

PÊRAS SECADAS, PROMOÇÃO DE UM PRODUTO AGRO-ALIMENTAR TRADICIONAL UTILIZANDO METODOLOGIA CIENTÍFICA



ACÇÃO
DE
DIVULGAÇÃO



OUTUBRO 2009

**PÊRAS SECADAS,
PROMOÇÃO DE UM PRODUTO AGRO-
ALIMENTAR TRADICIONAL
UTILIZANDO METODOLOGIA
CIENTÍFICA**



Acção de divulgação

Outubro
2009



Edição

ESAV - Escola Superior Agrária de Viseu
Viseu

Coordenação editorial

Raquel Guiné, ESAV
Maria João Lima, ESAV

Composição

Raquel Guiné, ESAV

Capa

Raquel Guiné, ESAV

Copyright © 2009

Impressão

AEESAV - Associação de Estudantes da
ESAV

Encadernação

AEESAV - Associação de Estudantes da
ESAV

ISBN 978-972-99561-4-0

Tiragem

150 exemplares

Distribuição gratuita

Publicação Financiada pela FCT através do projecto PTDC/AGR-ALI/74587/2006.

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR

Ação de divulgação promovida pela FELBA.



PREFÁCIO

As informações aqui apresentadas resultam do trabalho desenvolvido no âmbito do projecto PTDC/AGR-ALI/74587/2006 “Pêras secadas, promoção de um produto agro-alimentar tradicional utilizando metodologia científica” financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia.

A instituição proponente é a Escola Superior Agrária de Viseu, e são ainda instituições participantes a Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial, a Escola Superior de Tecnologia de Viseu, a Felba - Promoção de Frutas e Legumes da Beira Alta A.C.E, o INRA - Unité de Recherches Cidricoles, Biotransformation des Fruits et Légumes - Département CEPIA, o Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas e a Universidade de Aveiro.

O trabalho tem vindo a desenvolver-se nas diferentes instituições parceiras, segundo os objectivos a que cada uma se havia proposto no início do projecto.

Os resultados que foi possível obter ao fim de duas épocas de colheita e secagem de pêras permitem antever algumas possibilidades de melhoramento do processo tradicional, nomeadamente no que respeita aos sistemas de secagem, com importantes vantagens em relação aos aspectos sanitários relacionados com o produto final.

Os estudos desenvolvidos, muito embora abordem de forma bastante incisiva a questão da tecnologia de secagem, vão contudo para além disso, envolvendo um conjunto de análises com vista à caracterização das pêras secadas obtidas pelos diferentes métodos, e ainda estudos que permitam conhecer e explicar alguns dos fenómenos químicos e/ou bioquímicos que ocorrem durante a secagem.

Pretende-se com esta publicação e com a acção de divulgação realizada dar a conhecer alguns dos resultados já obtidos, contribuindo dessa forma para a valorização do conhecimento acerca deste produto regional que é a “pêra passa”.

As coordenadoras editoriais

Raquel Guiné

Maria João Lima

AGRADECIMENTOS

São devidos agradecimentos a:

- Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), pelo financiamento concedido.
- Direcção regional de Agricultura da Beira Litoral (DRABL), por fornecimento de pêras para a secagem.
- Francisco Gonçalo e Graça Gonçalves por fornecimento de pêras do Pomar de Venda de Galizes.
- António Maia e José Francisco por fornecimento de pêras do Pomar de Ervedal da Beira.
- João Flor por fornecimento de pêras do Pomar de Carragosela.
- Belarmino Alves, pela cedência das câmaras de refrigeração na Cooperativa Agrícola dos Fruticultores da Beira Alta, CRL
- Nuno Neves da DRABL, pelo empréstimo de equipamento portátil de análises às pêras.
- Manuel Candeias, do anterior Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas (INIAP) e do actual Instituto Nacional dos Recursos Biológicos (INRB), pela consultoria dada ao projecto.
- À ESAV (IPV) e a todas as outras instituições que acolhem o projecto, bem como aos investigadores e bolseiros que integram as equipas nas diferentes instituições participantes.

