

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA  
FILHO”**

**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DE ATMOSFERA CONTROLADA NO  
DESENVOLVIMENTO DE *Monilinia fructicola* E NA  
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE PÊSSEGOS ‘AURORA-1’**

**Joana Diniz Rosa Fernandes**  
**Engenheira Agrônoma**

**2014**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA  
FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DE ATMOSFERA CONTROLADA NO  
DESENVOLVIMENTO DE *Monilinia fructicola* E NA  
QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE PÊSSEGOS ‘AURORA-1’**

**Joana Diniz Rosa Fernandes**

**Orientador: Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

**2014**

F363e      Fernandes, Joana Diniz Rosa  
              Efeito de atmosfera controlada no desenvolvimento de *Monilinia fructicola* e na qualidade pós-colheita de pêssegos 'Aurora - 1'  
              / Joana Diniz Rosa Fernandes. – – Jaboticabal, 2014  
              xii, 89 f.: il. ; 28 cm

              Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014  
              Orientador: Ben-Hur Mattiuz  
              Banca examinadora: Eliane Aparecida Benato Rodrigues da Silva, Marcos David Ferreira, Teresinha de Jesus Deleo Rodrigues, Priscila Lupino Gratao

Bibliografia

              1. Oxigênio. 2. Dióxido de carbono. 3. Podridão parda. 4. *Prunus persica*. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.56:634.25

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

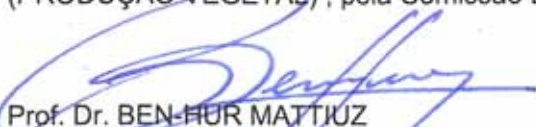
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO:** EFEITO DE ATMOSFERA CONTROLADA NO DESENVOLVIMENTO DE *Monilinia fructicola* E NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE PÊSSEGOS 'AURORA-1'

**AUTORA:** JOANA DINIZ ROSA FERNANDES

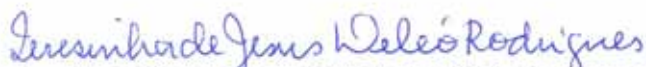
**ORIENTADOR:** Prof. Dr. BEN-HUR MATTIUZ

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR EM AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. BEN-HUR MATTIUZ

Departamento de Tecnologia / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



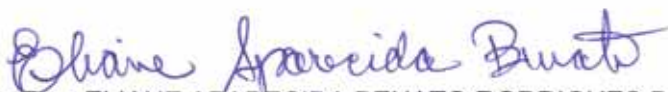
Profa. Dra. TERESINHA DE JESUS DELEO RODRIGUES

Aposentada / Departamento de Biologia Aplicada À Agropecuária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Profa. Dra. PRISCILA LUPINO GRATAO

Departamento de Biologia Aplicada À Agropecuária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal



Profa. Dra. ELIANE APARECIDA BENATO RODRIGUES DA SILVA

Instituto Biológico / Campinas/SP



Prof. Dr. MARCOS DAVID FERREIRA

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária / São Carlos/SP

Data da realização: 30 de setembro de 2014.

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

**Joana Diniz Rosa Fernandes** – nascida em 08 de outubro de 1978 em São Joaquim da Barra - SP. Filha de João Alberto Rosa da Silva e Sônia Maria Diniz Rosa da Silva. Em 2001 ingressou no curso de Agronomia da Faculdade Doutor Francisco Maeda - FAFRAM, campus de Ituverava. Durante o curso desenvolveu trabalhos de pesquisa voltados à área de Conservação Pós Colheita de Frutas e Hortaliças. Em 2005 obteve o título de Engenheira Agrônoma. No ano de 2008 obteve o título de Especialista em Agronegócio e Desenvolvimento Sustentável pela mesma faculdade. Em agosto de 2009 ingressou no curso de Mestrado como bolsista Capes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista-UNESP, campus de Jaboticabal. Recebeu o título de mestre em julho de 2011. Em agosto de 2011 ingressou no curso de Doutorado como bolsista Capes do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista-UNESP, campus de Jaboticabal. Recebeu o título de doutora em setembro de 2014.

**“Feliz é aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina”**

**Cora Coralina**

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais João e Sônia, meus exemplos de sabedoria e amor incondicional, pela confiança e por todos os ensinamentos de vida e respeito.

Ao meu marido Nelson pelo companheirismo, amizade, cumplicidade e amor fazendo com que os meus dias se tornem mais iluminados e pelo incentivo, paciência e sabedoria para a conclusão desta etapa.

Aos meus irmãos André e Joãozinho, meus eternos amores, companheiros e amigos, por completarem a minha vida. Às minhas novas "irmãs" Maria Amélia, Ludmila e Cris pela amizade e por completarem a nossa família.

À minha querida Avó Anita, por todo amor, afeto e orações.

Aos meus sogros Nelson e Maria José pelo carinho e atenção.

Aos meus familiares pelo incentivo e carinho.

**Amo vocês!**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pelo dom da vida, saúde, sabedoria e amor para seguir o meu caminho e concluir mais uma etapa na minha vida e ao meu “anjo da guarda” sempre presente e me protegendo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ben-Hur Mattiuz pela oportunidade para o desenvolvimento das atividades.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudo no decorrer do curso.

À FAPESP pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento do projeto

Aos professores doutores membros da banca do exame geral de qualificação, José Fernando Durigan, Margarete Camargo, Rita de Cássia Panizzi, Teresinha de Jesus Deleo Rodrigues pelas consideráveis sugestões e contribuição para a conclusão desta primeira etapa do trabalho.

Aos professores doutores membros da comissão examinadora, Teresinha de Jesus Deleo Rodrigues, Priscila Lupino Gratao, Eliane Aparecida Benato Rodrigues da Silva e Marcos David Ferreira pela disponibilidade em contribuir com suas valiosas sugestões.

