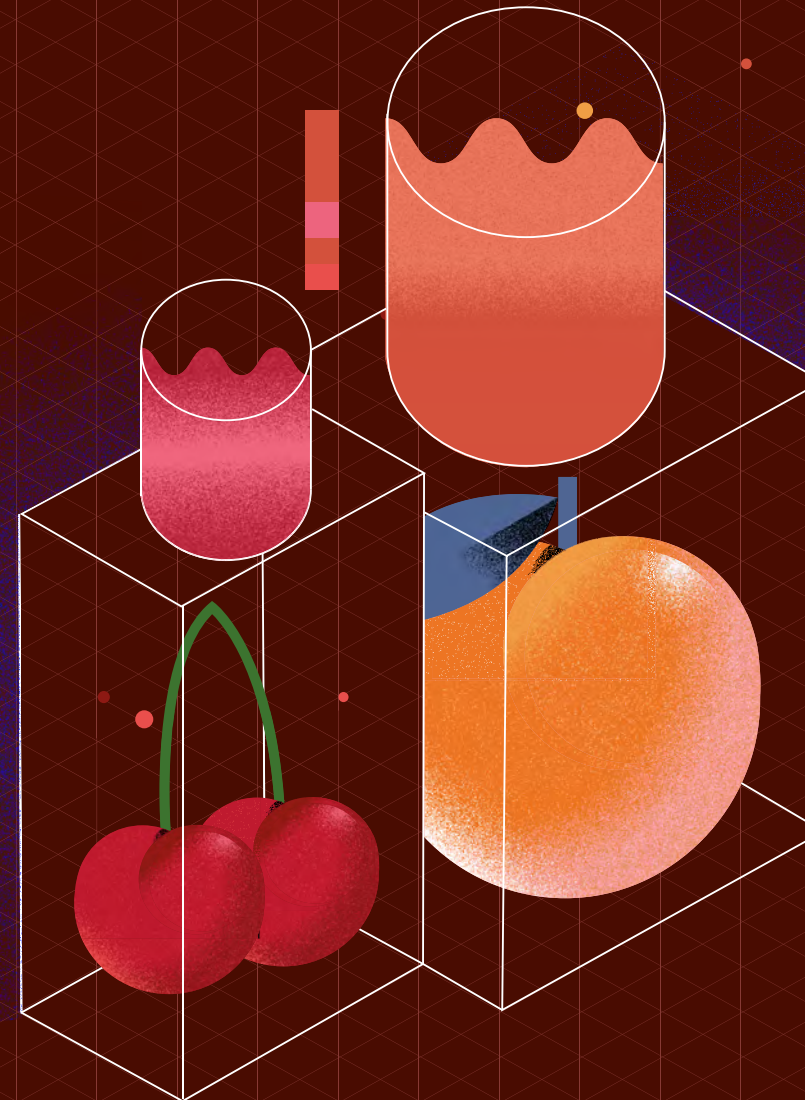


PRUNUSPÓS

Inovação no pós-colheita de pêsego e cereja

PrunusPÓS

Inovação no pós-colheita de pêsego e cereja



2022

PRUNUSPÓS

PrunusPÓS

Inovação no pós-colheita de pêsego e cereja

Ficha técnica

Título:
PrunusPÓS - Inovação no pós-colheita de pêsego e cereja

Editores:
Maria Paula Simões e Carmo Martins

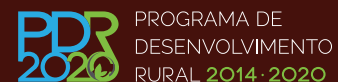
Propriedade e edição:
Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional - Centro de Competências (COTHN-CC)

Revisão:
Maria Paula Simões

Grafismo da capa:
Super. Brand Consultants



Financiamento



Prefácio

Atendendo à competitividade dos mercados e a um consumidor cada vez mais informado e exigente, é crucial conseguir fazer chegar frutos frescos de grande qualidade, cumprindo à risca todos os critérios exigidos para garantir uma plena segurança alimentar. A tecnologia pós-colheita desempenha um papel fundamental na tentativa de estender a vida útil dos produtos agroalimentares por toda a cadeia de produção e distribuição.

As vantagens esperadas pela introdução de tecnologias pós-colheita consistem na redução de perdas (diminuição da perda de água, da degradação fisiológica, dos danos mecânicos), minimizar a degradação da qualidade (melhor cor, sabor ou aroma, menos defeitos) e benefícios de mercado (regulação do tempo da colheita, extensão da vida útil dos hortofrutícolas e posicionamento face ao cliente).

A qualidade da fruta elabora-se e garante-se na sua produção no campo, sendo maximizada na definição do momento óptimo da colheita. As frutas são organismos vivos sujeitos constantemente a condições adversas cuja qualidade fisiológica inicia a sua degradação a partir do momento da colheita sendo a própria operação cultural um ponto de agressão.

A longevidade pós-colheita está inversamente relacionada com a taxa respiratória e directamente relacionada com o estado de desenvolvimento no momento da colheita. A refrigeração é o método mais eficaz para minimizar a perda de qualidade, pois a taxa respiratória está directamente relacionada com a temperatura, podendo conjugar-se a utilização da atmosfera controlada com concentrações elevadas de CO₂ e concentrações baixas de O₂ para criar condições de maior inibição das taxas respiratórias e consequentemente controlar a evolução da maturação dos frutos.

A cereja e o pêssigo são frutos muito perecíveis com limitada vida útil pós-colheita apresentando vulnerabilidades de comportamento perante o mercado. A fase de conservação, em condições de frio e humidade ideais e controladas, é indispensável para mitigar essa perecibilidade bem como a sua natural degradação fisiológica durante a fase pós-colheita e consequentemente

alcançar vantagens competitivas e negociais quer em mercados de proximidade quer em internacionais.

A embalagem desempenha um papel importante na comercialização dos hortofrutícolas frescos. O sistema de embalagem deve oferecer ao produto protecção contra as agressões de natureza diversa que ocorrem durante o armazenamento, transporte, manuseamento e distribuição. É fundamental conhecer a cadeia de distribuição e as várias operações envolvidas para selecção e delineamento do projeto de embalagem. No caso da embalagem primária, ela desempenha também uma função de conservação prolongando a vida-útil dos produtos. A embalagem não pode ser considerada de forma independente do próprio produto, com as suas especificidades próprias de conservação e de utilização, da qualidade pretendida, do tipo de distribuição e do preço.

A rastreabilidade do processo de produção alimentar, responde a desafios complexos que resultam de requisitos de segurança cada vez mais exigentes. Conseguir rastrear todas as etapas da produção é um processo difícil e mesmo impossível de ser feito manualmente daí a necessidade de recorrer a ferramentas tecnológicas que simplificam o processo através da consulta rápida e fácil dos dados, a rapidez de acção caso seja necessário retirar um produto do mercado, bem como a possibilidade de integração com sistema de gestão acedendo a informações mais fiáveis e precisas em tempo real. Cada vez mais os requisitos legais associados à segurança alimentar estão mais exigentes e rigorosos. Além disso, a legislação alimentar internacional incentiva a que seja preservado o histórico dos dados de produção. Num sistema automatizado, o registo da informação é feito de modo mais rápido, com possibilidade de armazenamento sem perda de dados.

Filipe Costa

Cerfundão, Lda.

AGRADECIMENTOS

Os editores e autores agradecem ao Programa de Desenvolvimento Rural PDR2020, cofinanciado pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020, que financiou este livro e o projeto que lhe deu origem, o projeto **PrunusPÓS – Otimização de processos de armazenamento, conservação em frio, embalagem ativo e/ou inteligente, e rastreabilidade da qualidade alimentar no pós-colheita de produtos frutícolas.**

O projeto PrunusPÓS resulta de uma parceria entre a Organização de Produtores Cerfundão (líder), o CATAA, o COTHN, o IPCB- ESA, a UBI, a Sociedade Agrícola Quinta de Lamaçais e o produtor Cerejoranje. Tendo sido realizada a candidatura à bolsa de iniciativas em outubro de 2015, foi submetido como projeto em novembro de 2016, aprovado em junho de 2017 e a sua execução decorreu entre janeiro de 2018 e dezembro de 2021, encerrando o projeto em junho de 2022. Este projeto envolveu uma equipa multidisciplinar de 22 pessoas, onde se incluem os autores deste livro, que beneficiam do contributo de outros membros da equipa e aos quais são devedores. Um agradecimento especial aos colegas de equipa - Carmo Martins, do COTHN, Dora Ferreira, Magdalena Bigos e Yuran Belane, do IPCB-ESA, Cristina Rodrigues, da UBI, bem como aos gerentes da Cerfundão, Filipe Costa, José Castelo Branco, Patrique Martins e Paulo Ribeiro.

A dinâmica e interação do grupo de trabalho associado às Prunóideas foi um pilar fundamental para alcançar os objetivos delineados neste projeto, que estão refletidos nesta publicação, assim como para valorizar o potencial humano e material existente na região, nomeadamente a valorização da cereja e pêssego aqui produzido.

A vontade e empenho deste grupo de trabalho associado às Prunóideas constitui-se também como porta voz dos produtores na necessidade de criar um Polo de Inovação para as Prunóideas, que permita a realização de investigação e experimentação continuada, a captação de investimento associado à ciência e a valorização do *know-how* existente, todos fatores fundamentais para um desenvolvimento sustentado e valorização da fileira das Prunóideas.

PrunusPÓS

Inovação no pós-colheita de pêssego e cereja

Maria Paula Simões

(COORDENAÇÃO)

VOLUME III

CENTRO OPERATIVO E TECNOLÓGICO HORTOFRUTÍCOLA NACIONAL –
CENTRO DE COMPETÊNCIAS

Ficha Técnica

Título: PrunusPÓS – Inovação no pós-colheita de pêsego e cereja

Coordenação: Maria Paula Simões

Editor: COTHN-CC – Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional – Centro de Competências

Autores e copyright:

Abel Veloso

Adhiyaman Ilangovan

Cátia Baptista

Christophe Espírito-Santo

Conceição Amaro

Cristina Canavarro

Cristina Miguel Pintado

Diogo Morais

Dora Ferreira

Helena Beato

João Pedro Luz

Luís Pinto de Andrade

Mafalda Resende

Luísa Paulo

Maria Paula Simões

Martim Aguiar

Pedro Dinho Silva

Pedro Dinis Gaspar

Sasi K. Madhan

Revisão: Maria Paula Simões

Design Editorial: SUPER Brand Consultants

Tiragem: 300 exemplares

Impressão e Acabamento: Empresa Diário do Porto, Lda.

Data de Impressão: Abril de 2022

Depósito Legal: 497601/22

ISBN: 978-972-8785-22-2

Índice

Capítulo 115

Conservação de pêssego e dano por frio	15
1.1 Introdução.....	15
Maturação	16
Dano por frio.....	18
1.2. Técnicas para mitigar o Dano por frio	19
1.2.1 Temperatura e humidade.....	19
1.2.2 Atmosfera controlada.....	20
1.2.3 Aquecimento intermitente.....	22
1.2.4 Etileno e inibidores de etileno	22
1.2.5 Tratamento com glicina betáína	23
1.2.6 Tratamento com metil jasmonato.....	23
1.2.7 Determinação genética.....	24
1.3. Considerações finais.....	24
Agradecimentos	25
Referências bibliográficas.....	25

Capítulo 2.....31

Efeito de diferentes condições de conservação (atmosfera normal e atmosfera controlada) na qualidade dos pêssegos da cv. Sweet Henry	31
2.1 Introdução.....	31
2.2 Material e métodos.....	33
2.3 Resultados e discussão	38
2.3.1 Ciclo vegetativo de 2019.....	38
2.3.1.1 Condições de temperatura e humidade nas diferentes câmaras de refrigeração, em 2019.....	38
2.3.1.2 Qualidade inicial dos frutos, em 2019.....	39
2.3.1.3 Evolução da qualidade dos pêssegos, em 2019.....	40
2.3.1.4 Efeito da modalidade de conservação na qualidade dos pêssegos, em 2019.....	44
2.3.1.5 Efeito da modalidade de conservação no dano por frio e incidência de podridões, em 2019.....	46

2.3.2 Ciclo vegetativo de 2020	47
2.3.2.1 Condições de temperatura e humidade nas diferentes câmaras de refrigeração, em 2020	47
2.3.2.2 Qualidade inicial dos frutos em 2020	48
2.3.2.3 Evolução da qualidade dos pêssegos, em 2020	49
2.3.2.4 Efeito da modalidade de conservação na qualidade dos pêssegos, em 2020	53
2.3.2.5 Efeito da modalidade de conservação no dano por frio e incidência de podridões, em 2020	56
2.3.3 Ciclo vegetativo de 2021.....	57
2.3.3.1 Condições de temperatura e humidade nas diferentes câmaras de refrigeração, em 2021.....	57
2.3.3.2 Qualidade inicial dos frutos, em 2021.....	59
2.3.3.3 Evolução da qualidade dos pêssegos, em 2021.....	59
2.3.3.4 Efeito da modalidade de conservação na qualidade dos pêssegos, em 2021.....	64
2.3.3.5 Efeito da modalidade de conservação no dano por frio e incidência de podridões, em 2021.....	66
2.3.4 Identificação das características que permitem discriminar as três modalidades de Atmosfera Controlada considerando os resultados dos 3 ciclos vegetativos 2019, 2020 e 2021.....	68
2.3.4.1 Tempo 49 dias	69
2.3.4.2 Tempo 56 dias.....	70
2.4 Considerações finais.....	72
Agradecimentos	72
Referências bibliográficas.....	73

Capítulo 3..... 77

Efeito das condições de conservação na análise sensorial dos pêssegos da cv. Sweet Henry.....	77
3.1 Introdução.....	77
3.2. Material e métodos.....	80
3.3 Resultados e discussão	81
3.3.1 Ciclos vegetativos 2019 e 2020.....	81
3.3.2 Ciclo vegetativo 2021.....	81

3.3.2.1 Avaliação realizada à saída das câmaras.....	81
3.3.2.2 Avaliação realizada após 2 dias à temperatura ambiente.....	83
3.3. Considerações finais.....	85
Agradecimentos	85
Referências bibliográficas	85

Capítulo 4 91

Identificação e incidência de doenças de conservação, em pêsego da cv. Sweet Henry, de acordo com diferentes condições de conservação – atmosfera normal e atmosfera controlada 91

4.1 Introdução.....	91
4.2 Material e métodos.....	94
4.3 Resultados e discussão	96
4.3.1 ciclo vegetativo 2020.....	96
4.3.2 ciclo vegetativo 2021.....	96
4.4 Considerações finais.....	101
Agradecimentos	101
Referências bibliográficas	101

Capítulo 5..... 105

Efeito de diferentes condições de conservação (atmosfera normal e atmosfera controlada) na qualidade da cereja da cv. Satin... 105

5.1 Introdução.....	105
5.2 Material e métodos.....	109
5.2.1 Armazenamento e amostragem	109
5.2.2 Análises físico-químicas	112
5.2.3 Avaliação de podridões	113
5.2.4 Aspeto dos pedúnculos.....	113
5.2.5 Análise estatística	113
5.3 Resultados.....	114
5.3.1 Temperatura e humidade relativa.....	114
5.3.2 Variáveis físico-químicas	115
5.3.2.1 Amostras iniciais.....	115
5.3.2.2. Diferença de peso	116
5.3.2.3. Cor (CIE-Lab).....	118
5.3.2.4. Firmeza.....	119

5.3.2.5. Teor de sólidos solúveis.....	120
5.3.2.6. Acidez titulável.....	120
5.3.3. Aspeto dos pedúnculos.....	121
5.3.4. Incidência de podridões.....	122
5.4 Considerações finais.....	124
Agradecimentos.....	124
Referências bibliográficas.....	124

Capítulo 6.....131

Efeito das condições de conservação na análise sensorial de cerejas da cv. Satin.....	131
6.1 Introdução.....	131
6.2. Material e métodos.....	133
6.3 Resultados e discussão.....	134
6.4. Considerações finais.....	136
Agradecimentos.....	136
Referências bibliográficas.....	136

Capítulo 7.....141

Identificação e incidência de doenças de conservação, em cereja da cv. Satin, de acordo com diferentes condições de conservação – atmosfera normal e atmosfera controlada ...	141
7.1 Introdução.....	141
7.2 Material e métodos.....	144
7.3 Resultados e discussão.....	146
7.3.1 Incidência de doenças de conservação da cereja no ciclo vegetativo 2020.....	146
7.3.2 Incidência de doenças de conservação da cereja no ciclo vegetativo 2021.....	147
7.3.3 Incidência de doenças de conservação da cereja no ciclo vegetativo 2021, por cada modalidade e tempo.....	149
7.4 Considerações finais.....	153
Agradecimentos.....	154
Referências bibliográficas.....	154

Capítulo 8 159

Influência das características dos alvéolos e da configuração da embalagem de fruta no seu desempenho térmico em

ambiente refrigerado e em ambiente de loja	159
8.1 Introdução.....	159
8.2 Materiais e métodos.....	162
8.2.1 Simuladores de fruta	162
8.2.2 Equipamento de medida.....	163
8.2.3 Dispositivo experimental	164
8.2.4 Procedimento experimental.....	164
8.2.5 Ferramenta computacional de previsão	165
8.3 Análise e discussão de resultados	167
8.3.1 Processo de arrefecimento.....	167
8.3.2 Processo de aquecimento	170
8.4 Considerações finais.....	173
Agradecimentos	174
Referências bibliográficas	174

Capítulo 9.....179

Sistemas de rastreabilidade e monitorização no transporte

de produtos frutícolas na cadeia de frio	179
9.1 Introdução.....	179
9.2 Sistemas de monitorização	181
9.2.1 Características do Sistema	182
9.2.2 Hardware	182
9.2.3 Comunicação.....	185
9.2.4 Software	185
9.3.5 Características elétricas	189
9.3 Resultados e discussão	190
9.3.1 Validação em ambiente laboratorial.....	190
9.3.2 Ensaio em ambiente real.....	193
9.4 Considerações finais.....	196
Agradecimentos	197
Referências bibliográficas	197

Capítulo 1

Conservação de pêssego e dano por frio

Abel Veloso^{1,2}, Dora Ferreira¹, Christophe Espírito-Santo^{3,4}, Pedro Dinis Gaspar^{5,6} e Maria Paula Simões^{1,2}

¹IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco | Escola Superior Agrária

²CERNAS – Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

³CATAA – Associação Centro de Apoio Tecnológico Agro-Alimentar de Castelo Branco

⁴CFE – Centre for Functional Ecology, Universidade de Coimbra, Portugal.

⁵UBI – Universidade da Beira Interior

⁶C-MAST – Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies, Universidade da Beira Interior

1.1 Introdução

Todos os produtos altamente perecíveis apresentam elevada vulnerabilidade em termos de preço de mercado. Os frutos e em especial os frutos de caroço (pêssego, cereja, ameixa e alperce) apresentam uma época de maturação por cultivar muito curta sendo muito perecíveis pois a firmeza dos frutos baixa muito rapidamente. O prolongamento da vida útil é um objetivo essencial para a estabilização e a obtenção de melhores preços em mercados mais alargados que necessariamente são mais distantes.

O pêssego é um fruto climatérico, e que se deteriora rapidamente à temperatura ambiente (Rodrigues et al., 2019). Os frutos climatéricos caracterizam-se por apresentarem um aumento da produção de etileno e da taxa respiratória junto à maturação, o que conduz a uma rápida perda de firmeza dos frutos e, por

consequente, alta vulnerabilidade ao manuseamento, com aumento das perdas pós-colheita.

A refrigeração é o processo mais utilizado para prolongar a vida útil dos frutos. Contudo, a refrigeração pode afetar a qualidade dos pêssegos dando origem ao Dano por Frio (DF), conhecido na língua inglesa por *Chilling Injury* (CI).

Maturação

Os processos fisiológicos determinantes na maturação dos pêssegos são a respiração, transpiração e a produção de etileno. Sendo frutos climatéricos, mostram um aumento acentuado da taxa respiratória durante o amadurecimento e que ocorre simultaneamente ou imediatamente após o aumento da taxa de produção de etileno (Paul e Pandey, 2014). Nesses frutos, podemos distinguir 3 fases no processo de amadurecimento, nomeadamente, fase pré-climatérica, fase climatérica e fase pós-climatérica (Figura 1.1). Ao longo dessas fases, ocorre uma diminuição da firmeza e do teor de clorofila e um aumento do pH e da libertação de compostos voláteis. O teor de etileno aumenta até ao seu valor máximo durante a fase climatérica, seguindo-se o seu decréscimo. O mesmo sucede com a concentração de dióxido de carbono e o teor de açúcares.

A respiração é considerada o principal índice de atividade fisiológica, sendo um processo biológico aeróbico que consiste na degradação de compostos orgânicos e consumo de oxigénio com produção de compostos mais simples, produção de energia e libertação de dióxido de carbono. A respiração avalia-se pela taxa respiratória, medida em mg CO₂ por kg de fruta e hora. Sendo um processo de degradação dos compostos de reserva conduz à perda de peso dos frutos e de perda de firmeza e de compostos nutricionais.

Nos frutos climatéricos observa-se um aumento da produção de etileno logo seguido do aumento da taxa respiratória, embora sempre diretamente dependente da temperatura. Nos frutos não climatéricos não se observa a produção de etileno e aumento da taxa respiratória embora esta também

acelere na presença de etileno. Contudo, a sua composição não é tão afetada quanto a dos frutos climatéricos (Paul e Pandey, 2014).

A transpiração corresponde à perda de água pela superfície exposta e está dependente da temperatura, da humidade relativa e do fluxo de ar.

O etileno é um regulador de crescimento natural das plantas, uma hormona que regula o processo fisiológico de senescência e abscisão de órgãos como folhas e frutos (Kader, 2002). Os frutos classificados como climatéricos apresentam um aumento da produção de etileno junto à maturação, que acelera esse mesmo processo de maturação e senescência. Inibir a produção de etileno é uma via de retardar a maturação (Lurie e Crisosto, 2005).

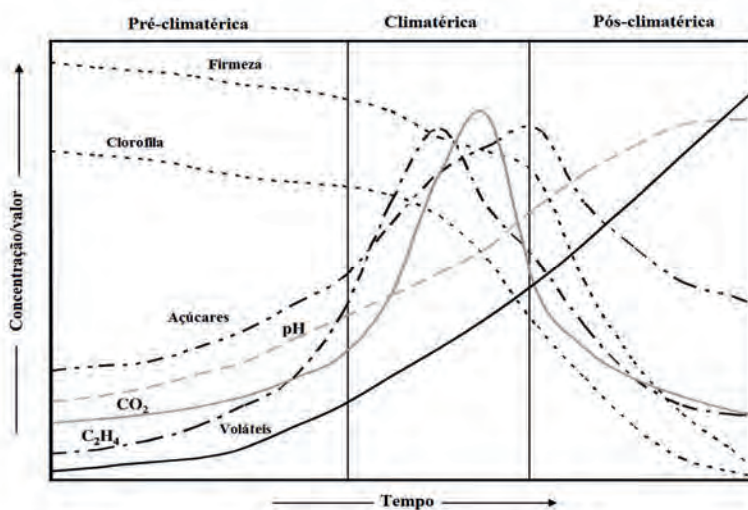


Figura 1.1 – Alterações em diversos parâmetros ocorridas durante o amadurecimento de frutos climatéricos. Adaptado de (Nath et al., 2006).

Assim, os processos de conservação baseiam-se na interferência dos processos de respiração, transpiração e produção de etileno, com o objetivo da sua

redução, o que envolve a refrigeração, o abaixamento do teor de O₂, aumento de CO₂ e inibidores de produção de etileno.

Dano por frio

O dano por frio é uma alteração fisiológica dos frutos que resulta da refrigeração a baixas temperaturas de conservação, mas não temperaturas negativas (Meng, Han, Wang e Tian, 2009).

Os sintomas de danos por frio são:

- Ausência de sumo;
- Ausência de aroma;
- Polpa com textura farinhenta (*mealiness*);
- Polpa encortiçada (*leatherness*);
- Acastanhamento interno (*browning / flesh browning*) (Figura 1.2);
- Polpa raiada de veios vermelhos;
- Polpa descolorada;
- Polpa cavernosa.



Figura 1.2 – Sintomas de dano por frio. **A** – polpa acastanhada; **B** – polpa farinhenta, cavernosa e descolorada; **C** – polpa com veios vermelhos.

De acordo com Lurie e Crisosto (2005), o aparecimento dos sintomas está dependente da temperatura e tempo de conservação, referindo que os sintomas podem ser visíveis num período de 1 a 2 semanas quando os frutos estão armazenados numa temperatura de 2,2°C a 7,6°C, considerado o intervalo de temperatura em que os pêsegos são mais suscetíveis aos danos por frio.

Abidi et al. (2014) referem que nas primeiras duas semanas predomina o aparecimento de raiado vermelho e o acastanhamento predomina na 3ª e 4ª semana, existindo uma elevada correlação entre o raiado vermelho e o acastanhamento interno, ou seja, primeiros aparece a sintomatologia de raiado vermelho e depois predomina o acastanhamento interno. Os sintomas de dano por frio foram negativamente correlacionados com o teor de açúcares sugerindo que os hidratos de carbono podem atuar como reguladores osmóticos e crioprotetores contribuindo para maior estabilidade das membranas.

Paralelamente o teor de compostos fenólicos foi também negativamente correlacionado com a aparecimento de raiado vermelho (após 2 semanas a 5°C + 2 dias a 20°C) e foi positivamente correlacionado o acastanhamento interno com o que põe em evidencia o potencial de oxidação destes compostos (Abidi et al, 2014).

1.2. Técnicas para mitigar o Dano por frio

Estando as sociedades desenvolvidas apoiadas num mercado cada vez mais global, é necessário desenvolver técnicas que permitam a manutenção das características dos frutos durante um período de tempo no mínimo correspondente ao tempo de transporte entre o local de produção e o mercado.

Para o pêsego o aparecimento de dano por frio é considerado o fator mais limitante para o comércio e industria de transformação (Shan et al., 2016).

1.2.1 Temperatura e humidade

A refrigeração é o método mais comum para a conservação dos frutos, estando definida a temperatura mais adequada para cada espécie. Existem espécies particularmente sensíveis às baixas temperaturas como a banana e os citrinos

de modo global, e espécies que toleram temperaturas negativas da ordem de -1°C como a uva (Cantwell, 2001).

Simultaneamente com a temperatura é necessário considerar a humidade para reduzir ao mínimo as perdas de água por transpiração. As condições de temperatura e humidade consideradas ideais para a conservação do pêssego variam entre $-1,0^{\circ}\text{C}$ e $1,5^{\circ}\text{C}$ e 87% a 97%, estando descritas no Quadro 1.1 de acordo com os estudos realizados por diversos autores.

Cantwell (2001), indica uma temperatura entre $-0,5^{\circ}\text{C}$ e 0°C e que uma temperatura de $-0,9^{\circ}\text{C}$ já há elevado risco de congelação.

1.2.2 Atmosfera controlada

A atmosfera controlada é uma técnica de conservação que consiste em conjugar a refrigeração com a modificação do teor de O_2 e CO_2 , com o objetivo de minimizar a respiração e, portanto, a maturação.

Assim, a atmosfera controlada caracteriza-se por baixa concentração de O_2 e elevada concentração de CO_2 , relativamente à atmosfera normal que se caracteriza por 21% de O_2 e 0,04% de CO_2 .

A utilização de atmosfera controlada permite prolongar a vida útil dos frutos e manter a qualidade por maiores períodos de tempo.

A baixa concentração de O_2 pode desencadear processos anaeróbios de fermentação.

Concentrações mais elevadas de CO_2 apresentam uma ação fungistática, o que apresenta muitas vantagens pois as infeções fúngicas, causadas principalmente pelos géneros *Monilinia*, *Botrytis* e *Rhizopus*, são também problemas habituais na conservação de pêssegos e nectarinas (Crisosto e Ader, 2016). As espécies do género *Monilinia* são uma importante fonte de problemas no armazenamento dos frutos, estando este fungo presente desde a floração. Embora a sua prevenção seja importante durante o desenvolvimento dos frutos, através de tratamentos fitossanitários adequados, é de relevante impacto a realização de tratamento pré-colheita para prevenir o desenvolvimento da doença em conservação, pois este

agente patogénico é frequente ser a principal causa de deterioração dos frutos em pós-colheita. Assim, a utilização de atmosferas controladas mais especificamente com CO₂ elevado, é também um fator que contribui para menor incidência de podridões.

No Quadro 1.1 estão descritas as concentrações de O₂ e CO₂ referidas por diversos autores, com indicação do tempo de conservação.

Quadro 1.1. Condições de conservação de pêssigo em atmosfera controlada estudadas por diferentes autores

Cultivares	[O ₂] (%)	[CO ₂] (%)	Temperatura e humidade relativa (°C; %HR)	Tempo de conserva ção (d)	Referências
Loadel, Carolyn	2	5	(-1; >95)	28	Brecht et al., 1982)
El Dorado	2	15	(1,5; 90 a 95)	30	(Cantillano et al., 2010)
El Dorado	1 a 1,5	3 a 5	(-0,5 a 0,5; 97)	46	(Ceretta et al., 2000)
-	1 a 2	3 a 5	(-1 a 0; 90 a 95)	-	(Crisosto et al., 2002)
Elegant Lady, O'Henry	6	17	(-1 a 0; 90 a 95)	-	(Crisosto e Ader, 2016)
Hale Haven	2	5 a 10	(0; 90 a 95)	30	(Eris et al., 1994)
Sweet King	>1	<5	(0; -)	21	(Garner et al., 2001)
Chiripá	1 a 2	3 a 5	(-0,5 a 0,5; 87 a 93)	35	(Girardi et al., 2005)
Fantasia, Flavortop, Flamekist	10	10	(0; -)	42	(Lurie, 1992)
Okubao	5	5	(0; 95)	15	(Wang et al., 2005)

1.2.3 Aquecimento intermitente

Recentemente foi utilizada a técnica de interrupção da refrigeração para interferir no processo de maturação de modo a encontrar o ponto ideal de maturação. Esta técnica consiste no armazenamento em atmosfera refrigerada a 0°C e a cada 10 a 14 dias colocar os frutos a uma temperatura de 20°C a 24°C durante um dia. De acordo com Shinya et al. (2014) foi possível preservar as características organolépticas do pêssego como o aroma e a suculência. Este método permitiu atrasar o aparecimento de danos por frio resultado também corroborados por Lurie e Crisosto (2005).

Na região da Beira Interior, trabalhando com a cv. Royal Time em 3 condições de refrigeração distintas também se observou menor incidência de Danos por frio quando se observou intermitência na temperatura de conservação (Rodrigues et al., 2020). Com efeito, a maior incidência de danos por frio observou-se quando a temperatura de conservação foi entre 0°C e 3°C com 25% dos frutos com danos por frio aos 21 dias + 2 dias à temperatura ambiente e 100% aos 42 dias. Nas condições de temperatura intermitente o aparecimento de danos por frio só ocorreu aos 28 dias + 2 dias à temperatura ambiente e numa proporção mais baixa (16%).

Apesar das possíveis vantagens deste método ele não foi amplamente adotado pois é de difícil gestão pois apresenta o inconveniente de acelerar a maturação devendo, de acordo com Liu et al. (2018) ser utilizado conjuntamente com um inibidor da produção de etileno como o 1-MCP.

1.2.4 Etileno e inibidores de etileno

Nos frutos climatéricos a taxa de produção de etileno aumenta junto à maturação acelerando este processo.

O inibidor de produção de etileno mais comum é o 1-MCP (1- metilciclopropeno). A utilização deste composto, em pêssego, em associação com a refrigeração, impede a maturação dos frutos (Lurie e Crisosto, 2005; Zhou et al., 2001).

Recentemente, Liu et (2018) avaliou a incidência de DF de pêssegos num ensaio com a utilização de 1-MCP e Aquecimento Intermitente (AI), durante um período

de 45 dias, após 3 dias de “prateleira” a 20°C. Apesar dos pêssegos de controlo apresentarem sintomas de DF, o mesmo não foi observado nos tratamentos com 1-MCP, Al ou a conjugação dos dois (1-MCP e Al). No final do ensaio (45 dias), nos pêssegos da modalidade controlo (só refrigeração a 2°C), a incidência de DF foi de 45% após os 3 dias à temperatura ambiente. Segundo os autores, a combinação do inibidor de etileno com o aquecimento intermitente reduziu o DF mas também minorou o efeito do aquecimento intermitente no acelerar da maturação.

1.2.5 Tratamento com glicina betaína

A glicina betaína é um composto que tem um papel preponderante no controlo da pressão osmótica das células, na proteção das proteínas e função enzimática assim como na regulação de processos de stresse (Shan et al., 2016). Este composto demonstrou ter efeito positivo no controlo do DF em bananas (Rodrigues-Zapata et al., 2015) e em pêssegos (Shan et al., 2016; Wang et al., 2019). O tratamento utilizado por Shan et al. (2016) foi a imersão dos frutos numa solução de 10 mM durante 10 min seguido de secagem durante 30 min e armazenamento durante 5 semanas a 0°C. Este tratamento revelou-se muito promissor na proteção das membranas e preservação da qualidade dos pêssegos, nomeadamente a manutenção da qualidade nutricional (Wang et al., 2019).

1.2.6 Tratamento com metil jasmonato

O metil jasmonato (MeJA) é um fitorregulador com efeito no potencial antioxidante, contribuindo para a preservação dos compostos fenólicos e está envolvido nos processos de proteção induzindo à produção de compostos de defesa em culturas celulares sujeitas a stresses (Gundlach et al., 1992). O efeito positivo da aplicação de metil jasmonato na prevenção do DF foi referido por diversos autores (Gonzalez-Aguilar et al., 2001, 2003; Yao e Tian, 2005). Jin et al (2009), conduziram um ensaio de conservação a 0°C com amostragem no final de 3 e 5 semanas e análise após 3 dias à temperatura ambiente com

tratamento de calor conjugado com metil jasmonato, indicando como tratamentos que induziram a menor incidência de DF e maior qualidade dos frutos os tratamentos correspondentes a $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ MeJA vapor a 38°C durante 12 h (tratamento de calor e MeJA de forma conjunta) e tratamento de calor a 38°C seguido de $1 \mu\text{mol L}^{-1}$ MeJA vapor a 20°C durante 24 h de MeJA, sendo por isso considerado bastante eficaz.

1.2.7 Determinação genética

A diferente suscetibilidade ao DF das pavias (caroço-aderente) relativamente aos pêssegos sugeriu que esta característica estava também determinada geneticamente, estando em curso diversos estudos que procuram avaliar a essa determinação para que esse conhecimento possa ser utilizado nos programas de melhoramento (Abidi et al, 2014; Martinez-Garcia et al., 2012).

Foi encontrada elevada correlação inversa entre o teor de compostos fenólicos e o DF, sugerindo que os compostos fenólicos têm um papel importante na diminuição do acastanhamento interno.

De acordo com o estudo realizado por Wu et al. (2016), com base na Análise de Componentes Principais, observou-se que genótipos com elevada capacidade antioxidante (concentração elevada de compostos fenólicos e flavonoides) e elevado Teor de Sólidos Solúveis e elevado calibre apresentavam menor proporção de DF, especificamente menor incidência de raiado vermelho, no final de 4 semanas de conservação. Os mesmos autores indicam que diferentes sintomas de DF podem ser determinados de forma genética diferente, indicando elevada complexidade do desenvolvimento dos DF.

1.3. Considerações finais

Na conservação do pêssego o aparecimento de sintomas de Dano por Frio é o fator mais limitante, não indo o tempo de conservação além das 4 a 5 semanas.

A procura de metodologias que contribuem para mitigar e atrasar o aparecimento dos sintomas de DF incluem a utilização de temperaturas

próximas de 0°C, a refrigeração com períodos de aquecimento intermitente e a utilização de atmosfera controlada, com baixo teor de O₂ e elevada concentração de CO₂, bem como a utilização de compostos químicos como 1-MCP (inibidores do etileno), glicina betaína e metiljasmonato. Paralelamente desenvolvem-se estudos a nível da genética molecular procurando compreender a determinação genética para que os programas de melhoramento possam produzir cultivares menos suscetíveis.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “PrunusPOS – Otimização de processos de armazenamento, conservação em frio, embalagem ativo e/ou inteligente, e rastreabilidade da qualidade alimentar no pós-colheita de produtos frutícolas, Operação n.º PDR2020-101-031694 (Líder), Parceria n.º 87, Iniciativa n.º 175 promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020.

Referências bibliográficas

- Abidi, W., Cantín, C.M., Jiménez, S., Giménez, R., Moreno, M.Á. e Gogorcena, Y. 2014. Influence of antioxidant compounds, total sugars and genetic background on the chilling injury susceptibility of a non-melting peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) progeny. *J Sci Food Agric* 2015; 95: 351–35.
- Brecht, J., Kader, A. A., Heintz, C. M., e Norona, R. C. 1982. Controlled atmosphere and ethylene effects on quality of California canning apricots and clingstone peaches. *Journal of Food Science*, 47 (2): 432–436.
- Cantillano, F. F., Treptow, R. D. O., e Schünemann, A. P. 2010. Controlled Atmosphere Storage of Peaches Cultivar ‘Eldorado’ Grown in Conventional and Organic System. *Acta Horticulturae*, 872: 365–370.
- Cantwell, M. 2001. Properties and recommended conditions for long-term storage of fresh fruits and vegetables. UC Davis. <https://postharvest.ucdavis.edu/files/230191.pdf>
- Ceretta, M., Antunes, P. L., Brackmann, A., e Nakasu, B. H. 2000. Conservação em atmosfera controlada de pêsego cultivar Eldorado. *Ciência Rural*, 30 (1): 73–79. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782000000100012>
- Crisosto, C. H., e Ader, A. A. 2016. Peach. In K. C. Gross, C. Y. Wang, e M. E. Saltveit (Eds.), *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks* (pp. 466–470). United States Department of Agriculture.

- Crisosto, Carlos H., Mitcham, E. J., e Kader, A. A. 2002. Peach e Nectarine. http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/
- Eris, A., Türkben, C., Özer, M. H., e Henze, J. 1994. A Research on Controlled Atmosphere (CA) Storage of Peach cv. Hale Haven. *Acta Horticulturae*, 368: 767–776.
- Garner, D., Crisosto, C. H., e Otieza, E. 2001. Controlled Atmosphere Storage and Aminoethoxyvinyl- glycine Postharvest Dip Delay Post Cold Storage Softening of ‘Snow King’ Peach. *Behavior and Ecology of the Northern Fur Seal*, 11(4), 598–602. <https://doi.org/10.1515/9781400864720.353>
- Girardi, C. L., Corrent, A. R., Lucchetta, L., Zanuzo, M. R., Costa, T. S. D., Brackmann, A., Twyman, R. M., Nora, F. R., Nora, L., Silva, J. A., e Rombaldi, C. V. 2005. Effect of ethylene, intermittent warming and controlled atmosphere on postharvest quality and the occurrence of woolliness in peach (*Prunus persica* cv. Chiripá) during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 38 (1): 25–33. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.05.007>
- González-Aguilar, G. A., Buta, J. G., e Wang, C. Y. 2001. Methyl jasmonate reduces chilling injury symptoms and enhances colour development of “Kent” mangoes. *J. Sci. Food Agric.*, 81 (13): 1244–1249.
- González-Aguilar, G. A., Buta, J. G., e Wang, C. Y. 2003. Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya “Sunrise.” *Postharvest Biology and Technology*, 28 (3): 361–370.
- Gundlach, H., Muller, M.J., Kutchan, T.M. e Zenk, M.H. 1992. Jasmonic acid is a signal transducer in elicitor-induced plant cell cultures. *Plant Biology*, vol. 89: 2389-2393.
- Jin, P., Zheng, Y., Tang, S., Rui, H. e Wang, C. 2009 A combination of hot air and methyl jasmonate vapor treatment alleviates chilling injury of peach fruit. *Postharvest Biology and Technology*, vol. 52 (1): 24-29.
- Kader, A.A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. In Kader, A.A. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California Agricultural Resources. Publication 3311. ISBN 1-879906-51-1.
- Liu, H., Jiang, W., Cao, J., e Ma, L. 2018. A combination of 1-methylcyclopropene treatment and intermittent warming alleviates chilling injury and affects phenolics and antioxidant activity of peach fruit during storage. *Scientia Horticulturae*, 229 (November 2017): 175–181. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.11.010>
- Lurie, S., e Crisosto, C. H. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biol. Tec.*, 37 (3): 195–208.
- Lurie, S. 1992. Controlled atmosphere storage to decrease physiological disorders in nectarines. *Food Science and Technology*, 27 (5): 507–514.
- Martínez-García, P.J., Peace, C.P., Parfitt, D.E., Ogundiwin, E.A., Fresnedo-Ramírez, J., Dandekar, A.M., Gradziel, T.M. and Crisosto, C.H. 2012. Influence of year and genetic

- factors on chilling injury susceptibility in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). *Euphytica*, 185: 267–280. DOI 10.1007/s10681-011-0572-1.
- Meng, X., Han, J., Wang, Q., e Tian, S. 2009. Changes in physiology and quality of peach fruits treated by methyl jasmonate under low temperature stress. *Food Chemistry*, 114 (3): 1028–1035.
- Nath, P., Trivedi, P. K., Sane, V. A., e Sane, A. P. 2006. Role of ethylene in fruit ripening. In Khan, N. A. (Ed.), *Ethylene action in plants* (pp. 151–184). Springer.
- Paul, V., e Pandey, R. 2014. Role of internal atmosphere on fruit ripening and storability - A review. *Journal of Food Science and Technology*, 51 (7): 1223–1250. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0583-x>
- Rodríguez-Zapata, L. C., Espadas y Gil, F. L., Cruz-Martínez, S., Talavera-May, C. R., Contreras-Marin, F., Fuentes, G., ... Santamaría, J. M. 2015. Preharvest foliar applications of glycine-betaine protects banana fruits from chilling injury during the postharvest stage. *Chem. Biol. Technol. Agric.*, 2 (1): 1–10.
- Rodrigues, C., Gaspar, P.D. e Simões, M.P. 2020. Influência das condições de conservação na qualidade dos pêssegos. 4º Simpósio Nacional de Fruticultura, 4º Simpósio Nacional de Fruticultura, Actas Portuguesas de Horticultura, 32: 184-191. ISBN: 9789728936358.
- Rodrigues, C., Gaspar, P.D., Simões, M.P., Silva, P.D. e Andrade, L.P. 2019. Review on techniques and treatments toward the mitigation of chilling injury of peaches. *Journal of Food Preservation*. DOI: 10.1111/jfpp.14358.
- Shan, T., Jin, P., Zhang, Y., Huang, Y., Wang, X., e Zheng, Y. 2016. Exogenous glycine betaine treatment enhances chilling tolerance of peach fruit during cold storage. *Postharvest Biology Tech*, 114: 104–110.
- Shinya, P., Contador, L., Frett, T., e Infante, R. 2014. Effect of prolonged cold storage on the sensory quality of peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology*, 95: 7–12.
- Wang, L., Shan, T., Xie, B., Ling, C., Shao, S., Jin, P., e Zheng, Y. 2019. Glycine betaine reduces chilling injury in peach fruit by enhancing phenolic and sugar metabolisms. *Food Chemistry*, 272 (July 2018): 530–538. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.085>
- Wang, Y. S., Tian, S. P., e Xu, Y. 2005. Effects of high oxygen concentration on pro- and anti-oxidant enzymes in peach fruits during postharvest periods. *Food Chemistry*, 91 (1): 99–104. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.053>
- Wu, X., Jiang, L., Yu, M., An, X., Ma, R., e Yu, Z. 2016. Proteomic analysis of changes in mitochondrial protein expression during peach fruit ripening and senescence. *Journal of Proteomics*, 147: 197–211.
- Yao, H., e Tian, S. 2005. Effects of pre- and post-harvest application of salicylic acid or methyl jasmonate on inducing disease resistance of sweet cherry fruit in storage. *Postharvest Biol. Tec.*, 35 (3): 253–262.