CONTEÚDO

Pêras secadas, promoção de um produto ago-alimentar tradicional utilizando metodologia científica <i>Guiné RPF, Ferreira DMS</i>	1
A Pêra Passa de Viseu <i>Lima MJR, Guiné RPF, Barroca MJ</i>	4
Secagem de pêras em estufa solar com convecção forçada <i>Guiné RPF, Barroca MJ, Lopes P, Ferreira DMS</i>	10
Secagem de pêras numa estufa solar – alguns dados experimentais e sugestões <i>Lopes P, Santos M, Paiva JM</i>	22
Secagem convectiva em túnel de pêra S. Bartolomeu <i>Silva V, Figueiredo AR, Costa JJ</i>	32
Comparação entre as propriedades das peras secadas sob diferentes métodos <i>Guiné RPF, Barroca MJ, Lopes P, Silva V, Santos M, Ferreira DMS</i>	46
Compostos fenólicos e análise sensorial da pêra de S. Bartolomeu produzida por diferentes metodologias de secagem <i>Cunha P, Lopes P, Domingues MR, Rocha SM, Coimbra MA</i>	64

**PÊRAS SECADAS, PROMOÇÃO DE UM PRODUTO AGRO-ALIMENTAR
TRADICIONAL UTILIZANDO METODOLOGIA CIENTÍFICA**

Guiné RPF^{1,2}, Ferreira DMS^{1,3}

¹CI&DETS, Escola Superior Agrária de Viseu, IPV.

RESUMO

O Projecto intitulado “Pêras secadas, promoção de um produto agro-alimentar tradicional utilizando metodologia científica” é financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia, tendo-se iniciado em Maio de 2007 e prolongando-se até Maio de 2010. O mesmo tem duas vertentes, uma de investigação fundamental em que se procura estudar as relações entre o estado de maturação e a cinética de secagem, bem como as transformações (macro)moleculares e macroestruturais durante o processo de secagem; e outra de investigação tecnológica aplicada, com o desenvolvimento de diferentes tipos de sistemas de secagem específicos para frutos. O projecto tem ainda como objective final o aumento da capacidade de criação de valor económico por parte do sector agro-alimentar.

1. ENQUADRAMENTO DO PROJECTO

O Projecto PTDC/AGR-ALI/74587/2006, aprovado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) em 2006 intitulado “Pêras secadas, promoção de um produto agro-alimentar tradicional utilizando metodologia científica” surge na sequência de outros trabalhos e projectos em que a Escola Superior Agrária de Viseu (ESAV) se tem vindo a envolver desde há uns anos a esta parte, sempre centrados no objecto de estudo “Pêra Passa de Viseu”. Efectivamente, dado tratar-se de um produto tradicional com variadas potencialidades que têm vindo a ser descuradas, tem a ESAV ao longo dos últimos anos pretendido dar um contributo válido para a sua promoção e crescimento, sempre tendo em linha de conta os desafios que actualmente se colocam a este produto, nomeadamente ao nível higiénico-sanitário e ainda no que respeita à rentabilidade do produto e das técnicas de produção.

Um exemplo de sucesso dessas acções passadas é o Projecto AGRO nº 158, intitulado “Conservação e valorização de recursos genéticos de pomóideas regionais”, aprovado em 2002 e financiado no âmbito da Medida 8 do Programa Operacional Agricultura e Desenvolvimento Rural. O mesmo foi coordenado pelo Prof. Doutor António Luís Crespi, da UTAD, e envolveu as seguintes entidades: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD); Universidade de Aveiro (UA); Escola Superior Agrária de Viseu (ESAV); Direcção Regional de Agricultura da Beira Alta (DRABAL); Direcção Regional de Agricultura de Trás-os-Montes (DRATM); Direcção Regional de Agricultura de Entre-Douro e Minho (DRAEDM); Cooperativa Agrícola dos Fruticultores de Braga (CAFB). Os objectivos gerais foram a modernização do sector agro-rural e a diversificação de produtos específicos regionais, sendo que ao nível da ESAV o trabalho realizado teve por objectivos, por um lado propor soluções alternativas ao método de secagem tradicional, de forma a torná-lo mais competitivo, e por outro, avaliar a possibilidade de produzir pêra passa com características semelhantes à pêra passa tradicional, a partir de variedades alternativas, provenientes de variedades regionais de pomóideas. Neste sentido, as actividades

² Investigador Responsável desde Janeiro de 2009.

³ Investigador Responsável até Janeiro de 2009.

desenvolvidas pela ESAV no âmbito do projecto envolveram estudos de secagem de algumas variedades regionais de pêras, com vista à sua valorização, tendo esses estudos sido acompanhados de um conjunto vasto de análises ao fruto em fresco e depois de secado, para caracterização e avaliação das suas propriedades químicas e microbiológicas. O mesmo envolveu ainda a montagem de uma estufa solar protótipo para secagem de peras por parte de pequenos agricultores (Guiné et al, 2005).