Ao professor Dr. José Carlos Barbosa pela disponibilidade em auxiliar nas análises estatísticas deste trabalho.

À FCAV/UNESP pela oportunidade oferecida para o desenvolvimento deste trabalho e aos professores doutores pela transmissão dos ensinamentos e enriquecimento da minha formação profissional.

À equipe do Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas: João Emmanuel, Cris, Vanessa, Josi, Kelly, Carol, Maria Carolina e Carlos pela ajuda incondicional para a realização das atividades e pela amizade.

Às minhas amigas de hoje e de sempre pela valiosa amizade e carinho

Aos funcionários do Departamento de Tecnologia Dirce Renata, Andréa, Elisabete e Renata pela habitual atenção e amizade .

A todos que direta ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

**O meu muito obrigada!**

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                     |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>RESUMO.....</b>                                                                                                                                                                  | <b>xi</b>  |
| <b>SUMMARY.....</b>                                                                                                                                                                 | <b>xii</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                                                                                                                                           | <b>1</b>   |
| <b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                                                                                                                                | <b>3</b>   |
| 2.1. Descrição da cultivar.....                                                                                                                                                     | 3          |
| 2.2. Aspectos pós-colheita.....                                                                                                                                                     | 4          |
| 2.3. Doenças pós-colheita em pêssego.....                                                                                                                                           | 6          |
| 2.4. Atmosfera controlada.....                                                                                                                                                      | 8          |
| <b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                                                                                                                                   | <b>12</b>  |
| 3.1. Obtenção da atmosfera controlada.....                                                                                                                                          | 13         |
| 3.2. Material vegetal e tratamentos preliminares.....                                                                                                                               | 14         |
| 3.3. Obtenção do isolado de <i>Monilinia fructicola</i> .....                                                                                                                       | 14         |
| 3.4. Efeito da atmosfera controlada com diferentes concentrações de dióxido de carbono no desenvolvimento de <i>Monilinia fructicola</i> e na qualidade de pêssegos 'Aurora-1'..... | 15         |
| 3.4.1. Experimento 1 - Diferentes concentrações de dióxido de carbono no controle <i>in vitro</i> no desenvolvimento de <i>Monilinia fructicola</i> .....                           | 15         |
| 3.4.2. Experimento 2 - Diferentes concentrações de dióxido de carbono no controle <i>in vivo</i> no desenvolvimento de <i>Monilinia fructicola</i> .....                            | 25         |
| 3.4.3. Experimento 3 - Diferentes concentrações de dióxido de carbono no prolongamento da vida útil de pêssegos 'Aurora -1'.....                                                    | 16         |
| 3.5. Efeito da atmosfera controlada com diferentes concentrações de oxigênio no desenvolvimento de <i>Monilinia fructicola</i> e na qualidade de pêssegos 'Aurora-1'.....           | 18         |
| 3.5.1. Experimento 4 - Diferentes concentrações de oxigênio no controle <i>in vitro</i> no desenvolvimento de <i>Monilinia fructicola</i> .....                                     | 18         |
| 3.5.2. Experimento 5 - Diferentes concentrações de oxigênio no controle <i>in vivo</i> no desenvolvimento de <i>Monilinia fructicola</i> .....                                      | 18         |
| 3.5.3. Experimento 6 - Diferentes concentrações de dióxido de carbono no prolongamento da vida útil de pêssegos 'Aurora -1'.....                                                    | 28         |
| 3.6. Avaliações Físico -Químicas.....                                                                                                                                               | 19         |

|                                                                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                                                                                                   | <b>20</b> |
| 4.1. Experimento 1 - Diferentes concentrações de dióxido de carbono no controle <i>in vitro</i> no desenvolvimento de <i>Monilinia fructicola</i> ..... | 20        |
| 4.2. Experimento 2 - Diferentes concentrações de dióxido de carbono no controle <i>in vivo</i> no desenvolvimento de <i>Monilinia fructicola</i> .....  | 21        |
| 4.3. Experimento 3 - Diferentes concentrações de dióxido de carbono no prolongamento da vida útil de pêssegos 'Aurora -1' .....                         | 34        |
| 4.4. Experimento 4 - Diferentes concentrações de oxigênio no controle <i>in vitro</i> no desenvolvimento de <i>Monilinia fructicola</i> .....           | 47        |
| 4.5. Experimento 5 - Diferentes concentrações de oxigênio no controle <i>in vivo</i> no desenvolvimento de <i>Monilinia fructicola</i> .....            | 48        |
| 4.6. Experimento 6 - Diferentes concentrações de oxigênio no prolongamento da vida útil de pêssegos 'Aurora-1' .....                                    | 60        |
| <b>5. CONCLUSÕES.....</b>                                                                                                                               | <b>71</b> |
| <b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>                                                                                                              | <b>71</b> |
| <b>7. ANEXOS.....</b>                                                                                                                                   | <b>78</b> |

## **EFEITO DE ATMOSFERA CONTROLADA NO DESENVOLVIMENTO DE *Monilinia fructicola* E NA QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE PÊSSEGOS 'AURORA-1'**