Zhou, H. W., Lurie, S., Ben-Arie, R., Dong, L., Burd, S., Weksler, A., e Lers, A. 2001. Intermittent warming of peaches reduces chilling injury by enhancing ethylene production and enzymes mediated by ethylene. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76 (5): 620–628.

Capítulo 2

Efeito de diferentes condições de conservação (atmosfera normal e atmosfera controlada) na qualidade dos pêssegos da cv. Sweet Henry

Maria Paula Simões^{1,2}, Abel Veloso^{1,2}, Cristina Canavarro^{1,2}, Helena Beato³, Luísa Paulo³, Mafalda Resende³, Cristina Miguel Pintado³, Christophe Espírito Santo^{3,4}, Luís Pinto de Andrade^{1,2}, Diogo Morais⁵ e Pedro Dinis Gaspar^{5,6}

¹IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco | Escola Superior Agrária

²CERNAS – Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

³CATAA – Associação Centro de Apoio Tecnológico Agro-Alimentar de Castelo Branco

⁴CFE – Centre for Functional Ecology

⁵UBI – Universidade da Beira Interior

⁶C-MAST - Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies

2.1 Introdução

O pêssego é um fruto muito apreciado pelo seu sabor e aroma (Zhou et al., 2000; Zhou et al., 2001), muito suculento e perecível e, sendo um fruto climatérico (Kader, 2002; Abidi et al., 2014), perde firmeza e deteriora-se rapidamente à temperatura ambiente.

O melhoramento de plantas para a cultura do pessegueiro tem sido dirigido para a obtenção de cultivares com frutos mais consistentes e, portanto, com

maior resistência ao manuseamento e também com menor teor de acidez (Crisosto e Crisosto, 2005). As duas características contribuem conjuntamente para que os frutos apresentem boas características gustativas no período de maturação mais alargado, pois o menor teor de acidez permite que os frutos possam ser consumidos no período inicial da maturação onde a firmeza é mais elevada e, portanto, aliam-se características gustativas a características comerciais.

Apesar de frutos com maior consistência apresentarem maior capacidade de conservação (Veloso et al., 2021), a conservação do pêssogo e consequente prolongamento da vida útil continua a ser um desafio, situando-se o tempo de conservação mais frequente em 4 a 5 semanas (Bachmann e Earles, 2000; Cantillano et al., 2010; Girardi et al., 2005).

A refrigeração é o processo mais utilizado para prolongar a vida útil dos frutos (Crisosto et al., 1996). Contudo, o processo de refrigeração pode afetar a qualidade dos pêssogos dando origem ao Dano por Frio (DF), conhecido na língua inglesa por “Chilling Injury” (CI) (ver capítulo 3.1), uma alteração fisiológica que se desenvolve no intervalo de temperatura entre 2,2°C e 7,6°C, considerada a temperatura de morte (Lurie e Crisosto, 2005; Crisosto et al., 1996).

Na região da Beira Interior mais de 30% da área de produção de pêssogo corresponde a explorações de 20 ha a 50 ha e 7,8% de explorações com áreas >50 ha (Dias et al., 2016). Muitos desses produtores têm as suas próprias câmaras de refrigeração, utilizadas para uma conservação de curta duração (7 dias a 15 dias) (Veloso et al., 2021; Rodrigues et al., 2020), especialmente vocacionada para um mercado não muito distante. Paralelamente, existem Organizações de Produtores que, pretendendo alcançar novos mercados para a obtenção de maior valor do produto, terão necessariamente de gerir períodos mais longos de conservação, pois esses mercados serão necessariamente mais distantes. Assim, no âmbito do Grupo Operacional (GO) PrunusPÓS realizaram-se ensaios de conservação de pêssogo, utilizando 5 ou 6 modalidades distintas (de acordo com o ciclo em estudo), nomeadamente, 2 modalidades de atmosfera normal e 3 a 4 modalidades de atmosfera controlada, utilizando a cv. Sweet Henry, que é uma cultivar tardia e de baixo teor de acidez.

2.2 Material e métodos

O ensaio de conservação do pêssigo decorreu nos ciclos 2018, 2019, 2020 e 2021, e compreende o estudo da evolução da qualidade dos pêssigos conservados em Atmosfera Normal (AN) e Atmosfera Controlada (AC), utilizando a cv. Sweet Henry.

Ao longo do período do ensaio tiveram de ser realizados alguns ajustes na metodologia de modo a alcançar resultados mais consistentes. Assim, apresenta-se no Quadro 2.1 a evolução das modalidades de conservação desde 2018 a 2021.

Quadro 2.1. Modalidades de conservação utilizadas no período 2018-2021.

Ano	Modalidades						
	At. Normal		Atmosfera Controlada				
			345	423	3-25	528	4-210
2018			4%O ₂	2%O ₂	2%O ₂		2%O ₂
			5%CO ₂	3%CO ₂	5%CO ₂		10%CO ₂
2019	1 (OP)	2 (AN)		2%O ₂	2%O ₂	2%O ₂	2%O ₂
				3%CO ₂	5%CO ₂	8%CO ₂	10%CO ₂
2020				2%O ₂		2%O ₂	2%O ₂
				5%CO ₂		10%CO ₂	15%CO ₂
2021				2%O ₂		2%O ₂	2%O ₂
				5%CO ₂		10%CO ₂	15%CO ₂

No ano 2018 instalaram-se 4 modalidades de atmosfera controlada, mas a diferença entre os teores de CO₂ de modalidades distintas era demasiado pequena (Quadro 2.1), não existindo essa precisão por parte do equipamento de controlo de concentração de gases, nomeadamente a diferença entre 3% de CO₂ e 5% de CO₂, ou 2% de O₂ e 4% de O₂.

Em 2019 foi introduzida a modalidade 2% O₂-8% de CO₂ que não se revelou interessante pois não proporcionou resultados distintos das modalidades colaterais, tendo sido abandonada em 2020 e 2021.

Assim, conjugando também com os resultados obtidos em cada ano, foi-se ajustando as concentrações de O₂ e de CO₂, tendo os dois últimos anos (2020 e 2021) compreendido apenas 3 modalidades de AC variando apenas a concentração de CO₂.

Em 2018 ocorreu uma falha do equipamento de AC e o período de conservação em 2 modalidades de AC foi apenas até aos 35 dias.

Em 2021 o período de conservação foi apenas até aos 49 dias nas modalidades de AN e até aos 56 dias nas modalidades de AC, mas observou-se uma falha no sistema de refrigeração da câmara correspondente às AC, elevando-se a temperatura para os 8°C a 10°C durante 4 dias. Assim, os resultados correspondentes os 56 dias só foram considerados na análise global porque não apresentaram uma grande discrepância relativamente ao esperado.

O número atribuído a cada modalidade inclui um primeiro algarismo referente à ordem da modalidade seguido da concentração de O₂ e CO₂ para tornar mais fácil a leitura dos resultados em cada ciclo.

Modalidades de conservação finais

1 – Atmosfera Normal, na Organização de Produtores (OP)	}	Câmaras da Soc. Agr. Qta Lamaçais
2 – Atmosfera Normal		
3 ou 325 – Atmosfera Controlada 2% O ₂ - 5% CO ₂	}	Câmaras de refrigeração do CATAA
4 ou 4210 – Atmosfera Controlada 2% O ₂ - 10% CO ₂		
5 ou 5215 – Atmosfera Controlada 2% O ₂ - 15% CO ₂		

Modalidades e tempos de conservação

1 – OP (AN)	}	t ₇ , t ₁₄ , t ₂₁ , t ₂₈ , t ₃₅ (2019 e 2020) + t ₄₂ , t ₄₉ (2021)
2 – AN		
325 – AC 2% O ₂ - 5% CO ₂	}	t ₁₄ , t ₂₁ , t ₂₈ , t ₃₅ , t ₄₂ , t ₄₉ , t ₅₆
4210 – AC 2% O ₂ - 10% CO ₂		
5215 – AC 2% O ₂ - 15% CO ₂		

Relativamente ao tempo de conservação foram realizadas amostras semanais, sendo o tempo de conservação mais extenso para as modalidades AC que não tiveram amostragem aos 7 dias.

Cada amostra foi constituída por um tabuleiro de pêssegos de 20 a 24 frutos (Figura 2.1). Os frutos foram sempre provenientes da mesma unidade de produção e o ensaio foi estabelecido com pêssegos colhidos no próprio dia.

Foram utilizados 2 tabuleiros por modalidade e tempo, num total de 40 a 48 frutos/modalidade.

Em cada ano foram utilizados 780 (2018) a 1600 frutos (2021) na totalidade do ensaio.



Figura 2.1 – Tabuleiro com uma amostra de 24 pêssegos, já marcados individualmente e assinalado a posição do local de avaliação da cor.

Para a constituição das amostras foram selecionados os frutos de calibre semelhante e o mais homogéneos possível quanto à coloração e sem presença de qualquer defeito visível. Cada fruto foi monitorizado individualmente.

A avaliação da qualidade dos frutos envolveu a determinação:

- Peso do fruto (g).
- Cor, realizando 2 determinações por fruto na zona equatorial, utilizando um colorímetro Minolta CR-4000, com iluminante D65, sendo os resultados expressos no sistema $L^*a^*b^*$. Para conseguir monitorizar a evolução da cor, foram efetuadas marcações correspondentes ao local de avaliação da cor (Figura 2.1). Este procedimento é essencial para diminuir a variabilidade dada a heterogeneidade de coloração dos pêssegos. Se se pretende

avaliar a diferença de coloração tem de se minimizar a variabilidade relativa à coloração inerente a cada fruto.

- Sólidos Solúveis Totais (TSS), determinado com refractómetro digital.
- Firmeza (ou dureza) determinado com Texturómetro (Stable Micro Systems model TA-XTplus), expresso em Newton (N).
- Acidez, determinada por titulação com NaOH 0,1M até pH 8,1, expressa em percentagem de ácido málico.

Os parâmetros não destrutivos, peso e cor, foram avaliados para cada fruto, no momento zero, correspondente à colheita (t_0) e após cada tempo de conservação, o que permitiu calcular a variação de peso (Δ peso), e a variação de cor (ΔL^* , Δa^* , Δb^* , Δc^* e Δh).

Em 2019, 2020 e 2021 foram contabilizados os frutos com podridão e avaliado o Dano por Frio, utilizando-se doravante a abreviatura CI (*Chilling Injury*). Para tal foi incluída mais uma amostra de 24 pêssegos (1 tabuleiro/modalidade) apenas para esse efeito. O facto desta amostra ser independente da avaliação das características físico-químicas evita-se um manuseamento excessivo dos frutos no momento inicial. Para avaliar o CI, os frutos foram cortados longitudinalmente e observada a polpa avaliando a lanosidade, a presença de raiado de vermelho e acastanhamento interno. Em 2021 a avaliação dos danos por frio foi realizada após 2 dias à temperatura ambiente.

Os frutos com sintomas de podridão foram para o laboratório da ESACB para identificação do agente causal da podridão, resultados que se apresentam no capítulo 4.

Condições de conservação

As duas câmaras de refrigeração do CATAA ($\approx 26\text{m}^3$) estão equipadas com uma unidade de refrigeração Zanotti C16 e a atmosfera controlada é conseguida através da utilização de uma câmara de plástico sobre uma europaleta sendo a concentração de gases controlada através do equipamento GAC 5000 (Italy) (Figura 2.2 e Figura 2.3). Para monitorizar a temperatura e humidade utilizaram-se dataloggers (Picologger model TC08) que foram colocados em 5 locais distintos: dentro do saco de AC, em 3 pontos distintos da câmara (frente, meio e fundo da câmara) (Figura 2.2).

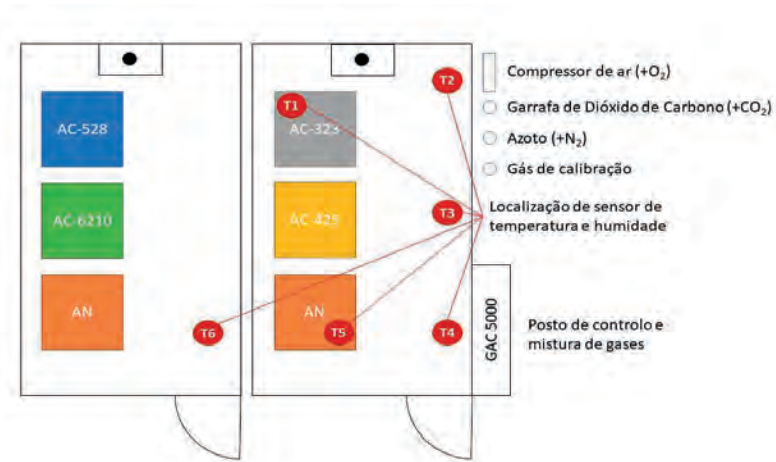


Figura 2.2 – Esquema das câmaras de conservação, no CATAA, em 2019.

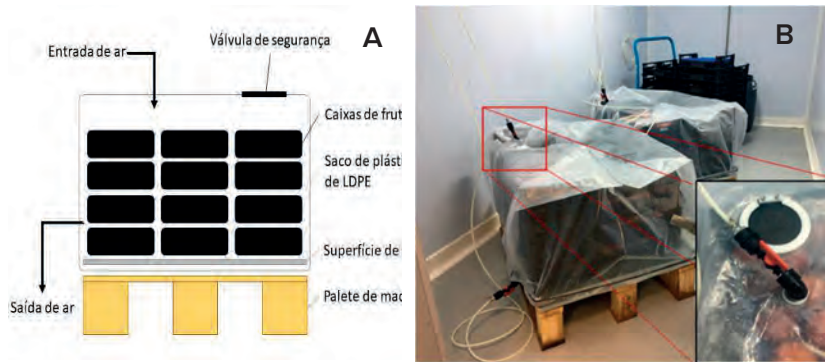


Figura 2.3 – A-Esquema de câmara de AC (A); B-Câmaras de AC na câmara de refrigeração, no CATAA.

2.3 Resultados e discussão

Considerando que os resultados de 2018 não demonstram muito paralelismo com os ciclos seguintes, apresentam-se apenas os resultados e a metodologia comum a 3 anos de ensaios (2019, 2020 e 2021), em que apenas se verifica alteração da concentração de CO₂, mantendo-se a concentração de 2% de O₂ em todas as modalidades.

2.3.1 Ciclo vegetativo de 2019

O ano de 2019 foi um ano de produção regular com boa qualidade dos frutos. Foram instaladas 4 modalidades de AC tal como indicado no Quadro 2.1.

2.3.1.1 Condições de temperatura e humidade nas diferentes câmaras de refrigeração, em 2019

Em 2019 as condições de temperatura e humidade estiveram dentro do intervalo referido como ótimo para a conservação dos pêssegos. Na OP a temperatura média foi de 0,31°C e no CATAA foi de 1,86°C e de 1,76°C (Quadro 2.2).

Quadro 2.2 – Condições de temperatura e humidade relativa nas câmaras de refrigeração, com base numa média horária, em 2019.

	Temperatura (°C)			Humidade Relativa (%)		
	OP	CATAA (AN, 323 e 425)	CATAA (528 e 6210)	OP	CATAA (AN, 323 e 425)	CATAA (528 e 6210)
Média	0,31	1,86	1,76	98,94	97,93	94,36
Desvio-padrão	0,59	0,55	0,78	1,95	2,14	5,15
Máximo	5,77	11,18	12,60	100,00	99,90	99,90
Mínimo	-0,46	1,03	0,79	85,77	89,70	68,44

Para além da temperatura média a Figura 2.4 permite verificar que a temperatura é constante ao longo do período de conservação, correspondendo os picos de temperatura (que se observam no gráfico), à abertura da câmara para a retirada das amostras, que é um período muito curto, uma vez que o datalogger estava programado para registo entre 2 min e 10 min.

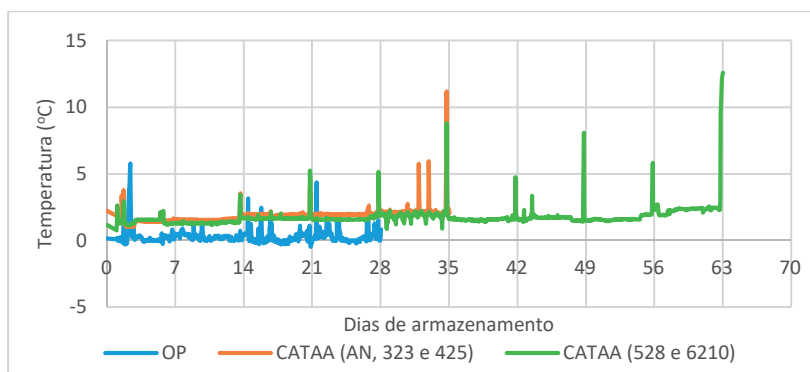


Figura 2.4 – Evolução da temperatura nas diferentes câmaras de refrigeração, em 2019.

Na OP a temperatura foi mais próxima de 0°C mas observa-se maior oscilação pois há mais frequência na abertura da câmara de refrigeração. Contudo, a temperatura máxima apenas ultrapassou ligeiramente os 5°C na primeira semana de conservação.

No CATAA observam-se picos de temperatura de maior amplitude pois a câmara de refrigeração é de menor dimensão e, portanto, qualquer abertura da câmara provoca maior oscilação da temperatura. De referir que a variação da temperatura da câmara não se reflete na alteração da temperatura dos frutos (dados não apresentados).

2.3.1.2 Qualidade inicial dos frutos, em 2019

Em 2019 os frutos apresentaram um peso médio de 185 g, com uma firmeza de 47,82 N, um TSS de 15,64°Brix e uma acidez de 0,35% (Quadro 2.3). São frutos do calibre 73-80, ou seja, calibre AA. A coloração está dentro dos valores característicos de uma cultivar de coloração vermelha.

Quadro 2.3 – Qualidade dos frutos cv. Sweet Henry à colheita (t_0), em 2019.

Mod	Peso (g/fruto)	Firmeza (N)	TSS (°Brix)	Acidez (%ác. málico)	L*	a*	b*	c*
T_0	185,34	47,82	15,64	0,35	41,66	26,29	19,62	33,27

2.3.1.3 Evolução da qualidade dos pêssegos, em 2019

Nas Figura 2.5 a 2.9 apresenta-se a evolução da perda de peso, firmeza, TSS e acidez, por modalidade de conservação.

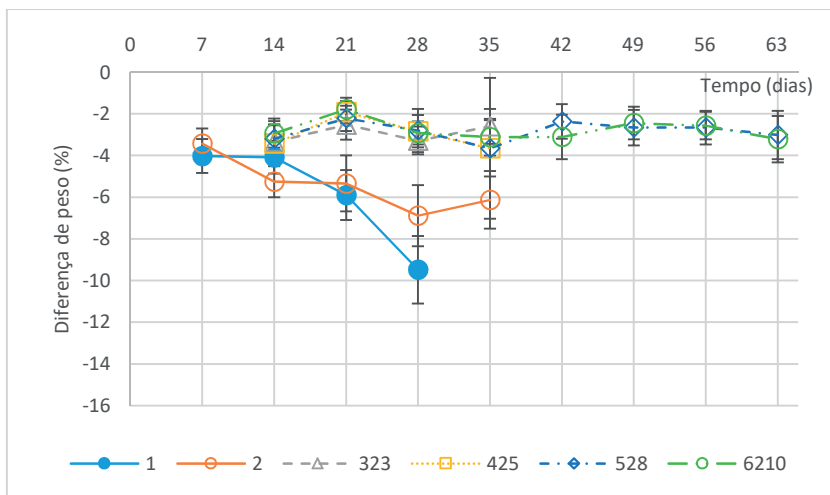


Figura 2.5 – Evolução da perda de peso dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação, em 2019.

A perda de peso dos pêssegos atingiu -10% na modalidade 1 (OP) no final de 28 dias de conservação e foi de -4% para 7 e 14 dias.

Na modalidade 2 (AN) o decréscimo de peso foi semelhante à observada na modalidade 1 se considerarmos o período até aos 21 dias, onde se atinge -5% de peso. Aos 35 dias a perda de peso foi de -6%.

Nas modalidades de AC a perda de peso é semelhante entre todas as modalidades e varia entre -2% e -3% ao longo de todo o período do ensaio, o que significa que as modalidades de AC são muito eficazes no controlo da perda de peso, fato relacionado com a diminuição da taxa de respiração dos frutos.

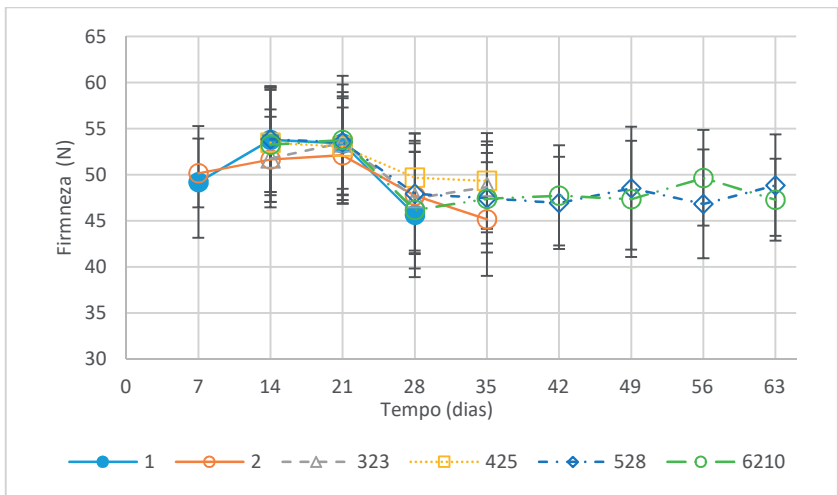


Figura 2.6 – Evolução da firmeza dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação, em 2019.

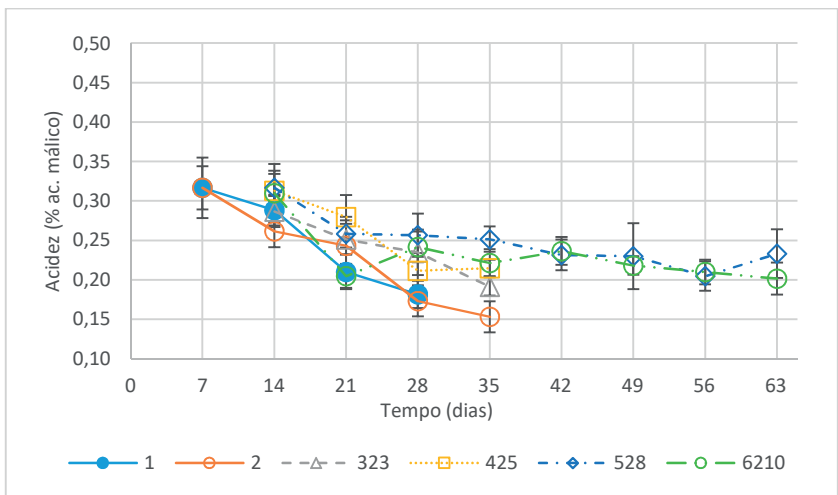


Figura 2.7 – Evolução do teor de acidez dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação, em 2019.

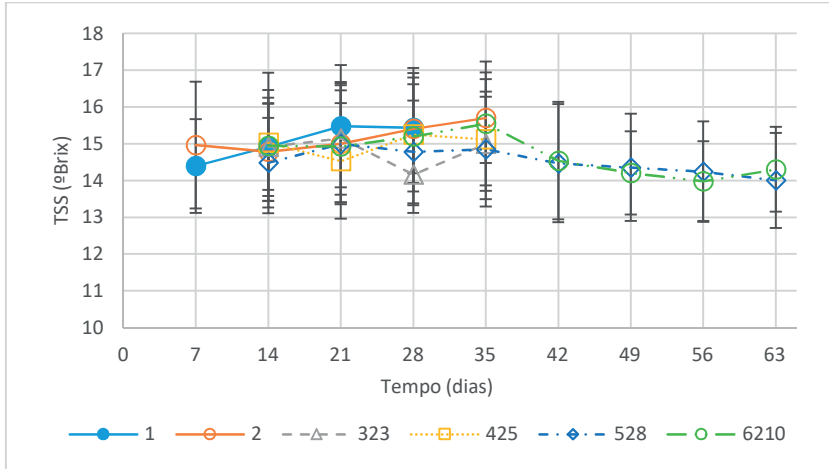


Figura 2.8 – Evolução do teor de sólidos solúveis totais dos pêsegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação, em 2019.

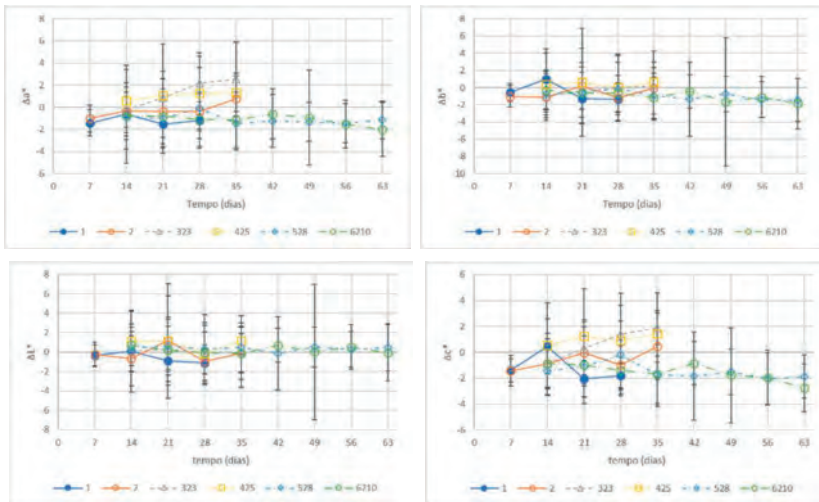


Figura 2.9 – Evolução dos parâmetros da cor dos pêsegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação em 2019. **A** – variação de a^* ; **B** – variação de b^* ; **C** – variação de L^* ; **D** – variação de c^* .

No que respeita à firmeza o menor valor é de 45 N atingido pela modalidade 1 aos 28 dias e pela modalidade 2 aos 35 dias. As modalidades de AC permitem a manutenção da firmeza dos frutos ao longo de todo o período de conservação e sem diferenças significativas entre as modalidades.

O teor de acidez (Figura 2.7) apresenta um padrão decrescente ao longo do período de conservação em todas as modalidades, atingindo-se o valor mais baixo nas modalidades de AN respetivamente 0,18% na modalidade 1, aos 28 dias e 0,15% na modalidade 2, aos 35 dias. Nas modalidades AC, são as modalidades com teor mais elevado de CO_2 as que apresentam o menor decréscimo de acidez. Em 2019, as modalidades 323 e 425 terminaram aos 35 dias devido a uma avaria na câmara de refrigeração. Contudo, a evolução do teor de acidez destas modalidades apresentou um maior decréscimo relativamente às modalidades 528 e 6210, que apresentaram um teor próximo de 0,25% no período de 42 a 63 dias.

O teor de sólidos solúveis totais não apresentou uma grande variação, mantendo-se (em termos médios) entre os 14°Brix e os 16°Brix (Figura 2.8). Entre as modalidades de AC não se observaram diferenças significativas ao longo do período de conservação.

No que respeita aos parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* , c^*) (Figura 2.9), apenas se observam diferenças significativas ao longo do tempo de conservação no parâmetro a^* e no parâmetro c^* .

O parâmetro a^* , que representa a cor vermelha, apresenta a maior variação na modalidade 323, observando-se o maior valor de Δa^* aos 35 dias. As modalidades 528 e 6210 (AC) apresentam um valor de Δa^* muito semelhante entre si e ao longo de todo o período de conservação.

O parâmetro b^* (Figura 2.9-B), que representa a cor amarela, não apresenta uma variação significativa ao longo do período de conservação, qualquer que seja a modalidade considerada.

O parâmetro L^* (Figura 2.9-C), que representa a luminosidade, também não apresenta uma variação significativa ao longo do período de conservação (ΔL^* muito próximo de zero), qualquer que seja a modalidade considerada.

O parâmetro c^* (Figura 2.9-D), que representa a cromaticidade, apresentou uma variação positiva na modalidade 323 e 425, com Δc^* entre 1 e 2 no final de 35 dias. As modalidades 528 e 6210 apresentaram um Δc^* negativo, entre -1 e -2 ao longo de todo o período de conservação.

De um modo geral podemos concluir que todas as modalidades de conservação em estudo permitem a conservação dos parâmetros de cor dos frutos, não sendo perceptível para o consumidor uma variação tão pequena quanto a quantificada.

2.3.1.4 Efeito da modalidade de conservação na qualidade dos pêssegos, em 2019

No Quadro 2.4 apresenta-se o efeito da modalidade de conservação na qualidade dos frutos para cada tempo de conservação.

Aos 28 dias de conservação observam-se diferenças significativas entre modalidades em todos os parâmetros (Δ peso, firmeza, TSS e acidez), sendo na variação de peso que se observam as maiores diferenças. A modalidade 1 (OP) apresenta uma perda de peso de -9,48%, a AN de -6,89% e as modalidades AC entre -2,80 e -3,28 sem diferenças significativas entre si. Na firmeza e TSS apesar de se observarem diferenças significativas entre modalidades a amplitude de variação é menor do que a média do desvio padrão. No que respeita à acidez os teores mais elevados ocorrem nas modalidades de AC. Contudo a modalidade 425 não difere significativamente das modalidades OP e AN.

Aos 35 dias de conservação observam-se diferenças significativas entre modalidades em todos os parâmetros (Δ peso, firmeza, TSS e acidez), sendo na variação de peso onde se observam as maiores diferenças. A modalidade 2 (AN) apresenta uma perda de peso de -6,13% e as modalidades AC entre -2,60 e -3,66 sem diferenças significativas entre si. Na firmeza e TSS apesar de se observarem diferenças significativas entre modalidades a amplitude de variação entre modalidades é menor do que o desvio padrão associado a cada uma das variáveis, não sendo, portanto, perceptível à avaliação do consumidor. No que respeita à acidez os teores mais elevados ocorrem nas modalidades de AC, com a modalidade 528 a apresentar o valor mais elevado (0,25%) e significativamente distinto das restantes modalidades AC (entre 0,19% e 0,22%).

Quadro 2.4 – Efeito da modalidade de conservação na qualidade dos frutos (N=44), em 2019.

t (d)	Mod	Δ peso (%)	Desvio Padrão	Firmeza (N)	Desvio Padrão	TSS (°Brix)	Desvio Padrão	Acidez (% ác. málico)	Desvio Padrão				
28	OP	-9,48	c	1,62	45,66	b	6,79	15,43	a	1,49	0,18	c	0,02
	AN	-6,89	b	1,46	47,72	ab	5,95	15,40	a	1,21	0,17	c	0,02
	323	-3,28	a	0,67	47,45	ab	5,96	14,16	b	1,05	0,24	ab	0,03
	425	-2,84	a	0,77	49,69	a	4,78	15,25	a	1,55	0,21	bc	0,02
	528	-2,80	a	1,03	47,93	ab	6,55	14,78	ab	1,40	0,26	a	0,03
	6210	-2,92	a	0,55	46,17	ab	6,34	15,19	a	1,86	0,24	ab	0,02
	p	0,000			0,032		0,000		0,000				
35	AN	-6,13	b	1,38	45,18	b	6,17	15,70	a	1,23	0,15	d	0,02
	323	-2,60	a	0,83	48,67	a	4,93	15,00	a	1,28	0,19	c	0,01
	425	-3,66	a	1,35	49,32	a	5,20	15,12	a	1,63	0,22	bc	0,01
	528	-3,66	a	3,38	47,44	ab	4,91	14,85	a	1,56	0,25	a	0,02
	6210	-3,13	a	0,88	47,39	ab	5,83	15,55	a	1,68	0,22	b	0,02
	p	0,000			0,010		0,034		0,00				
63	528	-3,01	n.s.	1,16	48,86	n.s.	5,50	14,00	n.s.	1,29	0,23	n.s.	0,03
	6210	-3,22		1,12	47,29		4,45	14,30		1,16	0,20		0,02
	p	0,400			0,150		0,251		0,06				

Nota: letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas, segundo teste de Tukey, entre modalidades para $\alpha < 0,05$

Aos 63 dias de conservação, as 2 modalidades de AC (528 e 6210) não apresentam diferenças significativas entre si para todos os parâmetros em estudo (Δ peso, firmeza, TSS e acidez). Este resultado indica que a pequena diferença na concentração de CO₂ entre modalidades (correspondente a 8% na modalidade 528 e 10% na modalidade 6210), não é suficiente para induzir efeito diferencial na qualidade dos frutos.

2.3.1.5 Efeito da modalidade de conservação no dano por frio e incidência de podridões, em 2019

Em 2019, na modalidade 6210 não foram observados frutos com sintomas de danos por frio (Quadro 2.5) e a modalidade onde a incidência de dano por frio foi mais elevada foi a modalidade 528, com frutos com sintomas dos 42 dias aos 56 dias de conservação, mas sempre com valores inferiores a 7% (Quadro 2.5).

Quadro 2.5 – Incidência de danos por frio (acastanhamento interno e lanosidade) por modalidade e tempo de conservação, em 2019.

Mod.	Causa	35 d	42 d	49 d	56 d	63 d
425	Acastanhamento Interno					
	Lanosidade	2,3%				
528	Acastanhamento Interno					
	Lanosidade		6,8%	4,6%	2,3%	
6210	Acastanhamento Interno					
	Lanosidade					

N=44 frutos por dia de amostragem e modalidade. A ausência de valores indica uma incidência de 0%.

O aparecimento de podridões ocorre aos 49 dias (Quadro 2.6) e é a modalidade 6210 onde se observa a maior incidência com 20,4% de frutos com podridão aos 63 dias de conservação, seguida da modalidade 528 onde se observam 15,9% dos frutos com podridão. Este resultado indica que um tempo de conservação de 63 dias se constitui como um risco elevado em termos de cadeia comercial apesar da qualidade físico-química ser elevada e de presença de danos por frio ser baixa. A utilização de desinfecção dos frutos poderá evitar este aspeto negativo.

Quadro 2.6 – Incidência de podridões por modalidade e tempo, em 2019.

Mod.	35 d	42 d	49 d	56 d	63 d
425					
528			2,3%		15,9%
6210			11,4%		20,4%

N=44 frutos por dia de amostragem e modalidade. A ausência de valores indica uma incidência de 0%.

A RETER

As modalidades de atmosfera controlada (2% de O₂ e entre 5% e 10% de CO₂) permitiram a manutenção da qualidade físico-química dos pêssegos por períodos mais longos de tempo, mas aos 63 dias observou-se mais de 15% de frutos com podridão em duas modalidades AC.

A variação de peso atingiu -10% no final de 35 dias na modalidade OP.

O teor de acidez é o parâmetro que apresenta um padrão de evolução mais constante e indicador das condições de conservação, decrescendo sempre ao longo do tempo.

2.3.2 Ciclo vegetativo de 2020

O ano de 2020 foi um ano de baixa produção o que proporcionou calibres elevados. Registou-se queda de neve a 30 de março de 2020 que induziu a forte queda de frutos que estavam no início do seu desenvolvimento. Apesar da elevada quebra de produção na região, foi possível estabelecer o ensaio de 2020. Foram mantidas as modalidades 1 e 2 e instaladas 3 modalidades de AC tal como indicado no Quadro 2.1.

2.3.2.1 Condições de temperatura e humidade nas diferentes câmaras de refrigeração, em 2020

Em 2020 as condições de temperatura e humidade estiveram dentro do intervalo referido como ótimo para a conservação dos pêssegos. Na OP a temperatura média foi de 0,35°C e no CATAA foi de 1,26°C (Quadro 2.7), muito semelhante às condições observadas em 2019.

Quadro 2.7 – Condições de temperatura e humidade relativa nas câmaras de refrigeração, com base numa média horária, em 2020.

	Temperatura (°C)		Humidade Relativa (%)	
	OP	CATAA	OP	CATAA
Média	0,35	1,26	99,46	96,02
Desvio-padrão	0,38	1,18	0,88	1,75
Máximo	2,36	20,76	100,00	100,00
Mínimo	-0,17	-0,84	95,75	92,50

A Figura 2.10 permite verificar que a temperatura foi bastante estável ao longo do período de conservação, correspondendo os picos de temperatura à abertura da câmara para a retirada das amostras em cada semana, e, portanto, um período aproximado de 5 minutos, que não se reflete em alteração da temperatura dos frutos (dados não apresentados). No CATAA no período dos 49 aos 63 dias observaram-se temperaturas negativas, mas muito próximas de zero.

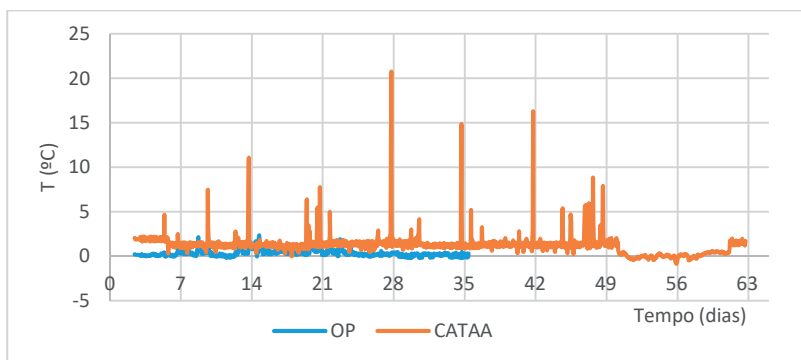


Figura 2.10 – Evolução da temperatura nas diferentes câmaras de refrigeração, em 2020.

2.3.2.2 Qualidade inicial dos frutos em 2020

Em 2020 os frutos apresentaram um peso médio de 165 g, com uma firmeza de 48,45 N, um TSS de 15,5 °Brix e uma acidez de 0,43% (Quadro 2.8). São frutos do calibre 67-73, ou seja, calibre A.

Quadro 2.8 - Qualidade dos frutos cv. Sweet Henry à colheita (t_0), em 2020.

Mod	Peso (g/fruto)	Firmeza (N)	TSS (°Brix)	Acidez (% ác. málico)	L*	a*	b*	c*
T_0	165,45	48,45	15,50	0,43	44,33	27,94	22,70	36,49

A coloração está dentro dos valores característicos de uma cultivar de coloração vermelha.

Relativamente a 2019 os pêssegos apresentavam uma maturação ligeiramente mais atrasada. São de menor calibre, maior firmeza (47,82 N em 2019), acidez mais elevada (0,35% em 2019) e menor TSS, sendo os parâmetros de cor também indicativos de menor grau de maturação, nomeadamente L^* e b^* mais elevados. Contudo, essa diferença de maturação só é perceptível após análise laboratorial, não é perceptível em campo na determinação da data de colheita. Esta ligeira diferença está perfeitamente dentro da variabilidade de uma cultivar e dentro dos parâmetros ideais de maturação. Uma colheita tardia será mais prejudicial à conservação do que a diferença de maturação observada relativamente a 2019.

2.3.2.3 Evolução da qualidade dos pêssegos, em 2020

Nas Figura 2.11 a 2.15 apresenta-se a evolução da perda de peso, firmeza, TSS e acidez, bem como da coloração por modalidade de conservação.

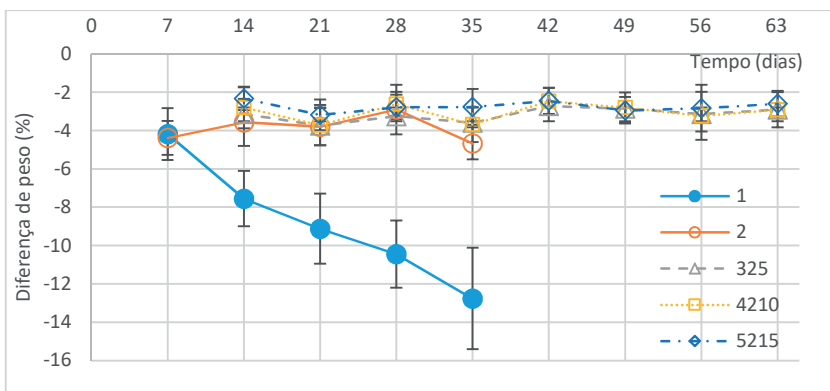


Figura 2.11 – Evolução da perda de peso dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação, em 2020.

Em 2020, a perda de peso dos pêssegos atingiu -13% na modalidade 1 (OP) no final de 35 dias de conservação, sendo de -4% para 7 dias e -8% aos 14 dias.

Comparativamente a 2019, no ciclo 2020 observou-se uma perda de peso mais acentuada aos 14 dias de conservação, o que não é facilmente explicável pois a temperatura de conservação foi de 0,35°C e a humidade relativa de 99,46% (Quadro 2.7), dentro do intervalo referido como ideal para a conservação.

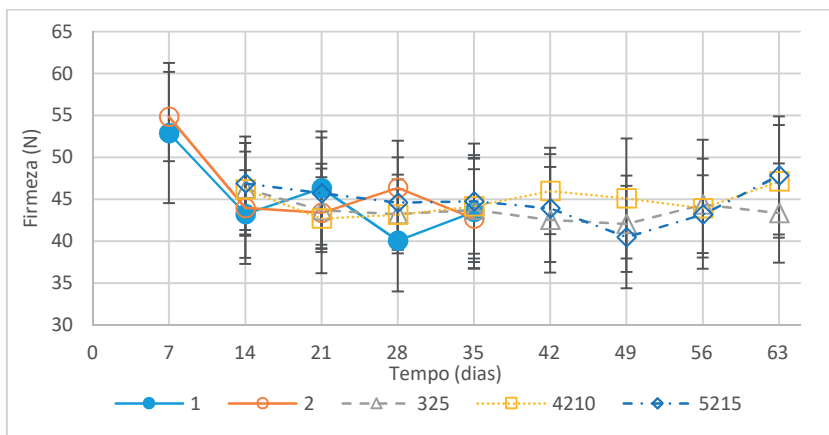


Figura 2.12 – Evolução da firmeza dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação em 2020.

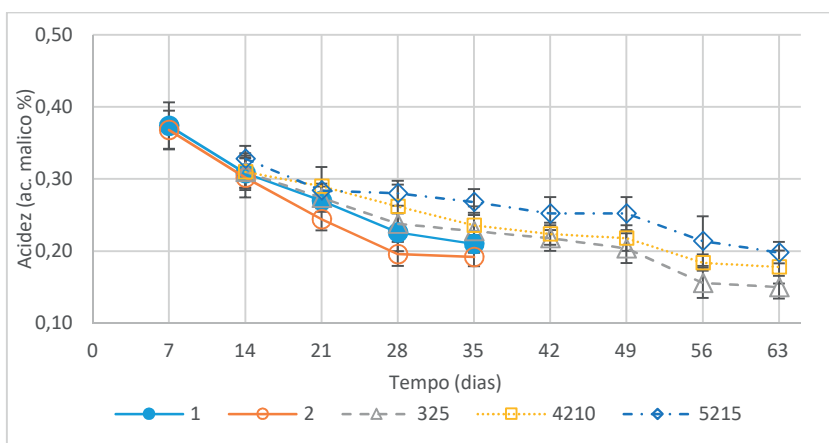


Figura 2.13 – Evolução do teor de acidez dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação em 2020.