Outro trabalho levado a cabo na ESAV em consonância com a Universidade de Coimbra permitiu fazer um estudo exaustivo da secagem de peras, comparando a secagem solar com secagem em estufa com convecção forçada, realizada a temperatura constante, e fazendo ainda uma análise das etapas do processo tradicional, tendo permitido concluir que existem alternativas viáveis à secagem solar tradicional, que se podem traduzir em simplicidade de processos e aumento da rentabilidade do produto, sem perda de qualidade (Guiné, 2005).

Foi ainda realizado um outro trabalho na Universidade de Aveiro em que participou uma docente da ESAV, que teve por objectivo a aquisição de conhecimento científico acerca das modificações que ocorrem ao nível macromolecular, microestrutural e macroestrutural na pêra de S. Bartolomeu (*Pyrus communis* L.) após secagem solar. A análise microestrutural da polpa revelou que, da pêra em fresco para a secada, as propriedades de fractura dos tecidos foram modificadas. A fractura conduziu à ruptura das células na polpa em fresco e à separação das células na polpa secada. A maior elasticidade e a menor firmeza da polpa da pêra secada, em relação à fresca, determinada pela análise de textura, pode estar relacionada com as alterações macromoleculares e microestruturais ocorridas na polpa (Ferreira, 2003).

2. APRESENTAÇÃO DO PROJECTO

Dando continuidade aos trabalhos previamente desenvolvidos, surge o presente projecto, que tem por objecto de estudo a pêra (*Pyrus communis* L.) de S. Bartolomeu de variedade regional. O projecto é liderado pela Escola Superior Agrária de Viseu e tem como parceiras as seguintes instituições: Associação para o Desenvolvimento da Aerodinâmica Industrial (ADAI); Escola Superior de Tecnologia de Viseu (ESTV/IPV); Felba - Promoção de Frutas e Legumes da Beira Alta A.C.E (FELBA); INRA - Unité de Recherches Cidricoles, Biotransformation des Fruits et Légumes, Département CEPIA (INRA -URC-BFL, CEPIA); Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas (INIAP); Universidade de Aveiro (UA).

A tradição, na Beira Alta, de secar os frutos ao sol permite obter pêras secadas (pêra passa de Viseu), de pequeno tamanho com uma cor vermelho acastanhado e com propriedades elásticas e de sabor peculiares. Como foi referido, do trabalho de investigação desenvolvido anteriormente na área da secagem das pêras, na Escola Superior Agrária de Viseu, concluiu-se que o método de secagem tradicional ao ar livre pode ser substituído por um processo de secagem solar em estufa. Este processo permite reduzir o tempo de secagem, mantendo as propriedades da pêra secada pelo método tradicional (Guiné et al, 2005). Apesar do elevado número de trabalhos de investigação sobre o amadurecimento de frutos, pouco se conhece sobre as transformações estruturais durante a desidratação. A escassa informação científica sobre a secagem de pêras, em geral, justificou então o presente projecto em duas vertentes:

- (i) *Investigação fundamental*, com o estudo das relações entre o estado de maturação e a cinética de secagem e as transformações (macro)moleculares e macroestruturais durante o processo de secagem;
- (ii) *Investigação tecnológica*, com o desenvolvimento de secadores específicos para frutos.

O objectivo final deste projecto será aumentar a capacidade de criação de valor económico para o sector agro-alimentar. O estabelecimento de uma Denominação de Origem para a pêra passa de Viseu está a ser presentemente equacionado pela FELBA - Promoção de Frutas e Legumes da Beira Alta A.C.E, com a intervenção do Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica do Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.