**RESUMO** - O objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência da atmosfera controlada com distintas concentrações de dióxido de carbono e de oxigênio, isoladamente, no controle *in vitro* e *in vivo* de *Monilinia fructicola*; avaliando o comportamento fisiológico, físico-químico e bioquímico dos pêssegos 'Aurora-1' quando submetidos à atmosfera controlada. O efeito da atmosfera controlada foi composto por quatro concentrações de CO<sub>2</sub> (1, 3, 6 e 12% CO<sub>2</sub> + concentração fixa de 20% O<sub>2</sub>) e quatro atmosferas de O<sub>2</sub> (1, 6, 40 e 80% O<sub>2</sub>). Os frutos controle permaneceram em atmosfera de 21% O<sub>2</sub>. O armazenamento foi realizado a 12 °C e 98% UR. No experimento *in vitro* foi avaliado o crescimento micelial de *Monilinia fructicola* utilizando 10 placas de Petri por tratamento. O experimento *in vivo* foi avaliado através de pêssegos 'Aurora 1' inoculados, utilizando-se três repetições com cinco frutos cada. O experimento do prolongamento da vida útil de pêssegos foi avaliado utilizando-se três repetições com cinco frutos cada. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado. Nos experimentos *in vivo* e no experimento do prolongamento da vida útil foram analisados a incidência e a severidade da doença (diâmetro da lesão), aparência externa, perda acumulada de massa fresca, firmeza dos frutos, coloração da polpa e da cor de fundo da casca, teores de sólidos solúveis e acidez titulável, atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, teores de pectina solúvel e total. As atmosferas de 12% CO<sub>2</sub> + 20% O<sub>2</sub> e 6% O<sub>2</sub> registraram os menores crescimentos miceliais de *Monilinia fructicola* após 14 dias de armazenamento. A condição de atmosfera controlada de 1% CO<sub>2</sub> + 20% O<sub>2</sub> e a de 40% O<sub>2</sub> possibilitaram menor crescimento micelial em pêssegos inoculados com *Monilinia fructicola*. A condição de atmosfera controlada com 1% CO<sub>2</sub> + 20% O<sub>2</sub> foi adequada por permitir a ausência de doenças durante dos 28 dias de armazenamento sem comprometer as características físico-químicas dos frutos. A atmosfera controlada contendo 1% O<sub>2</sub> possibilitou as melhores condições de armazenamento dos frutos.

**Palavras-chave:** Oxigênio; dióxido de carbono; Podridão parda; *Prunus persica*.

## EFFECT OF CONTROLLED ATMOSPHERE ON THE DEVELOPMENT OF *Monilinia fructicola* AND POSTHARVEST QUALITY OF PEACHES 'AURORA-1'

**SUMMARY** - The objective of this research was to evaluate the influence of controlled atmosphere with different concentrations of carbon dioxide and oxygen alone in control *in vitro* and *in vivo Monilinia fructicola*; evaluating the physiological, physicochemical and biochemical behavior of peaches 'Aurora-1' when subjected to controlled atmosphere. The effect of controlled atmosphere is composed of four concentrations of CO<sub>2</sub> (1, 3, 6 and 12% CO<sub>2</sub> + 20% fixed concentration of O<sub>2</sub>) and four atmospheres of O<sub>2</sub> (1, 6, 40 and 80% O<sub>2</sub>). Control fruits remained in atmosphere of 21% O<sub>2</sub>. They were stored at 12 °C and 98% RH. *In vitro* we evaluated the mycelial growth of *Monilinia fructicola* using 10 Petri dishes per treatment. The experiment *in vivo* was assessed by peaches 'Aurora 1' inoculated, using three replicates of five fruits each. The experiment of extending the life of peaches was evaluated using three replicates of five fruits each. The experimental design was completely randomized. *In vivo* experiments and in the experiment of prolonging the lifetime incidence and disease severity (lesion diameter), external appearance, accumulated loss of fresh weight, fruit firmness, pulp color and background color of the bark were analyzed, soluble solids and titratable acidity, enzymes activities of peroxidase and polyphenyloxidase, contents of soluble and total pectin. The atmosphere of 12% CO<sub>2</sub> + 20% O<sub>2</sub> and 6% O<sub>2</sub> recorded the lowest *Monilinia fructicola* mycelial growth after 14 days of storage. The condition of the controlled atmosphere of 1% CO<sub>2</sub> + 20% O<sub>2</sub> and 40% O<sub>2</sub> allowed lower mycelial growth in peaches inoculated with *Monilinia fructicola*. The controlled atmosphere condition with 1% CO<sub>2</sub> + 20% O<sub>2</sub> was adequate to allow the absence of disease during the 28 days of storage without compromising the physical-chemical characteristics of fruits. The controlled atmosphere containing 1% O<sub>2</sub> are the best conditions for storing fruits

**Keywords:** Oxygen; carbon dioxide; Brown rot; *Prunus persica*.

## 1. INTRODUÇÃO

O pessegueiro vem se tornando uma cultura de grande expressão para regiões de inverno menos rigoroso, graças às novas cultivares desenvolvidas, principalmente pelo Instituto Agrônomo de Campinas-SP (IAC). Esta cultura está deixando de ser tratada como uma alternativa e vem se mostrando uma cultura economicamente viável como já está acontecendo no interior de São Paulo, na região de Jaboticabal, com a utilização da cultivar 'Aurora - 1'.

O crescimento da produção de pêssegos tropicais ainda esbarra na falta de tecnologia para sua conservação pós-colheita. Para resolver esta questão, devemos ampliar o conhecimento sobre os principais processos fisiológicos e patológicos que afetam a conservação desta fruta, permitindo assim aumentar o período de sua comercialização.

Os danos sofridos pelos frutos podem ser os mais diversos, podendo ser de ordem física, fisiológica e patológica, e são responsáveis por perdas quantitativas e qualitativas. As estimativas de danos pós-colheita em frutas variam de 10 a 50 % da produção (GUTIERREZ, 2005).

O dano patológico é um dos principais gargalos na fase pós-colheita de frutas, ocasionando perdas expressivas. Sabe-se que o pêssego está sujeito a diversas doenças pós-colheita, entre elas se destacam a podridão parda, causada por *Monilinia fructicola* (MARTINS et al., 2005).

Com o intuito de aumentar a conservação pós-colheita e reduzir danos patológicos aos frutos, vários tratamentos são utilizados. O armazenamento refrigerado, principal método utilizado para conservação de pêssegos, diminui o metabolismo e evita a sua rápida deterioração (BRACKMANN et al., 2003). Segundo Cunha Júnior, Durigan e Mattiuz (2010) pêssegos da cv 'Aurora-1' quando armazenados a 2 °C podem ser conservados por até 35 dias. Entretanto, em alguns casos, somente a baixa temperatura pode ser insuficiente na preservação da qualidade dos mesmos. Outras técnicas aliadas à refrigeração têm sido utilizadas com êxito, tais como a modificação ou o controle da atmosfera (KLUGE et al., 2002).