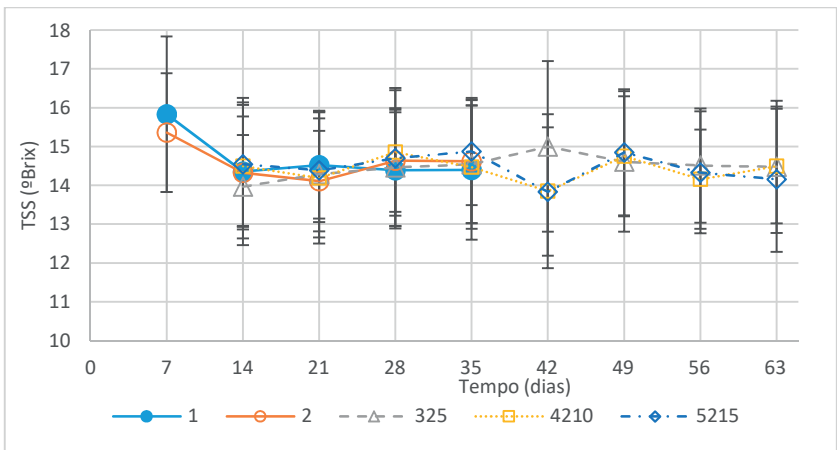


Figura 2.14 – Evolução do teor de sólidos solúveis totais dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação, em 2020.

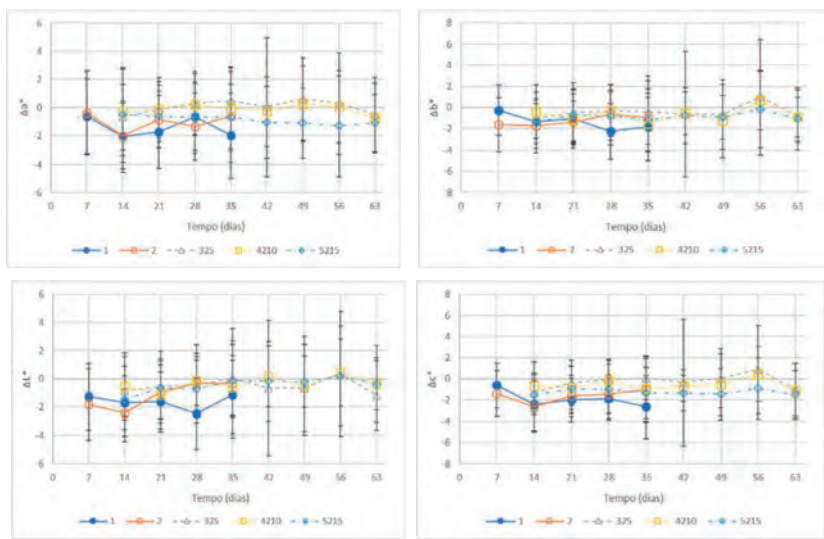


Figura 2.15 – Evolução dos parâmetros da cor dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação, em 2020. **A** – variação de a^* ; **B** – variação de b^* ; **C** – variação de L^* ; **D** – variação de c^* .

A modalidade 2 (AN) apresenta uma perda de peso próxima de -4% durante o período dos 7 aos 28 dias e de -5% aos 35 dias, comportamento ligeiramente inferior ao das modalidades de AC.

Nas modalidades de AC a perda de peso é semelhante entre todas as modalidades e varia entre -2% e -3% ao longo de todo o período do ensaio, comportamento semelhante ao observado em 2019, confirmando a eficácia das modalidades de AC na diminuição da taxa de respiração dos frutos (Figura 2.11).

No que respeita à firmeza (Figura 2.12), o menor valor é de 40 N atingido pela modalidade 1 (OP) aos 28 dias. Na modalidade 2, aos 35 dias, a firmeza dos frutos foi de 45 N muito semelhante às modalidades AC. Nas modalidades de AC a firmeza dos pêssegos mantém-se nos 45 N ao longo do período de conservação permitem a manutenção da firmeza dos frutos ao longo do período de conservação até aos 56 dias. Na última observação (63 dias) verifica-se que as modalidades 4210 e 5215 apresentam uma firmeza superior (48 N) à modalidade 325 (43 N).

O teor de acidez (Figura 2.13) apresenta um padrão decrescente ao longo do período de conservação em todas as modalidades, atingindo-se o valor mais baixo nas modalidades de AN respetivamente 0,24% na modalidade 1, aos 28 dias e 0,19% na modalidade 2, aos 35 dias. Nas modalidades AC, é a modalidade com teor mais elevado de CO₂ (5215) a que apresenta o menor decréscimo de acidez, atingindo o valor mínimo de 0,20% no final dos 63 dias de conservação. Para a mesma data a modalidade 325 apresenta uma acidez de 0,15%, e a modalidade 4210 de 0,18%, observando-se uma distinção entre as modalidades de AC ao longo da conservação.

Em 2020, o teor de sólidos solúveis (Figura 2.14) não apresentou uma grande variação, analogamente ao que ocorreu em 2019, mantendo-se em média entre os 14 °Brix e os 15 °Brix, ao longo de todo o período de conservação. Observou-se ainda elevada semelhança entre todas as modalidades, quer AN quer AC.

No que respeita aos parâmetros de cor (L*, a*, b*, c*) (Figura 2.15), à semelhança do que ocorreu em 2019, a amplitude de variação de qualquer dos parâmetros não excede -4,00, o que indica uma variação muito pequena e não perceptível para o ser humano.

Relativamente ao parâmetro a^* (Figura 2.15-A), a maior variação ocorreu na modalidade 1, observando-se o maior valor de Δa^* aos 14 e 35 dias. As modalidades 325 e 4210 (AC) apresentam um valor de Δa^* próxima de zero e muito semelhante entre si e ao longo de todo o período de conservação. A modalidade 5215 apresenta Δa^* próxima de -1,00, o que não é humanamente perceptível.

O parâmetro b^* (Figura 2.15-B), não apresenta uma variação significativa ao longo do período de conservação e o comportamento é semelhante entre todas as modalidades. O parâmetro L^* (Figura 2.15-C) mantém-se semelhante ao longo do período de conservação, com ΔL^* muito próximo de zero para todas as modalidades AC. A modalidade 1 apresenta ΔL^* superior a -2,00 aos 28 dias mas próximo de zero aos 35 dias.

O parâmetro c^* (Figura 2.15-D), que representa a cromaticidade, apresentou uma variação entre 1,00 e -1,50 nas modalidades AC.

À semelhança do que ocorreu em 2019, podemos dizer que todas as modalidades de conservação em estudo permitem a conservação dos parâmetros de cor dos frutos.

2.3.2.4 Efeito da modalidade de conservação na qualidade dos pêssegos, em 2020

Nos Quadros 2.9 e 2.10 apresentam-se os resultados da qualidade dos pêssegos fazendo a comparação entre modalidades de conservação para os diferentes tempos, sendo o Quadro 2.10 apenas as modalidades de Atmosfera Controlada dos 42 dias aos 63 dias.

Aos 14 dias de conservação observam-se diferenças significativas entre modalidades no que respeita a variação de peso e firmeza, sendo na variação de peso que se observam as maiores diferenças. A modalidade 1 (OP) apresenta uma perda de peso de -7,55%, a AN de -3,57% e as modalidades AC entre -2,34 (modalidade 5215) e -3,14 (modalidade 325). Nesta data a maior concentração de CO_2 induziu a menor variação de peso e maior firmeza dos frutos. Não se observaram diferenças significativas no TSS e na acidez.

Quadro 2.9 – Efeito da modalidade de conservação na qualidade dos frutos para os diferentes tempos de conservação, em 2020.

t (d)	Mod	Δ peso (%)	Desvio Padrão	Firmeza (N)	Desvio Padrão	TSS (°Brix)	Desvio Padrão	Acidez (% ác. málico)	Desvio Padrão
14	OP	-7,55 d	1,45	43,25 b	5,22	14,35	1,89	0,31	0,02
	AN	-3,57 c	1,23	43,97 ab	6,59	14,32	1,46	0,30	0,03
	325	-3,14 bc	0,88	46,24 ab	5,45	13,97 n.s.	1,33	0,31 n.s.	0,02
	4210	-2,80 ab	1,09	46,18 ab	5,54	14,50	1,57	0,31	0,03
	5215	-2,34 a	0,60	46,91 a	5,57	14,54	1,59	0,33	0,02
	p	0,000		0,012		0,483		0,487	
21	OP	-9,12 b	1,83	46,33 a	6,74	14,52	1,38	0,27 ab	0,01
	AN	-3,80 a	0,97	43,38 ab	4,24	14,11	1,29	0,24 b	0,02
	325	-3,74 a	0,73	43,68 ab	4,97	14,29 n.s.	1,63	0,27 ab	0,02
	4210	-3,72 a	1,06	42,71 b	6,53	14,19	1,69	0,29 a	0,03
	5215	-3,19 a	0,79	45,73 ab	6,64	14,39	1,39	0,28 a	0,01
	p	0,000		0,020		0,728		0,003	
28	OP	-10,45 b	1,75	40,09 c	6,10	14,39	1,50	0,23 bc	0,03
	AN	-2,91 a	1,29	46,38 a	5,70	14,63	1,31	0,20 c	0,02
	325	-3,25 a	0,78	43,22 bc	4,69	14,47 n.s.	1,52	0,24 b	0,01
	4210	-2,61 a	0,62	43,16 bc	4,19	14,86	1,65	0,26 ab	0,03
	5215	-2,78 a	0,64	44,61 ab	5,36	14,70	1,65	0,28 a	0,02
	p	0,000		0,000		0,649		0,000	
35	OP	-12,76 d	2,65	43,48	6,77	14,40	1,80	0,21 bc	0,01
	AN	-4,67 c	0,84	42,68	5,90	14,62	1,60	0,19 c	0,01
	325	-3,59 ab	0,91	43,72 n.s.	6,20	14,55 n.s.	1,51	0,23 bc	0,02
	4210	-3,70 b	0,92	44,16	5,66	14,47	1,59	0,24 ab	0,03
	5215	-2,77 a	0,94	44,77	6,85	14,87	1,38	0,27 a	0,02
		0,000		0,633		0,693		0,000	

Nota: letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre modalidades para $\alpha < 0,05$, segundo teste de Tukey.

Até aos 28 dias de conservação a modalidade AN apresenta um comportamento semelhante às modalidades de AC para os parâmetros variação de peso e firmeza. Apenas no que respeita à acidez a modalidade AN é semelhante à modalidade OP

distanciando-se das modalidades AC. Este resultado indica que até aos 28 dias (t_{28}) de conservação a refrigeração em AN é suficiente para a manutenção das características físico-químicas dos pêssegos.

Quadro 2.10– Efeito da modalidade de conservação de AC na qualidade dos frutos (N=44 frutos), em 2020, para o período de 42 a 63 dias.

t (d)	Mod	Δ peso (%)	Desvio Padrão	Firmeza (N)	Desvio Padrão	TSS (°Brix)	Desvio Padrão	Acidez (% ác. málico)	Desvio Padrão				
42	325	-2,71	0,98	42,56	b	6,29	15,00	a	2,20	0,22	b	0,02	
	4210	-2,48	n.s.	0,61	45,98	a	5,16	13,85	b	1,98	0,22	ab	0,02
	5215	-2,46	0,67	43,93	ab	6,42	13,84	b	1,66	0,25	a	0,02	
p		0,266		0,034		0,009		0,033					
49	325	-2,86	0,88	42,07	ab	5,74	14,61	1,81	0,20	b	0,02		
	4210	-2,81	n.s.	0,79	45,09	a	7,16	14,75	n.s.	1,54	0,22	ab	0,02
	5215	-2,95	0,70	40,47	b	6,10	14,85	1,63	0,25	a	0,02		
p		0,720		0,004		0,809		0,009					
56	325	-3,13	0,92	44,38		7,69	14,51	1,47	0,16	b	0,02		
	4210	-3,24	n.s.	1,25	43,93	n.s.	5,89	14,15	n.s.	1,28	0,18	ab	0,01
	5215	-2,83	1,22	43,20		4,63	14,33	1,57	0,21	a	0,03		
p		0,235		0,678		0,530		0,009					
63	325	-2,90	1,01	43,34	b	5,91	14,48	1,70	0,15	b	0,02		
	4210	-2,92	n.s.	0,92	47,12	a	6,62	14,50	n.s.	1,47	0,18	ab	0,02
	5215	-2,60	0,67	47,83	a	7,05	14,16	1,87	0,20	a	0,01		
p		0,184		0,004		0,588		0,004					

Nota: letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre modalidades para $\alpha < 0,05$, segundo teste de Tukey.

Considerando os resultados do Quadro 2.10, que apresenta os resultados das modalidades AC de t_{42} a t_{63} , verifica-se que, genericamente, não há um efeito da modalidade na variação de peso e do TSS. Contudo, observa-se um efeito da modalidade na evolução do teor de acidez, com uma relação direta entre maior concentração de CO_2 e maior teor de acidez, ou seja, a maior concentração de CO_2 induz a menor degradação da acidez. Assim observam-se os menores valores de

acidez na modalidade 325 e os valores mais elevados de acidez na modalidade 5215 para t = 42, 49, 56 e 63 dias, terminando com 0,15% aos 63 dias na modalidade 325 e 0,20% para t=63 na modalidade 5215.

2.3.2.5 Efeito da modalidade de conservação no dano por frio e incidência de podridões, em 2020

Em 2020 todas as modalidades apresentaram sintomas de danos por frio aos 63+2 dias (Quadro 2.11).

Quadro 2.11 – Incidência de danos por frio (acastanhamento interno e lanosidade) por modalidade e tempo de conservação, em 2020.

Mod.	Causa	35+2 d	42+2 d	49+2 d	56+2 d	63+2 d
325	Acast. Int.		4,2%		12,5%	4,2%
	Lanosidade			8,3%		12,5%
4210	Acast. Int.	4,2%	4,2%			
	Lanosidade			8,3%		4,2%
5215	Acast. Int.				4,2%	8,3%
					4,2%	

N=44 frutos por dia de amostragem e modalidade. A ausência de valores indica uma incidência de 0%.

Os primeiros danos por frio foram observados aos 35+2 dias na modalidade 4210 e a modalidade 5215 apenas apresentou frutos com danos por frio a partir dos 56+2 dias.

O aparecimento de podridões foi sempre baixo neste ciclo 2020, e ocorre aos 42+2 dias na modalidade 425 que também apresenta o valor mais elevado para os 63+2 dias (20,8%) (Quadro 2.12).

Quadro 2.12 – Incidência de podridões por modalidade e tempo, em 2020.

Mod.	35+2 d	42+2 d	49+2 d	56+2 d	63+2 d
325		4,2%			20,8%
4210				4,2%	4,2%
5215				4,2%	4,2%

N=44 frutos por dia de amostragem e modalidade. A ausência de valores indica uma incidência de 0%.

As modalidades 4210 e 5215 apresentam comportamento semelhante entre si, com 4,2% de frutos com podridão aos 56+2 dias e 62+2 dias. Este resultado reforça o que foi observado em 2019, que um tempo de conservação de 63 dias excede o tempo de vida útil do pêssego, comprometendo a sua qualidade.

A RETER

A modalidade de Atmosfera Normal proporcionou resultados semelhantes às modalidades de Atmosfera Controlada até aos 28 dias de conservação.

Observou-se um efeito diferencial da AC no teor de acidez dos pêssegos. A modalidade 5215 (2% O₂-15% CO₂) foi a que permitiu o maior nível de manutenção da acidez evidenciando que maior concentração de CO₂ induz a menor atividade fisiológica dos frutos e, portanto, manutenção das suas características.

A incidência de podridões foi baixa e observaram-se danos por frio em todas as modalidades AC aos 62+2 dias, embora com maior expressão na modalidade 325 que corresponde à menor concentração de CO₂ (5%).

2.3.3 Ciclo vegetativo de 2021

O ano agrícola de 2021 caracterizou-se por uma primavera chuvosa, mas a produção, não sendo muito elevada, foi regular o que proporcionou calibres elevados. Foram mantidas as modalidades 1 e 2 e instaladas 3 modalidades de AC, de modo semelhante ao realizado em 2020 (Quadro 2.1).

2.3.3.1 Condições de temperatura e humidade nas diferentes câmaras de refrigeração, em 2021

Em 2021 as condições de temperatura e humidade estiveram dentro do intervalo referido como ótimo para a conservação dos pêssegos. Na OP a temperatura média foi de 0,69°C e no CATAA foi de 1,74°C (Quadro 2.13), semelhante às condições observadas em 2019 e 2020.

Quadro 2.13 – Condições de temperatura e humidade relativa nas câmaras de refrigeração, em 2021.

	Temperatura (°C)		Humidade Relativa (%)	
	OP	CATAA	OP	CATAA
Média	0,31	1,43	97,12	96,15
Desvio-padrão	0,79	2,49	6,68	7,68
Máximo	8,82	14,42	100,00	100,00
Mínimo	-0,71	0,00	48,83	48,58

A temperatura mantém-se estável ao longo do período de conservação, correspondendo os picos de temperatura à abertura da câmara para a retirada das amostras em cada semana. No CATAA no período dos 49 aos 56 dias observou-se uma avaria com uma subida da temperatura para o intervalo 10°C a 14°C durante 4 dias. Este constrangimento no final do período de conservação deve ser tido em consideração na análise de resultados. Na OP observaram-se temperaturas negativas entre os 28 dias e os 35 dias de conservação.

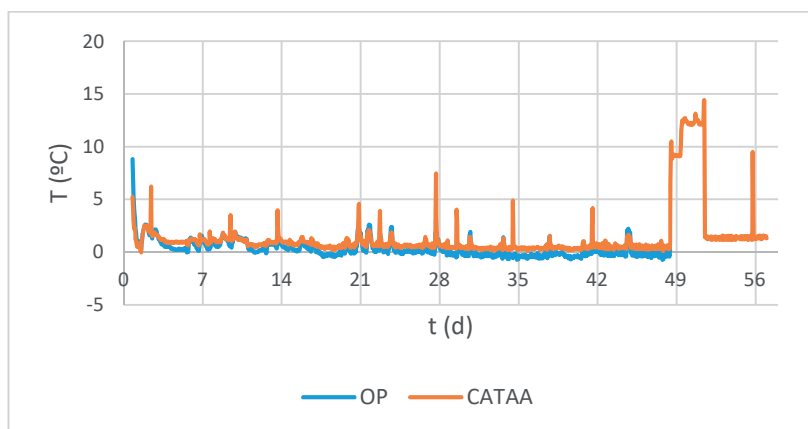


Figura 2.16 – Evolução da temperatura nas diferentes câmaras de refrigeração, em 2021.

2.3.3.2 Qualidade inicial dos frutos, em 2021

Em 2021, os frutos apresentaram um peso médio de 185 g, com uma firmeza de 38,26 N, um TSS de 15,1°Brix e uma acidez de 0,49% (Quadro 2.14).

Quadro 2.14 - Qualidade dos frutos à colheita (t0), em 2021.

Mod	Peso (g/fruto)	Firmeza (N)	TSS (°Brix)	Acidez (% ác. málico)	L*	a*	b*	c*
T ₀	185,61	38,26	15,12	0,49	43,68	27,43	21,80	35,74

Em 2021. Os frutos são frutos de calibre 73-80, ou seja, calibre AA, com maior semelhança com os frutos de 2019 no que respeita ao calibre. A firmeza à colheita foi mais baixa (38,26 N), comparativamente a 2019 (47,82 N) e 2020 (48,45 N). O TSS à colheita foi muito semelhante nos 3 ciclos (entre 14°Brix e 16°Brix). A acidez de 0,49% foi mais elevada comparativamente a 2019 (0,35%) e 2020 (0,43%), mas de modo global a qualidade é muito semelhante nos 3 ciclos em estudo. A coloração está dentro dos valores característicos de uma cultivar de coloração vermelha e muito semelhante aos anos anteriores.

2.3.3.3 Evolução da qualidade dos pêssegos, em 2021

Nas Figuras 2.17 a 2.21 apresenta-se a evolução da perda de peso, firmeza, TSS e acidez, bem como da coloração por modalidade de conservação.

Em 2020, a perda de peso dos pêssegos atingiu -16% na modalidade 1 (OP) no final de 49 dias de conservação e foi de -4,5% para 7 dias e -6% aos 14 dias (Figura 2.17). A evolução da perda de peso em 2021 foi semelhante ao observado em 2019 e 2020, mas atingiu valores mais elevados pois o período de tempo em análise foi alargado, nomeadamente, em 2019 e 2020 terminou aos 35 dias e em 2021 terminou aos 49 dias. Na modalidade 1 (OP) a perda de peso atingiu valores de -16%. Para esta modalidade observa-se um diferencial de -4% de perda de peso entre os 42 dias e os 49 dias, evidenciando que as condições de armazenamento não estão adequadas para períodos de conservação longos.

A modalidade 2 (AN) apresenta uma perda de peso próxima de -4% durante o período dos 7 aos 28 dias (semelhante ao observado em 2020) e de -5,5% aos 35 dias, sendo sempre uma perda de peso maior que as modalidades de AC.

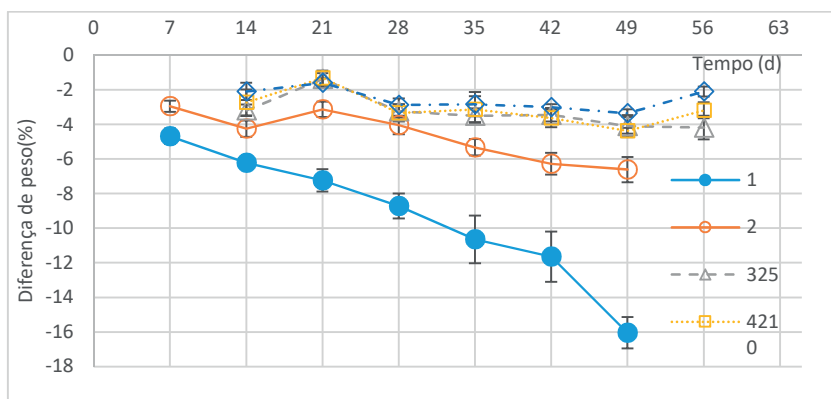


Figura 2.17 – Evolução da perda de peso dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação, em 2021.

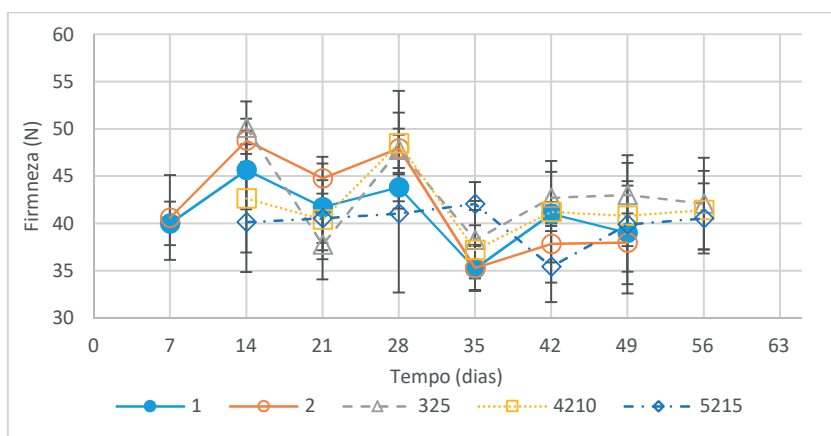


Figura 2.18 – Evolução da firmeza dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação, em 2021.

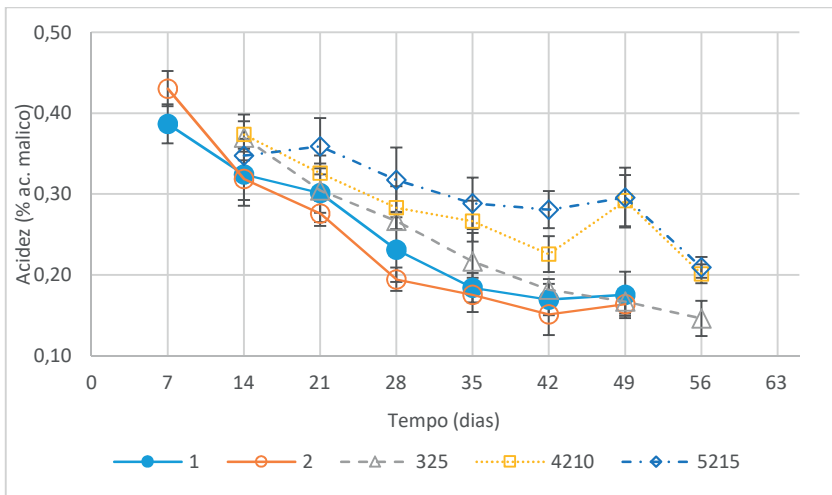


Figura 2.19 – Evolução do teor de acidez dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação, em 2021.

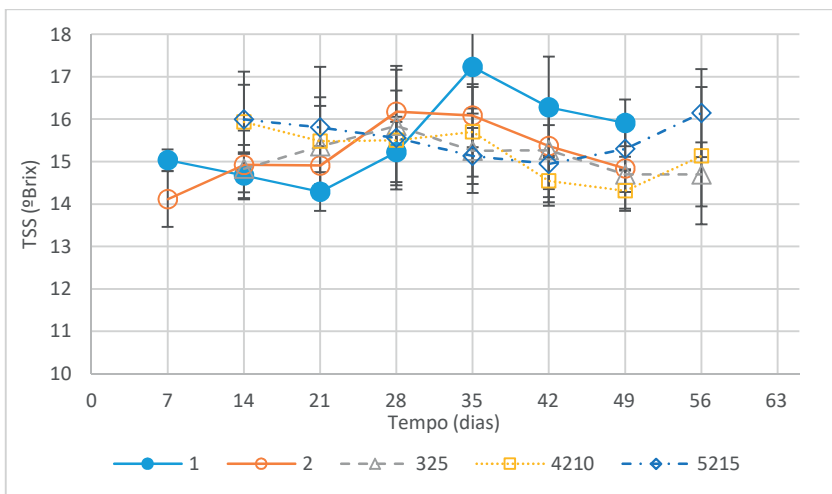


Figura 2.20 – Evolução do TSS dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação, em 2021.

Nas modalidades de AC a perda de peso é semelhante entre todas as modalidades e varia entre -2% e -4% ao longo de todo o período do ensaio, comportamento semelhante ao observado em 2019 e 2020, confirmando a eficácia das modalidades de AC na diminuição da taxa de respiração dos frutos.

No que respeita à firmeza (Figura 2.18), não se observa um comportamento linear das modalidades. A firmeza está entre os 40 N e 50 N até aos 28 dias de conservação. Nas modalidades de AC a firmeza dos pêssegos mantém-se entre os 40 N e 45 N permitindo a manutenção da firmeza dos frutos ao longo do período de conservação até aos 56 dias, não se observando grande distinção entre as modalidades.

O teor de acidez (Figura 2.19), à semelhança dos anos anteriores, apresenta um padrão decrescente ao longo do período de conservação em todas as modalidades, atingindo-se o valor mais baixo nas modalidades de AN ligeiramente abaixo de 0,20% aos 35 dias. Nas modalidades AC, é a modalidade com teor mais baixo de CO₂ (325) apresenta o maior decréscimo de acidez, atingindo o valor mínimo de 0,15% no final dos 49 dias de conservação, sendo semelhante às modalidades AN. Na última data (t = 56 dias) observa-se uma degradação mais acentuada da acidez para qualquer das modalidades AC, o que deve estar associado com o aumento da temperatura associado à avaria do sistema de refrigeração. Apesar disso, de realçar que, à semelhança do observado em anos anteriores, a modalidade 5215 apresentou os teores mais elevados de acidez, mesmo para t=56.

Em 2021, o teor de sólidos solúveis (Figura 2.20) apresentou uma variação entre 14°Brix e 17,5°Brix. A modalidade 1 (OP) foi a que apresentou os valores mais elevados (17,5°Brix aos 35 dias) o que deve estar associado à perda de peso dos frutos. Ainda nesta modalidade, o decréscimo de TSS ente t₃₅ e t₄₉ conjugado com a mais elevada perda de peso indica uma entrada em senescência dos frutos o que corrobora que não é uma modalidade ajustada a conservação de longa duração.

No que respeita aos parâmetros de cor (L*, a*, b*, c*) (Figura 2.21), observa-se em 2021, a maior amplitude de variação do parâmetro a*, mas com pequena amplitude de variação para os restantes parâmetros.

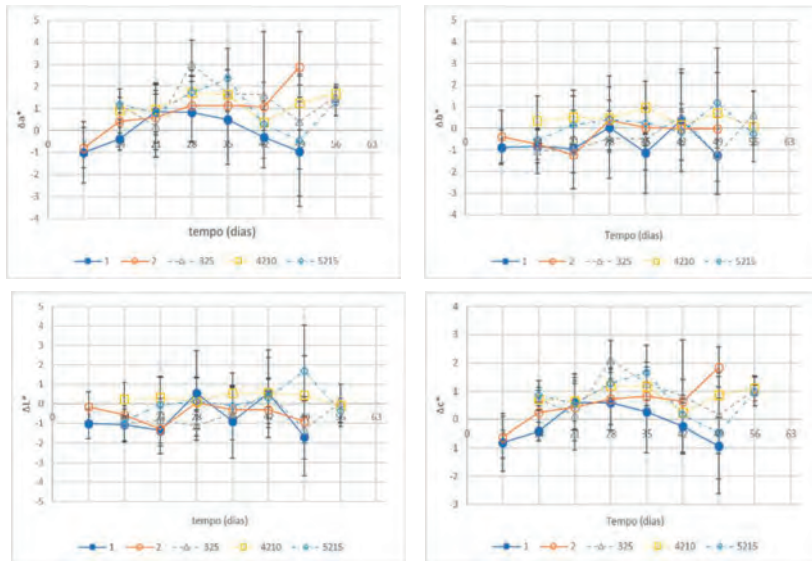


Figura 2.21 – Evolução dos parâmetros da cor dos pêssegos de acordo com a modalidade e tempo de conservação, em 2021. **A** – variação de a^* ; **B** – variação de b^* ; **C** – variação de L^* ; **D** – variação de c^* .

Relativamente ao parâmetro a^* (Figura 2.21-A), Δa^* é positivo com exceção da modalidade 1 (OP) em que se observa uma variação negativa aos 42 e 49 dias. A maior amplitude de variação (+3,00) ocorre na modalidade 2 aos 49 dias.

O parâmetro b^* (Figura 2.21-B), não apresenta uma variação significativa ao longo do período de conservação, e o comportamento é semelhante entre todas as modalidades.

O parâmetro L^* (Figura 2.21-C) mantém-se semelhante ao longo do período de conservação, com ΔL^* entre 0,00 e -1,00 para todas as modalidades AC até aos 42 dias.

O parâmetro c^* (Figura 2.21-D), que representa a cromaticidade, apresentou um comportamento muito semelhante ao parâmetro a^* , o que é expectável pois o parâmetro b^* apresenta pequena variação e, sendo o c resultante de a^* e b^* , ele reflete a variação de a^* .

À semelhança do que ocorreu em 2019 e 2020, podemos dizer que todas as modalidades de conservação em estudo permitem a conservação dos parâmetros de cor dos frutos, não sendo perceptível para o consumidor uma variação tão pequena quanto a observada.

2.3.3.4 Efeito da modalidade de conservação na qualidade dos pêssegos, em 2021

Nos Quadros 2.15 e 2.16 apresentam-se os resultados da qualidade dos pêssegos fazendo a comparação entre modalidades de conservação para os diferentes tempos, distinguindo os resultados até aos 35 dias (Quadro 2.15) considerando todas as modalidades e considerando apenas as modalidades de Atmosfera Controlada dos 42 dias aos 56 dias (Quadro 2.16).

Aos 14 dias de conservação observam-se diferenças significativas entre modalidades no que respeita a variação de peso, firmeza e acidez, sendo na variação de peso onde se observam as maiores diferenças. A modalidade 1 (OP) apresenta uma perda de peso de -6,22%, a AN de -4,25% e as modalidades AC entre -2,10 (modalidade 5215) e -3,18 (modalidade 325). Nesta data a maior concentração de CO₂ induziu a menor variação de peso e maior firmeza dos frutos. Não se observaram diferenças significativas no TSS entre todas as modalidades e não se observam diferenças significativas entre as modalidades AC no que respeita ao TSS e acidez.

Aos 21 dias a modalidade 1 (OP) apresenta a maior perda de peso (-8,72%) e as modalidades AC apresentam uma perda de peso de -1,32% a -1,60% mas não diferem entre si. O TSS é semelhante entre todas as modalidades. Acentuam-se as diferenças no teor de acidez (relativamente aos 14 dias), com a modalidade 5215 a apresentar o maior teor de acidez (0,36%) e a modalidade 2 (AN) o valor o teor mais baixo (0,28%).

Aos 28 dias de conservação a modalidade AN apresenta o teor mais baixo de acidez (0,19%), não se observando diferenças na firmeza e no TSS entre modalidades. As modalidades de AC só diferem entre si no teor de acidez que apresenta o teor mais elevado na modalidade 5215.

Quadro 2.15 – Efeito da modalidade de conservação na qualidade dos frutos, em 2021, para o período de 14 a 35 dias.

t (d)	Mod	Δ peso (%)	Desvio Padrão	Firmeza (N)	Desvio Padrão	TSS (°Brix)	Desvio Padrão	Acidez (% ác. málico)	Desvio Padrão				
14	OP	-6,22	d	0,27	45,64	abc	4,15	14,68	0,54	0,32	b	0,03	
	AN	-4,25	c	0,47	48,78	ab	2,29	14,92	0,81	0,32	b	0,03	
	325	-3,18	b	0,33	50,12	a	2,78	14,83	n.s.	0,56	0,37	a	0,03
	4210	-2,73	ab	0,75	42,64	bc	5,72	15,94	1,18	0,37	a	0,02	
	5215	-2,10	a	0,50	40,12	c	5,28	16,00	0,82	0,35	ab	0,02	
	p	0,000			0,002		0,017		0,00				
21	OP	-7,23	c	0,65	41,74	ab	4,58	14,29	0,45	0,30	bc	0,04	
	AN	-3,13	b	0,45	44,76	a	2,27	14,91	0,45	0,28	c	0,02	
	325	-1,38	a	0,35	37,76	b	3,69	15,36	n.s.	0,95	0,30	bc	0,03
	4210	-1,32	a	0,42	40,39	ab	4,17	15,48	1,03	0,33	ab	0,02	
	5215	-1,60	a	0,25	40,55	ab	2,60	15,80	1,43	0,36	a	0,03	
	p	0,000			0,037		a		0,084		0,00		
28	OP	-8,72	c	0,72	43,84		1,52	15,23	0,71	0,23	cd	0,04	
	AN	-4,03	b	0,53	47,94		2,09	16,18	0,99	0,19	d	0,01	
	325	-3,24	ab	0,38	47,79	n.s.	6,22	15,85	n.s.	1,41	0,27	bc	0,01
	4210	-3,34	ab	0,50	48,45		3,28	15,51	1,16	0,28	ab	0,03	
	5215	-2,87	a	0,37	41,03		8,34	15,56	0,50	0,32	a	0,04	
	p	0,000			0,067		0,551		0,000				
35	OP	-10,65	c	1,38	35,23	b	2,37	17,23	a	1,10	0,18	b	0,02
	AN	-5,33	b	0,47	35,29	b	2,42	16,08	ab	0,75	0,18	b	0,02
	325	-3,50	a	0,42	38,27	ab	4,10	15,26	b	1,00	0,22	b	0,04
	4210	-3,13	a	0,75	37,18	ab	4,23	15,70	ab	1,05	0,27	a	0,03
	5215	-2,83	a	0,70	42,06	a	2,29	15,13	b	0,66	0,29	a	0,03
		0,000			0,006		0,004		0,00				

Aos 35 dias a modalidade AN apenas difere da modalidade OP na perda de peso e as modalidades AC só diferem entre si no teor de acidez com a modalidade 325 com 0,22% e as modalidades 4210 e 5215 com 0,27% e 0,29%, respetivamente.

Quadro 2.16 – Efeito da modalidade de conservação na qualidade dos frutos, em 2021, para o período de 42 a 56 dias.

t (d)	Mod	Δ peso (%)	Desvio Padrão	Firmeza (N)	Desvio Padrão	TSS ($^{\circ}$ Brix)	Desvio Padrão	Acidez (% ác. málico)	Desvio Padrão				
42	325	-3,44	ab	0,38	42,71	a	2,72	15,27	1,11	0,18	c	0,01	
	4210	-3,63	b	0,55	41,23	ab	5,38	14,55	ns	0,23	b	0,02	
	5215	-2,99	a	0,16	35,42	b	3,76	14,95	0,91	0,28	a	0,02	
p		0,000		0,018		0,394		0,000					
49	325	-4,10	b	0,64	43,02		3,38	14,70	b	0,41	0,17	b	0,02
	4210	-4,37	b	0,16	40,80	n.s.	3,20	14,32	b	0,47	0,29	a	0,03
	5215	-3,36	a	0,22	39,89		7,31	15,30	ab	0,48	0,30	a	0,04
p		0,000		0,551		0,070		0,000					
56	325	-4,19	c	0,68	42,09		4,86	14,70		0,75	0,15	b	0,02
	4210	-3,19	b	0,47	41,42	n.s.	4,15	15,14	n.s.	1,62	0,20	a	0,01
	5215	-2,10	a	0,29	40,54		3,71	16,14		1,04	0,21	a	0,01
p		0,000		0,821		0,133		0,000					

Considerando os resultados do Quadro 2.16, que correspondente apenas às modalidades AC, dos 42 dias aos 56 dias, verifica-se que, genericamente, a modalidade 5215 apresenta menor perda de peso e maior teor de acidez comparativamente às outras duas modalidades. Não se observam diferenças significativas entre modalidades para o TSS e para a firmeza (aos 49 dias e 63 dias). Estes resultados são semelhantes aos obtidos em 2020 evidenciando o efeito de maior teor de CO₂ na manutenção da qualidade dos pêssegos.

2.3.3.5 Efeito da modalidade de conservação no dano por frio e incidência de podridões, em 2021

Em 2021, a modalidade onde a incidência de dano por frio foi mais elevada foi a modalidade AN, com frutos com sintomas aos 35+2 dias (10%) e aos 42 +2 dias observou-se 20% dos frutos apresentavam acastanhamento interno (Quadro 2.17), o que indica que a conservação em AN não deve ir além de 1 mês.

Quadro 2.17 – Incidência de danos por frio (acastanhamento interno e lanosidade) por modalidade e tempo de conservação, em 2021

Mod.	Causa	28d+2	35d+2	42d+2	49d+2	56d+2
OP	Acast. Int.				20%	
	Lanosidade			5%	10%	
AN	Acast. Int.		10%	30%	20%	
	Lanosidade			5%		
325	Acast. Int.				10%	30%
	Lanosidade					
4210	Acast. Int.				25%	10%
	Lanosidade				5%	
5215	Acast. Int.					5%
	Lanosidade		10%			

N=20 frutos por dia de amostragem e modalidade. A avaliação do dano por frio foi avaliada após 2 dias à temperatura ambiente. A ausência de valores indica uma incidência de 0%.

Em 2021, o desenvolvimento de podridões teve maior expressão que nos ciclos anteriores, provavelmente relacionado com um ciclo produtivo com maior humidade durante o desenvolvimento dos frutos (mas não no período de colheita).

Quadro 2.18 – Incidência de podridões por modalidade e tempo, em 2021.

Mod.	28+2 dias	35+2 dias	42+2 dias	49+2 dias	56+2 dias
OP	5%	15%	5%	25%	
AN		10%	20%	20%	
325	10%	5%	35%	15%	10%
4210		10%	30%	5%	40%
5215	15%	20%	5%	10%	10%

N=20 frutos por dia de amostragem e modalidade. A ausência de valores indica uma incidência de 0%.

O aparecimento de podridões ocorre desde os 28+2 dias para as modalidades OP, 325 e 5215, e, a partir dessa data observaram-se sempre e em todas as modalidades, variando entre 5% e 40% (Quadro 2.18).

No conjunto das modalidades de AC a modalidade 5215 foi a que apresentou menor incidência de frutos com podridão (10%) para os dois tempos mais longos (49+2 dias e 56+2 dias). As modalidades 325 e 4210 apresentam 35% e 30%,

respetivamente, de frutos com podridão aos 42+2 dias, o que é um fator bastante negativo, evidenciando a necessidade de desinfecção dos frutos sempre que se equacionar a conservação por períodos mais longos e, especificamente, a utilização de AC que representam um custo de armazenamento mais elevado. Os tratamentos pré-colheita são fundamentais para a prevenção do aparecimento de podridões e consequente sucesso da conservação (Sargent et al., 2000).

A RETER

A modalidade de Atmosfera Normal apresentou resultados semelhantes às modalidades de Atmosfera Controlada até aos 28 dias de conservação.

Observou-se um efeito diferencial da AC na perda de peso. Para o tempo mais longo (56 dias), a modalidade 5215 foi onde se observou a menor perda de peso (-2,1%) e a modalidade 325 foi a que a apresentou a menor conservação da acidez, observando-se globalmente a manutenção das características físico-químicas dos frutos.

Em 2021 a incidência de podridões foi muito elevada em qualquer das modalidades em estudo (5% a 40%) diferindo bastante do observado em 2019 e 2020.

2.3.4 Identificação das características que permitem discriminar as três modalidades de Atmosfera Controlada considerando os resultados dos 3 ciclos vegetativos 2019, 2020 e 2021

Considerando que o objetivo principal é determinar a influência das diferentes modalidades de conservação na qualidade dos frutos para identificar qual a modalidade mais vantajosa, realizou-se uma análise comparativa entre as modalidades AC, utilizando a estatística de análise discriminante *stepwise*, considerando as variáveis independentes diferença de peso, firmeza, TSS,

acidez, e a variação dos parâmetros de cor, Δa , Δb , Δc e ΔL , determinando as variáveis que melhor discriminam as modalidades.

2.3.4.1 Tempo 49 dias

Considerando o período de conservação de 49 dias, foram extraídas duas funções discriminantes. A função 1, consegue explicar 92,8% da variabilidade entre as três modalidades, enquanto na função 2, essa percentagem é de apenas 7,2% (Quadro 2.19).

Quadro 2.19 – Coeficientes de funções discriminantes canônicas padronizados da análise discriminante considerando as 3 modalidades de AC, para t=49.

	Função 1	Função 2
	92,8%	7,2%
Acidez (%)	1,192	-0,208
TSS (°Brix)	0,420	0,944
Δc	-0,886	0,064

Ambas as funções discriminam significativamente as três modalidades para 5% de significância (na função 1, $p < 0,001$; na função 2, $p < 0,039$). Analisados os coeficientes nas funções discriminantes, podemos verificar que as variáveis que apresentam influência na discriminação são a acidez, o TSS e a variação de c^* . A função 1 é bem definida pela acidez, enquanto que, a função 2 é definida pelo TSS (Quadro 2.19), realçando-se a variável acidez como a principal determinante pois é a que apresenta maior coeficiente na função 1 que representa 92,8% da discriminação.

Gráficamente, podemos ver no mapa territorial (Figura 2.22), o posicionamento bem definido na função 1, com a diferenciação entre as três modalidades ao nível da acidez, nomeadamente, a modalidade 25 (5% de CO_2) com menor teor de acidez e a modalidade 215 (15% de CO_2) com maior teor de acidez, reforçando os resultados obtidos na análise apresentada nos Quadros 2.9 e 2.15, respetivamente 2020 e 2021.