No sentido de atingir os objectivos supra referidos, o projecto é composto pelas seguintes etapas:

1. Estudo de dois sistemas de secagem, com e sem incidência directa da radiação solar sobre os frutos, equipados com sistemas de aquisição de dados de modo a estabelecer condições de secagem, que permitam aumentar a eficiência da secagem e a sua implementação pelos produtores de frutos secados.
2. Construção de colectores de baixo-custo, que serão usados na produção de peras secadas, sem a incidência directa da radiação solar sobre os frutos, de forma a aumentar a produção com custos energéticos baixos comparados com secadores que utilizam energias não-renováveis.
3. Secagem de pêras em secadores convectivos, com e sem incidência directa da radiação solar sobre os frutos.
4. Avaliação das alterações sofridas pelos polissacarídeos das paredes celulares e compostos fenólicos, de pêras em diferentes estágios de amadurecimento, durante o processo de secagem, em condições de operação diferentes e sistemas de secagem diferentes.
5. Estabelecimento das condições de operação e estágio de amadurecimento que permitem obter um produto secado de qualidade em sistemas de secagem diferentes.
6. Definição das cinéticas de secagem baseadas nas condições de operação, designadamente temperatura, humidade e estágio de amadurecimento.
7. Avaliação sensorial de atributos relacionados com qualidade, e quantificação do valor nutritivo do produto secado.

REFERÊNCIAS

- Ferreira DMS (2003) *Estudo das Transformações Bioquímicas e Químicas da Pêra de São Bartolomeu Durante o Processo de Secagem – Recurso Endógeno da Região de Viseu*. Tese de Doutoramento, Universidade de Aveiro.
- Guiné RFF, Ferreira DMS, Barroca MJ & Gonçalves F (2005) *Produção de Pêra Passa: Modernização de Técnicas e Diversificação de Variedades*. Viseu: ESAV.
- Guiné RPF (2005) *Secagem de Pêras: Estudo Experimental e Simulação do Processo*. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra.

A PÊRA PASSA DE VISEU

Lima MJR¹, Guiné RPF¹, Barroca MJ²

¹CI&DETS, Escola Superior Agrária de Viseu, IPV.

²CERNAS, Escola Superior Agrária de Coimbra, IPC.

RESUMO

A intitulada “Pêra Passa de Viseu” constitui uma variedade secada por um processo artesanal, a qual origina frutos com características organolépticas únicas. O fruto fresco é geralmente de pequena dimensão, com uma pele macia e de cor amarelo esverdeada, com tonalidades rosa ou acarinada pela insolação.

No que diz respeito ao fruto secado, este apresenta-se com uma cor vermelha/acastanhada típica, com formato de viola. No entanto, este conjunto de transformações implica a utilização de bastante mão-de-obra para as operações de apanha da pêra, descasque e espalma entre outras, associado ainda ao inconveniente da forte dependência das condições climáticas.

Neste trabalho far-se-á uma abordagem do processo de secagem tradicional, de modo a transformar a pêra de S. Bartolomeu em pêra passa. São igualmente apresentados resultados de análises ao fruto fresco e ao fruto secado relativamente aos parâmetros: teor de açúcares totais, quantidade de açúcares redutores, acidez, proteínas, minerais e fibra dietética. Os resultados obtidos permitiram concluir que as pêras frescas apresentam teores de proteína inferiores ao da pêra secada e o inverso ocorre, no que diz respeito ao teor de açúcares e à acidez.

1. INTRODUÇÃO

A pêra é um fruto da família das Rosaceae, com propriedades medicinais laxativas (dada a sua riqueza em fibra), rica em potássio e vitaminas A e C. Trata-se de um fruto que constitui uma fonte rápida e natural de energia. Este tipo de fruto não alcança a maturidade de consumo na planta, sendo amadurecida após a colheita, mediante condições apropriadas de armazenamento (Coutinho et al., 2003) e com tratamentos pós-colheita especiais.

A designação de “Pêra Passa de Viseu” é aplicada a pêras da variedade S. Bartolomeu (*Pyrus communis*), as quais se encontram essencialmente no Norte e Centro de Portugal (Figura 1).



Figura 1 – Pêras da variedade S. *Bartolomeu*.

Esta variedade, ao contrário da maioria das pêras de consumo que possuem um sabor doce e macio, não possui um paladar suficientemente agradável para ser consumida em fresca, daí a necessidade desta passar por um processo de secagem, processo este essencialmente artesanal, de modo a ser colocada no mercado comercial. Este procedimento de secagem é realizado de uma forma bastante simples em locais artesanais preparados pelo agricultor, através da secagem directa ao ar livre pela radiação solar. Esta metodologia implica assim a utilização de bastante mão-de-obra para as operações de apanha da pêra, descasque e espalma entre outras, com o inconveniente associado pela forte dependência das condições climatéricas.