Segundo Lurie (1992) e Palmer et al. (1997) a utilização de atmosfera controlada é considerado como o sistema mais eficiente para a estocagem de frutas de caroço, embora os custos de instalação e operacionais sejam maiores do que o armazenamento em ar refrigerado. A combinação das concentrações ideais dos gases para cada tipo de fruta com a refrigeração, retarda a atividade respiratória, o amolecimento, as mudanças de coloração e o desenvolvimento de doenças.

Estudos realizados por Nava e Brackmann (2002) em armazenamento de pêssegos 'Chiripá' com o uso de atmosfera controlada contendo 2 kPa O<sub>2</sub> e 8 kPa CO<sub>2</sub> reduziu a incidência de podridões por até 8 semanas de armazenamento. Brackmann et al. (2003) observaram que pêssegos 'Chimarrita' se conservam por um maior período quando armazenados com as atmosferas de 1 kPa O<sub>2</sub> e 3 kPa CO<sub>2</sub> à -0,2 °C mais 2 dias de armazenamento em temperatura ambiente (20 °C) e apresentam menor incidência de podridões e esporulação de fungo.

Uma estratégia alternativa ao emprego de tratamento químico, para o controle de doenças pós-colheita, é a utilização da atmosfera controlada que retarda o metabolismo dos frutos, proporcionando maior vida útil, permitindo a redução do desenvolvimento de doenças. O uso de altas pressões parciais de CO<sub>2</sub> atua diretamente no metabolismo dos frutos e/ou sobre a germinação e desenvolvimento de agentes patogênicos (WELLS; UOTA, 1970). Brackmann et al. (2005) observaram redução na incidência de podridões em pêssegos 'Eldorado' acondicionados em atmosfera controlada com níveis de 2 kPa O<sub>2</sub> + 5 kPa CO<sub>2</sub> à temperatura de -0,5 °C.

Estudos com atmosfera com altas concentrações de CO<sub>2</sub> e baixa de O<sub>2</sub> demonstram excelentes resultados na conservação para os diversos produtos de origem vegetal, enquanto que algumas frutas e hortaliças apresentam bom resultado em atmosferas com altas concentrações de oxigênio (VAN DER STEEN et al., 2002). Entretanto, há necessidade de estudar a aplicação dessas tecnologias na conservação de pêssegos tropicais e seu real efeito no controle de *Monilinia fructicola*, sendo considerado um grande problema nas regiões produtoras desta fruta e constatação de estirpes resistentes a determinados produtos químicos.

Portanto, ocorre a necessidade de se pesquisar as melhores condições de armazenamento sob atmosfera controlada para pêssegos cultivados em regiões tropicais, este trabalho tem como objetivos avaliar a influência da atmosfera controlada com distintas concentrações de dióxido de carbono e de oxigênio, isoladamente, no controle *in vitro* e *in vivo* de *Monilinia fructicola*; avaliando o comportamento fisiológico, físico-químico e bioquímico dos pêssegos 'Aurora-1' quando submetidos à atmosfera controlada.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Descrição da cultivar**

O pêssego (*Prunus persica* (L.) Batsch) é um fruto climatérico, por apresentar durante o seu processo de amadurecimento um pico na taxa respiratória, que é precedido de aumento na liberação auto catalítica e endógena do etileno (KLUGE et al., 2002; CUQUEL et al., 2004).

O pêssego 'Aurora-1' é uma cultivar de maturação precoce, obtida pelo programa de melhoramento genético do Instituto Agronômico de Campinas (IAC), cuja planta é muito vigorosa, de excepcional produtividade e pouco exigente em frio. A colheita de seus frutos inicia-se em meados de outubro e estende-se até o final de novembro, porém, sob temperaturas mais elevadas a maturação torna-se ainda mais precoce, com seus frutos colhidos no início de outubro. As características dos frutos são: peso médio (90-110 g), formato oblongo, epiderme com fundo amarelado e matiz vermelha intensa (belo aspecto avermelhado), caroço pequeno e preso, polpa firme e amarelada com auréola tênue ao redor do caroço, sabor acentuadamente doce, baixa acidez (pH 4,6) e teor de açúcares em torno de 14°Brix. Os frutos destinam-se ao mercado *in natura*, apesar de ser considerado de dupla finalidade (OJIMA et al., 1989).

Quanto ao ponto de colheita Cunha Junior et al. (2007), relatam que frutos aos 90 e 97 dias após o florescimento se encontram com ângulo de cor 100-115°, denominado "de vez", maturidade fisiológica e entre 97 a 104 dias, após florescimento se encontram maduros (ângulo de cor de 80-106°), sendo este o estágio mais utilizado pelos produtores.

Em relação à produtividade é o que mais tem se destacado podendo, em alguns casos, atingir 20 t ha<sup>-1</sup>. Apresenta pequena exigência de frio para sair do estado de dormência (inferior a 100 horas) e é a cultivar que tem proporcionado o melhor desempenho para região de Jaboticabal - SP (PEREIRA et al., 2002).

## **2.2. Aspectos pós-colheita**

Pouco se sabe sobre os efeitos do armazenamento a frio em diferentes estádios de maturação de pêssegos cultivados em regiões subtropicais. As condições experimentais utilizadas por muitos autores são variáveis no que diz respeito ao local de cultivo, cultivares e temperaturas de armazenamento (SILVA et al., 2013). O armazenamento refrigerado favorece o prolongamento da vida útil do vegetal, por promover a desaceleração da taxa respiratória, principal processo fisiológico pós-colheita, porém, temperaturas extremamente baixas, podem aumentar os riscos de distúrbios fisiológicos como a friagem ou “chilling injury” (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Embora o armazenamento refrigerado seja o método mais utilizado na conservação dos produtos hortícolas, nem sempre a cadeia de distribuição e comercialização proporciona uma cadeia de frio uniforme. Para auxiliar a técnica de refrigeração na conservação de produto hortícola, são utilizados tratamentos complementares como o uso de fungicidas, filmes poliméricos, embalagem, atmosfera controlada, entre outros.