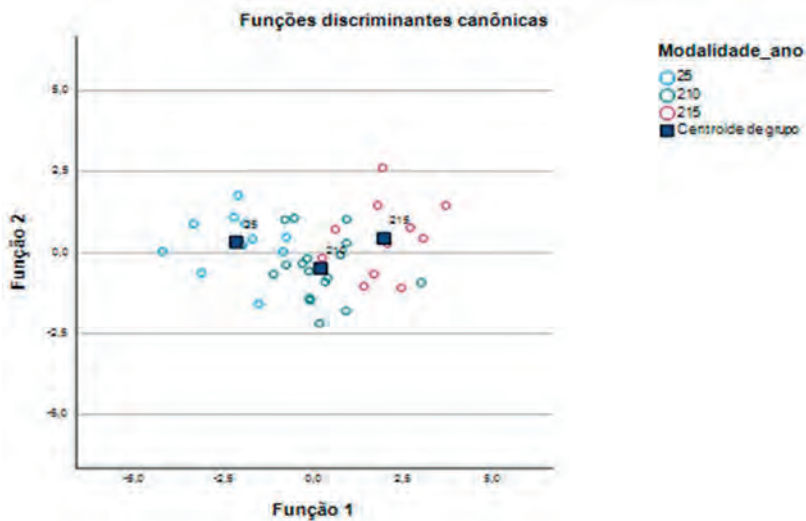


Figura 2.22 – Mapa territorial referente à análise discriminante entre as modalidades de Atmosfera Controlada para um tempo de conservação de 49 dias.

2.3.4.2 Tempo 56 dias

Apesar de, em 2021, na última semana de conservação (49 a 56 dias), a temperatura não ter estado dentro do intervalo considerado como adequado, utilizaram-se os resultados para uma análise conjunta com 2019 e 2020, para o período de conservação de 56 dias, seguindo a mesma metodologia de análise discriminante. Dessa análise, semelhante à realizada para $t=49$ dias, foram extraídas também duas funções discriminantes (Quadro 2.19 e Figura 2.23), que conduziram a resultados muito semelhantes, identificando também as variáveis a acidez, o TSS e a variação de c^* , com influência na discriminação. A função 1, consegue explicar 95,4% da variabilidade e discrimina bem as três modalidades e é bem definida pela acidez ($p<0,001$), que apresenta um coeficiente de 0,973. A função 2 é definida pela variável SST mas não é significativa ($p<0,161$) (Quadro 2.20), o que reforça o papel do teor da acidez obtido para o tempo de 49 dias.

Quadro 2.20 – Coeficientes de funções discriminantes canônicas padronizados da análise discriminante considerando as 3 modalidades de Atmosfera Controlada, para t=56.

	Função 1	Função 2
	95,4%	5,0%
Acidez (%)	0,973	-0,058
SST (°Brix)	0,480	0,899
Δc	-0,358	0,179

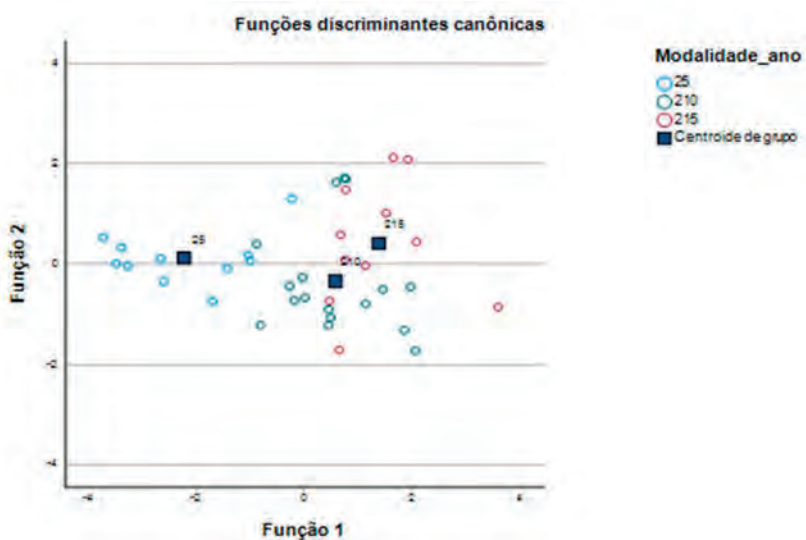


Figura 2.23 – Mapa territorial referente à análise discriminante entre as modalidades de Atmosfera Controlada para um tempo de conservação para t=56.

Na Figura 2.23 podemos ver no mapa territorial com o posicionamento bem distinto das 3 modalidades AC na função 1, definida pelo teor de acidez, nomeadamente, a modalidade 25 com menor teor de acidez e a modalidade 215 (correspondente a 2% de O₂ e 15% de CO₂) com maior teor de acidez,

plenamente de acordo com resultados obtidos na análise apresentada nos Quadros 2.10 e 2.15, respetivamente 2020 e 2021.

2.4 Considerações finais

A atmosfera normal permite a manutenção da qualidade dos frutos até aos 21 a 28 dias observando-se um acréscimo da incidência de dano por frio e aparecimento de podridões que compromete este tipo de conservação por períodos mais longos.

A utilização de Atmosferas Controladas na conservação do pêsego permite alargar o período de conservação para períodos que não atingem os 2 meses. O fator diferencial entre as modalidades de Atmosfera Controlada foi a degradação do teor de acidez, com uma preservação crescente do teor de acidez dos frutos com o aumento do teor de CO₂. Assim a modalidade com maior teor de CO₂ (2% O₂ e 15% de CO₂) foi a que apresentou frutos com maior teor de acidez considerando um tempo de conservação de 49 dias e 56 dias.

A incidência de podridões foi mais elevada em 2021, com aparecimento de podridões em todas as modalidades variando entre 5% e 40%, o que é um fator muito negativo, indicando a necessidade de desinfecção dos frutos e embalagens durante o manuseamento pós-colheita e também a recomendação de tratamentos na pré-colheita.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “PrunusPOS – Otimização de processos de armazenamento, conservação em frio, embalagem ativo e/ou inteligente, e rastreabilidade da qualidade alimentar no pós-colheita de produtos frutícolas, Operação n.º PDR2020-101-031694 (Líder), Parceria n.º 87, Iniciativa n.º 175 promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020.

Referências bibliográficas

- Abidi, W., Cantín, C.M., Jiménez, S., Giménez, R., Moreno, M.Á. e Gogorcena, Y. 2014. Influence of antioxidant compounds, total sugars and genetic background on the chilling injury susceptibility of a non-melting peach (*Prunus persica* (L.) Batsch) progeny. *J Sci Food Agric* 2015; 95: 351–35.
- Bachmann, J. e Earles, R. 2000. Postharvest Handling of Fruits and Vegetables. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA). 1–19.
- Cantillano, F.F., Treptow, R.D.O. Schünemann, A.P. 2010. Controlled Atmosphere Storage of Peaches Cultivar ‘Eldorado’ Grown in Conventional and Organic System. *Acta Horticulturae* 872: 365–70.
- Crisosto, C.H., Mitcham, E.J. e Kader, A.A. 1996. Peach and Nectarine Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. University of California. Davis.
- Crisosto, C.H. e Crisosto, G.M. 2005. Relationship between ripe soluble solids concentration (RSSC) and consumer acceptance of high and low acid melting flesh peach and nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivars. *Postharvest biology and technology*, 38: 239-246.
- Dias, C., Alberto, D. e Simões, M.P. 2016. Produção de pêssego e nectarina na Beira Interior. In Simões, M.P. (coord). +pêssego – Guia Prático da Produção. Centro Operativo e Tecnológico Hortofrutícola Nacional: 15-31. ISBN 9789728785048.
- Girardi, C. L., Corrent, A.R., Lucchetta, L., Zanuzo, M.R., Costa, T.S., Brackmann, A., Twyman, R.M. 2005. Effect of Ethylene, Intermittent Warming and Controlled Atmosphere on Postharvest Quality and the Occurrence of Woolliness in Peach (*Prunus Persica* cv. Chiripá) during Cold Storage.” *Postharvest Biology and Technology* 38(1). 25–33.
- Kader, A.A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, USA. 535 pp.
- Lurie, S. e Crisosto, C.H. 2005. Chilling Injury in Peach and Nectarine. *Postharvest Biology and Technology* 37(3). 195–208.
- Rodrigues, C., Gaspar, P.D. e Simões, M.P. 2020. Influência das condições de conservação na qualidade dos pêssegos. 4º Simpósio Nacional de Fruticultura, Actas Portuguesas de Horticultura, 32: 184-191. ISBN: 9789728936358.
- Sargent, S.A., Ritenour, M.A. e Brecht, J.K. 2000. Handling, Cooling and Sanitation Techniques for Maintaining Postharvest Quality. Florida Extension – Institute of Food and Agricultural Sciences: 1-17.
- Veloso, A, Ferreira, D, Gaspar, P., Andrade, L.P., Espírito-Santo, C., Silva, P. e Simões, M.P. 2021. Influence of Storage Conditions on Fruit Quality of ‘Royal Time’ and ‘Royal Summer’ Peach Cultivars. *Revista das Ciências Agrárias*, 44(1): 3-33.

- Zhou, H. W., Lurie, S., Lers, A., Khatchitski, A., Sonogo, L., & Ben Arie, R. 2000. Delayed storage and controlled atmosphere storage of nectarines: Two strategies to prevent woolliness. *Postharvest Biol. Tec.*, 18(2), 133–141.
- Zhou, H. W., Lurie, S., Ben-Arie, R., Dong, L., Burd, S., Weksler, A., e Lers, A. 2001. Intermittent warming of peaches reduces chilling injury by enhancing ethylene production and enzymes mediated by ethylene. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 76 (5): 620–628.

Capítulo 3

Efeito das condições de conservação na análise sensorial dos pêssegos da cv. Sweet Henry

Abel Veloso^{1,2}, Christophe Espírito Santo^{3,4}, Cristina Miguel Pintado³, Luís Pinto Andrade^{1,2} e Maria Paula Simões^{1,2}

¹IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco | Escola Superior Agrária

²CERNAS - Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

³CATAA - Associação Centro de Apoio Tecnológico Agro-Alimentar de Castelo Branco

⁴CFE - Centre for Functional Ecology, Universidade de Coimbra, Portugal.

3.1 Introdução

Prunus persica L. Batsch (pessegueiro) é uma espécie que pertence à família Rosaceae, sub-família das Prunóideas. Dentro da espécie existe elevada diversidade de cultivares, que diferem nas características dos frutos, nomeadamente, na forma (redondo ou achatado), indumento (pêssego ou nectarina), cor da polpa (amarela ou branca), textura (“melting” ou “non-melting”), tipo de caroço (“freestone” ou “clingstone”) ou acidez (baixa e alta acidez) (Bianchi et al., 2017; Byrne et al., 2012).

A maturação do pêssego é um processo complexo e que envolve diversos fatores (ver Capítulo 1). A firmeza é a característica principal para avaliar a qualidade e determinar a data ótima de colheita (Infante, 2012) e durante a pós-

colheita, para monitorizar a evolução do nível de maturação durante o armazenamento (Zhang et al., 2010). Sendo o pêsego um fruto climatérico, a evolução da maturação continua mesmo após a colheita. Assim, esta pode e deve ser realizada na fase inicial de maturação para que os frutos possam ser facilmente manipulados ao longo da cadeia de valor, mesmo que esse estado de maturação não apresente condições ótimas de consumo (aroma e sabor típico reduzido) (Reig et al., 2013; Rodrigues et al., 2020; Shinya et al., 2014). De facto, se a colheita ocorresse no estado de maturação ideal para o consumo, o fruto seria muito mais suscetível a danos e rapidamente se degradaria durante a manipulação da colheita e no pós-colheita (Shinya et al., 2014).

Definir a qualidade de um pêsego não é um conceito simples, sendo esta influenciada sobretudo por compostos maioritários, tais como, sacarose, ácidos málico e cítrico, carotenóides, lactonas, polifenóis e pectinas (Colaric et al., 2005). A avaliação da qualidade dos pêsegos envolve a determinação de diversos os parâmetros, sendo os mais comuns: tamanho, cor do fruto e da polpa, que são parâmetros de avaliação não destrutiva (parâmetros qualitativos comerciais), firmeza, teor de sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável (A) e análise sensorial.

A análise sensorial é um método utilizado para medir, analisar e interpretar reações às características alimentares pela visão, audição, olfato, tato e sabor (Szczeniak, 2002). O sabor, aroma, aspeto e textura são geralmente conhecidos como os atributos sensoriais mais importantes, sendo a avaliação realizada por um painel treinado mais confiável do que a opinião de um painel de consumidores não treinados (Colaric et al., 2005). A perceção do aroma é caracterizada como o odor do produto alimentar devido à presença de compostos voláteis libertados pelo alimento e detetados pelo sistema olfativo (Meilgaard et al., 2006). O sabor relaciona-se com compostos hidrossolúveis e a interação multissensorial do gosto, cheiro, complexo sensorio-motor trigeminal, e pistas visuais, táteis e auditivas (pelo ato de comer) (Auvray e Spence, 2008). O sabor doce é sobretudo atribuído a mono e dissacarídeos, e o sabor azedo é relacionado com ácidos orgânicos. O sabor a pêsego deve-se à conjugação de diversas características

químicas tal como a doçura, a acidez, o rácio SST/AT ou características de textura (Colaric et al., 2005; Delgado et al., 2013; Reig et al., 2013).

Vários autores correlacionaram compostos químicos presentes no pêsego aos atributos sensoriais verificados por um painel treinado. Certos frutos permitem a classificação e correspondência entre avaliação sensorial e compostos presentes com mais facilidade, o que não é o caso do pêsego (Bianchi et al., 2017; Colaric et al., 2005).

Colaric et al. (2005) observaram que a doçura se correlaciona com teores dos ácidos cítrico e chiquímico e o rácio SST/TA. O aroma correlaciona-se com os ácidos orgânicos totais, ácido málico, sacarose e sorbitol, sendo que pêsegos com melhor aroma possuíam mais sacarose e sorbitol. Quanto ao sabor a pêsego correlaciona-se com compostos hidrossolúveis e não-voláteis, sobretudo com sacarose e sorbitol (Colaric et al., 2005). A acidez tem como maior contributo os ácidos málico e cítrico (Colaric et al., 2005). Crisosto e Crisosto (2005) observaram que o grau de aceitação dos consumidores, em frutos com firmeza semelhante, era significativamente associado ao teor de SSTs e não à acidez.

Para manter a qualidade dos frutos durante o pós-colheita, a técnica mais utilizada é a refrigeração, sendo que as temperaturas baixas permitem a redução da velocidade dos processos metabólicos associados com a maturação. No entanto, pode influenciar negativamente a qualidade sensorial e induzir danos internos como os danos por frio (*chilling injury*) (Lurie e Crisosto, 2005)(ver Capítulo 1).

Shinya et al. (2014) observaram que a qualidade e aceitabilidade do pêsego com a mesma firmeza no pós-colheita são específicas de cada cultivar e do tempo de conservação. A escolha da cultivar é importante para definir qual o mercado que o produtor pretende fornecer sendo que existem cultivares mais adequadas a mercados longínquos, isto é, que permitem maiores tempos de conservação. Adicionalmente, confirmou observações anteriores em que a aceitação se correlaciona com textura, suculência e sabor (Shinya et al., 2014), e a acidez condiciona a perceção do SST (Crisosto e Crisosto, 2005).

Neste capítulo, apresentam-se os resultados obtidos na análise sensorial de pêssego conservado sob atmosferas controladas. Este trabalho teve como objetivo verificar, por um painel de consumidores, a evolução da aceitação de consumo de pêssegos ao longo do tempo de conservação.

3.2 Material e métodos

O presente trabalho tem por base os frutos provenientes do ensaio de diferentes condições de conservação realizado com a cv. Sweet Henry, ensaio esse descrito detalhadamente no capítulo 2. O ensaio compreende 5 modalidades de conservação, nomeadamente, 2 modalidades de Atmosfera Normal (AN) e 3 modalidades de Atmosfera Controlada (AC):

- modalidade 1 (OP), correspondente às câmaras de refrigeração da Organização de Produtores;
- modalidade 2 (AN), na câmara de refrigeração do Centro Apoio Tecnológico ao Agroalimentar (CATAA);
- modalidade 3 (25), correspondentes a 2% O₂ - 5% CO₂;
- modalidade 4 (210), correspondentes a 2% O₂ - 5% CO₂;
- modalidade 5 (215), correspondentes a 2% O₂ - 5% CO₂.

A análise sensorial foi realizada por 10 provadores, num laboratório do Centro de Apoio Tecnológico Agro Alimentar (CATAA), equipado de acordo com a ISO 8589 (ISO, 2007). As amostras foram apresentadas aleatoriamente em placas de Petri, codificadas com um número de 3 dígitos e foi solicitado aos provadores que enxaguassem a boca com água após a avaliação de cada amostra.

Em 2019, 2020 e 2021 foi avaliado o aspeto da polpa, a intensidade do cheiro, a firmeza, a suculência, o sabor, o sabor doce, o sabor ácido, a intensidade do sabor a pêssego, a intensidade de sabores estranhos/desagradáveis e a apreciação global.

Em 2019 e 2020, a análise sensorial decorreu após os frutos terem sido retirados das câmaras e, em 2021, foi adicionada uma segunda avaliação sensorial dos frutos após 2 dias à temperatura ambiente.

Todas as variáveis foram avaliadas através de uma escala de 9 pontos, em que:

- 1 - desgosto extremamente;
- 5 - não gosto nem desgosto;
- 9 - gosto extremamente.

A classificação 5 foi definida como o mínimo de aceitação sensorial.

A análise estatística de todas as variáveis, foi realizada através do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, de acordo com o procedimento sugerido por Maroco (2011).

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Ciclos vegetativos 2019 e 2020

A análise sensorial indicou que não foram encontradas diferenças significativas entre modalidades para cada um dos tempos de conservação quer em 2019 quer em 2020. Relativamente à comparação inversa, isto é, entre diferentes tempos de conservação em cada modalidade, também não foram encontradas diferenças significativas em 2019.

Em 2020, foram encontradas diferenças significativas na modalidade 1 para diferentes tempos de conservação, nas variáveis firmeza e apreciação global, e na modalidade 5 (215), nas variáveis suculência, sabor e sabor doce. Apesar disso, não foi encontrada uma evolução clara e sistemática em nenhum desses casos.

3.3.2 Ciclo vegetativo 2021

3.3.2.1 Avaliação realizada à saída das câmaras

Na Figura 3.1 apresenta-se a evolução das classificações atribuídas às variáveis sensoriais para cada uma das modalidades avaliadas em 2021.

Na modalidade 1 (OP) observaram-se pontuações significativamente inferiores nas variáveis intensidade do sabor doce, intensidade do sabor a pêssego e apreciação global aos 21 dias do que no período de amostragem anterior (14 dias). Na modalidade 2 (AN), observou-se uma diminuição nas variáveis suculência, sabor, sabor doce, intensidade do sabor a pêssego e apreciação global até aos

28 dias (Figura 3.1). Para $t=21$, apesar da mediana da “apreciação global” ser superiores a 5, já se observam parâmetros com valores <5.

Nas modalidades de Atmosfera Controlada (AC), as principais diferenças significativas encontradas quando se compararam as diferentes modalidades para cada um dos tempos de conservação, ocorreram na firmeza aos 14 e aos 49 dias. Mais concretamente,

- Para $t=14$, a firmeza dos frutos da modalidade 3 (25) foi maior do que a firmeza dos frutos das modalidades 2 (AN) e 5 (215).
- Para $t=49$, os frutos da modalidade 3 (25) foram aqueles que apresentaram a maior firmeza.

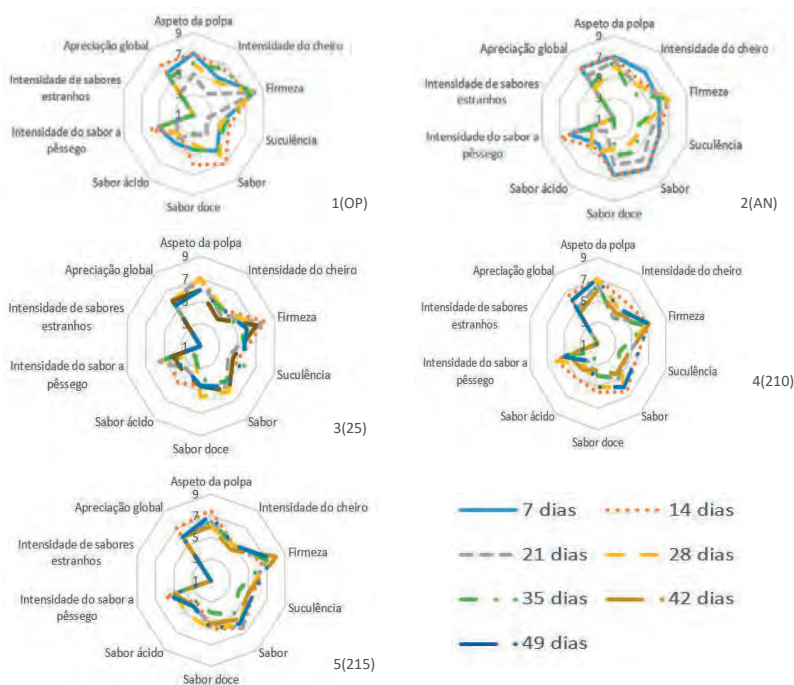


Figura 3.1 – Evolução das medianas das classificações atribuídas às variáveis sensoriais ao longo do período de amostragem, em 2021, para cada uma das modalidades. A avaliação foi realizada através de uma escala de 9 pontos (1 - desgosto extremamente; 9 - gosto extremamente).

3.3.2.2 Avaliação realizada após 2 dias à temperatura ambiente

A avaliação sensorial realizada após 2 dias à temperatura ambiente registou variações ao longo do tempo não só nas modalidades OP e AN, mas também nas modalidades de AC (Figura 3.2).

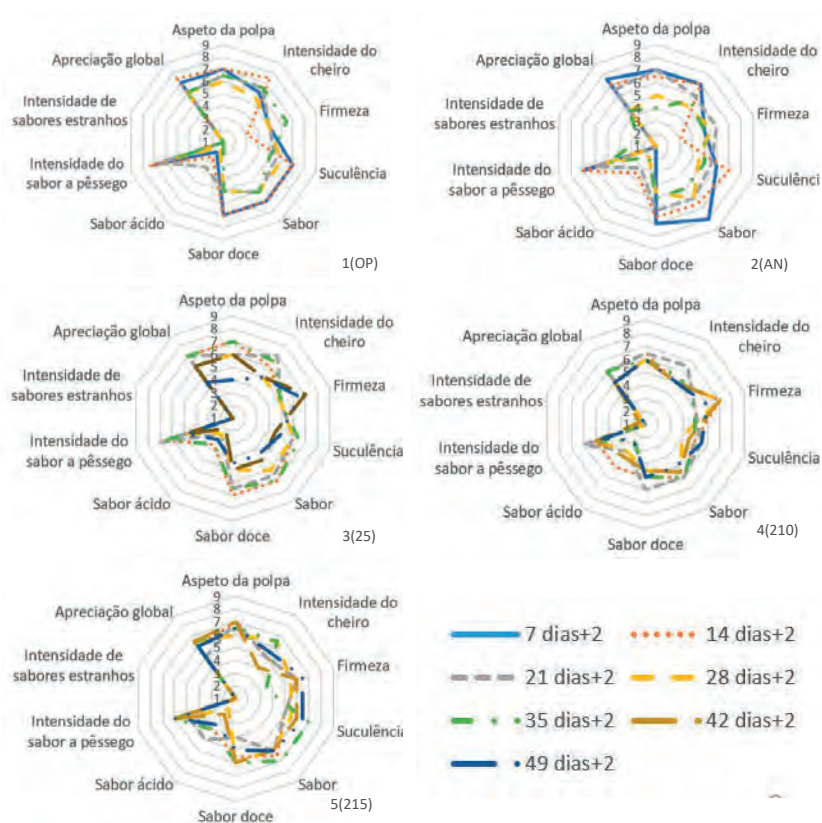


Figura 3.2 – Evolução das medianas das classificações atribuídas às variáveis sensoriais ao longo do período de amostragem, em 2021, para cada uma das modalidades após 2 dias de conservação à temperatura ambiente. A avaliação foi realizada através de uma escala de 9 pontos (1 - desgosto extremamente; 9 - gosto extremamente).

Na modalidade 1 (OP) registou-se uma variação clara na intensidade do sabor a pêssego, que diminuiu ao longo do período de amostragem (Figura 3.2). No entanto, as medianas das respetivas classificações mantiveram-se sempre superiores ou iguais ao mínimo de aceitação sensorial (5 pontos).

Na modalidade 2 (AN) destaca-se a diminuição das medianas das classificações atribuídas ao aspeto, à intensidade do cheiro, ao sabor, ao sabor doce, à intensidade do sabor a pêssego e à apreciação global.

De entre as modalidades conservadas em atmosfera controlada, a modalidade 3 (25) foi aquela com mais variáveis sensoriais a revelarem diferenças significativas entre os diversos dias de conservação. Destacam-se a diminuição das medianas das classificações atribuídas ao aspeto, ao sabor, ao sabor doce e à apreciação global. Nas restantes modalidades AC também foram encontradas diferenças significativas entre tempos de conservação em algumas variáveis, mas sem nenhuma variação clara.

A comparação entre modalidades para cada um dos dias de amostragem também não revelou, em geral, um padrão claro. No entanto, a firmeza dos frutos apresentou diferenças significativas entre modalidades para $t=14$, $t=28$ e $t=35$ dias (após 2 dias à temperatura ambiente). A avaliação indicou que:

- Para $t=14$ dias as modalidades de AC apresentaram frutos com uma firmeza superior às modalidades OP e NA;
- Para $t=28$ dias observou-se que apenas a firmeza dos frutos da modalidade 4 (210) era maior do que a firmeza dos frutos das modalidades 1 (OP) e 3 (25).
- Para $t=35$ dias, os frutos das modalidades 1 (OP) e 3 (25) tiveram uma classificação da firmeza maior do que os frutos da modalidade 5 (215).

Refere-se ainda que para $t=14$ dias a intensidade do sabor a pêssego era maior nos frutos das modalidades 1 (OP) e 2 (AN) do que das modalidades 4 (210) e 5 (215), indicando a menor preferência dos consumidores relativamente a pêssegos conservados em AC.

3.3 Considerações finais

Em termos gerais, não foi encontrado um efeito muito marcado da composição da atmosfera nas variáveis sensoriais. Contudo, existem resultados que importa salientar. Em 2021, observou-se uma diminuição das pontuações atribuídas às modalidades suculência, sabor, sabor doce, intensidade do sabor a pêssego e apreciação global na modalidade de atmosfera normal conservada no CATAA e analisada logo após a saída das câmaras. Essa diminuição ocorreu também após 2 dias à temperatura ambiente para as modalidades de atmosfera normal (OP e AN) e na modalidade de atmosfera controlada 3 (25). Mais concretamente, verificou-se uma diminuição da variável intensidade do sabor a pêssego na modalidade conservada na OP e do aspeto da polpa, intensidade do cheiro, sabor, sabor doce, intensidade do sabor a pêssego e apreciação global na modalidade em atmosfera normal conservada no CATAA. Na modalidade de atmosfera controlada 3(25), verificou-se a diminuição das variáveis, aspeto da polpa, sabor, sabor doce e apreciação global ao longo do período de conservação.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “PrunusPÓS – Otimização de processos de armazenamento, conservação em frio, embalagem ativo e/ou inteligente, e rastreabilidade da qualidade alimentar no pós-colheita de produtos frutícolas, Operação n.º PDR2020-101-031694 (Líder), Parceria n.º 87, Iniciativa n.º 175 promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020.

Referências bibliográficas

- Auvray, M., e Spence, C. 2008. The multisensory perception of flavor. *Consciousness and Cognition*, 17 (3): 1016–1031. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2007.06.005>
- Bianchi, T., Weesepeol, Y., Koot, A., Iglesias, I., Eduardo, I., Gratacós-Cubarsí, M., Guerrero, L., Hortós, M., e van Ruth, S. 2017. Investigation of the aroma of commercial peach (*Prunus persica* L. Batsch) types by Proton Transfer Reaction–Mass Spectrometry (PTR-

- MS) and sensory analysis. *Food Research International*, 99 (January): 133–146. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.007>
- Byrne, D. H., Raseira, M. B., Bassi, D., Piagnani, M. C., Gasic, K., Reighard, G. L., Moreno, M. A., e Pérez, S. 2012. Peach. In *Fruit Breeding* (Issue January, pp. 505–569). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0763-9_14
- Colaric, M., Veberic, R., Stampar, F., e Hudina, M. 2005. Evaluation of peach and nectarine fruit quality and correlations between sensory and chemical attributes. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(15), 2611–2616. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2316>
- Crisosto, C. H., e Crisosto, G. M. 2005. Relationship between ripe soluble solids concentration (RSSC) and consumer acceptance of high and low acid melting flesh peach and nectarine (*Prunus persica* (L.) Batsch) cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 38 (3): 239–246. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.07.007>
- Delgado, C., Crisosto, G. M., Heymann, H., e Crisosto, C. H. 2013. Determining the Primary Drivers of Liking to Predict Consumers' Acceptance of Fresh Nectarines and Peaches. *Journal of Food Science*, 78(4). <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12063>
- Infante, R. 2012. Harvest maturity indicators in the stone fruit industry. *Stewart Postharvest Review*, 8(1), 1–6. <https://doi.org/10.2212/spr.2012.1.3>
- ISO. 2007. *ISO 8589:2007 - Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms*.
- Maroco, J. 2011. *Análise estatística com utilização do SPSS [in Portuguese]* (3rd ed.). Edições Sílabo.
- Lurie, S., e Crisosto, C. H. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology*, 37 (3): 195–208. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.04.012>
- Reig, G., Iglesias, I., Gatiús, F., e Alegre, S. 2013. Antioxidant capacity, quality, and anthocyanin and nutrient contents of several peach cultivars [*Prunus persica* (L.) Batsch] grown in Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(26): 6344–6357. <https://doi.org/10.1021/jf401183d>
- Rodrigues, C., Gaspar, P. D., e Simões, M. P. 2020. Influência das condições de conservação na qualidade dos pêssegos. *Actas Portuguesas de Horticultura*, 32, 184–191.
- Shinya, P., Contador, L., Frett, T., e Infante, R. 2014. Effect of prolonged cold storage on the sensory quality of peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology*, 95, 7–

12. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.03.001>

Szczesniak, A. S. 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13 (4): 215–225. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)

Zhang, L., Chen, F., Yang, H., Sun, X., Liu, H., Gong, X., Jiang, C., e Ding, C. 2010. Changes in firmness, pectin content and nanostructure of two crisp peach cultivars after storage. *LWT - Food Science and Technology*, 43 (1): 26–32. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.06.015>

Capítulo 4

Identificação e incidência de doenças de conservação, em pêsego da cv. Sweet Henry, de acordo com diferentes condições de conservação – atmosfera normal e atmosfera controlada

João Pedro Luz^{1,2}, Abel Veloso^{1,3}, Conceição Amaro^{1,2} e Maria Paula Simões^{1,3}

¹IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco | Escola Superior Agrária

²CERNAS - Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

³QRural – Unidade de Investigação e Desenvolvimento e Qualidade de Vida no Mundo Rural, Instituto Politécnico de Castelo Branco

4.1 Introdução

Os pêsegos são frutos climatéricos (Crisosto e Kader, 2000; Kader, 2002) que apresentam elevada perecibilidade, sendo a data de colheita um fator determinante para a conservação. Nos frutos climatéricos observa-se um aumento da produção de etileno e da taxa respiratória na maturação (ver Capítulo 1), que conduz à perda de firmeza e rápida deterioração dos frutos à temperatura ambiente, embora sempre dependente do estado de maturação dos frutos (Simões e Mendes, 2020). Assim, para o prolongamento da vida pós-colheita, embora se utilizem diversos métodos, eles surgem sempre associados à refrigeração.

O prolongamento da vida útil está dependente da temperatura, mas, no caso específico do pêssigo, a refrigeração é limitada pelo aparecimento de dano por frio (DF), especialmente relacionado com intervalos de temperatura de 2,2°C a 7°C. O Dano por Frio manifesta-se frequentemente após duas a três semanas de armazenamento de atmosfera normal e há cultivares com diferente suscetibilidade (Lurie e Crisosto, 2005) (ver Capítulo 1). Na região da Beira Interior, onde há bastante produtores com câmaras de refrigeração, realizou-se um estudo que permitiu verificar que o tempo de conservação mais comum é de 7 a 14 dias, sendo o destino da comercialização essencialmente o mercado nacional (Veloso et al., 2020). Contudo, mercados mais distantes poderão representar melhores preços, exigindo maior atenção às técnicas de conservação.

A vida pós-colheita dos frutos tem vindo a ser melhorada com o estudo e desenvolvimento de novos métodos de conservação, assim como com tratamentos pré-colheita (onde se inclui a aplicação de revestimentos comestíveis) e bom manuseamento dos frutos, que conjuntamente, são determinantes para a conservação (Usall et al., 2016a e 2016b).

A atmosfera controlada, que corresponde à utilização de concentração elevada de CO₂ e concentração baixa de O₂, conjuntamente com a refrigeração, tem-se mostrado particularmente eficaz em retardar o amadurecimento e senescência dos frutos, sendo um método utilizado com sucesso, pois também cria condições para inibir a taxa respiratória e previne e atrasa a maturação dos frutos (Yang et al., 2019).

Durante o processo de conservação observa-se o desenvolvimento de podridões, que segundo Romanazzi et al. (2001) representam cerca de 50% das perdas em pós-colheita. As podridões resultam do desenvolvimento de agentes patogénicos, essencialmente fungos dos géneros *Monilinia*, *Botrytis*, *Penicillium*, *Rhizopus* e *Alternaria* (Torres et al., 2020; Romanazzi et al., 2001).

A utilização de refrigeração e atmosfera controlada apresenta influência no desenvolvimento de microorganismos causadores de podridões. Nava e Brackmann (2002) referem o efeito fungistático de teores elevados de CO₂, não havendo relação direta com o teor O₂. A temperatura tem um efeito significativo no *Rhizopus*, que não cresce a temperaturas superiores a 5°C, enquanto que a

Monilinia sp e *Botrytis cinerea* continuam a crescer a temperaturas baixas sendo estes os agentes patogénicos que apresentam maior incidência nas doenças de conservação (Crisosto and Kader, 2000).

Nos fatores determinantes no potencial de conservação destaca-se:

- i) O estado de maturação dos frutos que depende do correto posicionamento da data de colheita. Nos pêsesgos o parâmetro determinante é a firmeza dos frutos (Simões e Mendes, 2020).
- ii) a rigorosa seleção dos frutos excluindo todos os frutos com defeito (Figura 4.1), fator determinante na prevenção do aparecimento de doenças de pós-colheita, pois a infeção inicia-se através da penetração dos agentes patogénicos por feridas que podem ocorrer no pomar, na colheita e no processamento pós-colheita em armazém (Torres et al., 2020), Se há defeitos de fácil visualização, outros requerem mais atenção e conhecimento, como é o caso da picada de mosca do mediterrâneo ou o rachamento interno do fruto. A Figura 4.1-B mostra frutos com diferente intensidade de rachamento interno.
- iii) a desinfecção das câmaras de refrigeração e das embalagens utilizadas na colheita e conservação, também determinante na incidência das doenças de conservação (Sargent et al., 2000).



Figura 4.1 – Causas de refugo em pêsesgos. **A** – Pêsesgos com defeito epiderme; **B** – pêsesgos com rachamento interno.

Este trabalho teve como objetivo a identificação dos agentes patogênicos associadas às podridões desenvolvidas nos pêssegos provenientes do ensaio de conservação descrito no Capítulo 2, e que compreende diferentes modalidades de Atmosfera Controlada (AC), utilizando como referência a Atmosfera Normal (AN) e a conservação na Central da Organização de Produtores (OP).

4.2 Material e métodos

Para a realização deste trabalho, cujo objetivo principal foi a identificação do agente causal da podridão dos frutos no processo de conservação, utilizaram-se os pêssegos provenientes do ensaio de conservação descrito no capítulo 2. Esse ensaio compreendeu 5 modalidades de conservação, nomeadamente, modalidade 1 (OP) correspondente à câmara de refrigeração da Organização de Produtores, a modalidade 2 (AN) correspondente a Atmosfera Normal, no CATAA, e 3 modalidades de Atmosfera Controlada (325, 4210 e 5215) (Quadro 4.1), em que o primeiro número representa apenas a modalidade e os números seguintes as concentrações de O₂ e CO₂ respetivamente. Utilizaram-se apenas os pêssegos referentes ao ciclo 2020 e 2021.

Quadro 4.1 Modalidades de conservação utilizadas nos ciclos 2020 e 2021.

Ciclo/ ano	Modalidades				
	At. Normal		Atmosfera Controlada		
2020	1	2	325 (ou 25)	4210 (ou 210)	5215 (ou 215)
2021	(OP)	(AN)	(2%O ₂ - 5%CO ₂)	(2%O ₂ - 10%CO ₂)	(2%O ₂ - 15%CO ₂)

Para cada modalidade e período de conservação, foram contabilizados os pêssegos com podridão (capítulo 2) (Figura 4.2) e esses frutos foram levados para o laboratório de fitopatologia da Escola Superior Agrária de Castelo Branco para a identificação do agente patogénico.

Os frutos com sintomas de doenças bióticas de conservação foram submetidos a um esguicho de álcool a 70%, para eliminar fungos e bactérias estritamente saprófitas, e seguidamente lavados com água destilada esterilizada.

Pequenos pedaços, com cerca de 3 mm x 3 mm, removidos da zona de transição entre o tecido são e o tecido necrosado e imergidos em hipoclorito de sódio a 1%, durante 1 minuto, e posteriormente submergidos em água destilada esterilizada, foram colocados em meio de Potato Dextrose Agar (PDA) com 0,5% tiocianato de potássio, para evitar o crescimento de bactérias saprófitas. As placas foram a incubar a 25°C na obscuridade. Na maioria dos casos, a esporulação ocorreu em PDA, na obscuridade sendo que, pontualmente, também ocorreu em meio de agar V8 contendo 20% de sumo Original (Campbell Soup Company, Camden, NJ, EUA), 0,4% de CaCO₃ (Merck) e 1,6% de agar técnico n.º 3 (Oxoid) e as placas submetidas a um fotoperíodo de 16 horas, a 22,5°C, durante 7 a 10 dias.



Figura 4.2 – Tabuleiro com uma amostra de 24 pêsegos, com desenvolvimento de podridões, em 2020.

A identificação dos fungos foi efetuada por observação microscópica das suas estruturas morfológicas, entre lâmina e lamela sobre uma gota de lactofenol ou

de lactofenol com azul de algodão, usado como corante genérico para as estruturas fúngicas.

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Ciclo vegetativo 2020

No ciclo 2020 a incidência de podridões foi muito baixa, registrando-se um número muito reduzido de casos (Figura 4.3), observando-se:

- 1 caso de *Monilinia* sp,
- 1 caso de *Botrytis cinerea*,
- 1 caso de *Epicoccum* sp.
- 2 casos de *Penicillium* sp,
- 1 caso de *Cladosporium* sp.

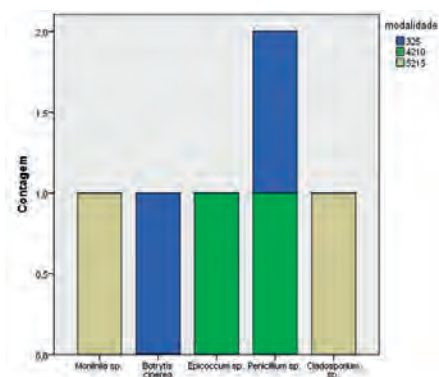


Figura 4.3 – Frequência dos diferentes agentes patogênicos considerando todas as modalidades e tempos de conservação, em 2020.

No ciclo 2020, durante o período de desenvolvimento dos frutos e durante a colheita, não se registou precipitação significativa, o que pode ter contribuído para este resultado de baixa incidência de podridões durante a conservação.

4.3.2 Ciclo vegetativo 2021

No ciclo 2021 a incidência de podridões foi bastante mais elevada, observando-se uma percentagem elevado de frutos com podridão em todas as modalidades de conservação (Capítulo 2).

O agente patogênico mais frequente foi *Monilinia* sp. (30 casos) seguido de *Botrytis cinerea* (25 casos), no total das modalidades e considerando todos os tempos de conservação (Figura 4.4). Com menor representação foram identificados *Epicoccum* sp., *Cladosporium* sp., *Botryodiplodia* sp. e *Rhizopus* sp.

Se considerarmos a incidência por modalidade constatamos que a modalidade 4210 é a que apresenta maior número de casos e *Monilinia* continua a estar presente em todas as modalidades (Figura 4.5).

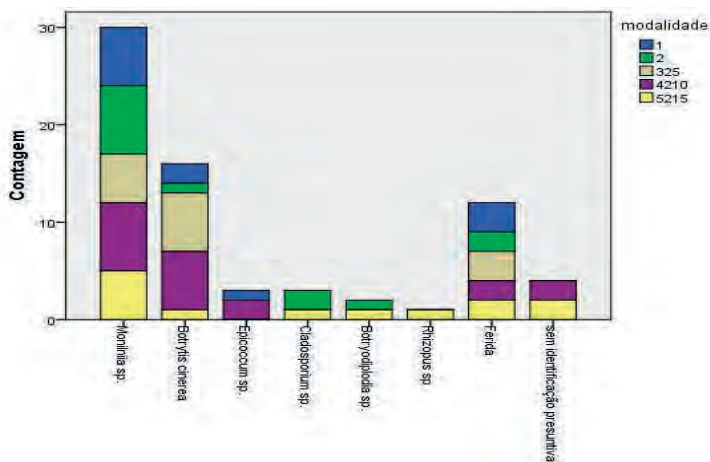


Figura 4.4 – Frequência dos diferentes agentes patogênicos considerando todas as modalidades e tempos de conservação, em 2021.

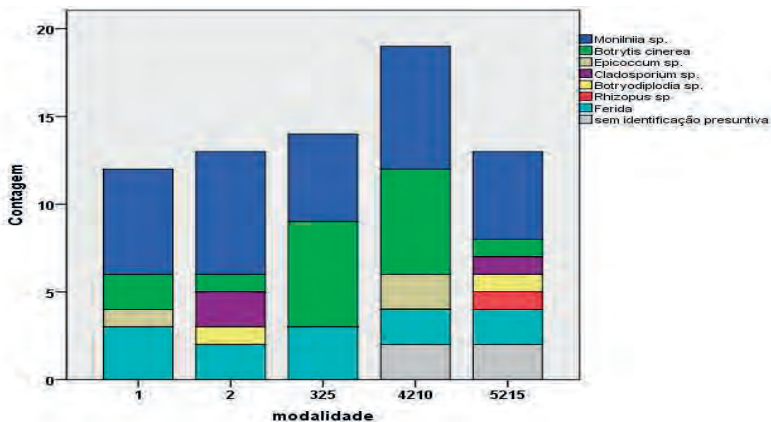


Figura 4.5 – Incidência dos diferentes agentes patogênicos por modalidade de conservação, em 2021, considerando todos os períodos de conservação.

As Figuras 4.6 e 4.7 apresentam a incidência e identificação dos agentes patogênicos nas modalidades de Atmosfera Normal (modalidade 1 e modalidade 2) ao longo do tempo de conservação.