1.1. Secagem tradicional da pêra

Quanto ao processo de transformação da pêra em pêra passa, este é essencialmente de ordem tradicional, sendo constituído por operações bastante simples, que a seguir se descrevem (Ferreira, 1997; Guiné, 2005):

1. Colheita: A pêra é colhida manualmente, fruto a fruto, directamente ou com a ajuda de uma vara, ou ainda por vibração das pernadas (Figura 2). A apanha decorre normalmente durante o mês de Agosto e abrange diferentes estágios de maturação, que conduzem à obtenção de produtos secados com diferentes características. Assim, quando o fruto é apanhado antes da maturação completa, a passa resultante apresenta-se rija e de cor castanho avermelhada, por vezes mais atraente para o consumidor; quando o fruto é apanhado num estado de maturação mais avançado, a passa fica mais escura, mas por outro lado é mais macia e mais doce.



Figura 2 – Colheita das pêras.

2. Descasque: Após a colheita, a pêra é descascada manualmente, com faca ou navalha (Figura 3).



Figura 3 – Descasque das pêras.

3. Primeira Secagem: As pêras descascadas são colocadas em eiras de granito, em passeiras (constituídas por uma cama de caruma de pinheiro), ou sobre tabuleiros móveis, onde ficam expostas ao sol entre 6 a 8 dias, consoante as condições climáticas. O local de colocação das passeiras deve ser arejado e com boa exposição ao sol de modo a favorecer uma boa incidência da luz e temperaturas elevadas (Figura 4).



Figura 4 – Primeira secagem.

4. Embarrelamento: Após a primeira secagem, as pêras são retiradas das passeiras à hora de maior calor, a fim de serem calcadas e abafadas dentro de cabazes ou cestos, operação esta designada por embarrelamento. Os cestos são então cobertos com mantas e guardados à sombra durante cerca de dois dias. A humidade e o calor acumulados no interior amolecem consideravelmente a polpa, conferindo-lhe a elasticidade necessária à espalma.

5. Espalma: Depois de retiradas dos cestos, as pêras são espalmadas. Esta operação consiste no achatamento do fruto e é feita com um instrumento de fabrico artesanal, a espalmadeira, que é formado por duas peças de madeira articuladas por um pedaço de couro ou dobradiça (Figura 5). Alternativamente, pode realizar-se a espalma por compressão de duas pedras lisas.



Figura 5 – Espalmadeira.

6. Segunda Secagem: Os frutos depois de espalmados estendem-se novamente em eiras, desta vez sobre lençóis brancos, ou alternativamente em passeiras, onde permanecem ao sol por mais dois a quatro dias (Figura 6).



Figura 6 – Segunda secagem.

7. Acondicionamento: A pêra secada é depois embalada em sacos de 50 kg, que são guardados em armazéns para posterior comercialização.

2. PÊRA PASSA DE VISEU

A qualidade final da pêra passa é avaliada tendo em conta algumas características específicas, nomeadamente a sua consistência, coloração uniforme (em tom de tijolo ou colorau) e pedúnculo com cerca de 1 cm, não sendo, no entanto, estes parâmetros determinados quantitativamente (Figura 7).



Figura 7 – Pêra Passa de Viseu.

Depois de secada a pêra de S. Bartolomeu apresenta-se bastante agradável avista e, com uma textura suave e com um sabor bastante apreciado. A Figura 8 mostra peras de S. Bartolomeu no final do processo de secagem.



Figura 8 – Pêras de S. Bartolomeu no final da secagem.

A pêra passa é um produto muito doce, no qual se destacam essencialmente a frutose, a sacarose e o sorbitol (Barroca et al., 2006) com teores de açúcar da ordem de 50 %, mas ao mesmo tempo com uma acidez considerável (3%). Possui um baixo conteúdo proteico e lipídico. Tem ainda quantidades apreciáveis de fibra (da ordem dos 12-15%), o que lhe confere algumas propriedades dietéticas.

A tabela 1 reflecte a diferença de valores de alguns parâmetros físico-químicos quando se comparam variedades de Pêras de S. Bartolomeu frescas e secadas (expressos em massa seca).

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos de Pêras de *S. Bartolomeu* frescas e secadas (expressos em massa seca) (Barroca et al, 2006).

	Açúcares totais	Açúcares redutores	Acidez	Proteínas	Fbra dietética	Cinzas
Pêra S. Bartolomeu fresca	70.7	58.3	5.7	1.5	6.3	1.6
Pêra S. Bartolomeu secada	21.7	22.5	3.4	1.9	7.5	1.9

Verificou-se que quando se comparam as peras frescas com as secadas há diferenças significativas, sobretudo no que respeita aos valores de açúcares totais, açúcares redutores e acidez. Contudo, no que diz respeito ao teor de proteínas, fibra dietética e cinzas, não há diferenças significativas.