O armazenamento sob atmosfera controlada, com a redução dos níveis de O<sub>2</sub> e o incremento dos níveis de CO<sub>2</sub>, em combinação com temperatura adequada, tem se mostrado viáveis para prolongar a vida útil e manter a qualidade de vários produtos hortícolas (KADER, 2003).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), os efeitos que o O<sub>2</sub>, o CO<sub>2</sub> e o etileno exercem sobre frutas e hortaliças frescas, apesar de bastante estudados, não são completamente entendidos. O oxigênio é um substrato e o dióxido de carbono é o produto da respiração e ambos modulam, direta ou indiretamente, as atividades do sistema respiratório e um grande número de sistemas enzimáticos. Liu et al., (2004) relatam que níveis elevados de CO<sub>2</sub>

reduzem a atividade de enzimas da rota glicolítica e do ciclo do ácido tricarboxílico, diminuindo a produção de  $\text{CO}_2$ .

Atmosfera com baixa concentração de  $\text{O}_2$  (abaixo de 8%) reduz a produção de etileno através da inibição da atividade do ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico (ACC) sintase e do ACC oxidase (KADER, 1995). Por outro lado, atmosfera com elevada concentração de  $\text{CO}_2$  pode reduzir, promover ou não ter efeito na produção do etileno ou em sua ação, dependendo do tipo, da variedade, do estágio de maturação e da qualidade inicial do fruto, assim como a concentração de  $\text{CO}_2$ , a temperatura e na duração da exposição a estas condições (CHAVES-FRANCO; KADER, 1993).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005) os pêssegos podem ser armazenados em atmosfera controlada com 1 a 2%  $\text{O}_2$  e 3 a 5%  $\text{CO}_2$  e temperatura de 1 °C à 0,5 °C por até seis semanas. Entretanto as concentrações atmosféricas de armazenamento ideais podem ser afetadas por diversos fatores, variando com a cultivar, condição de cultivo, dentre outros, necessitando de estudos específicos.

Cunha Júnior, Durigan e Mattiuz (2010) relatam que pêssegos da cultivar 'Aurora-1' não são sensíveis a danos por frio nas temperaturas de 2 °C, 6 °C e 12 °C, sendo que os frutos conservam por até 35, 21 e 14 dias, respectivamente, e que a redução da temperatura de armazenamento propiciou redução na cor externa, na perda acumulada de massa fresca e menor ocorrência de doença, sendo estes efeitos maiores quanto menor a temperatura de armazenamento.

Kader (1986) relata que baixas concentrações de oxigênio (menores que 8%) e/ou altas de  $\text{CO}_2$  (maiores que 1%) podem minimizar algumas desordens fisiológicas, como as injúrias pelo frio; tem efeito direto ou indireto na redução da ação de patógenos pós-colheita e, conseqüentemente, no apodrecimento. Este autor também destaca alguns problemas causados por atmosferas diferentes da ótima, ou seja, início ou agravamento de certas desordens fisiológicas, como o escurecimento interno em maçãs e pêras, amadurecimento irregular em bananas, mangas, pêras e tomates, e aumento na susceptibilidade ao apodrecimento, quando a fruta é injuriada por concentrações muito baixas de  $\text{O}_2$  ou muito altas de  $\text{CO}_2$ .

Cano-Salazar, López e Echeverría (2013) relatam que elevadas concentrações de CO<sub>2</sub> com redução de O<sub>2</sub> podem reduzir injúrias por baixas temperaturas em diferentes cultivares de pêssegos e nectarinas.

Segundo Brackmann et al., (2012) uma forma de diminuir os distúrbios fisiológicos em maçãs e prolongar a vida pós-armazenamento, foi aumentar a concentração de CO<sub>2</sub> no período final de armazenamento, pois há interferência na taxa respiratória e na produção de etileno durante a fase de armazenamento.

De acordo com Steffens et al. (2013) ameixas 'Laetitia' podem ser armazenadas em atmosfera controlada por 60 dias, com pressões de 1 kPa O<sub>2</sub> + 1 kPa CO<sub>2</sub> e 2 kPa O<sub>2</sub> + 3 kPa CO<sub>2</sub>, o qual retardou o amadurecimento, porém ocorreu degenerescência da polpa, os autores destacam a necessidade de novos estudos para definir o período máximo de armazenamento e a melhor condição de atmosfera controlada.

Algumas frutas e hortaliças apresentam boa resposta pós-colheita a atmosfera com concentrações elevadas de oxigênio isoladamente ou em combinação com elevada concentração de dióxido de carbono (KADER; BEN-YEHOSHUA, 2000). Essas atmosferas podem influenciar positivamente na fisiologia e na manutenção da qualidade de produtos vegetais, inibindo o escurecimento enzimático, prevenindo reações de fermentação anaeróbica e alterando o crescimento de microrganismos aeróbicos e anaeróbicos (KE et al., 1994; VAN DER STEEN et al., 2002).

A atmosfera controlada também possibilita o controle de patogenicidades pós-colheita. Várias técnicas tem sido propostas com altas concentrações de CO<sub>2</sub> (WELLS; UOTA, 1970), concentrações variáveis de O<sub>2</sub> (CORDENUNSI et al., 2003; ZHENG et al., 2008; ESCALONA et al., 2006), e a utilização de atmosferas enriquecidas com gases com efeitos fungicidas (GOFFINGS; HERREGODS, 1989; BERRY; AKED, 1997), aliando a redução no metabolismo vegetal com a redução na incidência de doenças, com efeitos benéficos na conservação pós-colheita de frutos.