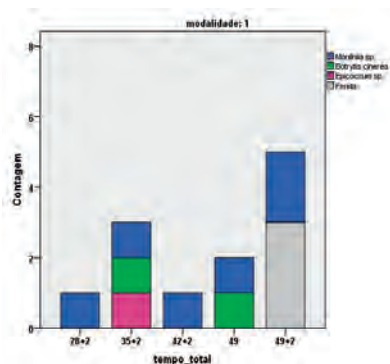


Figura 4.6 – Incidência dos diferentes agentes patogênicos por tempo de conservação, na modalidade 1, em 2021

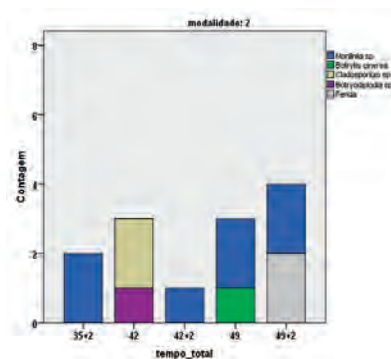


Figura 4.7 – Incidência dos diferentes agentes patogênicos por tempo de conservação, na modalidade 2, em 2021

Na modalidade 1(OP) (Figura 4.6), observou-se que *Monilia* sp. é o fungo com maior representação qualquer que seja o tempo considerado e a maior incidência ocorreu no último tempo de conservação (49+2). Foi ainda identificada a presença de *Botrytis cinerea* e *Epicoccum* sp..

A modalidade 2(AN) (Figura 4.7), segue um padrão semelhante à modalidade 1, com a presença de *Monilia* sp. em todos os tempos de conservação à exceção dos 42 dias, onde foram identificados *Cladosporium* sp. e *Botryodiplodia* sp.

Nas modalidades de AC (Figuras 4.8 a 4.10) verifica-se que a maior incidência ocorreu na modalidade 4210 aos 56+2 dias (Figura 4.9), com a presença de *Monilia* sp., *Botrytis cinerea* e *Epicoccum* sp..

Na modalidade 325 apenas se registou a presença de *Monilia* sp. e *Botrytis cinerea*. Na modalidade 5215 há maior diversidade de agentes patogênicos, tendo sido identificados *Cladosporium* sp., *Botryodiplodia* sp. e *Rhizopus* sp. para além da *Monilia* sp.

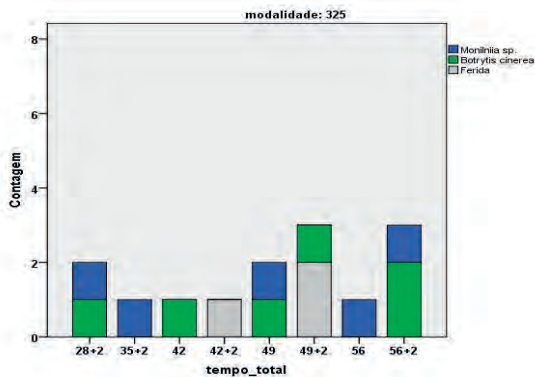


Figura 4.8 – Incidência dos diferentes agentes patogênicos por tempo de conservação, na modalidade 325, em 2021.

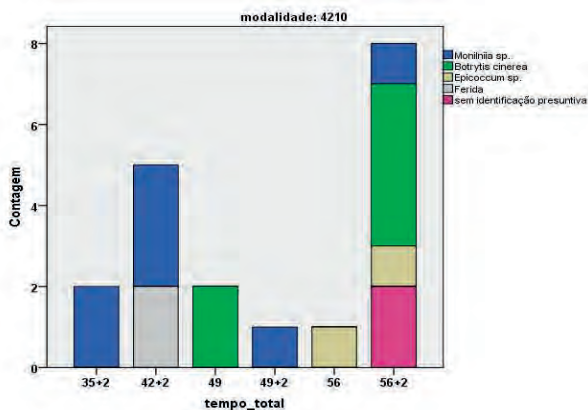


Figura 4.9 – Incidência dos diferentes agentes patogênicos por tempo de conservação, na modalidade 4210, em 2021.

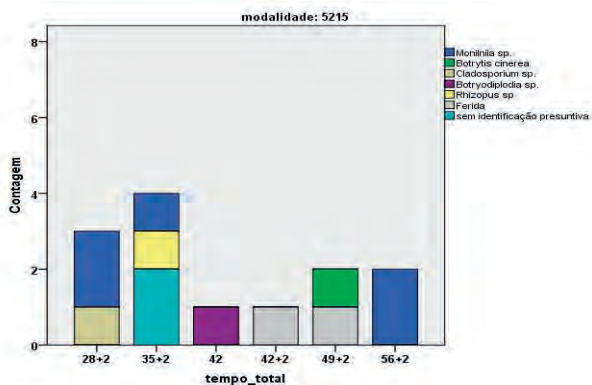


Figura 4.10 – Incidência dos diferentes agentes patogênicos por tempo de conservação, na modalidade 5215, em 2021.

O aspeto da podridão associada aos diferentes agentes patogénicos pode ser observado na Figura 4.11, mas, é de realçar que, frequentemente, foram identificados mais do que um agente patogénico no mesmo fruto.



Figura 4.11 – A – *Monilinia* sp.; B – *Botrytis cinerea*.; C – *Rhizopus* sp. ; D - *Cladosporium* sp..

A RETER

Na conservação do pêsego o agente causal mais frequente associado às podridões é *Monilinia* sp. seguido de *Botrytis cinerea*.

4.4 Considerações finais

No ensaio de conservação do pêssego observou-se menor incidência de podridões no ciclo 2020 comparativamente ao ciclo 2021.

Para qualquer dos dois ciclos vegetativos em estudo, o agente patogénico mais frequente foi *Monilinia* sp., seguido de *Botrytis cinerea*. Com menor representação foram identificados *Epicoccum*, *Cladosporium* sp., *Botryodiplodia* sp. e *Rhizopus* sp..

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “PrunusPOS – Otimização de processos de armazenamento, conservação em frio, embalagem ativo e/ou inteligente, e rastreabilidade da qualidade alimentar no pós-colheita de produtos frutícolas, Operação n.º PDR2020-101-031694 (Líder), Parceria n.º 87, Iniciativa n.º 175 promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020.

Referências bibliográficas

- Crisosto, C.H. e Kader, A.A. 2000. Peach Postharvest Quality Maintenance Guidelines. Department of Pomology, University of California Davis.
- Kader, A.A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, USA. 535 pp.
- Lurie, S. e Crisosto, C.H. 2005. Chilling Injury in Peach and Nectarine. *Postharvest Biology and Technology* 37(3), 195–208.
- Nava, G. A., e Brackmann, A. 2002. Armazenamento de pêssegos (*Prunus persica* (L.) Batsch), cv. Chiripá, em Atmosfera Controlada. Universidade Federal de Santa Maria-UFSM. 328–332.
- Romanazzi, G., F. Nigro, A. Ippolito, and M. Salerno. 2001. Effect of short hypobaric treatments on postharvest rots of sweet cherries, strawberries and table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 22 (1): 1-6.

- Sargent, S.A., Ritenour, M.A. e Brecht, J.K. 2000. Handling, Cooling and Sanitation Techniques for Maintaining Postharvest Quality. Florida Extension – Institute of Food and Agricultural Sciences: 1-17.
- Simões, M.P. e Mendes, M. 2020. Avaliação da evolução da maturação do pêssogo cv. 'Sensation' em ambiente doméstico para otimizar o seu consumo. 4º Simpósio Nacional de Fruticultura, Actas Portuguesas de Horticultura, 32: 159-166. ISBN: 9789728936358.
- Torres, R., Usall, J., Casals, C. & Teixidó, N. 2020. Avances en el control de enfermedades de postcosecha de fruta. Actas Portuguesas de Horticultura. 4.º Simpósio Nacional de Fruticultura: 24-31.
- Usall, J., Ippolito, A., Sisquella, M. e Neri, F. 2016a. Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables: Postharvest Biology and Technology, 122: 30-40.
- Usall, J., Torres, R. e Teixidó, N. 2016b. Biological control of postharvest diseases on fruit: a suitable alternative? Current Opinion in Food Science, 11: 51-55.
- Veloso, A., Ferreira, Dora, Espírito-Santo, C., Andrade, L.P., Gaspar, P.D. e Simões, M.P. 2020. Influência de diferentes condições de armazenamento na conservação e qualidade de pêssogos 'Royal Summer' produzidos na Beira Interior. Congresso Frutos 2020: Inovação e Estratégia para a Fruticultura Nacional. Actas Portuguesas de Horticultura, nº 34: 113-120. ISBN: 978-972-8936-39-6.
- Yang, Q., X. Zhang, F. Wang, and Q. Zhao. 2019. Effect of pressurized argon combined with controlled atmosphere on the postharvest quality and browning of sweet cherries. Postharvest Biology and Technology. 147:59–67. doi:10.1016

Capítulo 5

Efeito de diferentes condições de conservação (atmosfera normal e atmosfera controlada) na qualidade da cereja da cv. Satin

Luís Pinto de Andrade^{1,4}, Abel Veloso^{1,4}, Christophe Espírito Santo^{2,3}, Pedro Dinis Gaspar^{5,6}, Pedro Dinho Silva^{5,6}, Mafalda Resende², Helena Beato², Cátia Baptista², Cristina Miguel Pintado², Luísa Paulo² e Maria Paula Simões^{1,4}

¹ IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco | Escola Superior Agrária

² CATAA – Centro de Apoio Tecnológico Agro Alimentar

³ CFE - Centre for Functional Ecology, Universidade de Coimbra

⁴ CERNAS - Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

⁵ UBI – Universidade da Beira Interior

⁶ C-MAST - Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies

5.1 Introdução

A cereja é uma drupa (fruto de caroço), proveniente da cerejeira (*Prunus avium* L.) pertencente à família das Rosáceas, subfamília das Prunóideas, altamente apreciado pelas suas características organolépticas e nutricionais. No entanto, a sua sensibilidade ao manuseamento e a sua perecibilidade tornam o manuseamento pós-colheita, a conservação e o transporte um desafio. Assim, o armazenamento sob refrigeração e em atmosfera controlada têm uma elevada potencialidade para o aumento do tempo de vida útil deste fruto.

Apesar de ser um fruto não climatérico, a cereja deteriora-se rapidamente após a colheita tendo, por isso, um período de comercialização curto que, no hemisfério norte, se estende desde maio até agosto (Blando and Oomah, 2019). A deterioração pode ter diversas causas e inclui o *pitting*, danos por abrasão, alterações na cor da pele, desidratação e acastanhamento dos pedúnculos, diminuição da firmeza da polpa, perda de acidez e aparecimento de bolores (Serrano et al., 2005; Mattheis e Fellman, 2016; Wang et al., 2016; Yang et al., 2019).

A conservação a baixa temperatura e com elevada humidade relativa (tipicamente acima de 90%) é essencial para prolongar o tempo de vida útil dos produtos hortofrutícolas e, em particular, da cereja (Chockchaisawasdee et al., 2016). A conservação em atmosfera controlada é uma técnica adicional que pode ajudar a atrasar a deterioração e que é sempre utilizada em conjunto com a refrigeração. Esta técnica consiste, resumidamente, na conservação sob concentrações baixas de oxigénio (O₂) e/ou elevadas de dióxido de carbono (CO₂). Nessas condições, a taxa respiratória dos tecidos vegetais é reduzida e o desenvolvimento de fungos é atrasado (McCune et al., 2011; Yang et al., 2019).

Dessa forma, a refrigeração e as atmosferas controladas trazem diversos benefícios na conservação da cereja, nomeadamente, na manutenção da cor verde e do aspeto fresco dos pedúnculos e na redução da incidência de podridões, de perdas de firmeza e de acidez e de alterações na cor (Mattheis e Fellman, 2016).

As condições ideais de conservação, nomeadamente a temperatura, a humidade relativa e as concentrações de O₂ e de CO₂, dependem do produto que se pretende conservar e devem ser corretamente definidas.

O Quadro 5.1 mostra uma síntese das condições experimentais testadas em diversos estudos relacionados com cereja. Os valores apresentados não traduzem, necessariamente, as condições aconselhadas, mas antes aquelas que foram testadas pelos autores dos estudos. No entanto, ilustram a diversidade de condições já avaliadas, em particular, no que diz respeito às concentrações de O₂ e de CO₂. Relativamente aos valores aconselhados, Mitcham et al. (1996) referem temperaturas entre -1°C e 0°C, humidade relativa

entre 90% e 95% e concentrações de O₂ e de CO₂, respetivamente, entre 3% e 10% (O₂) e entre 10% e 15% (CO₂). Mattheis e Fellman (2016) indicam valores semelhantes de temperatura e de humidade relativa. Contudo, as concentrações de O₂ e de CO₂ aconselhadas por esses autores são, respetivamente, de 1% a 5% (O₂) e de 5% a 20% (CO₂).

Quadro 5.1 – Condições de conservação de cereja encontradas na bibliografia. Os valores apresentados traduzem as condições avaliadas nos diversos estudos que não representam, necessariamente, as condições ótimas de conservação. Mostram-se apenas os valores referentes a atmosferas controladas apesar de a maior parte dos estudos incluir também uma modalidade controlo em atmosfera normal (21% O₂ – 0% CO₂).

Cultivares	[O ₂] (%)	[CO ₂] (%)	Temperatura e Humidade Relativa (°C; %HR)	Tempo de conservação (d)	Referências
0900 Ziraat	5	5 a 25	(-0,5 a 0,5; 85 a 95)	60	(Akbudak et al., 2009, 2008)
Regina	3	5	(2 a 8; 80 a 90)	60	(Dziedzic et al., 2017)
Regina	2, 18	6 a 24	(1;-)	49	(Harb et al., 2003)
Bing	2, 10	0, 10	(1; 95)	21	(Luchsinger et al., 2005)
Sweetheart	8	10	(1; 95)	27	(Palma et al., 2012)
Burlat	4, 20	5, 12	(5;-)	10	(Remón et al., 2004)
Ambrunés	3 a 8	10	(1; 95)	30	(Serradilla et al., 2013)
Bing	1	15	(1;-)	14	(Shellie et al., 2001)
Stella, German Late, Colney, Pointed Black	0 a 20	1 a 21	(0 a 10; -)	19	(Stow et al., 2004)
Lapins	5, 70	0, 10	(1; 95)	60	(Tian et al., 2004)
Emperor Francis, Huldra, Sam, Stella, Kristin, Van	10, 20	5 a 20	(0 a 2; >95)	21	(Wang and Vestrheim, 2002)
Lapins, Colney	2, 5	5 a 15	(1; -)	18	(Wermund and Lazar, 2003)
Lapins	5	10	(-1 a 1; 90 a 95%)	63	(Yang et al., 2019)

Caso essas concentrações não sejam adequadamente definidas podem surgir problemas de conservação e, por isso, o tempo de vida útil da cereja pode diminuir. Por exemplo, se a concentração de O₂ for demasiado baixa (<1%) ou se a concentração de CO₂ for demasiado elevada (>30%) podem surgir cheiros ou sabores desagradáveis, relacionados com a intensificação do metabolismo anaeróbio nos tecidos vegetais (Mitcham et al., 1996).

Concentrações

demasiado baixas de O₂ podem, também, estar relacionadas com o aparecimento ou a intensificação de *pitting* (Wang and Long, 2014) que se caracteriza por depressões na superfície da cereja motivadas pelo colapso das células abaixo da epiderme (Figura 5.1). Para além



Figura 5.1 – Cereja afetada por *pitting*.

disso, o *pitting* pode também estar associado ao armazenamento a temperaturas demasiado baixas (<0°C) ou a infeções por vírus (Porritt et al., 1971). No entanto, os danos mecânicos, que podem acontecer na colheita ou durante o manuseamento posterior dos frutos, parecem ser a causa primordial mais importante deste problema que pode manifestar-se apenas posteriormente, durante a conservação da cereja (Mitcham et al., 1996; Mattheis and Fellman, 2016).

Com estes ensaios pretendeu-se avaliar o efeito de 2 localizações distintas (Organização de Produtores, OP e Centro de Apoio Tecnológico Agro Alimentar, CATAA) e de 4 diferentes atmosferas controladas na evolução de variáveis físico-químicas e sensoriais, assim como na incidência de podridões em cerejas da cultivar Satin.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Armazenamento e amostragem

Este estudo de conservação de cereja em atmosfera normal e em atmosfera controlada foi realizado com a cv. Satin e decorreu ao longo de 4 anos, de 2018 a 2021. Compreendeu um total de 6 modalidades, 2 delas em atmosfera normal (mod. 1 e 2) e 4 em atmosfera controlada (mod. 3 a 6) com a combinação de 2 concentrações distintas de O₂ (3% e 10%) e de 2 concentrações distintas de CO₂ (10% e 15%), como se mostra no Quadro 5.2.

Todas as modalidades foram conservadas no interior de câmaras frigoríficas. A modalidade 1 foi conservada numa câmara da Organização de Produtores e as restantes modalidades foram conservadas em duas câmaras do Centro de Apoio Tecnológico Agro-Alimentar (Quadro 5.2).

Em cada um dos anos, o ensaio foi montado no CATAA (Figura 5.2), no início de junho (de acordo com a maturação da cultivar) e prolongou-se por 49 dias em 2018, 2019 e 2020 e por um total de 40 dias em 2021 (Quadro 5.2), devido à necessidade de instalar o ensaio de conservação de pêssego.



Figura 5.2 – Aspeto geral da montagem do ensaio.

Nas modalidades de atmosfera normal, o início da amostragem foi aos 3 dias em 2018 e aos 7 dias nos anos seguintes (Quadro 5.2). Nas modalidades de atmosfera controlada, o início foi aos 14 dias em cada um dos 4 anos. Com exceção da primeira amostragem do ensaio de 2018, a recolha de amostras foi feita semanalmente.

Quadro 5.2 – Modalidades testadas, locais de conservação, composição da atmosfera e períodos de amostragem em cada ano no ensaio de conservação de cereja ‘Satin’.

Ciclo	Modalidade	Composição da atmosfera (%O ₂ -%CO ₂)	Local de conservação	Tempos de amostragem (dias)
2018	1-OP	21%-0%	OP	3, 7, 14, 21
	2-AN			3, 7, 14, 21, 28, 35
	3-310	3%-10%	CATAA	7, 21, 35, 42, 49
	4-315	3%-15%		
	5-1010	10%-10%		
	6-1015	10%-15%		
2019, 2020 e 2021	1-OP	21%-0%	OP	7, 14, 21, 28 (2019 e 2020)
	2-AN			7, 14, 21, 28 e 35 (2021)
	3-310	3%-10%	CATAA	14, 21, 28, 35, 42, 49 (2019 e 2020)
	4-315	3%-15%		
	5-1010	10%-10%		
	6-1015	10%-15%		

Cada amostra correspondeu a uma caixa de rede com 50 cerejas escolhidas de forma a constituírem uma amostra homogênea em peso e em cor, e sem qualquer defeito visível. No conjunto dessas 50 cerejas, 20 cerejas são numeradas individualmente para uma monitorização correta (Figura 5.3). Essa amostra foi colocada num cesto e este, por sua vez, foi acondicionado no centro de um tabuleiro de 5 kg (Figura 5.4), rodeado de cerejas de forma a simular as condições utilizadas durante a conservação.



Figura 5.4 – Numeração das cerejas reservadas às análises físico-químicas.

A amostra de 20 cerejas foi utilizada nas análises físico-químicas e a sua numeração permitiu determinar a diferença de peso e de cor de cada uma entre o dia de amostragem e o dia de instalação do ensaio.



Figura 5.3 – Cesto de rede com 50 cerejas, das quais 20 são numeradas para monitorização individual.



Figura 5.4 – Tabuleiro de 5 kg de cereja com o cesto de rede com a amostra das 50 cerejas.

Para cada dia de amostragem foram preparadas 3 réplicas/cestos para as análises físico-químicas e 1 réplica/cesto para a avaliação de podridões. A manipulação dos frutos deste último cesto foi a mínima possível para se evitarem contaminações desnecessárias.

Os tabuleiros foram organizados em europaletes e aquelas que receberam as modalidades em atmosfera controlada foram cobertas com um saco de LDPE (Figura 5.5) ligado a uma unidade de monitorização e controlo de gases (GAC 5000, Fruitcontrol Equipments). Os gases



Figura 5.5 – Europaletes cobertas com um saco de LDPE cada uma delas contendo uma modalidade conservada em atmosfera controlada.

utilizados foram o CO₂, proveniente de uma garrafa de gás comprimido (Biogon C, E290, Linde); o O₂, proveniente do ar exterior e injetado no interior dos sacos com um compressor (HYAC24-2, Hyundai) e o N₂, utilizado como gás inerte para equilibrar a pressão no interior dos sacos e obtido a partir de um gerador desse gás (Nitrogen 30, Sysadvance).

A temperatura e a humidade relativa foram monitorizadas no interior das câmaras com *dataloggers* (EL-USB-2-LCD+, Lascar Electronics).

5.2.2 Análises físico-químicas

No dia da instalação (dia 0) foi utilizada uma amostra de 60 frutos como referência inicial para a determinação do peso, variáveis de cor CIE-Lab, firmeza, Teor de Sólidos Solúveis (TSS) e acidez titulável. Essas foram também as variáveis físico-químicas avaliadas em cada um dos dias de amostragem. Adicionalmente, foram avaliados o peso (balança digital, TE1502S, Sartorius) e a cor de todas as cerejas marcadas para permitir observar a evolução desses dois parâmetros não destrutivos ao longo do período de amostragem.

A perda de peso foi expressa em percentagem relativa ao peso inicial.

A cor foi avaliada em dois lados opostos do fruto com o colorímetro CR-400 Chroma Meter (Konica Minolta), equipado com o iluminante D65 e o *software* Colour Data CM-S100w.

O TSS foi determinado com o refratómetro PR-32 alpha (Atago), utilizando umas gotas de sumo de cada cereja e expresso em °Brix.

A firmeza foi avaliada com o texturómetro TA-XTplus (Stable Microsystems), equipado com a sonda P75 (75 mm de diâmetro).

A acidez titulável foi determinada em 3 sub-amostras de 6 a 7 frutos através de titulação até pH 8,1 com uma solução de NaOH 0,1 mol dm⁻³. Foi utilizado o titulador automático Titromatic 2S+3B (Crison) e o *software* TiCom. Os resultados foram expressos em percentagem equivalente de ácido málico.

5.2.3 Avaliação de podridões

A incidência de podridões foi avaliada em 2019, 2020 e 2021 por observação direta de 60 frutos por modalidade e dia de amostragem em 2019 e de 50 frutos em 2020 e 2021, do conjunto destinado a esse efeito e, por isso, minimamente manipulado. Os resultados foram expressos em percentagem de frutos afetados.

5.2.4 Aspeto dos pedúnculos

O aspeto dos pedúnculos foi avaliado em 2020 e em 2021 por observação direta dos frutos da repetição destinada à avaliação de podridões. Foram avaliadas 50 cerejas/pedúnculos por modalidade e dia de amostragem e utilizou-se uma escala de 1 a 5 pontos (1 – completamente castanho e seco, 5 – completamente verde e fresco) especialmente elaborada para esse efeito (Figura 5.6).



Figura 5.6 – Escala de 5 pontos utilizada para avaliar o aspeto dos pedúnculos. Como se pode observar, a pontuação de 1 corresponde a pedúnculos completamente castanhos e desidratados e a pontuação de 5 a pedúnculos verdes e frescos.

5.2.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o *software* SPSS 23 (IBM). Para as variáveis físico-químicas, as médias foram comparadas através de uma análise de variância (ANOVA) e ordenadas com o teste *post-hoc* Tukey HSD. Nas variáveis sensoriais utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis de acordo com o procedimento descrito por Maroco (2011). As diferenças estatísticas foram aceites se $p < 0,05$.

5.3 Resultados

5.3.1 Temperatura e humidade relativa

Na Figura 5.7 apresenta-se o registo da temperatura nas diferentes modalidades e ciclos em estudo.

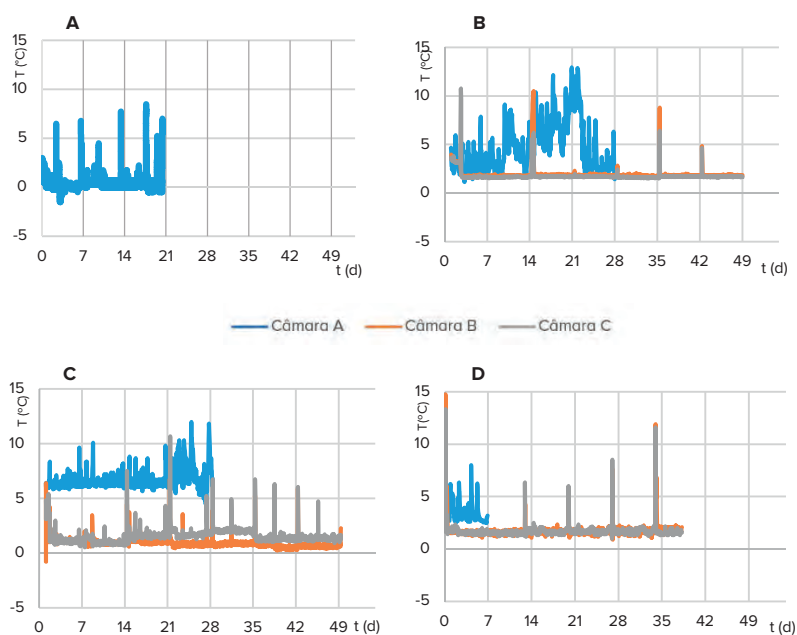


Figura 5.7 – Evolução da temperatura nas câmaras em 2018, 2019, 2020 e 2021. **A** – câmara A esteve localizada na OP em 2018; **B, C e D** – Evolução da temperatura nas câmaras A (OP) e B e C (CATAA) nos ciclos 2019, 2020 e 2021. Em 2021, devido a fatores imprevistos, os sensores de temperatura e humidade relativa presentes na câmara da OP só adquiriram dados até, aproximadamente, os 11 dias.

A gestão da câmara da OP esteve a cargo dessa organização e, por isso, seguiu os seus procedimentos habituais. Em 2018 a temperatura foi monitorizada apenas na câmara da OP. Contudo confirmou-se, por medições esporádicas, que a

câmara da OP (que recebeu a mod. 1) esteve, nesse ano, a uma temperatura inferior à das câmaras do CATAA. Já nos restantes anos (Figura 5.7) a temperatura média das câmaras do CATAA esteve próxima do intervalo aconselhado (-1°C a 0°C) por Mitcham et al. (1996) e por Mattheis e Fellman (2016). A humidade relativa das câmaras manteve-se próxima dos valores aconselhados (Mitcham et al., 1996; Mattheis and Fellman, 2016).

5.3.2 Variáveis físico-químicas

Dentro desta categoria foram avaliadas as variáveis diferença de peso, parâmetros de cor (CIE-Lab), firmeza, teor de sólidos solúveis e acidez titulável.

5.3.2.1 Amostras iniciais

O Quadro 5.3 mostra os resultados das análises realizadas nas amostras iniciais de frutos para cada um dos 4 anos.

O peso inicial médio de cada cereja variou entre 8,58 g (em 2018) e 12,91 g (em 2021). Relativamente às coordenadas de cor, a L^* foi aquela que menos variou entre os 3 anos de análise, tendo o seu valor mínimo ocorrido em 2021 (29,48) e o seu valor máximo em 2019 (33,35). A variação das coordenadas a^* e b^* foi consideravelmente maior sendo que os 2 últimos anos do ensaio apresentaram valores consideravelmente inferiores aos valores encontrados nos 2 primeiros anos. Assim, a média dos valores iniciais da coordenada a^* variou entre 12,26 (em 2020) e 26,81 (em 2018) e a da coordenada b^* variou entre 2,27 (em 2021) e 8,20 (em 2019).

Quadro 5.3 – Valores médios das variáveis físico-químicas encontrados nas amostras iniciais de cereja ‘Satin’ em cada um dos quatro anos do ensaio de conservação (2018 a 2021). Foram avaliadas 60 cerejas em cada um dos anos.

	Peso (g)	L^*	a^*	b^*	Firmeza (N)	TSS (°Brix)	AT (% ác. málico)
2018	8,58	30,85	26,81	7,78	2,02	17,78	0,84
2019	9,36	33,35	24,25	8,20	3,17	16,92	0,50
2020	10,37	29,66	12,26	2,51	3,85	16,76	0,42
2021	12,91	29,48	12,54	2,27	*	17,80	0,55

*A firmeza não foi avaliada em 2021 devido a um problema no equipamento.

A firmeza e o Teor de Sólidos Solúveis (TSS) apresentaram valores mais próximos entre si nos 3 anos de análises. A firmeza média da amostra inicial variou entre 2,02 N (2018) e 3,85 N (2020), semelhante ao intervalo de valores obtido por Paulo et al. (2015) para a cv. Sweetheart, isto é, 2,9 N a 3,3 N. Já os valores médios de TSS mantiveram-se entre 16,76°Brix (2020) e 17,80°Brix (2021), próximos de 16,1°Brix encontrado por Costa (2006) para a cv. Saco e dentro do intervalo 15,5°Brix (cv. Earlise) e 24,4°Brix (cv. Sweetheart) encontrados por Simões et al. (2014).

A acidez titulável dos frutos da amostra inicial de 2018 (0,84%) foi consideravelmente maior do que a das amostras iniciais dos 3 anos seguintes, que variaram entre 0,42% (em 2020) e 0,55% (em 2021). Por si só, este resultado poderia indicar que a amostra inicial de 2018 se encontrava num estado mais atrasado de maturação. No entanto, os valores encontrados para a firmeza e o TSS colocam dúvidas relativamente a essa hipótese. De facto, em 2018, a amostra inicial de cerejas teve (1) uma firmeza média (2,02 N) inferior à dos anos seguintes (3,17 N e 3,85 N, respetivamente para 2019 e 2020) e (2) TSS médio maior, mais concretamente, 17,78°Brix em 2018, 16,92°Brix em 2019 e 16,76°Brix em 2020. Esta diferença poderá ter sido provocada por uma proveniência diferente das cerejas recebidas em 2018 relativamente aos anos seguintes. A média de valores obtida em 2018 é um pouco mais alta do que o valor referido por Costa (2006) para a cv. Satin (0,77%) também proveniente da Beira Interior.

5.3.2.2. Diferença de peso

A baixa resistência da epiderme à difusão do vapor de água e o elevado quociente entre a área e o volume da cereja potenciam a perda de água e, por isso, a perda de peso (Dziedzic et al., 2017; Serrano et al., 2005).

A diferença de peso foi maior nas modalidades expostas a uma maior temperatura de conservação, isto é, na modalidade 2 em 2018 e na modalidade 1 em 2019, 2020 e 2021. No final do período de conservação da modalidade 2 em 2018 (35 dias), da modalidade 1 em 2019 e 2020 (28 dias) e da modalidade 1 em 2021 (35 dias) as diferenças de peso foram, respetivamente, -9,39%, -8,83%, -10,50% e -

7,44%. Verificou-se, em todos os anos, um aumento (em módulo) da diferença de peso ao longo do período de conservação (Figura 5.8). De forma semelhante, Dziedzic et al. (2017) também encontraram maiores perdas de peso em cerejas da cv. Regina conservadas a 8°C por comparação com as conservadas a 2°C.

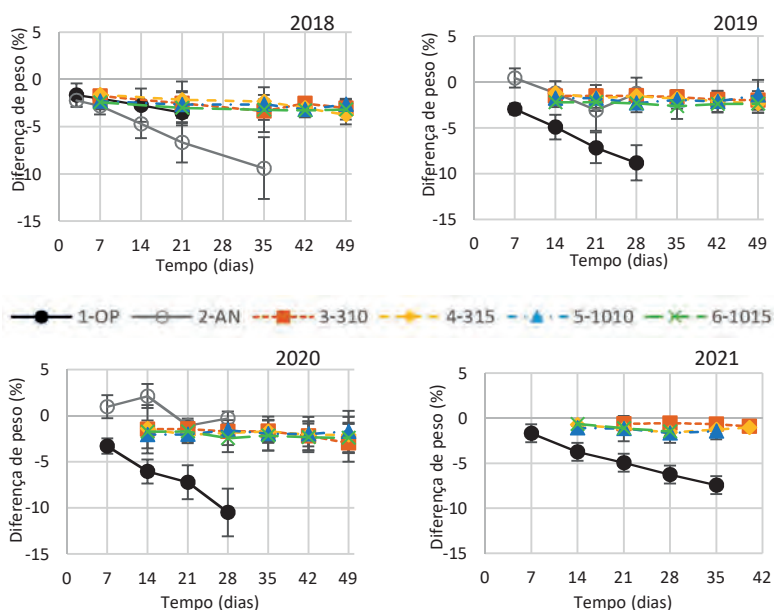


Figura 5.8 - Evolução da diferença de peso ao longo do período de amostragem do ensaio de conservação de cereja para cada modalidade em cada um dos 4 anos do ensaio (2018 a 2021). Foram avaliadas 60 cerejas por modalidade e dia de amostragem.

O aumento pontual de peso ocorrido em 2020 e em 2021 na modalidade 2 deveu-se à acumulação de gotículas de água à superfície dos frutos (Figura 5.9). As modalidades em atmosfera controlada não foram afetadas devido ao efeito protetor do plástico de cobertura.

Ao contrário da temperatura de conservação, não se observou um efeito marcado da composição da atmosfera na evolução da diferença de peso (Figura 5.8) uma vez que não foram encontradas diferenças sistemáticas entre a

perda de peso da modalidade 2 e as modalidades em atmosfera controlada, ambas conservadas no CATAA e sujeitas a temperaturas de conservação semelhantes.



Figura 5.9 – Condensação de gotículas de água nas cerejas da modalidade 2 em 2020.

A influência da atmosfera controlada na diferença de peso não é consensual na literatura. De facto, embora Akbudak et al. (2008, 2009) tenham encontrado maiores perdas de peso nas cerejas (cv. 0900 Ziraat) conservadas em atmosfera normal relativamente às conservadas em atmosfera controlada (5% O₂ – 5% a 25%CO₂), esses autores salientaram que o vapor de água acumulado no

interior das câmaras de atmosfera controlada poderá ter influenciado as menores perdas de peso dessas modalidades. Adicionalmente, Harb et al. (2003) não encontraram diferenças significativas na perda de peso de cerejas da cv. Regina, conservadas em atmosferas normal e controlada (2% a 18% O₂ – 6% a 24% CO₂).

5.3.2.3. Cor (CIE-Lab)

A variável de cor Δa^* foi aquela que mais variou e que teve a evolução mais consistente ao longo dos quatro anos de análises, com um decréscimo global ao longo do período de armazenamento. As modalidades sujeitas a maiores temperaturas de conservação (modalidade 2 em 2018 e modalidade 1 em 2019 e 2020) foram aquelas que registaram o maior decréscimo, indicando a importância da temperatura na evolução da cor das cerejas.

De acordo com o sistema CIE-Lab, valores negativos na coordenada a^* correspondem à cor verde e valores positivos à cor vermelha. Dessa forma, a diminuição dos valores de a^* indicariam uma mudança de cor no sentido do

vermelho para o verde. Essa conclusão é, obviamente, errada. De facto, a evolução das restantes coordenadas e, em particular, do L^* e do b^* , apesar de não ser tão consistente quanto a evolução do a^* , também é influenciada pela evolução da cor dos frutos. No entanto, a diminuição de a^* e os maiores valores encontrados para as modalidades conservadas a maior temperatura indicam que (1) a cor dos frutos alterou ao longo do tempo de conservação e (2) essa alteração foi mais intensa quando a temperatura de conservação foi maior.

Não foram encontradas diferenças sistemáticas entre as modalidades em atmosfera normal e as modalidades em atmosfera controlada no que se refere à variável de cor ΔL^* . Contudo a conservação em atmosfera controlada esteve relacionada, tendencialmente, com uma menor variação na cor dos frutos. Esse efeito foi referido, por exemplo, por Akbudak et al. (2008) para a cv. 0900 Ziraat (5% O₂ – 5% a 25% CO₂) e por Yang et al. (2019) para a cv. Lapins (5%O₂ – 10%CO₂).

5.3.2.4. Firmeza

Devido a problemas experimentais, a firmeza não foi avaliada em 2021. Nos três anos anteriores, a firmeza variou entre 1,22 N e 2,30 N em 2018, 1,92 N e 3,97 N em 2019 e 2,72 N e 5,02 N em 2020.

A temperatura de conservação teve um papel importante na evolução da firmeza, sendo que os valores associados aos frutos conservados a maior temperatura foram tendencialmente menores. Uma influência semelhante da temperatura na firmeza da cereja está também descrita na literatura. Por exemplo, Dziedzic et al. (2017) referem valores mais elevados de firmeza em cerejas 'Regina' conservadas a 2°C relativamente a cerejas da mesma cultivar conservadas a 8°C.

Em 2018, a firmeza dos frutos da modalidade 2 (atmosfera normal) foi sistematicamente menor do que a firmeza dos frutos das modalidades em atmosfera controlada, conservadas nas mesmas condições de temperatura. Assim, esse resultado parece indicar alguma influência das atmosferas controladas na manutenção de valores mais elevados de firmeza, o que é semelhante ao que foi descrito por Dziedzic et al. (2017) que, num dos anos em

estudo, encontraram valores médios de firmeza maiores em cerejas ‘Regina’ conservadas em atmosfera controlada (3% O₂ – 5% CO₂) relativamente a cerejas da mesma cultivar conservadas em atmosfera normal. Todavia, no ensaio que realizaram no ano anterior, os mesmos autores não encontraram diferenças significativas nos valores médios da firmeza entre os frutos conservados em atmosferas controladas e em atmosfera normal, tal como sucedeu nos ensaios que se realizaram em 2019 e 2020.

5.3.2.5. Teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis (TSS) variou de 16,77°Brix a 18,59°Brix (em 2018), 15,62°Brix a 18,56°Brix (em 2019), 15,44°Brix a 17,81°Brix (em 2020) e 16,86°Brix e 19,16°Brix (em 2021). Em qualquer um dos casos os valores encontrados mantiveram-se próximo ou acima dos valores indicados por Mitcham et al. (1996), isto é, 14°Brix a 16°Brix.

O TSS não seguiu nenhum padrão de variação claro ao longo do tempo e não foi possível determinar diferenças consistentes entre modalidades nos três ensaios de conservação. Os resultados apresentados por outros autores também não seguem um padrão único. Dziedzic et al. (2017) descreveu um aumento no TSS de cereja da cv. Regina, mais acentuado a 8°C do que a 2°C, que pode ser explicado pela perda de água e consequente concentração dos açúcares ou pela conversão de polissacáridos da parede celular em açúcares. Por outro lado, Yang et al. (2019) referiram uma diminuição no TSS de cereja da cv. Lapins que foi menor nos frutos conservados em atmosfera controlada (5%O₂-10%CO₂).

5.3.2.6. Acidez titulável

Níveis adequados de acidez são importantes para manter a qualidade sensorial da cereja (Serradilla et al., 2013). Os valores de acidez titulável obtidos em 2018 (0,58% a 0,94%) foram, globalmente, superiores aos dos três anos seguintes (0,36% a 0,50% em 2019, 0,31% a 0,48% em 2020 e 0,40% a 0,54% em 2021), o que poderá ter sido provocado por proveniências distintas dos frutos.

A manutenção de níveis mais elevados de acidez é apresentada na literatura como um dos benefícios das atmosferas controladas (por exemplo, Akbudak et al., 2009). Contudo, no nosso estudo, não foram encontradas diferenças sustentadas entre modalidades relativamente a esta variável.

Em 2019 não foi observada uma variação apreciável da acidez ao longo do tempo de conservação. No entanto, em 2018, em 2020 e em 2021, verificou-se um diminuição dessa variável, de forma semelhante ao encontrado por outros estudos (por exemplo, Dziedzic et al., 2017; Serradilla et al., 2013; Yang et al., 2019). O uso de ácidos orgânicos no metabolismo celular pode ser uma razão para esse decréscimo (Dziedzic et al., 2017).

5.3.3. Aspeto dos pedúnculos

O aspeto dos pedúnculos é um atributo de qualidade com uma elevada importância para a generalidade dos consumidores (Dziedzic et al., 2017). Mais concretamente, um aspeto verde e fresco dos pedúnculos é tido como um indicador da qualidade das cerejas. No entanto, por terem uma epiderme mais fina, os pedúnculos são muito suscetíveis à desidratação (Chockchaisawasdee et al., 2016).

Esta variável foi avaliada nos dois últimos anos do ensaio de conservação, tendo-se obtido resultados diferentes em cada um deles (Figura 5.10).

Em 2020 foram observadas diferenças entre a modalidade 1 (conservada na OP) e as restantes (conservadas no CATAA). Em particular, apesar de se ter observado uma tendência decrescente na classificação do aspeto dos pedúnculos em todas as modalidades, a modalidade sujeita a uma temperatura média de conservação mais elevada (mod. 1) teve classificações médias mais baixas do que as restantes.

Em 2021 as modalidades conservadas em atmosfera normal (mod. 1 e 2) e a modalidade em atmosfera controlada com 3% de O₂ e 10% de CO₂ (mod. 4) tiveram um decréscimo mais acentuado na média das pontuações do que as restantes.

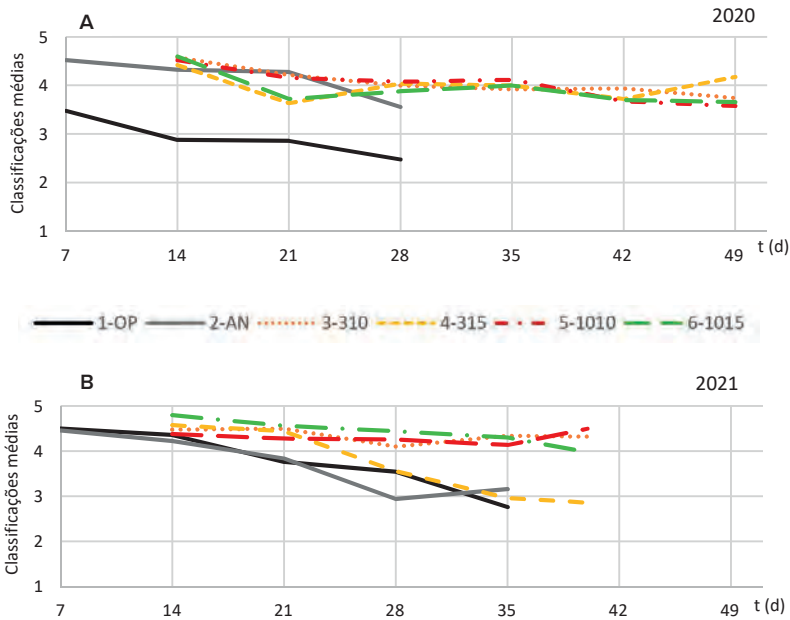


Figura 5.10 – Evolução da média da classificação dos pedúnculos para cada uma das modalidades em 2020 (A) e em 2021 (B). Foram analisados 50 cerejas/pedúnculos por modalidade e dia de amostragem. A classificação foi realizada de acordo com uma escala de 5 pontos em que 1 corresponde a pedúnculos completamente castanhos e desidratados e 5 a pedúnculos verdes e frescos.

5.3.4. Incidência de podridões

A cereja é um fruto muito suscetível a danos provocados por fungos que resultam no aparecimento de podridões. A ocorrência desse tipo de danos foi avaliada em 2019, 2020 e 2021.

Em 2019 e 2020 a incidência de podridões foi muito baixa atingindo os valores máximos de 3% e 4% para, respetivamente, cada um desses dois anos (Quadro 5.4).

Quadro 5.4 – Percentagem de podridões encontradas por modalidade e tempo de conservação em 2019 e 2020. Foram avaliadas 60 cerejas por modalidade e dia de amostragem em 2019 e 50 cerejas em 2020.