3. CONCLUSÃO

A pêra passa de Viseu constitui o exemplo de um produto tradicional com propriedades nutricionais interessantes para os dias de hoje. De facto, o seu teor em fibra (na ordem dos 2,8%) e o seu baixo teor proteico são factores positivos para o potencial consumidor.

Outro aspecto interessante deste mesmo produto consiste na possibilidade da substituição da secagem artesanal manual por métodos expeditos e quiçá automatizados, de modo a obter produtos finais com características organolépticas semelhantes, sem o inconveniente dos perigos químicos, microbiológicos e das condições climatéricas que se verifiquem nas alturas de colheita e secagem.

REFERÊNCIAS

- Barroca MJ, Guiné RPF, Pinto A, Gonçalves FM & Ferreira DMS (2006) Chemical and Microbiological characterization of portuguese varieties of pears. *Food and Bioproducts Processing*, 84 (C2), 109-113.
- Coutinho EF, Malgarim MB, Souza EL & Treptow RO (2003) Qualidade pós-colheita da pêra (*Pyrus communis* L.) cultivar Carrick submetida a diferentes condições de armazenamento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 25(3), 417-420.
- Ferreira D. (2003) Estudo das transformações bioquímicas e químicas da pêra de S. *Bartolomeu* durante o processo de secagem - recurso endógeno da região de Viseu, PhD Thesis, Universidade de Aveiro.
- Guiné RPF (2005) *Secagem de Pêras: Estudo Experimental e Simulação do Processo*. Tese de Doutoramento, Universidade de Coimbra.

SECAGEM DE PÊRAS EM ESTUFA SOLAR COM CONVECÇÃO FORÇADA

Guiné RPF^{1,2}, Barroca MJ³, Lopes P^{1,4}, Ferreira DMS^{1,2}

¹Escola Superior Agrária de Viseu, IPV.

²CI&DETS, Escola Superior Agrária de Viseu, IPV.

³CERNAS, Escola Superior Agrária de Coimbra, IPC.

⁴Departamento de Química, Universidade de Aveiro.

RESUMO

Para os ensaios relativos à colheita e secagem de pêra de São Bartolomeu no ano de 2007, foram colhidas pêras no pomar de Venda de Galizes, em 3 fases de maturação, considerando como segunda fase a data de colheita para produção de pêra secada de modo tradicional, de acordo com indicações do produtor de pêra passa em Venda de Galizes. As pêras correspondentes a cada lote de maturação foram secadas na estufa solar da Escola Superior Agrária de Viseu, a qual está equipada com um sistema de ventilação regulável. Durante os ensaios foram registadas as condições de temperatura e humidade relativa a intervalos de 10 minutos, e foram sendo feitas análises para verificar a evolução da humidade dos frutos ao longo do processo, e estimar as velocidades de secagem.

No ano de 2008 as peras foram colhidas uma única vez, tendo esta colheita sido função da evolução do estado de maturação das pêras no pomar de Ervedal da Beira, já que, por falta de produção, não foi possível continuar a utilizar pêras do pomar de Venda de Galizes. O procedimento de secagem foi o mesmo que foi adoptado para o ano de 2007.

1. ENSAIOS DE SECAGEM EM 2007

1.1. Secagem na estufa

As pêras foram colhidas no Pomar em Venda de Galizes, Oliveira do Hospital (Figura 1). Este pomar pertence a um produtor que produz pêra secada pelo método tradicional razão pela qual foi seleccionado para o fornecimento dos frutos.



Figura 1 – Pomar em Venda de Galizes, Oliveira do Hospital.

Para a colheita dos frutos foram seleccionadas 6 árvores em 6 pontos representativos do pomar (Figura 2) e devidamente marcadas para mais tarde serem de fácil identificação. O baixo número de árvores seleccionadas deveu-se ao facto da produção de 2007 ter sido baixa, por razões edafoclimáticas, pelo que o produtor não pôde dispensar um maior número de árvores. Na colheita os frutos foram retirados

dos 4 quadrantes de cada árvore por colheita manual. Depois de colhidas, as pêras foram colocadas numa mala térmica e, quando chegadas ao destino - Escola Superior Agrária de Viseu - foram colocadas a 6 °C até irem para a estufa de secagem.