### **2.3. Doenças pós-colheita em pêssego**

Em estudo realizado na Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo – CEAGESP foi constatado que os danos em pêssegos comercializados variam entre 4,9 a 44,5 % e que os danos provocados por doenças variam de 2,4 a 15,2 %, demonstrando que o desenvolvimento de doença pós-colheita pode chegar a 1/3 dos danos nessa fruta (MARTINS et al., 2005).

O pêssego está sujeito a diversas doenças pós-colheita que acarretam perdas quantitativas e qualitativas. Os fungos *Monilinia fructicola* e *Rhizopus stolonifer*, estão entre os mais comuns agentes causais de doenças nesta fase (MARTINS et al., 2005; ABREU et al., 2008).

O dano causado por *Monilinia fructicola* (G. Winter Honey) é comumente chamada de podridão parda, pois seu sintoma no pêssego é caracterizado por uma lesão encharcada e circular, que aumenta rapidamente de tamanho, recoberta de esporos de coloração parda acinzentada (MARTINS et al., 2005). A podridão parda é considerada por alguns autores a principal doença dessa cultura, sendo que a infecção inicia nas flores e passa para os ramos, os quais podem fornecer inóculo para os frutos durante o crescimento e a maturação (LARENA et al., 2005), causando sérios problemas na pós-colheita (ABREU, 2006). Os conídios são disseminados pelo vento, água e insetos, atingindo os frutos, nos quais podem penetrar, também, diretamente pela cutícula ou por pequenos ferimentos (ABREU, 2006).

O tratamento químico é considerado o mais efetivo para evitar perdas por doenças, entretanto, há diversos relatos que este método pode causar aumento das estirpes resistentes e apresentar efeito prejudicial à saúde humana (ABREU, 2006). Por isso tem sido preconizada a utilização de estratégias alternativas na fase pós-colheita, como a utilização de compostos naturais (ROMANAZZI et al., 2002), uso de sanificantes (ABREU, 2006), óleos essenciais (NEGREIROS et al., 2013) entre outros.

Outra forma que apresenta potencial para o controle de patógenos pós-colheita é a utilização de atmosfera controlada com altas concentrações de CO<sub>2</sub> e/ou baixas concentrações de O<sub>2</sub>, bem como a utilização de atmosferas enriquecidas com gases com efeitos fungicidas, aliando assim uma redução no metabolismo vegetal com a redução da incidência de doenças.

Brackmann et al. (1996) analisaram o efeito *in vitro* das concentrações de CO<sub>2</sub> e de O<sub>2</sub> sobre a incidência de *Penicillium expansum* e observaram que a concentração de 20% CO<sub>2</sub> inibiu o crescimento do fungo. Vries-Paterson et al. (1991) observaram que o crescimento de *Monilinia fructicola* foi completamente inibido com 50% CO<sub>2</sub> durante 7 dias de armazenamento à 20°C.

O uso de altas pressões parciais de CO<sub>2</sub> atua diretamente no metabolismo dos frutos e/ou sobre a germinação e desenvolvimento de agentes patogênicos (WELLS; UOTA, 1970). Baixas concentrações de O<sub>2</sub>, com ou sem combinações com altas concentrações de CO<sub>2</sub>, podem ter efeitos benéficos na vida pós-colheita como a redução da deterioração e de podridões (CORDENUNSI et al., 2003).

O uso de atmosfera com concentrações superiores a 70% O<sub>2</sub> tem produzido bons resultados na inibição do crescimento bacteriano, leveduras e fungos, além da redução da taxa respiratória dos vegetais (ESCALONA et al., 2006).

Segundo Alves et al. (2010) houve menor incidência de podridões em ameixas 'Laetitia', quando retiradas da câmara após 60 dias de armazenamento, sob atmosfera controlada de 2,0 kPa O<sub>2</sub> + 5,0 kPa CO<sub>2</sub>.

## **2.4. Atmosfera controlada**

O armazenamento em atmosfera controlada é muito utilizado comercialmente no Brasil para o armazenamento de maçãs e kiwi (BRACKMANN et al., 2003). Na Europa e nos EUA, a atmosfera controlada é a técnica mais comumente utilizada no armazenamento de frutas de caroço.

Segundo Brackmann et al. (2007), para a exportação dos frutos, o transporte marítimo é o mais vantajoso economicamente, porém o período pode ser mais prolongado, por isso é importante estabelecer condições adequadas para a manutenção e a qualidade dos frutos.

Kader (1989) relata que pêssegos toleram concentração mínima de 2% O<sub>2</sub> e máximo de 5% CO<sub>2</sub>. Entretanto, Ceretta et al. (2000) verificaram que a melhor condição de conservação para o pêssego 'Eldorado' é 1% O<sub>2</sub> associado

a 3% CO<sub>2</sub>. Brackmann et al. (2003) também concluíram que essa composição atmosférica é a melhor condição para a conservação de pêssego 'Chimarrita'.

A manutenção da qualidade de pêssegos pode ser influenciada pelos cultivares e condições de atmosfera controlada, 'Hale Haven' com 2% O<sub>2</sub> + 5% ou 10% CO<sub>2</sub> (ERIS et al., 1994) e 'Eragil' com 1 a 2 kPa O<sub>2</sub> + 8 kPa CO<sub>2</sub> (BRACKMANN et al.; 2013) e ameixas 'Laetitia' com 2,0 kPa O<sub>2</sub> + 5,0 kPa CO<sub>2</sub> (ALVES et al., 2010).

Algumas frutas e hortaliças apresentam boa resposta pós-colheita a super atmosfera de oxigênio isoladamente ou em combinação com elevadas concentrações de dióxido de carbono (KADER; BEN-YEHOSHUA, 2000).