Modalidade	Tempo de conservação (dias)	2019	2020
1-OP	21	3%	4%
	28	2%	2%
2-AN	28	3%	-
3-310	28	-	2%
	49	2%	-
4-315	21	2%	-
	28	2%	-
5-1010	49	-	4%
6-1015	35	-	2%

A inexistência de valores implica a não deteção de podridões nesse dia de amostragem e nessa modalidade.

Em 2021, a percentagem de frutos com podridões foi globalmente maior, provavelmente devido ao seu estado de maturação mais avançado aquando da instalação do ensaio. Essa percentagem atingiu um máximo de 36% na modalidade 2 aos 35 dias de conservação (Figura 5.11).

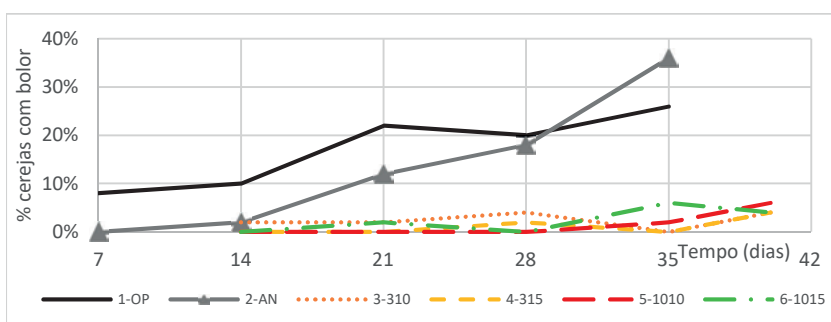


Figura 5.11 – Evolução da incidência de podridões ao longo do período de amostragem para cada modalidade em 2021. Foram avaliadas 50 cerejas por modalidade e dia de amostragem.

Nesse ano foi observada uma incidência de podridões claramente menor nas modalidades em atmosfera controlada (mod. 3 a 6) relativamente às modalidades em atmosfera normal (mod. 1 e 2) que poderá estar relacionada com o facto de o CO₂ inibir o crescimento de fungos e, conseqüentemente, diminuir a incidência de podridões (Vries-Paterson, 1991; Akbudak et al., 2008; Serradilla et al., 2013).

5.4 Considerações finais

O efeito da temperatura nos parâmetros de qualidade da cereja durante a sua conservação foi mais importante do que o efeito da composição da atmosfera. Assim, uma temperatura de conservação mais elevada esteve associada a maior perda de peso, maior variação nas variáveis de cor, menor firmeza e a pedúnculos mais secos e acastanhados. Embora com um efeito menos evidente, as atmosferas controladas estiveram associadas a uma menor perda de peso e a uma menor variação nas variáveis de cor. Em 2019 e 2020, não foi encontrada uma relação clara entre a composição da atmosfera e a incidência de podridões. No entanto, em 2021 as modalidades em atmosfera normal apresentaram uma incidência de podridões claramente maior do que as modalidades em atmosfera controlada.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “PrunusPOS – Otimização de processos de armazenamento, conservação em frio, embalagem ativo e/ou inteligente, e rastreabilidade da qualidade alimentar no pós-colheita de produtos frutícolas, Operação n.º PDR2020-101-031694 (Líder), Parceria n.º 87, Iniciativa n.º 175 promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020.

Referências bibliográficas

Akbudak, B., Tezcan, H., Eris, A., 2008. Determination of controlled atmosphere storage conditions for “0900 Ziraat” sweet cherry fruit. *Acta Hort.* 795, 855–860.

- Akbudak, B., Tezcan, H., Eris, A., 2009. Evaluation of messenger plant activator as a preharvest and postharvest treatment of sweet cherry fruit under a controlled atmosphere. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 60, 374–386. <https://doi.org/10.1080/09637480701712420>
- Blando, F., Oomah, B.D., 2019. Sweet and sour cherries: Origin, distribution, nutritional composition and health benefits. *Trends Food Sci. Technol.* 86, 517–529. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.052>
- Chockchaisawasdee, S., Golding, J.B., Vuong, Q. V., Papoutsis, K., Stathopoulos, C.E., 2016. Sweet cherry: Composition, postharvest preservation, processing and trends for its future use. *Trends Food Sci. Technol.* 55, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.002>
- Costa, F.M.M. da, 2006. Avaliação das características agrónomicas da cerejeira ‘De Saco’ na região da Cova da Beira. Master thesis, University of Lisbon.
- Dziedzic, E., Błaszczuk, J., Kaczmarczyk, E., 2017. Postharvest properties of sweet cherry fruit depending on rootstock and storage conditions. *Folia Hortic.* 29, 113–121. <https://doi.org/10.1515/fhort-2017-0011>
- Harb, J., Streif, J., Saquet, A., 2003. Impact of controlled atmosphere storage conditions on storability and consumer acceptability of sweet cherries “Regina.” *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 78, 574–579. <https://doi.org/10.1080/14620316.2003.11511666>
- Luchsinger, L., Mardones, C., Leshuk, J., 2005. Controlled atmosphere storage of “Bing” sweet cherries. *Acta Hortic.* 667, 535–537.
- Maroco, J., 2011. Análise estatística com utilização do SPSS [in Portuguese], 3rd ed. Edições Sílabo, Lisboa.
- Mattheis, J.P., Fellman, J.K., 2016. Cherry (sweet), in: Gross, K.C., Wang, C.Y., Saltveit, M.E. (Eds.), *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*. United States Department of Agriculture, pp. 282–285.
- Mccune, L.M., Kubota, C., Stendell-Hollis & Cynthia, N.R., Thomson, A.A., 2011. Cherries and Health: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51, 1–12. <https://doi.org/10.1080/10408390903001719>
- Mitcham, E.J., Crisosto, C.H., Kader, A.A., 1996. Cherry Recommendations for Maintaining Postharvest Quality [WWW Document]. *Perishables Handl.* #86. URL http://postharvest.ucdavis.edu/Commodity_Resources/Fact_Sheets/ (accessed 2.3.20).
- Palma, V., Agulheiro-Santos, A.C., Machado, G., Rato, A.E., 2012. Effect of Different Storage Conditions on Nutritional and Quality Parameters of ‘Sweetheart’ Cherry. *Acta Hortic.* 934, 1027–1032.
- Paulo, L., Resende, M., Nunes, A., Pintado, C.M., Antunes, P., 2015. Quality parameters, total phenolic content and antioxidant activity in different maturation stages of ‘Sweetheart’ cherry, in: Serrano, M., Valero, D. (Eds.), *XIV Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas*. Orihuela, pp. 453–457.

- Porritt, S.W., Lopatecki, L.E., Meheriuk, M., 1971. Surface pitting - a storage disorder of sweet cherries. *Can. J. Plant Sci.* 51, 409–414.
- Remón, S., Ferrer, A., López-Buesa, P., Oria, R., 2004. Atmosphere composition effects on Burlat cherry colour during cold storage. *J. Sci. Food Agric.* 84, 140–146. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1618>
- Serradilla, M.J., Villalobos, M. del C., Hernández, A., Martín, A., Lozano, M., Córdoba, M. de G., 2013. Study of microbiological quality of controlled atmosphere packaged “Ambrunés” sweet cherries and subsequent shelf-life. *Int. J. Food Microbiol.* 166, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodmicro.2013.06.006>
- Serrano, M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., Valero, D., 2005. The use of natural antifungal compounds improves the beneficial effect of MAP in sweet cherry storage. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 6, 115–123. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2004.09.001>
- Shellie, K.C., Neven, L.G., Drake, S.R., 2001. Assessing “Bing” sweet cherry tolerance to a heated controlled atmosphere for insect pest control. *Horttechnology* 11, 308–311. <https://doi.org/10.21273/horttech.11.2.308>
- Simões, M.P., Stuburic, I., Kamenjak, K., 2014. Qualidade das cerejas na região da Beira Interior, in: 3^o Simpósio Nacional de Fruticultura. Vila Real, pp. 213–218.
- Stow, J.R., Jameson, J., Senner, K., 2004. Storage of cherries: The effects of rate of cooling, store atmosphere and store temperature on storage and shelf-life. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 79, 941–946. <https://doi.org/10.1080/14620316.2004.11511870>
- Tian, S.P., Jiang, A.L., Xu, Y., Wang, Y.S., 2004. Responses of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage. *Food Chem.* 87, 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.10.014>
- Vries-Paterson, R.M. De, 1991. Fungistatic Effects of Carbon Dioxide in a Package Environment on the Decay of Michigan Sweet Cherries by *Monilinia fruticola*. *Plant Dis.* <https://doi.org/10.1094/pd-75-0943>
- Wang, L., Vestrheim, S., 2002. Controlled atmosphere storage of sweet cherries (*Prunus avium* L.). *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci.* 52, 136–142. <https://doi.org/10.1080/090647103100004825>
- Wang, L., Zhang, H., Jin, P., Guo, X., Li, Y., Fan, C., Wang, J., Zheng, Y., 2016. Enhancement of storage quality and antioxidant capacity of harvested sweet cherry fruit by immersion with β -aminobutyric acid. *Postharvest Biol. Technol.* 118, 71–78. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.03.023>
- Wang, Y., Long, L.E., 2014. Respiration and quality responses of sweet cherry to different atmospheres during cold storage and shipping. *Postharvest Biol. Technol.* 92, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.01.003>
- Wermund, U., Lazar, E.E., 2003. Control of grey mould caused by the postharvest pathogen *Botrytis cinerea* on english sweet cherries “Lapin” and “Colney” by controlled

atmosphere (CA) storage. *Acta Hortic.* 599, 745–748.

Yang, Q., Zhang, X., Wang, F., Zhao, Q., 2019. Effect of pressurized argon combined with controlled atmosphere on the postharvest quality and browning of sweet cherries. *Postharvest Biol. Technol.* 147, 59–67. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2018.09.007>

Capítulo 6

Efeito das condições de conservação na análise sensorial de cerejas da cv. Satin

Christophe Espírito Santo^{1,2}, Abel Veloso^{3,4}, Cristina Miguel Pintado¹, Luís Pinto de Andrade^{3,4} e Maria Paula Simões^{3,4}

¹CATAA - Associação Centro de Apoio Tecnológico Agro-Alimentar de Castelo Branco

²CFE - Centre for Functional Ecology, Universidade de Coimbra, Portugal.

³IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco | Escola Superior Agrária

⁴CERNAS - Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

6.1 Introdução

A produção mundial de cerejas tem crescido ao longo dos últimos anos. Em 2020, estima-se mais de 2,6 milhões de toneladas, sendo a Ásia o maior produtor (>48%) (FAO, 2021).

Sendo um fruto altamente apreciado e aguardado durante a primavera e verão, é necessário ter uma cadeia de valor bem estruturada para que o fruto chegue em condições ótimas e atinja as expectativas dos consumidores (Correia et al., 2017; Hayaloglu e Demir, 2016; Pereira et al., 2020; Serrano et al., 2005; Silva et al., 2021). A cereja tem um tempo relativamente curto de boa qualidade em fresco após a colheita e não é conservada tão facilmente como outros frutos

(Chockchaisawasdee et al., 2016; Correia et al., 2017). Consequentemente, aplicar e desenvolver novas tecnologias de conservação é essencial para prolongar o seu tempo de vida útil e evitar perdas e desperdícios. Adicionalmente, é necessário evitar danos físicos, de modo a reduzir a perda de água, a contaminação e a deterioração do fruto (Pinto de Andrade et al., 2022).

De acordo com a *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) e a *World Health Organization* (WHO), a qualidade abrange todas as características (negativas e positivas) que influenciam a apreciação de um produto pelo consumidor. A qualidade pode ser distinguida em qualidade objetiva (atributos do produto) e subjetiva (qualidade atribuída pelo consumidor) (FAO e WHO, 2003; Grunert, 2005). Produtos alimentares possuem atributos apreciados e valorizados por consumidores que não são vistos como um fator de qualidade (Grunert, 2005). A apreciação de um produto alimentar está ligada aos sentidos, nomeadamente ao sabor, textura e aroma (Stone et al., 2020). Este processo, que estabelece a aceitação por parte de um consumidor, é denominado por avaliação sensorial (Stone et al., 2020).

A qualidade das cerejas é definida pelos seguintes atributos: aspeto (tamanho, cor vermelha e pedúnculo verde), sabor, doçura e firmeza (C.H. Crisosto et al., 2006; Dever et al., 1996; Esti et al., 2002). Estudos sensoriais utilizando consumidores demonstraram que, dependendo do mercado, os consumidores apresentavam preferências divergentes quanto à “qualidade” das cerejas. Estudos em consumidores da América do Norte demonstraram que a preferência se baseava no tamanho, textura e cor (Dever et al., 1996). No entanto, estudos desenvolvidos no Japão demonstram que a preferência dos consumidores se baseava, sobretudo, no sabor, “frescura” e, em seguida, na cor (Cliff et al., 1995; Dever et al., 1996). Ou seja, a avaliação sensorial dos consumidores varia consoante a região. Na sua generalidade, os consumidores consideram uma cereja “ideal” grande, doce e de cor vermelho-escura com brilho, sendo estes os fatores predominantes para a decisão de compra (Kappel et al., 1996; Wermund et al., 2005). Vários autores sugerem que a cor (Crisosto et al., 2003; Esti et al., 2002) e firmeza (textura) (Girard e Kopp, 1998) são os atributos que determinam a qualidade na produção. No entanto, para mercados

internacionais, o calibre da cereja é um importante fator de valorização (Zhang e Whiting, 2011).

A exportação da cereja exige que o seu tempo de vida útil seja o mais longo possível. A refrigeração é o método mais utilizado no pós-colheita não sendo, no entanto, suficiente para prolongar o tempo de consumo para permitir a exportação para mercados longínquos. Neste trabalho, demonstramos a aplicação de tecnologia de conservação pós-colheita com atmosferas controladas no aumento de tempo de vida útil da cereja e na aceitação por parte de consumidores.

6.2 Material e métodos

O presente trabalho tem por base os frutos provenientes do ensaio de diferentes condições de conservação realizado com a cv. Satin, ensaio esse descrito detalhadamente no capítulo 5. O ensaio compreendeu 6 modalidades de conservação, nomeadamente, 2 modalidades de Atmosfera Normal (AN) e 4 modalidades de Atmosfera Controlada (AC):

- modalidade 1(OP), correspondente às câmaras de refrigeração da Organização de Produtores;
- modalidade 2 (AN), na câmara de refrigeração do Centro Apoio Tecnológico ao Agroalimentar (CATAA);
- modalidade 3 (310), correspondentes a 3% O₂ - 10% CO₂;
- modalidade 4 (315), correspondentes a 3% O₂ - 15% CO₂;
- modalidade 5 (1010), correspondentes a 10% O₂ - 10% CO₂;
- modalidade 6 (1015), correspondentes a 10% O₂ - 15% CO₂.

A análise sensorial foi realizada num laboratório do Centro de Apoio Tecnológico Agro-Alimentar (CATAA), equipado de acordo com a ISO 8589 (ISO, 2007). A avaliação foi realizada por 10 provadores através de uma escala de 9 pontos:

- 1 - desgosto extremamente;
- 5 - não gosto nem desgosto;
- 9- gosto extremamente.

A classificação de 5 foi definida como o mínimo de aceitação sensorial.

Os parâmetros avaliados incluíram o aspeto, a firmeza, o sabor e a apreciação global. As amostras foram apresentadas aleatoriamente em placas de Petri, codificadas com um número de 3 algarismos. Foi solicitado aos provadores que enxugassem a boca com água após a avaliação de cada amostra.

Para a análise estatística recorreu-se ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, de acordo com o procedimento aconselhado por Maroco (2011).

6.3 Resultados e discussão

Em 2019, observou-se uma diminuição nas classificações atribuídas ao aspeto dos frutos, na modalidade 1, e ao sabor, na modalidade 2. Contudo, as medianas das classificações atribuídas a todas as variáveis sensoriais foram sempre iguais ou maiores do que o mínimo de aceitação sensorial (5 pontos). Não foram encontradas diferenças entre modalidades em nenhuma das variáveis sensoriais.

Em 2020, após 28 dias de conservação, foram encontradas diferenças significativas no aspeto, sabor e apreciação global, sendo que a modalidade 1 foi a que mostrou a menor classificação (Figura 6.1). Nesse dia de amostragem, a mediana das pontuações atribuídas ao aspeto estava já abaixo do mínimo estabelecido para a aceitação sensorial (5 pontos). Esta baixa pontuação representa, provavelmente, a influência negativa da temperatura mais elevada que ocorreu na câmara da Organização de Produtores (OP) e não a influência da composição atmosférica já que não foram encontradas diferenças significativas entre as classificações atribuídas aos frutos da modalidade 2 e os frutos das modalidades em atmosfera controlada.

Em 2020 verificou-se uma diminuição nas medianas das variáveis suculência, sabor e apreciação global em todas as modalidades de atmosfera controlada. Essa diminuição também ocorreu na variável firmeza mas com exceção da modalidade 3(310). Apesar disso, e de forma semelhante ao que ocorreu em 2019, todas as medianas das classificações no final do ensaio (49 dias) eram

superiores ou iguais do que o mínimo definido para a aceitação sensorial (5 pontos).

Em 2021 observou-se uma tendência geral de diminuição das variáveis aspecto (nas modalidades 2(AN) e 3(310)), suculência (modalidade 2(AN)), sabor (modalidade 2(AN)) e apreciação global (modalidades 1(OP) e 2(AN)). Contudo, não foram encontradas diferenças significativas entre modalidades em nenhum dos dias de amostragem.

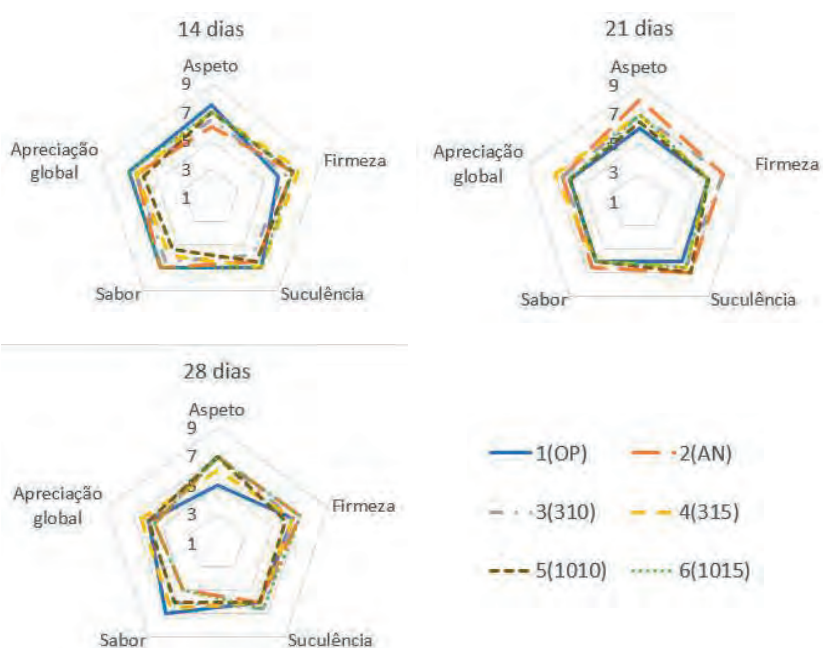


Figura 6.1. Resultados da avaliação sensorial de cerejas ‘Satin’ em 2020 após 14, 21 e 28 dias de conservação. A avaliação foi realizada através de uma escala de 9 pontos (1- desgosto extremamente a 9- gosto extremamente).

A influência da composição atmosférica nas características sensoriais, mais precisamente, no sabor, parece ser variável entre várias cultivares. Wang e Vestrheim (2002) não encontraram uma influência significativa da influência

da composição atmosférica no sabor de cerejas das cultivares Van, Sam e Stella. No entanto, de acordo com os mesmos autores, as cerejas das cultivares Kristin, Huldra e Emperor Francis apresentaram classificações mais altas no sabor quando conservadas em condições de atmosfera controlada (10% O₂, 5% a 15% CO₂).

6.4 Considerações finais

Em 2019 e 2021 foram observadas poucas diferenças estatisticamente significativas seja entre dias de amostragem, seja entre modalidades. No entanto, em 2020 registou-se a diminuição das classificações atribuídas à maior parte das variáveis sensoriais ao longo do período de amostragem, não só nas modalidades conservadas em atmosfera normal, mas também nas modalidades conservadas em atmosfera controlada. Ainda nesse ano foi possível observar um efeito claramente negativo de temperaturas de conservação mais altas na qualidade sensorial da cereja, mais concretamente no aspeto, sabor e apreciação global.

Em todos os três anos verificou-se uma boa conservação das características sensoriais dos frutos pois, salvo raras exceções, as medianas das classificações mantiveram-se acima do mínimo considerado para a aceitação sensorial.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “PrunusPOS – Otimização de processos de armazenamento, conservação em frio, embalagem ativo e/ou inteligente, e rastreabilidade da qualidade alimentar no pós-colheita de produtos frutícolas, Operação n.º PDR2020-101-031694 (Líder), Parceria n.º 87, Iniciativa n.º 175 promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020.

Referências bibliográficas

Chockchaisawasdee, S., Golding, J.B., Vuong, Q.V., Papoutsis, K., e Stathopoulos, C.E.

2016. Sweet cherry: Composition, postharvest preservation, processing and trends for its future use. *Trends in Food Science and Technology*, 55, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.002>
- Cliff, M.A., Dever, M.C., Hall, J.W., e Girard, B. 1995. Development and evaluation of multiple regression models for prediction of sweet cherry liking. *Food Research International*, 28(6), 583–589. [https://doi.org/10.1016/0963-9969\(95\)00041-0](https://doi.org/10.1016/0963-9969(95)00041-0)
- Correia, S., Schouten, R., Silva, A. P., e Gonçalves, B. 2017. Factors affecting quality and health promoting compounds during growth and postharvest life of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Frontiers in Plant Science*, 8(December), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02166>
- Crisosto, C.H., Crisosto, G. M., e Neri, F. 2006. Understanding Tree Fruit Quality Based on Consumer Acceptance. *Acta Horticulturae*, 682(682), 865–870. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.682.112>
- Crisosto, Carlos H., Crisosto, G. M., e Metheney, P. 2003. Consumer acceptance of “Brooks” and “Bing” cherries is mainly dependent on fruit SSC and visual skin color. *Postharvest Biology and Technology*, 28(1), 159–167. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(02\)00173-4](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(02)00173-4)
- Dever, M.C., MacDonald, R.A., Cliff, M.A., e Lane, W.D. 1996. Sensory evaluation of sweet cherry cultivars. *HortScience*, 31(1), 150–153. <https://doi.org/10.21273/hortsci.31.1.150>
- Esti, M., Cinquanta, L., Sinesio, F., Moneta, E., e Di Matteo, M. 2002. Physicochemical and sensory fruit characteristics of two sweet cherry cultivars after cool storage. *Food Chemistry*, 76, 399–405. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00231-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00231-X)
- FAO. 2021. *FAOSTAT*. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- FAO e WHO. 2003. Food and Agriculture Organization Assuring Food Safety and Quality: Guidelines for Strengthening National Food Control Systems was. In *Food and Nutrition Paper 76* (Vols. 0254-4725).
- Girard, B., e Kopp, T.G. 1998. Physicochemical Characteristics of Selected Sweet Cherry Cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(2), 471–476. <https://doi.org/10.1021/jf970646j>
- Grunert, K.G. 2005. Food quality and safety: Consumer perception and demand. *European Review of Agricultural Economics*, 32(3), 369–391. <https://doi.org/10.1093/eurrag/jbi011>
- Hayaloglu, A. A., e Demir, N. 2016. Phenolic Compounds, Volatiles, and Sensory Characteristics of Twelve Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) Cultivars Grown in Turkey. *Journal of Food Science*, 81(1), C7–C18. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13175>

- ISO. 2007. ISO 8589:2007 - *Sensory analysis — General guidance for the design of test rooms*.
- Kappel, F., Fisher-Fleming, B., e Hogue, E. 1996. Fruit characteristics and sensory attributes of an ideal Sweet Cherry. *HortScience*, 31(3), 443–446. <https://doi.org/10.21273/hortsci.31.3.443>
- Maroco, J. 2011. *Análise estatística com utilização do SPSS [in Portuguese]* (3rd ed.). Edições Sílabo.
- Pereira, S., Silva, V., Bacelar, E., Guedes, F., Silva, A. P., Ribeiro, C., e Gonçalves, B. 2020. Cracking in sweet cherry cultivars early bigi and lapins: Correlation with quality attributes. *Plants*, 9(11), 1–12. <https://doi.org/10.3390/plants9111557>
- Pinto de Andrade, L., Veloso, A., Espírito Santo, C., Dinis Gaspar, P., Silva, P. D., Resende, M., Beato, H., Baptista, C., Pintado, C. M., Paulo, L., e Simões, M. P. 2022. Effect of Controlled Atmospheres and Environmental Conditions on the Physicochemical and Sensory Characteristics of Sweet Cherry Cultivar Satin. *Agronomy*, 12(1), 188. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010188>
- Serrano, M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., e Valero, D. 2005. Chemical constituents and antioxidant activity of sweet cherry at different ripening stages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(7), 2741–2745. <https://doi.org/10.1021/jf0479160>
- Silva, V., Pereira, S., Vilela, A., Bacelar, E., Guedes, F., Ribeiro, C., Silva, A. P., e Gonçalves, B. 2021. Preliminary insights in sensory profile of sweet cherries. *Foods*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/foods10030612>
- Stone, H., Bleibaum, R. N., e Thomas, H. A. 2020. *Sensory Evaluation Practices* (5th ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03038-0>
- Wang, L., e Vestrheim, S. 2002. Controlled atmosphere storage of sweet cherries (*Prunus avium* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 52(4), 136–142. <https://doi.org/10.1080/090647103100004825>
- Wermund, U., Fearne, A., e Hornibrook, S.A. 2005. Consumer purchasing behaviour with respect to cherries in the United Kingdom. *Acta Horticulturae*, 667, 539–544. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2005.667.80>
- Zhang, C., e Whiting, M.D. 2011. Improving “Bing” sweet cherry fruit quality with plant growth regulators. *Scientia Horticulturae*, 127(3), 341–346. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.11.006>

Capítulo 7

Identificação e incidência de doenças de conservação, em cereja da cv. Satin, de acordo com diferentes condições de conservação – atmosfera normal e atmosfera controlada

João Pedro Luz^{1,2}, Abel Veloso^{1,3}, Conceição Amaro^{1,2} e Maria Paula Simões^{1,3}

¹IPCB – Instituto Politécnico de Castelo Branco | Escola Superior Agrária

²QRural – Unidade de Investigação e Desenvolvimento e Qualidade de Vida no Mundo Rural, Instituto Politécnico de Castelo Branco

³CERNAS - Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

7.1 Introdução

A extensão da vida útil dos produtos agro-alimentares é um dos objetivos primordiais para toda a cadeia de produção e distribuição. Na gama de produtos agrícolas, os frutos destacam-se por serem muito perecíveis e muitos trabalhos de investigação têm sido realizados para conseguir prolongar este período (Crisosto e Kader, 2000; Kader, 2002; Usall, 2016; Talbot e Baird, 1991), de modo a conseguir maior estabilidade na oferta e conseqüente maior estabilidade no preço de comercialização. A refrigeração é o meio mais utilizado para manter a qualidade dos frutos (Mitchell, 1987; Talbot e Baird, 1991), pois a taxa respiratória (processo fisiológico associado à degradação) está diretamente relacionada

com a temperatura (Kader, 2002). Conjugada com a refrigeração, a utilização de atmosfera controlada, com concentração elevada de CO₂ e concentração baixa de O₂, é outro método utilizado com sucesso, pois também cria condições para inibir a taxa respiratória reduzindo a maturação dos frutos (Yang et al., 2019).

Seja qual for o método de conservação, observa-se o aparecimento de podridões durante o período de conservação, podridões englobadas num conjunto designado por doenças de pós-colheita, ou seja, as doenças que se desenvolvem depois da colheita em ambiente de conservação (Torres et al., 2020). Segundo Romanazzi et al. (2001), cerca de 50% das perdas em pós-colheita são devidas a podridões. Os principais agentes causais das doenças de pós-colheita de frutos são fungos e identificam-se como espécies dominantes as dos géneros *Botrytis*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Alternaria* e *Monilinia* (Torres et al., 2020; Romanazzi et al., 2001), sendo o seu controlo realizado maioritariamente através da utilização de fungicidas, embora se procurem novas soluções que podem também incluir práticas de pré-colheita (Usall et al., 2016a; Usall et al., 2016b).

A maioria das doenças de pós-colheita de frutos inicia-se através da penetração dos agentes patogénicos por feridas que podem ocorrer no pomar (Torres et al., 2020), mas, maioritariamente, resultam do manuseamento na colheita e no processamento pós-colheita em armazém.

Assim, como prevenção de aparecimento de doenças de pós-colheita durante o período de conservação, é fundamental uma rigorosa seleção dos frutos, retirando dos lotes a conservar, todos os frutos com defeito e que possam apresentar feridas, vulgarmente designados por frutos de refugo como exemplificado na Figura 7.1.

Outro fator fundamental que previne o aparecimento de doenças de pós-colheita é a desinfecção das câmaras de refrigeração e das embalagens utilizadas na colheita e conservação (Sargent et al., 2000).



Figura 7.1 – Causas de refugo em cerejas. A- cereja sem pendúnculo; B – cereja com feridas no manuseamento; C- cereja com defeito de forma e feridas cicatrizadas.

Na prevenção podem ainda utilizar-se tratamentos físicos como água quente, radiofrequências, microondas, pressão hiperbárica, radiação UV (Torres et al., 2020) e agentes biológicos, como é a utilização de películas de revestimento utilizando extratos de plantas (Coelho, 2015), microorganismos, ou elementos minerais como o cálcio (Correia et al., 2019).

No caso da cereja, o fruto não é embalado no campo durante a colheita, sendo embalada em locais destinados a esse efeito. Maioritariamente esse processamento pós-colheita é realizado em Centrais Frutícolas geridas por Organizações de Produtores, ou produtores individuais, que possuem linhas mais ou menos complexas de processamento. A lavagem e desinfecção é uma etapa fundamental, onde é utilizada água a baixa temperatura, alcançando-se assim 3 objetivos: lavagem, desinfecção e arrefecimento do fruto (Figura 7.2).

Após a lavagem segue-se a secagem, seleção, calibração e embalagem. Todas as etapas são determinantes no sucesso da conservação.

Neste trabalho realizou-se a identificação dos agentes patogénicos associadas às podridões desenvolvidas nas cerejas correspondentes ao ensaio de conservação de diferentes modalidades de Atmosfera Controlada (AC), utilizando como referência a Atmosfera Normal (AN) e a conservação na Central da Organização de Produtores (OP) e descrito no Capítulo 6.

7.2 Material e métodos

Para a realização deste trabalho, cujo objetivo principal foi a identificação do agente causal da podridão dos frutos no processo de conservação, utilizaram-se as cerejas provenientes do ensaio de conservação descrito no Capítulo 6. Esse ensaio compreendeu 5 modalidades de conservação, nomeadamente, modalidade 1 (OP) correspondente à câmara de refrigeração da Organização de Produtores, a modalidade 2 (AN) correspondente a Atmosfera Normal, no CATAA, e 3 modalidades de Atmosfera Controlada (3310, 4315, 51010 e 61015) (Quadro 7.1). Utilizaram-se apenas as cerejas referentes ao ciclo 2020 e 2021.

Quadro 7.1 – Modalidades de conservação da cereja utilizadas no período 2020-2021.

Ano	Modalidades					
	At. Normal		Atmosfera Controlada			
	1	2	3310	4315	51010	61015
2020	1	2	3%O ₂ -	3%O ₂ -	10%O ₂ -	10%O ₂ -
2021	(OP)	(AN)	10%CO ₂)	15%CO ₂)	10%CO ₂)	15%CO ₂)

Para cada modalidade de conservação foram constituídas amostras de 50 cerejas, sendo 20 delas numeradas individualmente para avaliação das características físico-químicas. Cada amostra de cereja resultou de uma seleção rigorosa para garantir não só a homogeneidade necessária como que nas amostras não existissem cerejas com defeito. O ensaio compreendeu aproximadamente 105 amostras de 50 cerejas, ou seja 5250 cerejas (Figura 7.2).

Para cada modalidade e período de conservação, foram contabilizadas as cerejas com podridão (Figura 7.3) (Capítulo



Figura 7.2 – Montagem do ensaio de conservação cereja.

5) e esses frutos foram levados para o Laboratório de Proteção Vegetal da Escola Superior Agrária de Castelo Branco para a identificação do agente patogénico.

Os frutos com sintomas de doenças bióticas de conservação foram submetidos a um esguicho de álcool a 70%, para eliminar fungos e bactérias estritamente saprófitas, e seguidamente lavados com água destilada esterilizada.

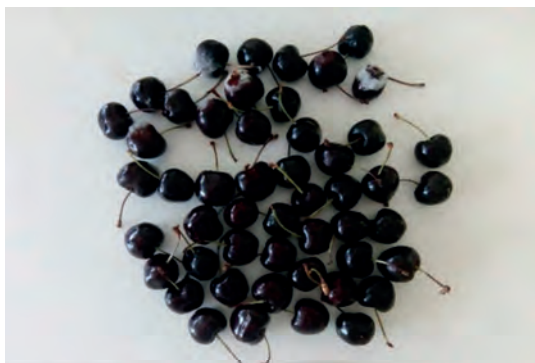


Figura 7.3 – Amostra de 50 cerejas, com alguns frutos com podridão.

Pequenos pedaços, com cerca de 3 mm x 3 mm, removidos da zona de transição entre o tecido sã e o tecido necrosado e imergidos em hipoclorito de sódio a 1%, durante 1 minuto, e posteriormente submergidos em água destilada esterilizada, foram colocados em meio de *Potato Dextrose Agar* (PDA) com 0,5% tiocianato de potássio, para evitar o crescimento de bactérias saprófitas. As placas foram a incubar a 25°C na obscuridade. Na maioria dos casos, a esporulação ocorreu em PDA, na obscuridade sendo que, pontualmente, também ocorreu em meio de agar V8 contendo 20% de sumo Original (Campbell Soup Company, Camden, NJ, EUA), 0,4% de CaCO_3 (Merck) e 1,6% de agar técnico n.º 3 (Oxoid) tendo sido as placas submetidas a um fotoperíodo de 16 horas, a 22,5°C, durante 7 a 10 dias.

A identificação dos fungos foi efetuada por observação microscópica das suas estruturas morfológicas, entre lâmina e lamela sobre uma gota de lactofenol ou de lactofenol com azul de algodão, usado como corante genérico para as estruturas fúngicas.

7.3 Resultados e discussão

7.3.1 Incidência de doenças de conservação da cereja no ciclo vegetativo 2020

No ciclo 2020, a incidência de podridões foi baixa, situando-se entre 2% e 3% para o conjunto das modalidades (Capítulo 5).

Na Figura 7.4, pode observar-se o número muito reduzido de casos em 2020, identificando-se 4 casos de *Alternaria* sp., 3 casos de *Cladosporium* sp., 1 caso de *Ulocladium* sp., 1 caso de *Cylindrocarpon* sp. e ainda 3 casos com presença de leveduras.

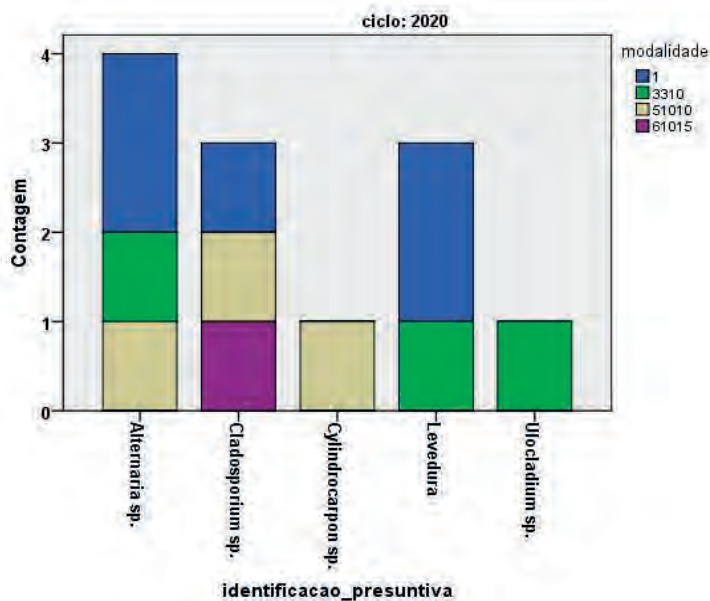


Figura 7.4 – Frequência dos diferentes agentes patogênicos na cereja, considerando todas as modalidades e tempos de conservação, em 2020.

Quando comparamos por modalidade (Figura 7.5) verificamos que a incidência foi menor nas modalidades AC, mas, a incidência foi sempre muito baixa.

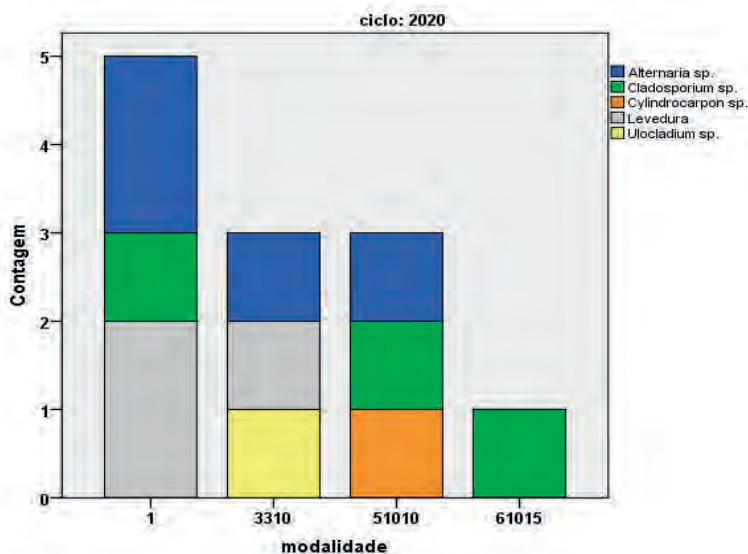


Figura 7.5 – Incidência dos diferentes agentes patogênicos na cereja por modalidade de conservação, em 2020, considerando todos os períodos de conservação.

7.3.2 Incidência de doenças de conservação da cereja no ciclo vegetativo 2021

No ciclo 2021, a incidência de podridões foi também muito baixa, situando-se entre 2% e 4%, não tendo sido observado nenhum fruto com podridão na modalidade 4315, e a incidência de 4% foi observada na modalidade 51010 aos 49 dias (Capítulo 5).

Considerando todas as modalidades e tempos de conservação, o agente patogênico mais frequente foi *Botrytis cinerea* (56 casos) seguido de *Cladosporium* sp. (33 casos), e *Alternaria* sp. (29 casos) (Figura 7.6). Com menor

representação foram identificados *Penicillium* sp., *Stemphylium* sp., *Pithomyces* sp., *Rhizopus* sp., e *Ulocladium* sp..

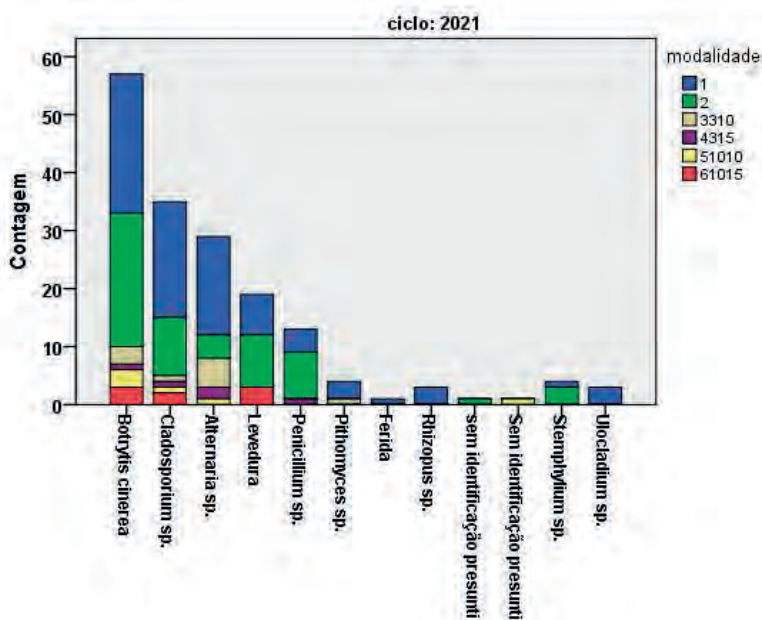


Figura 7.6 – Frequência dos diferentes agentes patogênicos em cereja, considerando todas as modalidades e tempos de conservação, em 2021.

Se considerarmos a incidência por modalidade constatamos que as modalidades 1 e 2 são as que apresentam maior número de casos e que a espécie *Botrytis cinerea* está presente em todas as modalidades (Figura 7.7). O conjunto das atmosferas controladas (AC), modalidades 3310, 4315, 51010 e 61015, apresentam uma incidência muito menor de podridões. Este resultado difere do resultado obtido com os pêssegos, onde nas AC se observaram valores de podridão bastante elevados (Capítulo 4). Se considerarmos o efeito fungistático do CO₂, e tendo em conta que os teores de CO₂ no ensaio de conservação de cereja estão entre 10% e 15%, e no caso do ensaio de

conservação do pêssigo estão entre 5% e 15%, parece haver maior eficácia no ensaio da cereja relativamente ao pêssigo.

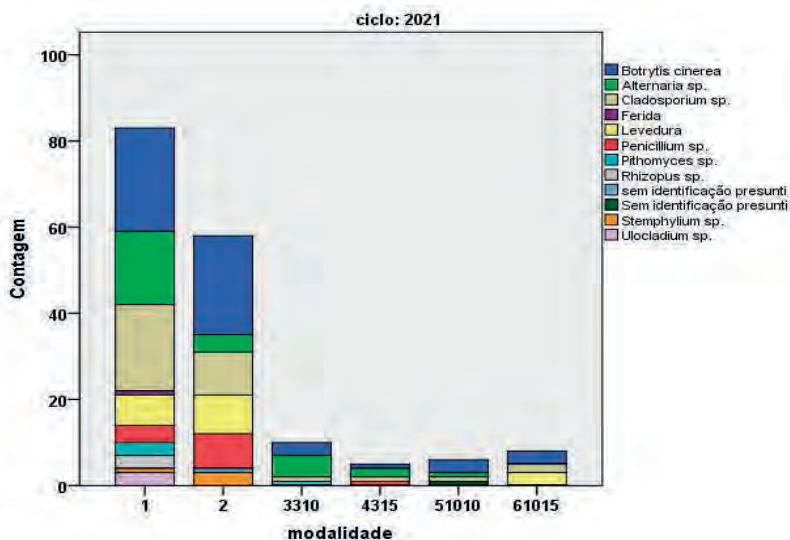


Figura 7.7 – Incidência dos diferentes agentes patogênicos por modalidade de conservação, em 2021, considerando todos os períodos de conservação.

7.3.3 Incidência de doenças de conservação da cereja no ciclo vegetativo 2021, por cada modalidade e tempo

Nas Figuras 7.8 e 7.9 apresenta-se a incidência de podridões e o agente patogênico associado para as modalidades 1 (OP) e 2 (AN), ao longo do tempo de conservação, e na Figura 7.10 a incidência de podridões nas modalidades AC.

Na modalidade 1, a incidência está compreendida entre 12 e 24 casos, sendo o valor mais elevado aos 21 dias. Os fungos com maior expressão foram *Botrytis cinerea*, *Cladosporium sp.* e *Alternaria sp.*, mas foram também isolados *Penicillium sp.*, *Stemphylium sp.*, *Pithomyces sp.*, *Rhizopus sp.* e *Ulocladium sp.* Aos 35 dias de conservação (último tempo), *Botrytis cinerea* representa mais de 60% das infeções.