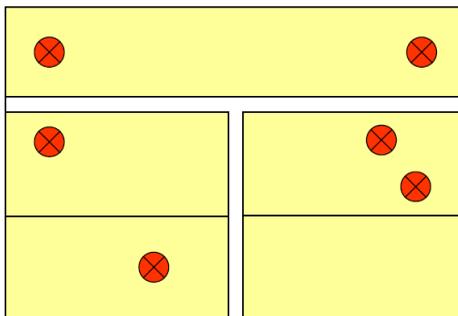


Figura 2 – Esquema representativo do pomar em Venda de Galizes com localização das árvores seleccionadas para colheita das peras de S. Bartolomeu durante as 3 fases da maturação.

Foram efectuadas três secagens em estufa solar, correspondentes a três colheitas em três estágios de maturação distintos: um estado mais prematuro, um estado supostamente adequado e um estado mais avançado.

As peras foram descascadas e colocadas a secar inteiras sobre redes de nylon numa estufa solar existente na ESAV, com vidro de horticultura. Esta possui um ventilador para promover uma mais eficaz extracção de ar (Figura 3), e que funciona a diferentes velocidades de rotação. Para o controlo da temperatura e humidade no interior da estufa foi colocado um termohigrómetro (Lufft – Opus 10) no seu interior. Desta forma, as condições de temperatura e humidade relativa dentro da estufa foram registadas a intervalos de 10 minutos ao longo do processo de secagem.



Figura 3 – Estufa solar localizada na ESAV (esquerda), extractor de ar (centro) e termohigrómetro (direita).

1ª colheita:

A secagem iniciou-se com as duas janelas da estufa abertas e com a extracção de ar na velocidade máxima. As condições climatéricas apresentavam-se favoráveis à secagem com temperaturas máximas exteriores de cerca de 30 °C. Mais tarde, ao segundo dia de secagem, fechou-se uma das janelas da estufa. Ao longo da secagem, e de quatro em quatro horas, retiraram-se 2 peras para análise. Este procedimento foi seguido para a 2ª e 3ª colheita. A secagem teve término no dia 2 de

Agosto de 2007, após 78 horas de secagem, o que corresponde a aproximadamente 3 dias. No final da secagem as pêras foram retiradas da estufa, espalmadas e deixadas 2 horas à temperatura ambiente para depois serem guardadas a 6 °C. Este procedimento foi seguido nas seguintes secagens solares.

2ª colheita:

O tempo no dia 11 de Agosto estava bastante nublado. A secagem iniciou-se com uma das janelas da estufa aberta que foi fechada ao terceiro dia para tentar diminuir a humidade dentro da estufa. Durante esta secagem choveu e nunca esteve uma temperatura tão elevada como na primeira secagem. A secagem foi por isso mais lenta do que no caso da 1ª secagem, com uma duração de cerca de 215 horas de secagem, aproximadamente 9 dias.

3ª colheita:

As pêras foram retiradas da estufa no dia 27 de Agosto com 149 horas de secagem, aproximadamente 6 dias.

Após 76 horas de secagem foram espalmadas quinze peras que se voltaram a colocar na estufa. Verificou-se que a espalmagem a meio da secagem era mais fácil e que as peras depois de espalmadas perdem água mais rapidamente.

Na Figura 4 são apresentados, para o primeiro ensaio respeitante à primeira colheita, os valores de temperatura e humidade dentro da estufa, registados a cada intervalo de 10 minutos, bem como os respectivos valores médios e ainda a evolução da humidade das pêras (em base húmida). Da observação da Figura verifica-se que quando a temperatura da estufa atinge valores elevados a correspondente humidade relativa (HR) é baixa, o que acontece durante os períodos diurnos. Pelo contrário, durante a noite a temperatura baixa e a HR aumenta. É possível verificar ainda que durante os períodos nocturnos a humidade das peras praticamente não baixa, diminuindo acentuadamente durante os períodos diurnos. Entre as 50 e as 60 horas verificou-se uma descontinuidade neste comportamento, que correspondeu a condições climáticas distintas, nomeadamente no que diz respeito à nebulosidade.

