Trat	3	6,1250	2,0416	8,17	<0,0001
Temp x Trat	3	0,4583	0,1527	0,61	0,6175
Erro	16	4,0000	0,2500		
Total corrigido	23	10,9583			
Média geral	6,96				
CV(%)	7,18				
Nº observações	24				

Tabela 74. Análise de variância para o parâmetro de aparência “murchamento” para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,6667	0,6667	1,45	0,2453
Trat	3	34,3333	11,4444	24,97	<0,0001
Temp x Trat	3	1,0000	0,3333	0,73	0,5505
Erro	16	7,3333	0,4583		
Total corrigido	23	43,3333			
Média geral	1,17				
CV(%)	58,03				
Nº observações	24				

Tabela 75. Análise de variância para o parâmetro de aparência “manchas” para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	0,0417	0,04167	0,10	0,7559
Trat	3	7,1250	2,3750	5,70	0,0075
Temp x Trat	3	3,1250	1,0417	2,50	0,0965
Erro	16	6,6666	0,4167		
Total corrigido	23	16,9583			
Média geral	0,71				
CV(%)	91,13				
Nº observações	24				

Tabela 76. Análise de variância para o parâmetro de aparência “podridão” para figos expostos à combinação de atmosfera modificada e radiação UV-C, armazenados a 10°C e 20°C.

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
Temp	1	527,3437	527,3437	16,20	0,0010
Trat	3	384,1145	128,0381	3,93	0,0280
Temp x Trat	3	384,1145	128,0381	3,93	0,0280
Erro	16	520,833	32,5520		
Total corrigido	23	1816,4062			
Média geral	4,69				
CV(%)	121,71				
Nº observações	24				