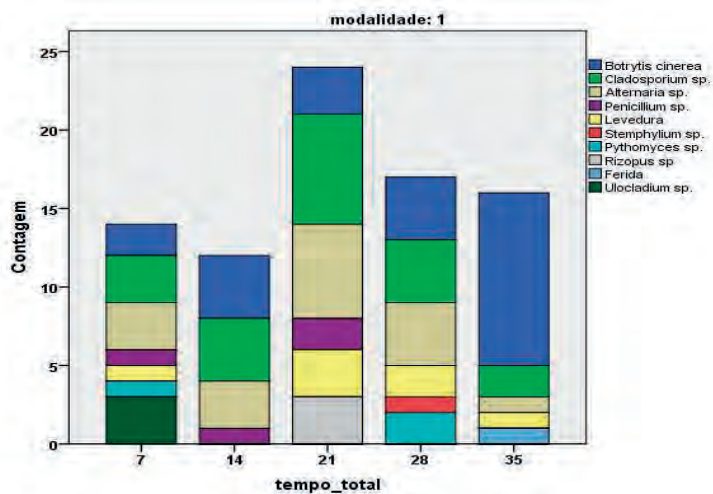


Figura 7.8 – Incidência dos diferentes agentes patogênicos no ensaio da cereja, em 2021, na modalidade 1, por tempo de conservação.

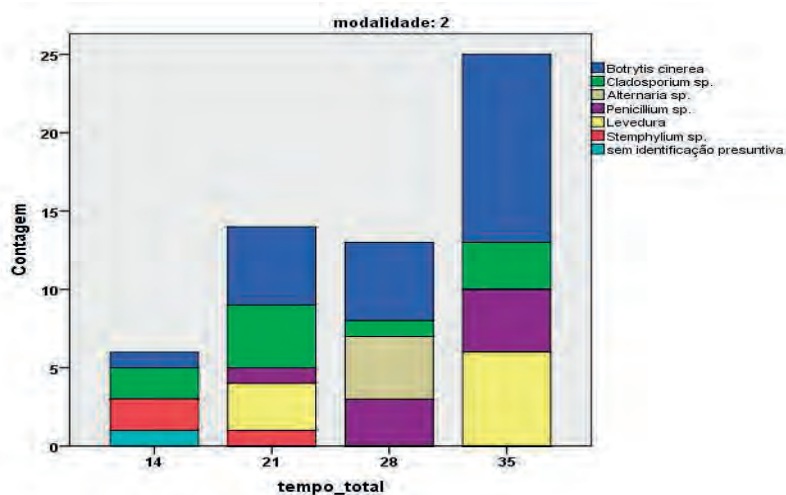


Figura 7.9 – Incidência dos diferentes agentes patogênicos no ensaio da cereja, em 2021, na modalidade 2, por tempo de conservação.

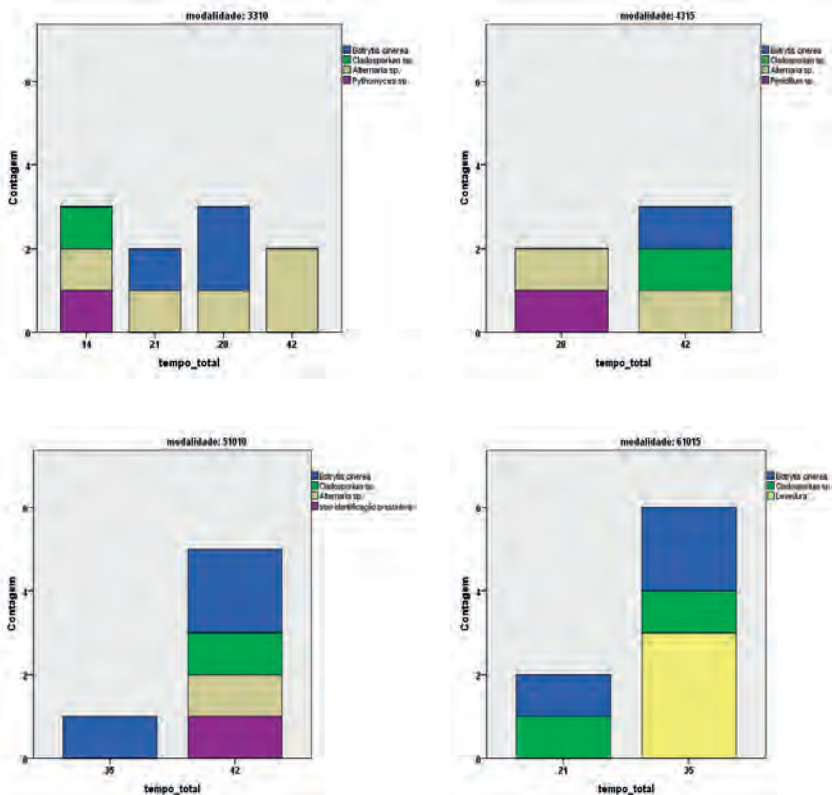


Figura 7.10 – Incidência dos diferentes agentes patogênicos no ensaio da cereja, em 2021, nas modalidades de Atmosfera Controlada, por tempo de conservação.

Na modalidade 2, só se observa o aparecimento de podridões aos 14 dias, com 6 casos, e registou-se a maior incidência aos 35 dias, com *Botrytis cinerea* a representar 50% das infeções. Além de *Botrytis cinerea*, identificaram-se *Cladosporium* sp., *Alternaria* sp., *Penicillium* sp. e *Stemphylium* sp. Comparativamente à modalidade 1, a modalidade 2 apresentou uma menor incidência aos 14 dias, o que pode estar relacionado com maior número de aberturas da câmara de conservação na OP relativamente ao CATAA.

Quando analisarmos o conjunto das modalidades de AC (Figura 7.8) observa-se que, globalmente e comparativamente às modalidades 1 (OP) e 2 (AN), a incidência de podridões foi muito menor (entre 1 e 6 casos por modalidade e tempo de conservação).

Quando consideramos a evolução ao longo do tempo de conservação, verificamos que na modalidade 3310 ocorrem podridões desde os 14 dias de conservação, enquanto nas restantes modalidades só se observa o aparecimento de podridões a partir dos 21 dias (modalidade 61015), 28 dias (modalidade 4310) ou mesmo 35 dias (modalidade 51010).

Na modalidade 61015 apenas se observou a presença de *Botrytis cinerea* e *Cladosporium* sp.

Nas modalidades de AC os agentes patogénicos com expressão são *Botrytis cinerea* e *Cladosporium* sp., tendo sido observada a presença de leveduras em quase todos os tempos de conservação.

A RETER

As modalidades de atmosfera controlada (entre 3% e 10% de O₂ e entre 10% e 15% de CO₂) permitiram a manutenção da qualidade físico-química das cerejas por períodos mais longos de tempo, observando-se menor incidência de podridões nas modalidades de AC comparativamente às modalidades de Atmosfera Normal.

Os principais agentes patogénicos associados à podridão da cereja são *Botrytis cinerea*, *Cladosporium* sp. e *Alternaria* sp., sendo a *Botrytis cinerea* o agente patogénico dominante.

O aspeto da podridão associada aos diferentes agentes patogénicos pode ser observado na Figura 7.11, mas, é de realçar que, frequentemente, foram identificados mais do que um agente patogénico no mesmo fruto.

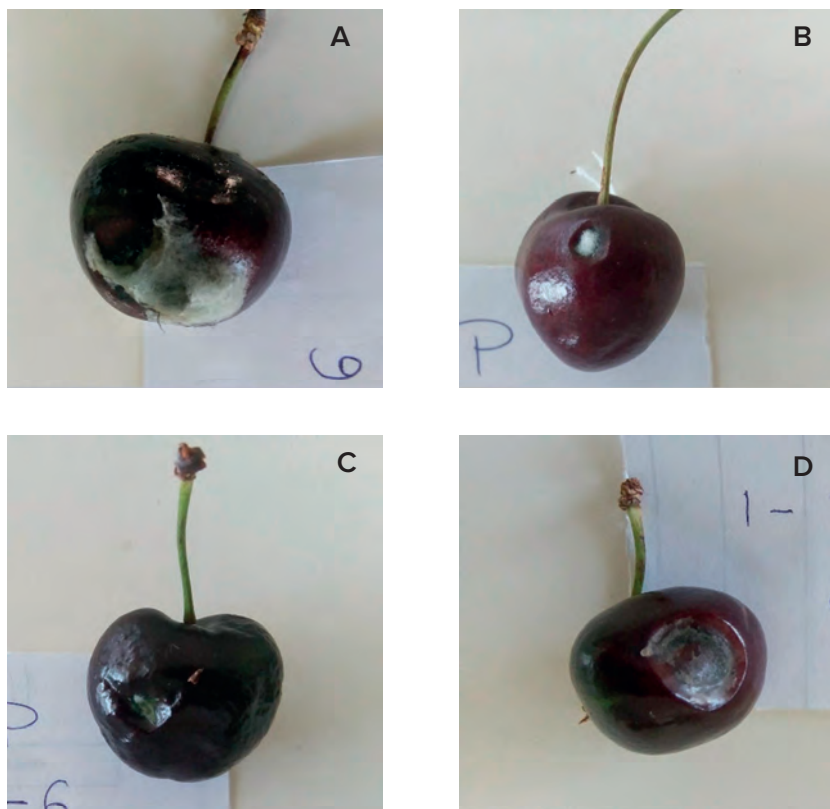


Figura 7.11 – A – *Botrytis cinerea*; B – *Cladosporium* sp.; C – *Rhizopus* sp. ; D - *Alternaria* sp..

7.4 Considerações finais

A utilização de Atmosferas Controladas na conservação da cereja permite alargar o período de conservação para períodos que pode atingir os 42 dias, com uma fraca incidência de podridões.

Nos dois ciclos vegetativos em estudo, 2020 e 2021, a incidência de podridões foi baixa para todas as modalidades e tempos de conservação.

A incidência de podridões foi mais elevada em 2021, com aparecimento de podridões em todas as modalidades. Na modalidade 1 observou-se o aparecimento de podridões desde os 7 dias de conservação e com uma maior diversidade de agentes patogénicos. Na modalidade 2 observou-se o aparecimento de podridões desde os 14 dias de conservação e com uma menor diversidade de agentes patogénicos.

Os fungos com maior expressão foram *Botrytis cinerea*, *Cladosporium* sp. e *Alternaria* sp., mas foram também isolados *Penicillium* sp., *Stemphylium* sp., *Pithomyces* sp., *Rhizopus* sp. e *Ulocladium* sp., assim como leveduras.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto “PrunusPOS – Otimização de processos de armazenamento, conservação em frio, embalagem ativo e/ou inteligente, e rastreabilidade da qualidade alimentar no pós-colheita de produtos frutícolas, Operação n.º PDR2020-101-031694 (Líder), Parceria n.º 87, Iniciativa n.º 175 promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020.

Referências bibliográficas

- Coelho, M.T.P.P. 2015. Estudos de propagação in vitro, caracterização e valorização de carqueija (*Pterospartum tridentatum* (L.) Willk). Tese de doutoramento. Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.
- Correia, S., Queirós, F., Ribeiro, C., Vilela, A., Aires, A., Barros, A.I., Schouten, R., Silva, A.P. e Gonçalves, B. 2019. Effects of calcium and growth regulators on sweet cherry (*Prunus avium* L.) quality and sensory attributes at harvest. *Sci. Hortic.* 248, 231-240. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.01.024>.
- Crisosto, C.H. e Kader, A.A. 2000. Peach Postharvest Quality Maintenance Guidelines. Department of Pomology, University of California Davis.
- Kader, A.A. 2002. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California, USA. 535 pp.
- Mitchell, F. G. 1987. Influence of cooling and temperature maintenance on the quality of California grown stone fruit. University of California, Davis.

- Romanazzi, G., F. Nigro, A. Ippolito, and M. Salerno. 2001. Effect of short hypobaric treatments on postharvest rots of sweet cherries, strawberries and table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 22 (1): 1-6
- Sargent, S.A., Ritenour, M.A. e Brecht, J.K. 2000. Handling, Cooling and Sanitation Techniques for Maintaining Postharvest Quality. Florida Extension – Institute of Food and Agricultural Sciences: 1-17.
- Talbot, M.T. e Baird, C.D. 1991. Evaluating commercial forced-air precoolers. *Proceedings of the annual meeting of the Florida State Horticulture Society*, 103: 218-221.
- Torres, R., Usall, J., Casals, C. e Teixidó, N. 2020. Avances en el control de enfermedades de postcosecha de fruta. *Actas Portuguesas de Horticultura - 4º Simpósio Nacional de Fruticultura*: 24-31.
- Usall, J., Ippolito, A., Sisquella, M. e Neri, F. 2016a. Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables: *Postharvest Biology and Technology*, 122: 30-40.
- Usall, J., Torres, R. e Teixidó, N. 2016b. Biological control of postharvest diseases on fruit: a suitable alternative? *Current Opinion in Food Science* 11: 51-55.
- Yang, Q., Zhang, X., Wang, F. e Zhao, Q. 2019. Effect of pressurized argon combined with controlled atmosphere on the postharvest quality and browning of sweet cherries. *Postharvest Biology and Technology*, 147: 59–67. doi:10.1016

Capítulo 8

Influência das características dos alvéolos e da configuração da embalagem de fruta no seu desempenho térmico em ambiente refrigerado e em ambiente de loja

Sasi K. Madhan¹, Pedro Dinis Gaspar^{1,2}, Pedro Dinho Silva^{1,2}, Martim Aguiar^{1,2} e Adhiyaman Ilangovan^{1,2}

¹UBI – Universidade da Beira Interior

²C-MAST – Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies, Covilhã

8.1 Introdução

A utilização de alvéolos nas embalagens tem como função principal a proteção da fruta contra danos durante o transporte, evitando que as frutas atinjam as bordas das embalagens ou outras frutas ao seu redor. No entanto a sua utilização também tem consequências no comportamento térmico dos frutos e pode afetar a respiração do fruto dentro da embalagem. Torna-se assim relevante perceber a influência que os materiais que constituem o alvéolo, bem como a própria configuração da embalagem, têm nos processos de transmissão de calor e de massa que ocorrem dentro da embalagem e avaliar o seu contributo para

promover o prolongamento da vida de prateleira dos frutos durante o transporte e exposição. O presente estudo foi desenvolvido nas vertentes experimental e numérica para perceber o comportamento dinâmico da embalagem durante os processos de arrefecimento e de aquecimento a que está submetida quando é exposta ao ambiente interior das câmaras de frio ou ao ambiente exterior durante a exposição ambiente. Na primeira vertente, testaram-se diferentes tipos de alvéolo incorporando, ou não, materiais de mudança de fase e utilizando-se simuladores de fruto. No estudo numérico testaram-se diversas embalagens com diferentes configurações dos orifícios para circulação do ar. Os resultados experimentais mostram que durante o processo de arrefecimento os alvéolos de alumínio permitem uma transferência de calor mais rápida entre o ar da câmara e os simuladores de frutas, reduzindo bastante o tempo face aos alvéolos em cartão. O efeito do material de mudança de fase faz-se sentir mais durante o processo de aquecimento, permitindo prolongar e uniformizar as condições térmicas dentro da embalagem. As previsões numéricas da temperatura do ar mostram valores próximos nas diferentes configurações estudadas, e podem dar um contributo para auxiliar no desenvolvimento de novas configurações para caixas de frutas que promovam o prolongamento da vida útil das frutas.

O cartão é o material mais comum usado em embalagens. É amplamente utilizado para transporte, armazenamento e distribuição de produtos. O cartão ondulado pode variar em tamanhos e espessuras, dependendo da quantidade de proteção necessária. Além disso, o cartão ondulado retém a humidade mantendo-a longe dos produtos, o que se revela importante para situações que envolvam um período longo de transporte dos produtos alimentares. Para organizar e proteger a fruta durante o seu transporte utilizam-se estruturas alveolares dispostas no interior das próprias embalagens (Ščetar et al., 2010). Como o produto está em constante contacto com o material da estrutura alveolar, podem verificar-se alterações das suas características.

Deste modo, no momento de selecionar para um produto em particular, quer a embalagem quer o tipo de estrutura alveolar, é importante avaliar vários aspetos, entre os quais se podem salientar, a necessidade de evitar que os alimentos sejam expostos a mudanças de temperatura, à ação da luz direta ou a microrganismos biológicos (Raheem, 2013). A gama de soluções disponíveis no

mercado contempla aspetos como a proteção física do produto, o controlo da permeabilidade e visibilidade do produto (Galanakis, 2018).

A caixa de cartão ondulado (CFB) é a mais utilizada em diferentes condições ambiente, embora a sua resistência e rigidez sejam fortemente afetadas pelo teor de humidade do ar (Allaoui et al., 2009). De acordo com Wijewardane e Guleria, 2011 a embalagem em cartão ondulado com alvéolo em cartão em vez de polietileno é mais eficaz na extensão da vida útil do produto.

A folha de alumínio é habitualmente encontrada em diferentes tipos de embalagens para transporte de líquidos ou sólidos, como, por exemplo, nas embalagens de leite ou de café. Possui boa tolerância às oscilações de temperatura e funciona como uma excelente barreira aos gases, contribuindo para a criação de uma atmosfera protetora para o produto. O processo de fusão e de conformação é excelente, embora envolva um consumo energético significativo (Käck e Malmberg, 2015). No entanto apresenta como vantagem um grande potencial de reciclagem (Aguilar et al., 2008).

Os materiais de mudança de fase (PCM) são normalmente encontrados em sistemas de armazenamento de energia térmica. Em geral apresentam uma densidade energética elevada e têm a vantagem de, durante o processo de mudança de fase, libertar ou absorver calor a uma temperatura relativamente constante (Marsh e Bugusu, 2007; Chaichan et al., 2015; Veerakumar e Sreekumar, 2016). A parafina é um dos mais conhecidos materiais de mudança de fase orgânicos e, embora apresente uma baixa condutibilidade térmica, é bastante estável e aguenta um número elevado de ciclos de carga e de descarga sem alterar características (Pielichowska e Pielichowski, 2014; Singh et al., 2018).

O foco principal do estudo experimental é avaliar o comportamento térmico de embalagens com simuladores de fruto, quando expostas às condições interiores de uma câmara de conservação em frio e quando expostas às condições ambiente típicas de uma loja, recorrendo-se a diferentes tipos de alvéolos, contendo ou não materiais de mudança de fase. A vertente numérica do estudo incide na utilização de um modelo de mecânica de fluidos computacional para prever a dinâmica do escoamento e o comportamento térmico da embalagem quando se alteram, quer a geometria, quer a disposição dos orifícios de ventilação da própria embalagem.

8.2 Materiais e métodos

8.2.1 Simuladores de fruta

No decorrer dos estudos experimentais foram utilizadas esferas de poliestireno expandido (EPS) como simuladores do fruto. As esferas de EPS, com 6 cm de diâmetro foram colocadas no interior das embalagens para fruta, em três tipos diferentes de alvéolos como ilustrado na Figura 8.1.



A – Alvéolo em cartão.

B – Alvéolo em película de alumínio.

C – Alvéolo perfurado em película de alumínio.

Figura 8.1 - Caixas posicionadas na câmara de frio contendo os diferentes alvéolos e simuladores de fruta.

As embalagens são constituídas por caixas IFCO comerciais, com dimensões de 600x300x111 mm, respetivamente, comprimento, largura e altura, permitem acomodar uma carga máxima de 8 kg (IFCO, 2019).

8.2.2 Equipamento de medida

De modo a poder medir a evolução da temperatura dos simuladores de fruta e da temperatura e humidade relativa do ar ao longo dos processos de arrefecimento e de aquecimento no interior da câmara de frio, foram utilizados dois sistemas diferentes de aquisição de dados. A temperatura nos simuladores de fruta foi medida e registada ao longo do tempo com recurso a um datalogger (TC-08, PICO Technology), que contém 8 canais e permite a medição da temperatura com uma precisão de ± 1.0 °C, e a cinco termopares do tipo T (cobre/constantan), posicionados em diferentes localizações do alvéolo e identificados de T1 a T5, tal como indicado na Figura 8.2. Adicionalmente, para medição da temperatura interior do fruto, foi utilizado um simulador de fruto que consiste numa mistura agar-água, com uma concentração volúmica de 5%, contendo um termopar tipo T no seu núcleo (Figura 8.2).

A temperatura e a humidade relativa do ar foram medidas com um datalogger EL-USB-2 (LASCAR Electronics) que possibilita uma precisão de ± 0.55 °C na medição da temperatura e ± 2.25 % na medição da humidade relativa.



Figura 8.2 - Localização dos termopares na embalagem e dispositivos utilizados na medição da temperatura e humidade relativa.

8.2.3 Dispositivo experimental

A representação esquemática do dispositivo experimental utilizado nos estudos é dada na Figura 8.3. Esta configuração com recurso a um Chiller e a permutadores compactos já foi utilizada em trabalhos anteriores (Madhan et al., 2020; Madhan et al., 2021; Kumar et al., 2021) e permite providenciar em permanência um caudal de ar frio à camara de teste.

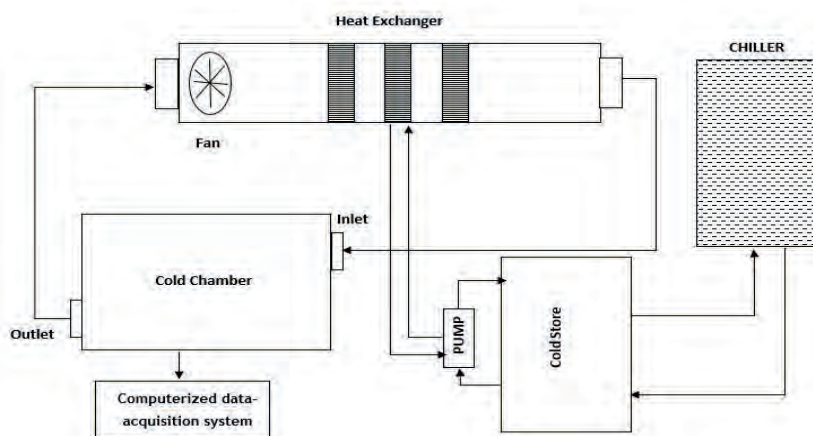


Figura 8.3 - Representação esquemática da instalação experimental.

8.2.4 Procedimento experimental

Durante a experimentação cada um dos três alvéolos (cartão, alumínio e alumínio perfurado), contendo 35 simuladores de fruto, foi colocado sucessivamente no interior das caixas IFCO, posicionadas no interior da câmara como mostra a Figura 8.1. O ensaio de cada alvéolo era repetido para a situação em que se colocava imediatamente por baixo de cada alvéolo, encapsulado numa configuração paralelepípedica com cerca de 1 cm de espessura (Figura 8.1), o material de mudança de fase (PCM) RT11HC, cujas características são indicadas na tabela 1 (Rubitherm, 2020).

Durante o processo de arrefecimento a câmara foi fechada e o sistema de arrefecimento foi ativado permitindo a circulação de ar a baixa temperatura no seu interior. O processo de arrefecimento considerava-se terminado quando a temperatura medida no simulador de fruto identificado como T5 atingia 9°C. Os pêssegos e as cerejas devem ser refrigerados a 1°C, todavia, as condições ambientais encontradas na câmara, decorrentes das especificações técnicas desta, apenas permitiam atingir esta temperatura. Recorde-se que este valor é comumente encontrado em câmaras de refrigeração de produtos frutícolas.

O processo de aquecimento tinha início imediatamente depois do processo de arrefecimento: o sistema de refrigeração era desligado e o ventilador axial permanecia em operação para providenciar um fluxo constante de ar à temperatura ambiente do laboratório onde a câmara estava instalada. O processo de aquecimento terminava assim que o mesmo simulador de fruto indicava a temperatura de 14°C. Este valor limite decorre das restrições das especificações técnicas da câmara de refrigeração já anteriormente descritas. Durante o processo de aquecimento a temperatura ambiente do laboratório manteve-se num valor constante de 18.2 °C, devido às suas grandes dimensões.

Quadro 8.1 – Características principais do RT11HC.

Temperatura de mudança de fase (°C)	10 a 12
Calor latente (kJ/kg)	200
Calor específico (kJ/kg.K)	2
Massa volúmica a 0 °C (kg/l)	0.88
Massa volúmica a 20 °C (kg/l)	0.77
Condutibilidade térmica (W/mK)	0.2

8.2.5 Ferramenta computacional de previsão

Para estudar o efeito da configuração da embalagem no seu desempenho dinâmico no interior da câmara de frio, foram desenvolvidos um conjunto de estudos paramétricos em Dinâmica de Fluidos Computacional. Estes estudos irão fornecer os dados de entrada a um modelo previsional dos tempos de

conservação e sua relação com a qualidade dos frutos. Na Figura 8.4 é apresentada a embalagem de referência que foi modelada.

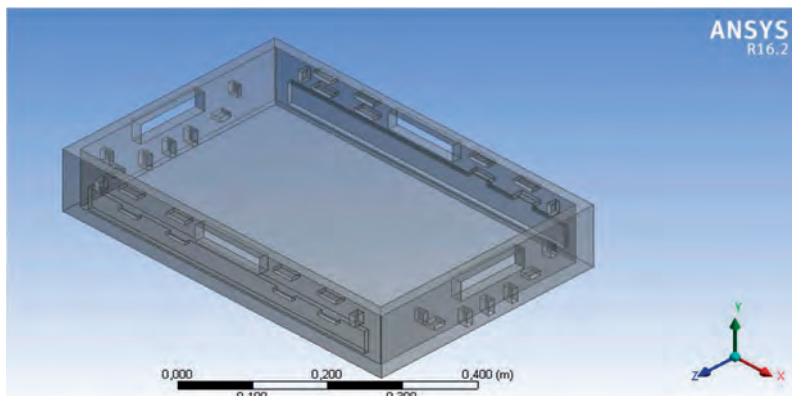


Figura 8.4 - CAD da embalagem de referência.

Por aplicação da técnica de volumes finitos, o domínio foi discretizado em volumes de controle, como mostra a Figura 8.5, para serem resolvidas as equações de conservação de massa, de quantidade de movimento e de energia em cada volume de controle. As condições de fronteira foram especificadas com valores determinados nos ensaios experimentais.

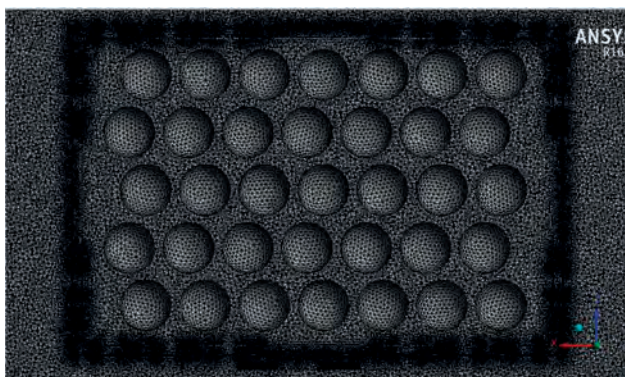
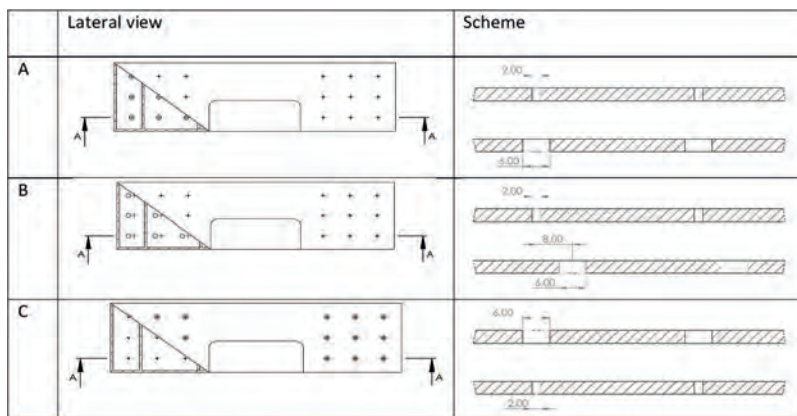


Figura 8.5 – Discretização por volumes de controle do domínio computacional.

Foram desenvolvidos diversos modelos computacionais onde foi alterada a configuração, alinhamento e dimensão dos orifícios presentes na embalagem. Na Figura 8.6 são apresentados 3 exemplos das 13 configurações diferentes testadas (Ilangovan et al., 2021).



(a) Vista lateral.

(b) Esquema da parede e perfuração.

Figura 8.6 - Três exemplos de configurações desenvolvidas para os estudos paramétricos.

8.3 Análise e discussão de resultados

8.3.1 Processo de arrefecimento

A evolução da temperatura durante o processo de arrefecimento é dada nas Figuras 8.7 a 8.9 para as diferentes situações estudadas e para as diferentes localizações na embalagem. Por conveniência, a temperatura foi apresentada num formato adimensional construído de acordo com a equação 1.

$$T_{\text{arref}} = \frac{T - T_{\text{min}}}{T_i - T_{\text{min}}} \quad (1)$$

Onde T representa a temperatura medida no simulador de fruto em cada instante do processo de arrefecimento, T_{min} a temperatura mínima registada no simulador de fruto, T_i a temperatura inicial indicada pelo simulador de produto.

De acordo com os resultados, enquanto que com o alvéolo de cartão a temperatura mínima de 9 °C é atingida ao fim de 4 horas de arrefecimento, com o alvéolo de alumínio a mesma temperatura é atingida bem mais cedo, ao fim de 50 minutos de arrefecimento (0,83 h). Já o alvéolo de alumínio com perfurações requer 1 hora e 20 minutos (1,33 h) para atingir essa temperatura.

Como os resultados também permitem observar, a inclusão do material de mudança de fase, imediatamente por baixo do alvéolo, introduz, como seria de esperar, um ligeiro aumento do tempo necessário para o arrefecimento. No caso do alvéolo de alumínio, por exemplo, o tempo necessário para providenciar a mesma temperatura aumenta para 1 hora e 35 minutos (1,58 h).

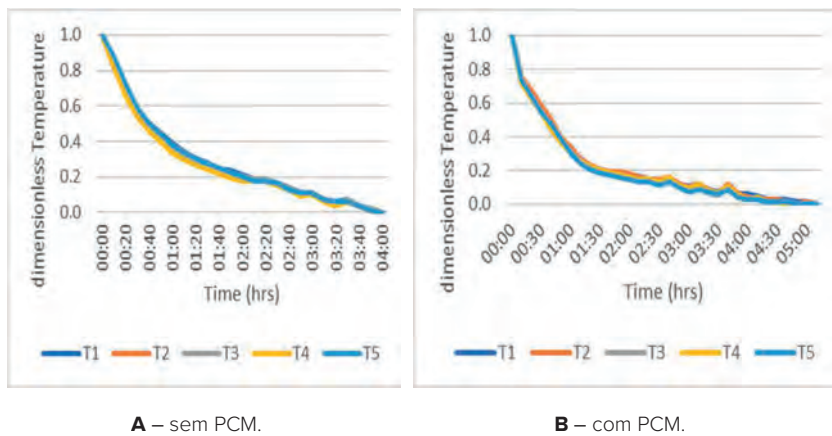
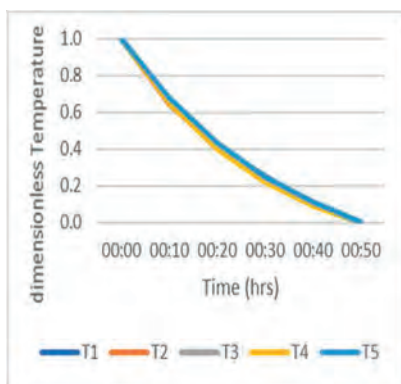
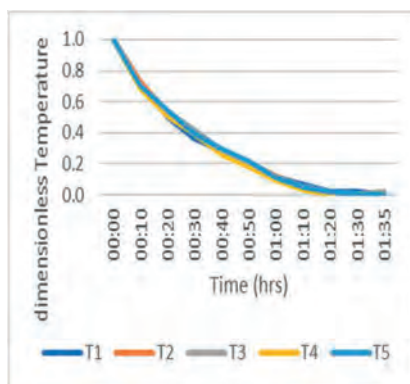


Figura 8.7 - Comportamento dos alvéolos de cartão durante o processo de arrefecimento.

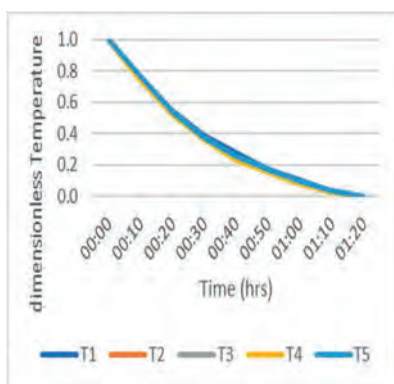


A – sem PCM.

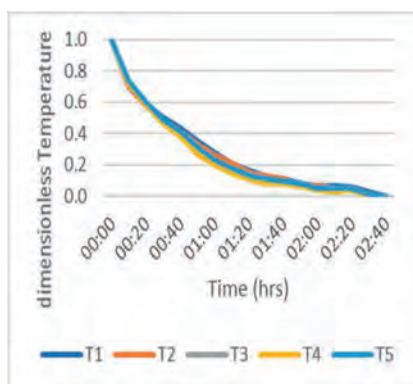


B – com PCM.

Figura 8.8 - Comportamento dos **alvéolos de alumínio** durante o processo de arrefecimento.



A – sem PCM.



B – com PCM.

Figura 8.9 - Comportamento dos **alvéolos de alumínio perfurado** durante o processo de arrefecimento.

A RETER

Utilizando um conjunto de estudos paramétricos em Dinâmica de Fluidos Computacional e um modelo previsionial dos tempos de conservação pode verificar-se que o arrefecimento até uma temperatura mínima de 9 °C é atingida ao fim de 4 h com alvéolo de cartão, 0,83 h com o alvéolo de alumínio e 1,33 h com o alvéolo de alumínio com perfurações. A inclusão do material de mudança de fase, imediatamente por baixo do alvéolo, introduz, como seria de esperar, um ligeiro aumento do tempo necessário para o arrefecimento (1,58 h).

8.3.2 Processo de aquecimento

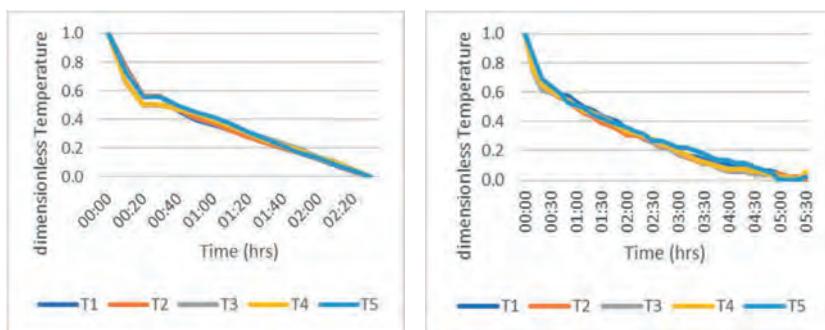
As Figuras 8.10 a 8.12 condensam a informação obtida nos ensaios de aquecimento para as situações estudadas em termos de alvéolos e a inclusão, ou não, de material de mudança de fase. Analogamente ao que se fez para o processo de arrefecimento, foi definida uma temperatura adimensional para o processo de aquecimento de acordo com a equação 2.

$$T_{\text{aquec}} = \frac{T - T_{\text{max}}}{T_i - T_{\text{max}}} \quad (2)$$

Onde T designa a temperatura do simulador de fruto durante o processo de aquecimento, T_{max} a temperatura máxima atingida pelo simulador de fruto, e T_i a temperatura do simulador de fruto no início do processo de aquecimento.

De acordo com os resultados, o alvéolo de cartão propicia a maior duração do processo de aquecimento. Adicionalmente, a inclusão do material de mudança de fase permite aumentar a duração do processo, atingindo-se os 14 °C após 5 horas e 30 minutos de aquecimento, e, ao mesmo tempo, permite esbater as diferenças de temperatura nas diferentes localizações da embalagem. Quanto ao alvéolo de alumínio, ele reduz o processo de aquecimento para as 2 horas e 5 minutos para a situação em que se inclui o material de mudança de fase. A perfuração do alvéolo de alumínio estende o período de aquecimento até 2 horas e 40 minutos, também para a situação com o material de mudança de fase.

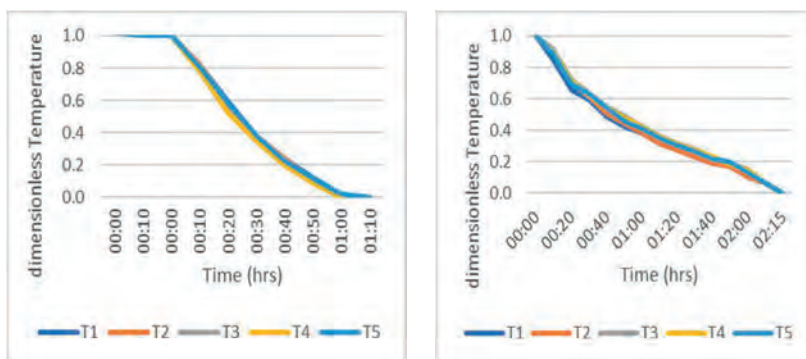
Globalmente observa-se que a inclusão do material de mudança de fase tem um efeito mais pronunciado no processo de aquecimento do que no processo de arrefecimento.



A – sem PCM.

B – com PCM.

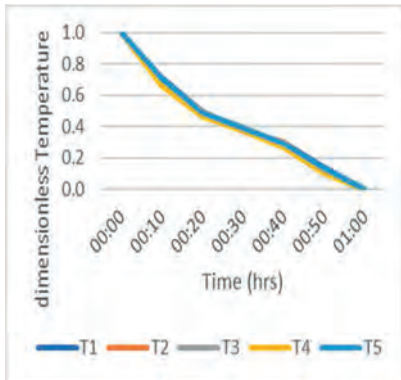
Figura 8.10 - Comportamento dos **alvéolos de cartão** durante o processo de aquecimento.



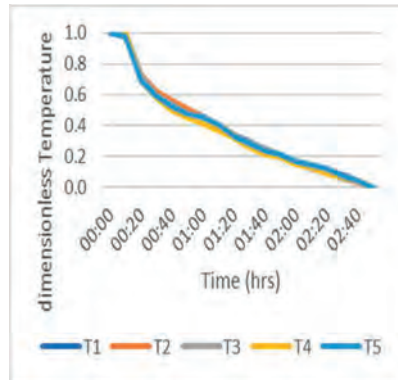
A – sem PCM.

B – com PCM.

Figura 8.11 - Comportamento dos **alvéolos de alumínio** durante o processo de aquecimento.



A – sem PCM.



B – com PCM.

Figura 8.12 - Comportamento dos alvéolos de alumínio perfurado durante o processo de aquecimento.

A RETER

Utilizando um conjunto de estudos paramétricos em Dinâmica de Fluidos Computacional e um modelo previewal dos tempos de conservação observou-se que o aquecimento até uma temperatura de 14°C é atingida ao fim de 5,5 h com alvéolo de cartão, 2,1 h com o alvéolo de alumínio e 2,7 h com o alvéolo de alumínio com perfurações, sempre com PCM (material de mudança de fase).

Na Figura 8.13 são apresentados alguns exemplos dos resultados numéricos do escoamento de ar e transferência de calor no interior de várias configurações de embalagens (para as configurações exemplo apresentadas na Figura 8.6).

De acordo com as previsões numéricas preliminares, apesar das diferentes configurações dos orifícios no corpo da embalagem o processo de transmissão de calor não apresenta alterações substanciais e, conseqüentemente, o campo de temperaturas é muito semelhante nas diferentes configurações.

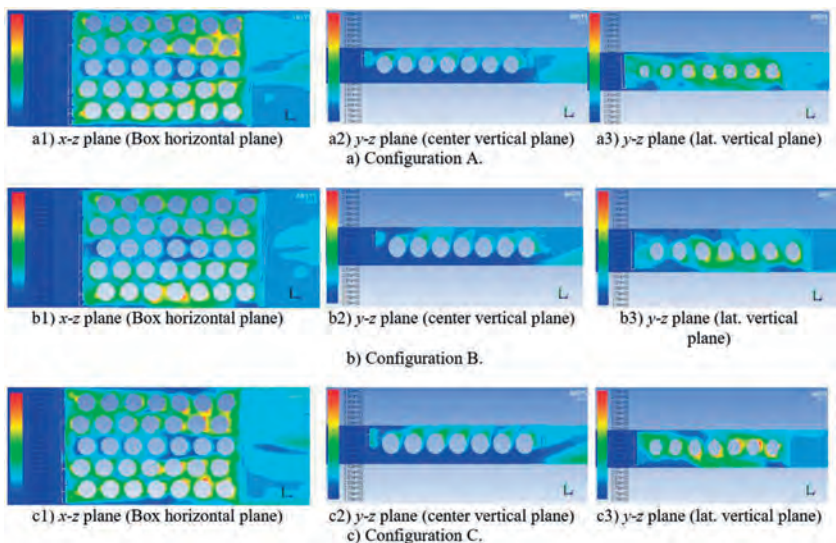


Figura 8.13 - Três exemplos das previsões numéricas do perfil de temperatura num plano horizontal, plano vertical central e plano central lateral.

8.4 Considerações finais

O material utilizado na construção dos alvéolos tem um papel relevante no comportamento térmico dos frutos, quer seja na fase de arrefecimento, no interior da câmara de frio, quer seja no exterior desta, quando são expostos às condições ambiente em loja.

De acordo com a informação experimental recolhida, os alvéolos de folha de alumínio são os mais adequados para melhorar a transferência de calor nas caixas de embalagem durante o processo de arrefecimento, incluindo-se ou não materiais de mudança de fase. Os alvéolos em cartão, ou mesmo os de alumínio, quando incorporam materiais de mudança de fase permitem melhorar o comportamento da embalagem no processo de aquecimento preservando as condições de frio durante mais tempo. Portanto, a inclusão de materiais de mudança de fase dentro da embalagem, embora contribua para aumentar ligeiramente o tempo necessário de permanência em frio, contribui de forma

substantial para retardar o processo de aquecimento que ocorre quando as embalagens são retiradas da câmara fria e expostas às condições térmicas do ambiente em loja.

As previsões numéricas obtidas para as diferentes configurações de embalagem testadas, em particular dos orifícios de ventilação, embora mostrando resultados não muito diferentes entre as diversas situações testadas, indicam uma distribuição não homogênea da temperatura no interior da caixa e uma maior capacidade de arrefecimento nas regiões mais próximas dos orifícios de ventilação.

A RETER

Globalmente o material de mudança de fase aumenta o tempo de arrefecimento e o tempo de aquecimento, mas com maior efeito no tempo de aquecimento.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto PrunusBOT – Sistema robótico aéreo autónomo de pulverização controlada e previsão de produção frutícola, Operação n.º PDR2020-101-031358 (Líder), Parceria n.º 340 / Iniciativa n.º 140, promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020.

Referências bibliográficas

Aguilar, F., Autrup, H., Barlow, S., Castle, L. e Crebelli, R.W. 2008. Safety of aluminium from dietary intake 1 Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC).

Allaoui, S., Aboura, Z. e Benzeggagh, M. L.. 2009. Effects of the environmental conditions on the mechanical behaviour of the corrugated cardboard. Composites Science and Technology. 69:104–110. doi:10.1016/j.compscitech.2007.10.05.