Estudos têm demonstrado que atmosferas com altos níveis de O<sub>2</sub> podem influenciar positivamente na fisiologia e na manutenção da qualidade de produtos vegetais, inibindo o escurecimento enzimático, prevenindo reações de fermentação anaeróbica e alterando o crescimento de microrganismos aeróbicos e anaeróbicos (KE et al., 1994). Porém super atmosferas de oxigênio podem provocar stress ao fruto e ocasionar aumento na atividade da enzima peroxidase (WANG; TIAN, XU, 2005).

Segundo Fernández-Trujillo et al. (1998) pêssegos tem seu amadurecimento atrasado quando armazenados em atmosfera controlada com elevada concentração de CO<sub>2</sub> e baixa de O<sub>2</sub>. Giehl (2006) estudando pêssegos 'Chiripá', observou redução na taxa respiratória de pêssegos armazenados sob baixa concentração de oxigênio e de alto dióxido de carbono quando comparado a taxa dos frutos armazenados em ar atmosférico.

Segundo Lana e Finger (2000), os níveis mínimos de O<sub>2</sub> e máximos de CO<sub>2</sub> são limitados pela sensibilidade dos tecidos à indução da respiração anaeróbica e injúria por CO<sub>2</sub>, respectivamente, sendo variável de acordo com a cultivar. Os mesmos autores relatam que, pêssegos armazenados à temperatura de 0-5°C com umidade relativa 85-95%, com concentrações que variam de 1 a 2% O<sub>2</sub> e 5% CO<sub>2</sub> têm boa perspectiva de durabilidade, dependendo da cultivar utilizada.

A manutenção da firmeza da polpa foi influenciada pelas condições de controle da atmosfera em pêssegos 'Eldorado' com 2% O<sub>2</sub> + 5% CO<sub>2</sub> a 0,5 °C (BRACKMANN et al., 2005) e em pêssegos 'Maciel' com 2% O<sub>2</sub> + 4% CO<sub>2</sub> a - 0,5 °C (SESTARI et al., 2008)

Foi observado por Santana et al. (2011a) uma menor firmeza da polpa dos pêssegos 'Douradão' em atmosferas controladas de 5% CO<sub>2</sub> + 1,5% O<sub>2</sub> e 10% CO<sub>2</sub> + 1,5% O<sub>2</sub> a 1 °C, durante 28 dias de armazenamento e em pêssegos 'Chiripá' o controle da atmosfera exerceu pouca influência sobre a firmeza (NAVA, 2001). Já Eris et al. (1994) apresentam resultados contrários em pêssegos 'Hale Haven'.

Cano-Salazar, López e Echeverría (2013) observaram em atmosfera de 6 kPa O<sub>2</sub> + 17 kPa CO<sub>2</sub> durante 40 dias de armazenamento a -0,5 °C, maior firmeza das nectarinas 'Big Top' e menores valores de sólidos solúveis em pêssegos 'Early Rich' e não encontraram diferenças significativas dos teores de acidez titulável nos diferentes cultivares de pêssegos e nectarinas analisados independente do tempo de armazenamento.

Maiores teores de acidez titulável foram encontradas por Sestari et al. (2008) em distintas atmosferas controladas 2% O<sub>2</sub> + 4% CO<sub>2</sub>; 1% O<sub>2</sub> + 3% CO<sub>2</sub> e 2% O<sub>2</sub> + 6% CO<sub>2</sub> com pêssegos 'Maciel' e por Brackmann et al. (2009) com pêssegos 'Eragil'. Já Rombaldi et al. (2002) revelaram que pêssegos 'Chiripá' em atmosfera controlada com 1,5 kPa O<sub>2</sub> + 5,0 kPa CO<sub>2</sub> apresentaram menor acidez titulável quando comparados aos frutos controle.

De acordo com Brackmann et al. (2008) o armazenamento de maçãs 'Galaxy' em atmosfera controlada sob concentração de 0,8 a 1 kPa O<sub>2</sub> + 2,5 kPa CO<sub>2</sub> apresentou maior firmeza da polpa e maior acidez titulável.

Em maçãs 'Maxi Gala' Weber et al. (2013) encontraram na temperatura de 1 °C com atmosfera controlada entre 0,8 e 1,2 kPa O<sub>2</sub> associada a 1,5 e 2,0 kPa CO<sub>2</sub> redução na perda da firmeza da polpa, maiores teores de sólidos solúveis e ausência de podridões.

O conteúdo de sólidos solúveis tende a aumentar com o amadurecimento do pêssego, sendo variável, em função do genótipo e das condições ambientais. Conforme avaliações de Nava (2001), Brackmann et al. (2005) e Brackmann et al. (2009), ocorreram variações para os parâmetros de sabor dos frutos em função dos diferentes cultivares estudados 'Chiripá', 'Eldorado' e 'Eragil', os quais relataram nenhuma influência ou pouca influência da atmosfera controlada nos teores de sólidos solúveis.

O aumento da taxa respiratória dos frutos exige uma maior produção de energia, que é suprida em função da degradação de substâncias de reservas como amido e pectina em glicose, sacarose e frutose, o qual pode acarretar aumento nos teores de sólidos solúveis (PAYASI et al., 2009).

Diversos autores mencionaram redução da manifestação dos sintomas de lanosidade, sob as seguintes condições atmosféricas: 10% CO<sub>2</sub> associado a 10% O<sub>2</sub> (LURIE, 1992); 10% CO<sub>2</sub> + 3% O<sub>2</sub> (ZHOU et al., 2000); 3% CO<sub>2</sub> + 1% O<sub>2</sub> (NAVA; BRACKMANN, 2002); 5% CO<sub>2</sub> e 1,5% O<sub>2</sub> (GIRARDI et al., 2005), 1,5 kPa O<sub>2</sub> + 5 kPa CO<sub>2</sub> nos primeiros 30 dias de armazenamento (ROMBALDI et al., 2002).