Chaichan, M., Kamel, S. e Al-Ajeely, A.-M.N.M. 2015. Thermal Conductivity enhancement by using nano-material in phase change material for latent heat thermal energy storage systems. Mechanical Engineering Dept., University of Technology, Baghdad, Iraq.

- Galanakis, C.M. 2018. Sustainable food systems from agriculture to industry improving production and processing: 275-307.
- IFCO, 2019. Foldable Reusable Plastic Containers - Explore our products:. Retrieved from <https://www.ifco.com/explore-our-products/>.
- Ilangovan, A., Curto, J., Gaspar, P.D., Silva, P.D. e Alves, N. 2021. CFD Modelling of the Thermal Performance of Fruit Packaging Boxes—Influence of Vent-Holes Design ... Department of Eletromechanical Engineering, UBI.
- Käck, B. e Malmberg, C. 2015. Aluminium foil at multiple length scales, mechanical tests and numerical simulations in Abaqus Master's Thesis. Available from: www.solid.lth.se
- Kumar, S., Leitão, F., Gaspar, P.D. e Silva, P.D. 2021. Experimental tests of the thermal behaviour of new sustainable bio-packaging food boxes eiaetm. Available from: <http://www.procedia-esem.eu>
- Madhan, S.K., Gaspar, P.D., Silva, P.D., 2020. Future trends of innovative green packaging of the food products to deplastification, Refrigeration Science and Technology (Proceedings of the 6th IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain, ICC2020), pp. 67-74,.
- Madhan, S.K., Gaspar, P.D., Silva, P.D., 2021. Experimental Study of the Thermal Response of Fruits Alveoli with Different Materials, Structure and Energy Storage, 15th International Conference On Heat Transfer, Fluid Mechanics And Thermodynamics (HEFAT 2021), 25-28, July, Virtual Conference
- Marsh, K. e Bugusu, B. 2007. Food packaging - Roles, materials, and environmental issues: Scientific status summary. *Journal of Food Science*. 72. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x.
- Pielichowska, K. e Pielichowski, K.. 2014. Phase change materials for thermal energy storage. *Progress in Materials Science*. 65:67–123. doi:10.1016/j.pmatsci.2014.03.005.
- Raheem, D. 2013. Application of plastics and paper as food packaging materials - An overview. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 25:177–188. doi:10.9755/ejfa.v25i3.11509.
- RUBITHERM. RT11HC. Available from: https://www.rubitherm.eu/media/products/datasheets/Techdata_-RT11HC_EN_08102020.PDF (2020)
- Ščetar, M., Kurek, M. e Galić, K. 2010. Trends in Fruit and Vegetable Packaging. University of Zagreb, Faculty of food technology and biotechnology, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Croatia.

- Singh, S., Gaikwad, K.K. e Lee, Y.S.. 2018. Phase change materials for advanced cooling packaging.
- Veerakumar, C. e Sreekumar, A.. 2016. Phase change material based cold thermal energy storage: Materials, techniques and applications - A review. *International Journal of Refrigeration*. 67:271–289. doi:10.1016/j.ijrefrig.2015.12.005.
- Wijewardane, R.M.N.A. e Guleria, S.P.S. 2011. Effect of pre-cooling, fruit coating and packaging on postharvest quality of apple. *Association of Food Scientists & Technologists* .

Capítulo 9

Sistemas de rastreabilidade e monitorização no transporte de produtos frutícolas na cadeia de frio

Diogo Morais¹, Pedro Dinis Gaspar^{1,2}, Pedro Dinho Silva^{1,2} e Martim Aguiar^{1,2}

¹UBI – Universidade da Beira Interior

²C-MAST - Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies

9.1 Introdução

Os produtos alimentares, ao serem transportados, estão sujeitos a condições ambientais que afetam a sua conservação. Podem, assim, começar a desencadear-se problemas de origem biológica, como sejam o amadurecimento e a perda das propriedades organoléticas. O fator que mais afeta a qualidade dos produtos perecíveis durante o transporte é a temperatura de conservação.

Após a colheita dos frutos, de forma a preservar a qualidade dos mesmos, utilizam-se diversos processos de arrefecimento que, para além de removerem o calor de campo, são a chave para assegurar uma temperatura favorável durante a cadeia de abastecimento pós-colheita. Num estudo realizado com o propósito de avaliar o controlo da temperatura nos sistemas de refrigeração de produtos alimentares, verificou-se que as temperaturas registadas ultrapassaram os valores considerados seguros em 50% dos casos (Lundén *et al.*, 2014). Em

Portugal, as boas práticas no transporte de produtos alimentares encontram-se enunciadas em regulamentação própria que incorpora outras boas práticas relevantes no transporte e distribuição de produtos alimentares (Batista, 2007).

Contudo, embora exista legislação que imponha características mínimas obrigatórias aos veículos de transporte de produtos perecíveis, o sistema de refrigeração presente nestes nem sempre é capaz de manter o ambiente de conservação ideal. A exposição solar a que os veículos são submetidos durante a viagem para além das necessárias paragens a que os motoristas são obrigados, contribuem para o agravar das condições térmicas no interior do compartimento de carga. Ndraha *et al.* (2018) verificaram que os valores de temperatura superiores aos recomendados ocorriam em todas as etapas da cadeia de distribuição e que não eram exclusivos de um tipo de alimento em particular. Num estudo feito na Islândia, verificou-se que durante o transporte de filetes de lombo de bacalhau fresco, em 35% e em 18% do período de transporte, respectivamente, via aérea e via marítima a temperatura registada foi superior à recomendada em cerca de 1°C (Martinsdóttir *et al.*, 2010). A não observância dos valores de temperatura no interior dos contentores de carga durante o transporte foi também analisada noutro trabalho (Stander & Van Dyk, 2017), constatando-se que 81% das situações ocorriam no porto marítimo da cidade do Cabo, na África do Sul, onde um quinto dos contentores nunca alcançava no seu interior os valores de temperatura ideais, antes de serem colocados a bordo dos navios. Noutro estudo, com o objetivo de monitorizar as temperaturas no interior de um reboque de camião, avaliaram-se 16 carregamentos com recurso a dataloggers, concluindo-se que nenhum dos reboques foi eficaz na manutenção da temperatura dos produtos hortofrutícolas (Brown *et al.*, 2016). Já em termos de alimentos refrigerados em França, recolheram-se dados relativos ao tempo e à temperatura, desde a produção até ao local de consumo por parte do cliente final. Concluiu-se que a etapa entre transporte do local de compra e o armazenamento no frigorífico doméstico constitui o período mais sensível no que diz respeito ao cumprimento dos valores de temperatura (Osswald *et al.*, 2015).

As frutas e os vegetais são os alimentos mais desperdiçados, com aproximadamente um terço do valor produzido a não ser comercializado (Gustavsson *et al.*, 2011), sendo este fato originado, muitas das vezes, por

temperaturas inadequadas nos processos pós-colheita. Dadas estas estatísticas e conhecendo os principais problemas na cadeia de frio que afetam os alimentos, tais como a falta de rastreabilidade ou a incapacidade de manter os alimentos em condições que promovam a segurança e a qualidade (Morais *et al.*, 2019), um sistema que seja capaz de monitorizar em tempo real a temperatura e de enviar remotamente os valores, é visto pelos intervenientes da cadeia de distribuição como um equipamento indispensável para garantir que os produtos são expedidos em boas condições e, desta forma, assegurar a qualidade dos mesmos desde a produção até ao local de consumo.

9.2 Sistemas de monitorização

Um sistema de monitorização permite aferir o ambiente de conservação a que os produtos perecíveis se encontram, permitindo avaliar o histórico de temperatura bem como os valores em tempo real. Este registo pode ser enviado para um servidor remoto com auxílio das tecnologias de comunicação ou ser armazenado num cartão de memória.

De modo a que o sistema envie os dados na memória para um servidor remoto é necessária a utilização de uma tecnologia, como exemplo, o RFID, o Bluetooth, o Wi-Fi ou o GSM. Cada tecnologia possui as suas vantagens e desvantagens face às restantes. A escolha está dependente da dimensão do projeto e das exigências técnicas e financeiras envolvidas. Existem diversos estudos comparativos (Zafar *et al.*, 2014; Al-Sarawi *et al.*, 2017; Morais *et al.*, 2019), sendo que as Redes de Sensores Sem Fios (*Wireless Sensor Network* - WSN) já se encontram no mercado mas a um preço inacessível para empresas com um volume de negócios reduzido. Há diversas soluções que são o exemplo da aplicabilidade das WSN para a monitorização de temperatura e/ou gases ao longo de toda a cadeia de distribuição (Vergara *et al.*, 2007; Ruiz-Garcia *et al.*, 2008; Badia-Melis *et al.*, 2015; Venkatesh *et al.*, 2017; Jagadesh *et al.*, 2018; Nurellari *et al.*, 2018; Tang *et al.*, 2019; Morais *et al.*, 2019).

9.2.1 Características do Sistema

Tendo como objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitorização capaz de enviar os dados em tempo real e assim acompanhar os produtos frutícolas durante o seu transporte, desde o produtor até à central de distribuição, foi necessário avaliar inicialmente de que forma varia a temperatura no interior das câmaras dos produtores, para, desta forma, caracterizar o ambiente de conservação na etapa inicial da cadeia de distribuição. Este estudo experimental foi realizado no âmbito do Projeto PrunusPÓS – “Otimização de processos de armazenamento, conservação em frio e embalamento inteligente no pós-colheita de produtos frutícolas”, cujos resultados permitiram caracterizar o ambiente de conservação nas câmaras dos produtores com recurso a dataloggers. Após a recolha e tratamento dos valores de temperatura e de humidade relativa do ar, estabeleceram-se os parâmetros a que o dispositivo estaria sujeito, tal como apresentado na Quadro 9.1.

Quadro 9.1 – Especificações do dispositivo.

Número de dispositivos	1 dispositivo por palete
Valor máximo	+ 30 °C / 90% HR
Valor mínimo	0 °C / 30 % HR
Tempo de aquisição	5 min
Comunicação	GSM

9.2.2 Hardware

Um parâmetro ambiental necessita de um sensor para ser medido, isto é, um elemento que converta uma variação no ambiente circundante num sinal elétrico viável, de forma a ser interpretado por um microcontrolador.

Para o sistema de monitorização desenvolvido, foi utilizado o dispositivo ARDUINO UNO Rev3, apresentado na Figura 9.1. Este microcontrolador permite que o desenvolvimento e a sua aplicação numa placa de prototipagem seja mais rápido (Patnaikuni, 2017). No Quadro 9.2 encontram-se as suas características.

Quadro 9.2 – Especificações do microprocessador.

Processador	ATMEGA328-PU
Tensão de funcionamento	5V
GPIOs	14
Memória flash	32 KB
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frequência do clock	16 MHz

O Arduíno afigurou-se como uma das soluções mais versáteis do mercado para os requisitos requeridos.

Para se proceder à aquisição de dados, o sensor utilizado foi o DHT 11, pois respeita os requisitos apresentados no Quadro 9.1, uma vez que os valores de temperatura a aferir são positivos e os valores de humidade relativa inferiores a 90%. Esta restrição aos valores de temperatura e humidade relativa deve-se ao fato de que os sistemas de refrigeração dos veículos não serem capazes de os infringir. No Quadro 9.3 são apresentadas as características do sensor.

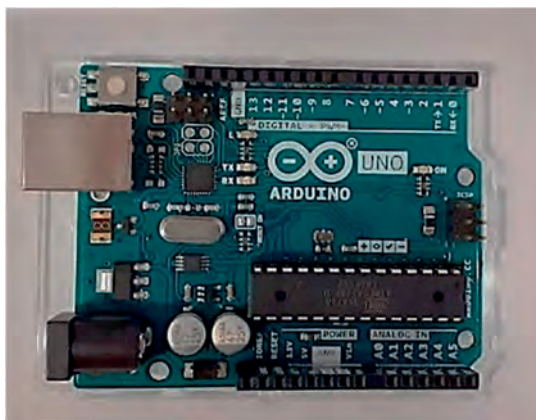


Figura 9.1 - Microcontrolador ARDUINO UNO REV3.

Quadro 9.3 – Especificações do sensor de temperatura/humidade DHT11.

Parâmetros		Condições	Mínimo	Médio	Máximo
Humidade	Resolução		1%	1% 8 Bits	1%
	Repetibilidade			±1%	
	Precisão	25°C 0-50°C		±4%	± 5%
	Gama de medição	0°C	30%		90%
		25°C 50°C	20% 20%		90% 80%
Tempo de resposta		6s	10s	15s	
Temperatura	Resolução		1°C 8 Bit	1°C 8 Bit	1°C 8 Bit
	Repetibilidade			±1°C	
	Precisão		±1°C		±2°C
	Gama de medição		0°C		50°C
	Tempo de resposta		6s		30s

9.2.3 Comunicação

Das tecnologias de comunicação disponíveis, a única que correspondeu às exigências foi o GSM. Uma vez que o sistema será colocado no compartimento de carga de um veículo e que este irá deslocar-se para efetuar a distribuição, protocolos como o Bluetooth, Wi-Fi, Lora e RFID são incapazes de transmitir, por si só, para um servidor remoto.

A rede GSM consiste numa rede existente de torres de comunicação, que são utilizadas pelos telemóveis e que lhes permite comunicar a longas distâncias, utilizando as bandas conhecidas como 2G, 3G, 4G e futuramente o 5G. Aliado ao GSM existe o GPRS (General Packet Radio Service), que se trata de um pacote orientado de dados móveis, permitindo o estabelecimento de uma ligação com a internet para o upload dos dados.

Um veículo de transporte de produtos frutícolas nem sempre se desloca por entre locais com cobertura Wi-Fi. Para dispor de sinal Wi-Fi, seria necessário adquirir um dispositivo de rede móvel, ao qual o sistema de monitorização se deveria conectar de forma a enviar os dados.



Figura 9.2 - Módulo de comunicação GSM/GPRS SIM800L.

Analisada esta solução, rapidamente foi posta de parte devido ao custo associado. Tanto o Wi-Fi como as restantes tecnologias iriam requerer sempre um módulo que permitisse estabelecer uma ligação com a internet, mais concretamente um módulo GSM ou Satélite. Sirotek & Hart (2019) elaboraram um estudo sobre as inúmeras possibilidades da utilização

do GSM e do GPS para a monitorização em locais especiais, tais como em florestas, em camiões, no meio rural e em campo aberto. Para a comunicação se estabelecer, é necessário utilizar um módulo de comunicação, tendo sido escolhido o SIM800L, representado na Figura 9.2.

Por último, para o módulo de comunicação poder operar, foi necessário obter o cartão SIM de uma operadora móvel que dispusesse de uma extensa cobertura de sinal. Na Figura 9.3 é possível observar a concentração das antenas de comunicação da operadora escolhida em território continental.

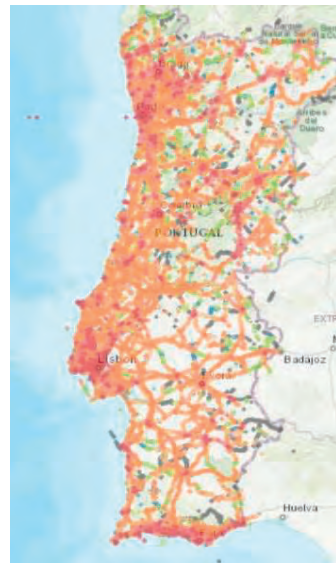


Figura 9.3 - Cobertura da rede móvel em Portugal continental (www.nperf.com).

9.2.4 Software

Para a automatização do processo de recolha de valores e respetivo envio, é necessário um código, nomeadamente em Wiring. Na Figura 9.4 é apresentado o fluxograma que descreve o funcionamento do sistema de monitorização.

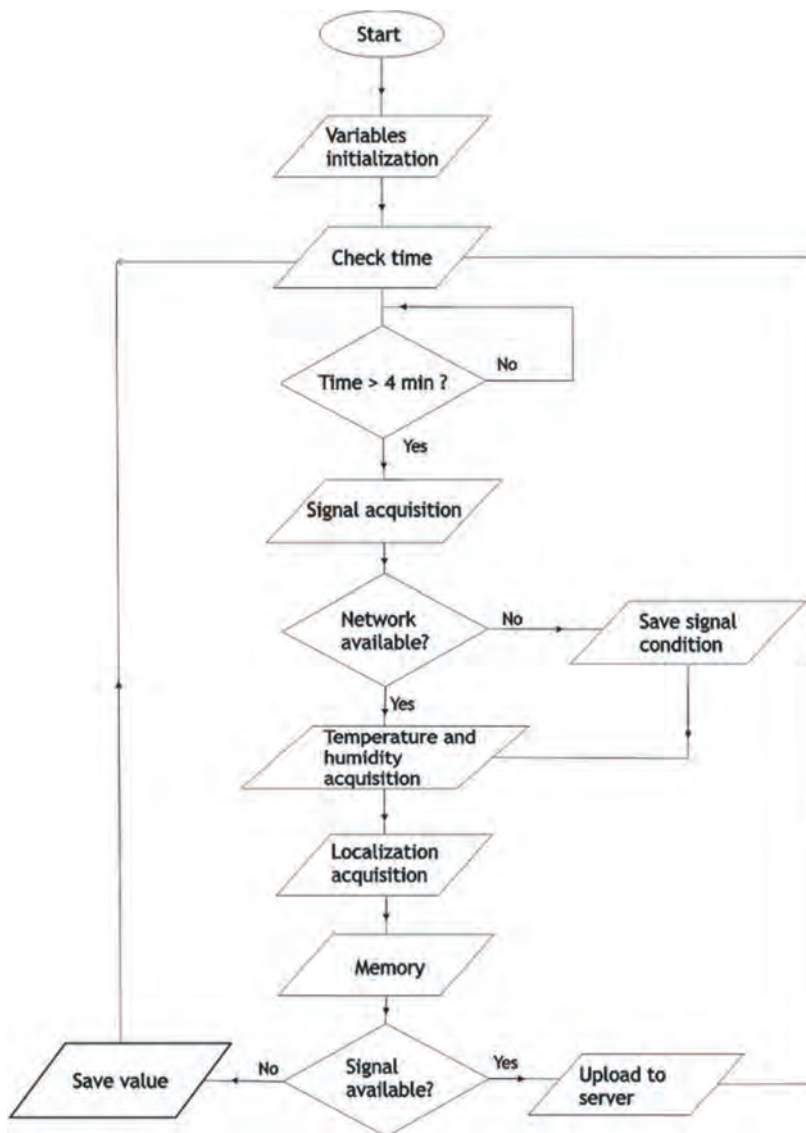


Figura 9.1 - Fluxograma do funcionamento do dispositivo de monitorização.

Ao iniciar o sistema, este fica em espera até o requisito do tempo se cumprir. Após esta verificação, são executadas as funções que obtém o valor do sinal da rede (RSSI), seguindo-se da função de aquisição dos valores de temperatura e humidade relativa do ar.

Após a alocação dos valores medidos numa variável, é realizado o pedido de localização à operadora. A localização é efetuada com a triangulação das antenas de comunicação mais próximas ao sistema. Contudo, os valores de longitude e latitude fornecidos apresentam um erro, sendo resultado da previsão da localização do sistema na rede de comunicação. Ao ser utilizada a triangulação pelas antenas de comunicação, faz com que a utilização de um módulo de GPS seja dispensável, reduzindo o preço final do produto. Mesmo com o erro da localização, esta opção permite acompanhar o veículo e saber os momentos em que esteve parado ou em movimento. Os valores então obtidos são enviados para uma plataforma online onde são armazenados, o que permite a consulta do histórico de temperatura e humidade relativa em todos os pontos da cadeia de transporte, bem como a respetiva localização.

O ThingSpeak é uma plataforma online que permite o armazenamento de dados provenientes de dispositivos com ligação à internet. Para além disso, ainda dispõe de análise e processamento de dados com recurso ao MATLAB Online, como se constata na Figura 9.5, o que permite a posterior implementação de algoritmos de otimização quer de rotas, quer de ambiente de conservação. Ao fazer a aquisição através do módulo GSM, é feito um pedido ao ThingSpeak para o upload dos dados através do protocolo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*).

A Figura 9.6 mostra a página do dispositivo com as respetivas indicações informativas, nomeadamente temperatura e humidade relativa.

Para a elaboração do mapa que permite a visualização da localização, foi escrito em HTML um código que incorpora os valores lidos no ThingSpeak e sobrepõe com o mapa da Google Maps.



Figura 9.5 - Ilustração do fluxo de comunicação entre os dados enviados pelos dispositivos IoT e o servidor ThingSpeak.



Figura 9.6 - Visualização dos aplicativos informativos na página do dispositivo.

9.3.5 Características elétricas

O sistema de monitorização, para acompanhar os produtos ao longo de todo o transporte, deve ser um sistema barato, fiável e eficiente. A autonomia e o preço são requisitos obrigatórios. No Quadro 9.4 encontram-se descritas as características elétricas de cada um dos elementos que compõem o sistema.

No decorrer dos ensaios verificou-se que o presente sistema apresenta um consumo energético de 0,01 V/h, permitindo uma autonomia prevista de 2,5 dias (60 h) com aquisição a cada 5 min. Após a montagem de todos os elementos, foi utilizada uma impressora 3D para a impressão de uma caixa para o sistema e para a pilha, com as respetivas tampas, como se observa na Figura 9.7.

Quadro 9.4 – Especificações elétricas dos componentes utilizados.

Componente	Características					
Sim800L	Tensão		3,7V – 4,2V			
	Tensão recomendada		4V			
	Consumos		sleep mode < 2,0 mA			
			idle mode < 7,0 mA			
			GSM transmission (avg): 350 mA			
GSM transmission (peek): 2000 mA						
ATMEGA328P	Cristal		16Mhz (externo)			
	Tensão (V)		3,3			
	Corrente (mA)		6,6			
	Potência (mW)		21,8			
	5V, 16Mhz		81,8 mA			
DHT11	Condições		Mínimo	Médio	Máximo	S.I
	Tensão	DC	3,0	5,0	5,5	[V]
		Medido	0,5		2,5	[mA]
	Corrente	Médio	0,2		1	[mA]
		Standby	100		150	[µA]

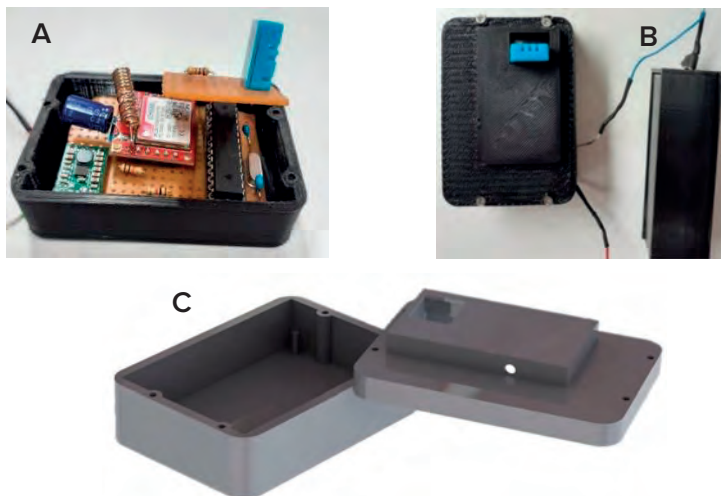


Figura 9.7 - Sistema de monitorização da rastreabilidade. **A** - Placa de prototipagem; **B** - Caixa; **C** - Modelo de impressão.

9.3 Resultados e discussão

9.3.1 Validação em ambiente laboratorial

Para se proceder à validação do sistema desenvolvido e ao ajuste dos offsets dos sensores, procedeu-se a um ensaio experimental. Um datalogger auxiliar serviu como sistema complementar para verificar se existia alguma irregularidade com os valores obtidos pelo protótipo. O ensaio, numa primeira fase, decorreu no interior do laboratório, onde foi permitido testar a autonomia e a receção do sinal com a colocação do dispositivo no interior de uma câmara de conservação durante 24 h, servindo como base de comparação para o que o sistema teria que enfrentar no interior de um veículo de transporte. O ensaio neste local foi realizado duas vezes, sendo o segundo ensaio efetuado para validação dos offsets impostos após o primeiro ensaio, estando os valores apresentados no Quadro 9.5.

Quadro 9.5 – Resultados obtidos nos ensaios realizados.

Sistema	Ensaio	Aquisição (min)	Temperatura [°C]			Humidade relativa [%]		
			Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio
Datalogger	1	1	30,5	28,5	29,5	44,0	38,0	40,6
Sistema		5	29,0	27,0	27,7	47,0	39,0	42,0
Erro Absoluto			-1,5	-1,5	-1,8	-3,0	-1,0	-1,3
Datalogger	2	1	34,5	24,0	28,5	51,5	30,5	40,8
Sistema		5	39,0	24,0	28,7	50,0	21,0	39,5
Erro Absoluto			-4,5	0,0	-0,2	1,5	9,5	1,3

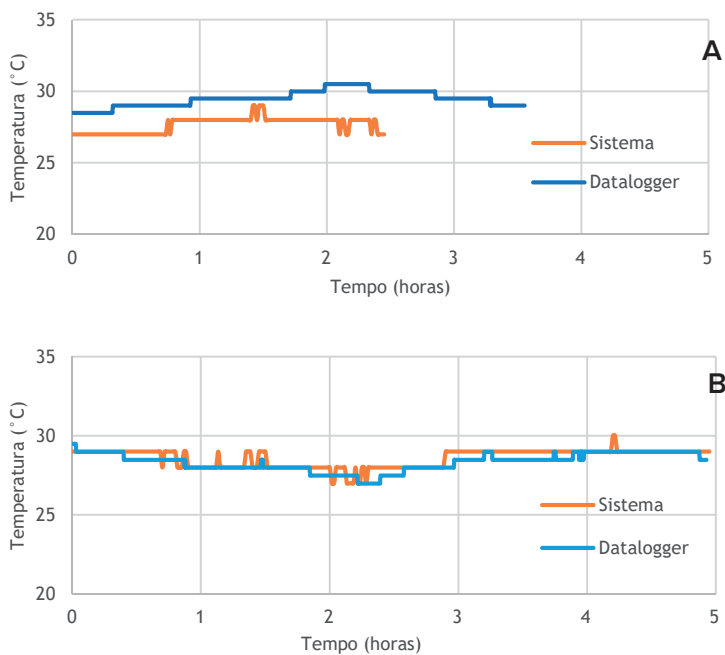


Figura 9.8 - Comparação de valores de medição de temperatura do ar entre o Datalogger e o Sistema de monitorização desenvolvido. **A** - Valores de monitorização da temperatura (sem offset); **B** - Valores de monitorização da temperatura (com offset).

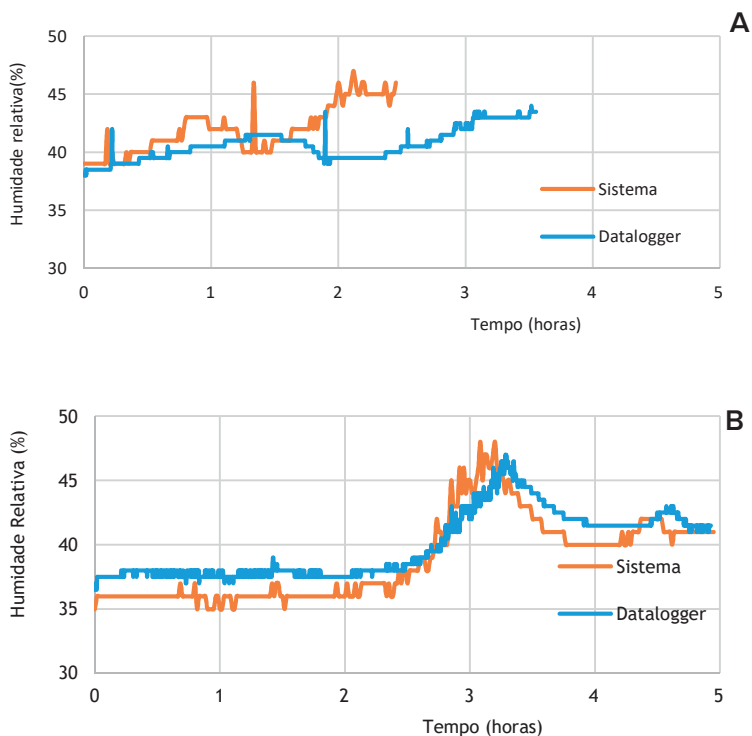


Figura 9.9 - Comparação de valores de medição de temperatura do ar entre o Datalogger e o Sistema de monitorização desenvolvido. **A** - Valores de monitorização da **humidade relativa** (sem offset); **B** - Valores de monitorização da **humidade relativa** (com offset).

A RETER

O sistema desenvolvido permite monitorizar a temperatura e humidade relativa do ar com precisão adequada ao processo de conservação em frio de produtos perecíveis.

9.3.2 Ensaio em ambiente real

Posteriormente, efetuou-se um teste em ambiente real. A Figura 9.10 ilustra os trajetos das viagens entre os pontos escolhidos, Covilhã e Albufeira, de modo a permitir validar o sistema em condições reais de funcionamento.

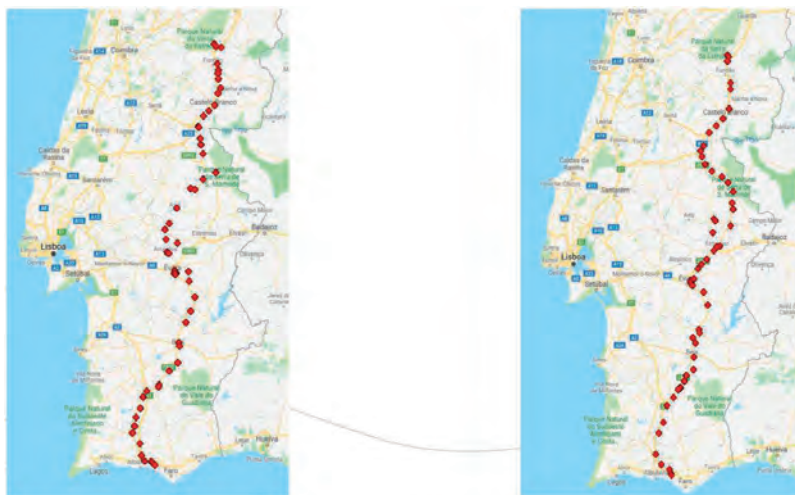


Figura 9.10 - Trajetos realizados e comunicações indicadas nos testes experimentais ao sistema de rastreabilidade.

Os resultados da monitorização estão expostos na Figura 9.11 e, uma vez mais, constata-se que as diferenças entre o sistema desenvolvido e o sistema auxiliar não são significativas. Adicionalmente, foi também desenvolvido um sistema de rastreabilidade das condições de conservação proporcionadas pelas embalagens e pelo sistema de refrigeração, que irá a posteriori fazer uso dos resultados previsionais desta ferramenta. No momento, o sistema de rastreabilidade consegue impor o nível de qualidade do produto à medida que este avança ao longo da cadeia de frio. Na Figura 9.12 é apresentado um gráfico da evolução da qualidade ao longo do tempo. Os exemplos apresentados na figura são identificados como Material 1, representando o produto com 1 hora em inventário, 1 hora em processamento e 4 horas em transporte. No identificador Material 2, o produto encontra-se sujeito a temperatura 1 °C mais elevada que o

esperado, 4 horas em processamento e 2 horas em transporte. Em Material 3, o produto encontra-se sujeito a temperatura 1° C mais baixa que o esperado durante o transporte, 2 horas em processamento e 48 horas em transporte.

O sistema de rastreabilidade desenvolvido é uma estrutura abrangente para a partilha de informação de rastreabilidade. Permite uma definição clara de benefícios e custos dos sistemas de rastreabilidade, tornando-se numa ferramenta eficaz desenvolvida para comportar com recursos escassos. Trata-se de uma ferramenta de fácil utilização, ajuste e replicação.

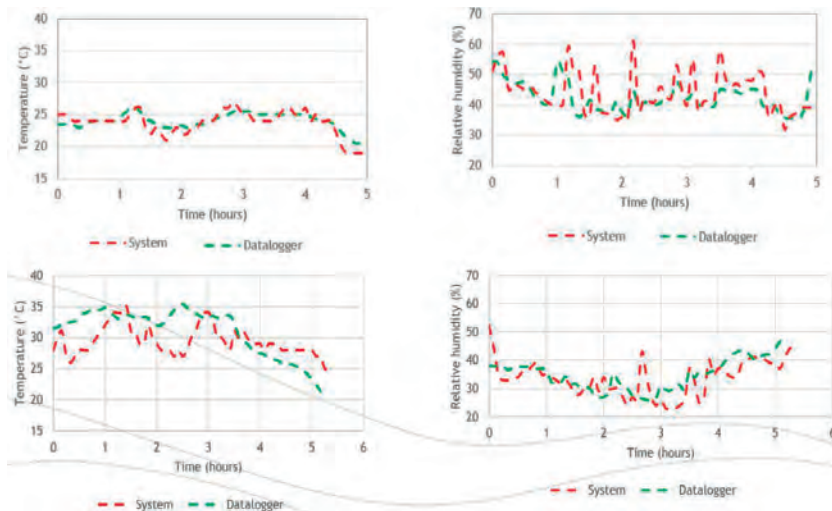


Figura 9.11 – Resultados comparativos das medições do sistema de rastreabilidade e datalogger de referência.

A RETER

O teste em ambiente real do sistema de rastreabilidade desenvolvido permite monitorizar em tempo real a temperatura e humidade relativa do ar com precisão adequada.

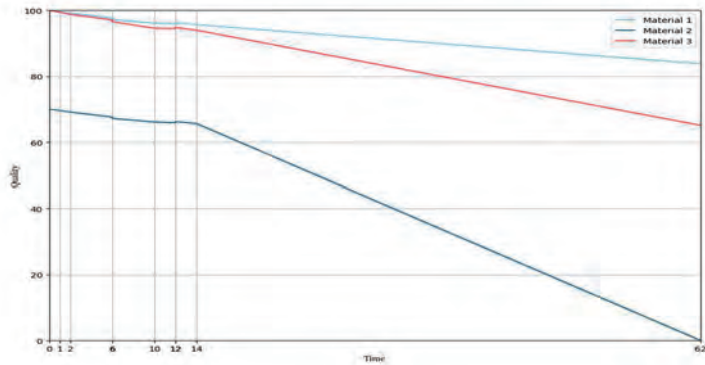


Figura 9.12 - Exemplo de evolução da qualidade de três produtos com características iniciais distintas e sujeitos a diferentes condições de conservação.

Este dispositivo sofreu consecutivas evoluções até atingir a solução do sistema de rastreabilidade iTRACE. Este sistema é composto pelo dispositivo de monitorização apresentado na Figura 9.13 e por uma página disponível em www.prunuspos.pt, que permite afetar os dispositivos de monitorização a trajetos e rastrear em tempo real as condições de conservação (Figura 9.14).

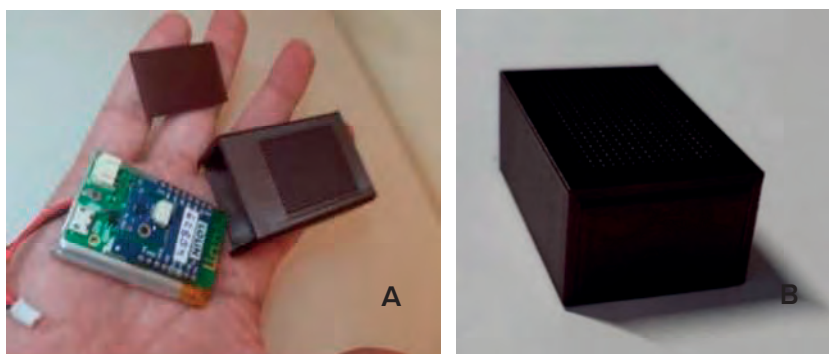


Figura 9.13 - Sistema de rastreabilidade otimizado - dispositivo. **A** - Componentes; **B** - dispositivo).

A plataforma iTrace permite monitorizar todo o processo de transporte e entrega de cargas conservadas em frio, desde a saída do Produtor até ao destino e entrega no Cliente.

Na Figura 9.14 são expostas as janelas do software do sistema de rastreabilidade: (1) Detalhes do transporte e todas as entregas; (2) Localização GPS das transmissões dos sensores (3) Leituras dos sensores em formato gráfico. Também é possível, na qualidade de administrador, efetuar alterações e ajustes no transporte, eliminar por completo o transporte e aceder ao documento de Transporte iDRIVE (4).

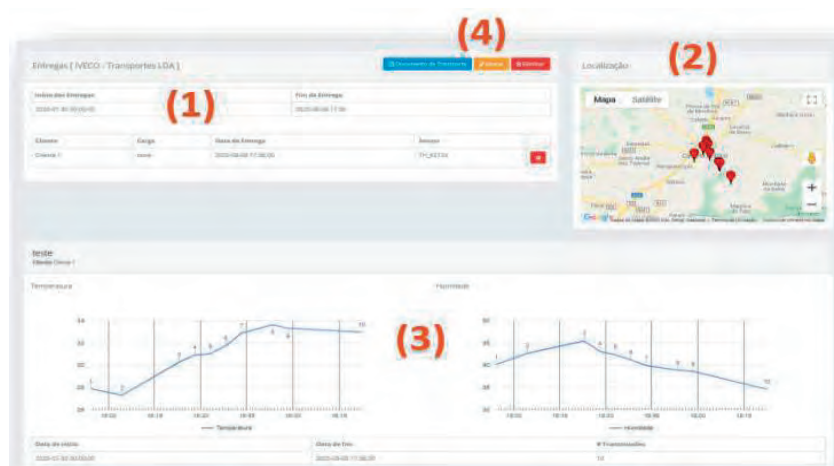


Figura 9.14 - Sistema de rastreabilidade otimizado – página internet.

9.4 Considerações finais

A monitorização nos compartimentos de carga dos veículos refrigerados é uma ação essencial no controlo da qualidade dos produtos transportados. Com uma previsão para a população mundial de 10 mil milhões pelo ano de 2050, otimizar os processos de conservação deve ser uma das prioridades dos produtores. O dispositivo desenvolvido, ao permitir o envio em tempo real dos valores lidos,

permite com que seja aplicada uma otimização nas rotas de transporte e nos offsets do equipamento de refrigeração do veículo. A informação recolhida durante os testes validação quer em laboratório quer nos testes de monitorização em tempo real em percursos seleccionados, permitem evidenciar que o dispositivo apresenta características que o diferenciam positivamente em relação aos outros existentes no mercado. A análise comparativa face sistemas auxiliares de controlo indica que a informação providenciada pelo protótipo desenvolvido apresenta diferenças pouco substanciais face ao expectável para um dispositivo com esta complexidade.

Agradecimentos

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto PrunusBOT – Sistema robótico aéreo autónomo de pulverização controlada e previsão de produção frutícola, Operação n.º PDR2020-101-031358 (Líder), Parceria n.º 340 / Iniciativa n.º 140, promovida pelo PDR2020 e cofinanciada pelo FEADER no âmbito do Portugal 2020.

Referências bibliográficas

- Al-Sarawi, S., Anbar, M., Alieyan, K., e Alzubaidi, M. 2017. Internet of Things (IoT) communication protocols: Review. ICIT 2017 - 8th Int. Conf. Inf. Technol. pp. 685–690.
- Badia-Melis, R., Ruiz-Garcia, L., Garcia-Hierro, J., e Villalba, J.I.R. 2015. Refrigerated fruit storage monitoring combining two different wireless sensing technologies: RFID and WSN. *Sensors*, 15(3): 4781-4795.
- Batista, P. 2007. *Sistemas de Segurança Alimentar na Cadeia de transporte e Distribuição de Produtos Alimentares*. 3. Guimarães, Forvisão.
- Brown, W., Ryser, E., Gorman, L., Steinmaus, S., e Vorst, K. 2016. Transit temperatures experienced by fresh-cut leafy greens during cross-country shipment. *Food Control*, 61: 146–155.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., e Meybeck, A. 2011. *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Food and Agriculture Organization (FAO). Rome, Italy.

<https://www.nperf.com> [Acedido: 19/07/2019]

- Jagadesh, M., Rajamanickam, S., Saran, S.P., Sai, S.S., e Suresh, M. 2018. Wireless sensor network based agricultural monitoring system. *IJCRT*, 6(1): 502–509, 2018.
- Lundén, J., Vanhanen, V., Myllymäki, T., Laamanen, E., Kotilainen, K., e Hemminki, K. 2014. Temperature control efficacy of retail refrigeration equipment. *Food Control*, 45: 109–114.
- Martinsdóttir, E. Lauzon, H.L., Margeirsson, B., Sveinsdóttir, K., Porvaldsson, L., Magnússon, H., Reynisson, E., Jónsdóttir, A.V., Arason, S., e Eden, M. 2010. The effect of cooling methods at processing and use of gel packs on storage life of cod (*Gadus morhua*) loins. Effect of transport via air and sea on temperature control and retail-packaging on cod deterioration. *Núgsköpun og neytendur. Skýrsla Matís 18-10. Maí 2010*. ISSN 1670-7192.
- Morais, D., Gaspar, P.D., Silva, P.D., Nunes, J., Andrade, L.P., Simões, M.P., e Pires, L.C. 2019. Current status and future trends of monitoring technologies for food products traceability. The 25th IIR International Congress of Refrigeration (ICR 2019), Montreal, Canada, August, 24-30.
- Ndraha, N., Hsiao, H., Vlajic, J., Yang, M., e Lin, H.V. 2018. Time-temperature abuse in the food cold chain: Review of issues, challenges, and recommendations. *Food Control*, 89: 12–21.
- Nurellari, E., e Srivastava, S. 2018. A Practical implementation of an agriculture field monitoring using wireless sensor networks and IoT enabled. 2018 IEEE Int. Symp. Smart Electron. Syst, 134–139.
- Osswald, V., Laguerre, O., Alvarez, G., Gpan, U.R., De Gennes, P., e Cedex, A. 2015. Cold chain of chilled food in France. *International Journal of Refrigeration*, 52: 161–167.
- Patnaikuni, D. 2017. A comparative study of Arduino, Raspberry Pi and ESP8266 as IoT development board. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(5): 2350–2352.
- Ruiz-Garcia, L., Barreiro, P., e Robla, J.I. 2008. Performance of ZigBee-Based wireless sensor nodes for real-time monitoring of fruit logistics. *Journal of Food Engineering*, 87(3): 405–415.
- Sirotek, A. e Hart, J. 2019. Possibilities of monitoring cattle via GSM and A-GPS. *Agronomy Research*, 17(3): 816–821.
- Stander, C. e Van Dyk, F.E. 2017. Maintaining cold chain integrity: Temperature breaks within fruit reefer containers in the Cape Town Container Terminal. *Southern African Business Review*, 21: 362–384.

- Tang, P., Postolache, O.A., Hao, Y., e Zhong, M. 2019. Reefer container monitoring system reefer container. 2019 11th Int. Symp. Adv. Top. Electr. Eng., 1–6.
- Venkatesh, A., Saravanakumar, T., Vairamsrinivasan, S., Vigneshwar, A., e Kumar, M.S. 2017. A food monitoring system based on bluetooth low energy and Internet of Things. Int. Journal of Engineering Research and Application, 7(3): 30–34.
- Vergara, A., Llobet, E., Ramírez, J.L., Ivanov, P., Fonseca, L., Zampolli, S., Scorzoni, A., Becker, T., Marco, S., e Wöllenstein, J. 2007. An RFID reader with onboard sensing capability for monitoring fruit quality. Sensors and Actuators B: Chemical. 127(1): 143–149.
- Zafar, A., Islam, N., e Ahmed, Z. 2014. Computer Standards & Interfaces - A review of wireless sensors and networks' applications in agriculture. Comput. Stand. Interfaces, 36(2): 263–270.