Estudos demonstram que atmosferas com maiores teores de oxigênio e dióxido de carbono citados acima, também apresentam resultados satisfatórios na conservação pós-colheita e na prevenção da lanosidade em pêssegos e nectarina.

Cabe salientar que algumas atmosferas causam danos aos frutos, neste contexto Brackmann et al. (2005) demonstraram que atmosferas com 6% O<sub>2</sub> + 15% CO<sub>2</sub> e 1% O<sub>2</sub> associada a valores menores que 0,5% CO<sub>2</sub>, proporcionam maiores índices de escurecimento da polpa e incidência de doença quando comparados aos pêssegos acondicionados em atmosfera normal.

Ferrer-Mairal et al. (2012) ao estudarem as cultivares de pêssegos 'Jesca' e 'Evaia' obtiveram uma menor atividade da enzima polifenoloxidase (PPO), até os 40 dias de armazenamento e dos 30 aos 45 dias, em atmosfera de 5% CO<sub>2</sub> + 10% O<sub>2</sub>, à 0°C, estes resultados mostraram que estas condições preservaram a qualidade das duas cultivares analisadas.

Em armazenamento de pera 'Rocha', Galvis-Sánchez, Morais e Malcata (2003) relatam que a alta atividade da polifenoloxidase (PPO) foi influenciada pela alta concentração de CO<sub>2</sub>, o qual foi um fator limitante para a extensão do armazenamento dos frutos.

Pêssegos 'Okubao' armazenados em atmosfera com alta concentração de oxigênio (70%) apresentaram redução da incidência de doença e redução do escurecimento quando comparados ao ar atmosféricos (WANG; TIAN; XU, 2005).

Com relação à coloração da casca, Brackmann et al. (2005) verificaram que pêssegos 'Eldorado' armazenados sob atmosfera com 6% O<sub>2</sub> + 15% CO<sub>2</sub>

apresentam menor avanço na coloração da epiderme, quando comparados aos frutos em atmosfera 1% O<sub>2</sub> + < 0,5%CO<sub>2</sub> na mesma temperatura de refrigeração. Nava (2001) estudando frutos da cultivar 'Chiripá', constata que a melhor manutenção da cor, ocorrem nas condições atmosféricas de 0,8% O<sub>2</sub> + 3% CO<sub>2</sub> e 1% O<sub>2</sub> associado a 4% e 5% CO<sub>2</sub>. Steffens et al. (2006) submeteu diferentes cultivares de pêssegos ('Jubileu', 'Maciel' e 'Eldorado') a atmosferas de 1 KPa O<sub>2</sub> + 5 KPa CO<sub>2</sub> (10 °C) e 1 KPa O<sub>2</sub> + 10 KPa CO<sub>2</sub> (10 °C e 0 °C) e observaram que o escurecimento da polpa variou entre os cultivares e as temperaturas de armazenamento.

Segundo Girardi et al. (2005), Nava e Brackmann (2002) e Wankier et al. (1970), observaram uma tendência de frutos mantidos em atmosfera controlada em apresentarem coloração menos intensa que os frutos controle. Brackmann et al. (2007) relataram que pêssegos cv. 'Granada', não demonstraram influência significativa na cor de fundo da epiderme dos frutos com atmosfera controlada, entretanto na saída da câmara, as condições de armazenamento com pressões parciais de CO<sub>2</sub> mais elevadas (5 e 15%) mantiveram os frutos mais verdes após quatro dias a 20°C.

Santana, Benedetti e Sigrist (2011b) também não encontraram diferença significativa na coloração da epiderme dos pêssegos 'Douradão' em atmosfera controlada e relatam que a temperatura de 1 °C com variação de CO<sub>2</sub> e manutenção de O<sub>2</sub> pode ter inibido a degradação da clorofila e a síntese de carotenóides.

Lana e Finger (2000) relatam que a atmosfera de armazenamento com baixa concentração de oxigênio associada ou não a altas concentrações de dióxido de carbono demonstram efeito sob a degradação da clorofila.

Atmosferas com níveis baixos de oxigênio associadas ou não a níveis altos de dióxido de carbono, têm demonstrando efeitos benéficos na conservação de frutas, entretanto, podem gerar desarranjo celular culminando com a elevação dos níveis de acetaldeído, etanol, acetato de etila e lactato de etila, causando aromas indesejáveis aos frutos, quando estes são expostos acima dos seus respectivos limites de tolerância (KADER, 2003).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1. Obtenção da atmosfera controlada

O equipamento utilizado para obtenção da atmosfera controlada foi o fluxcentro (“Flowboard”), com regulagem na pressão com uma válvula diferencial que é utilizada em botijão de gás GLP doméstico, conforme o descrito por CALBO (1989), o que evita a perda de mistura gasosa quando se usa um barostato (CERQUEIRA et al, 2009).

Os gases ( $O_2$ ,  $CO_2$  e  $N_2$ ) em linhas individuais foram umidificados através da passagem por recipiente de plástico (20 L) contendo água destilada. Após serem umidificados, os gases entram no fluxcentro e, neste, cada linha de gás passa por um controlador de pressão, que permite controlar e manter a pressão do equipamento em 60 cm de coluna de água. Uma vez equilibrada a pressão, os gases seguem para os distribuidores (Figura 1).

Os fluxos desejados foram obtidos com capilares flexíveis de cobre. Os diâmetros dos capilares foram ajustados com morsa mecânica, e os fluxos obtidos foram aferidos em um bolhômetro padrão de vidro graduado de 50 mL.



**Figura 1:** Fluxcentro e câmaras de armazenamento sob atmosfera controlada.

Determinados os fluxos de cada gás, estes seguiram para os misturadores. Os gases foram misturados através de duas conexões. A primeira conexão realizou a pré-mistura, com apenas dois gases. A pré-mistura foi conduzida para a segunda conexão onde ocorreu a mistura do terceiro gás. As misturas prontas foram conduzidas até as câmaras herméticas com capacidade para 52,8 L.























































































































