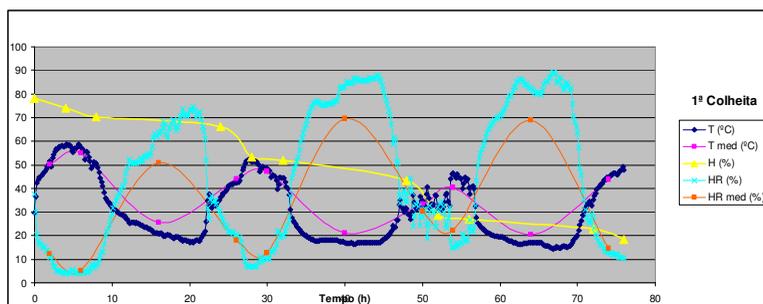


Figura 4 – Registos de temperatura e humidade na estufa e nas peras para o primeiro ensaio de secagem.

Na Figura 5 são apresentadas as variações de temperatura ou HR médias ao longo do tempo de secagem no primeiro ensaio, juntamente com a evolução do teor de humidade, mas expresso em base seca. Verifica-se que a curva de variação de humidade expressa em base seca revela diferenças quando comparada com a curva de evolução de humidade em base húmida constante da Figura 4. Este comportamento está de acordo com a evolução espectável durante um processo de secagem, em que a curva de humidade em base húmida deve apresentar uma forma sinusoidal enquanto a curva de humidade em base seca deve apresentar-se como uma exponencial decrescente.

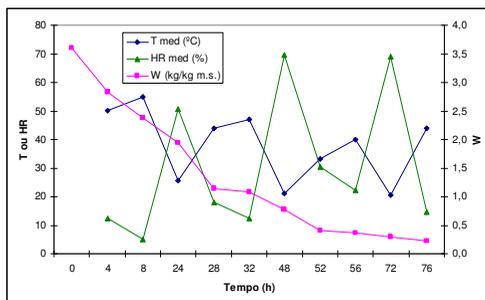


Figura 5 – Evolução da humidade (em base seca) ao longo do primeiro ensaio de secagem.

Nas Figuras 6 e 7 são apresentados os gráficos correspondentes às condições na estufa bem como a evolução da humidade (em base húmida), para os segundo e terceiro ensaios de secagem, correspondentes às 2ª e 3ª colheitas, respectivamente. É possível observar comportamentos semelhantes nos três ensaios, mas com particularidades que expressam de algum modo as diferentes condições climáticas verificadas durante os ensaios. Assim, no terceiro ensaio verifica-se uma maior regularidade ao longo dos dias, o que não aconteceu no primeiro ensaio e outra vez no segundo ensaio, entre as 80 e as 120 horas. Por outro lado, notam-se diferenças significativas nas temperaturas máximas alcançadas em diferentes dias, como por exemplo perto de 60 °C no primeiro dia do primeiro ensaio a contrastar com cerca de 20 °C no quinto dia do segundo ensaio. De salientar ainda que o tempo que demorou o segundo ensaio para atingir um conteúdo de humidade de 30 %, ainda superior ao primeiro ensaio (cerca de 20 %), foi cerca do dobro, o que revela a grande dependência deste tipo de secagem face às condições atmosféricas. Por fim, de notar que o terceiro ensaio de secagem deveria ter prosseguido por mais algum tempo, uma vez que o conteúdo de humidade das peras (cerca de 50 %) é muito superior aos 20 % desejados. Contudo, verificou-se que as condições atmosféricas já não estavam a permitir uma perda de água eficiente, dado que a humidade das peras deixou de evoluir como esperado a partir das 50 horas, tendo sido essa a razão pela qual o ensaio foi terminado.

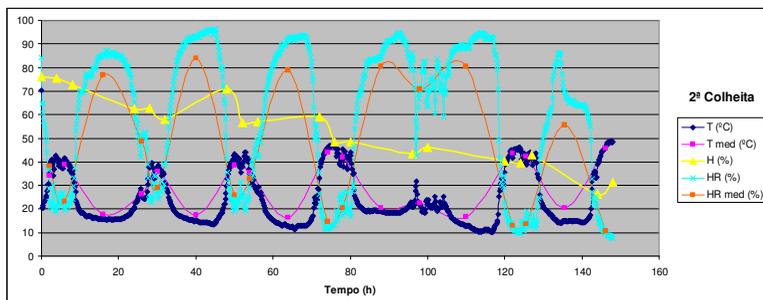


Figura 6 – Registos de temperatura e humidade na estufa e nas peras para o segundo ensaio de secagem.

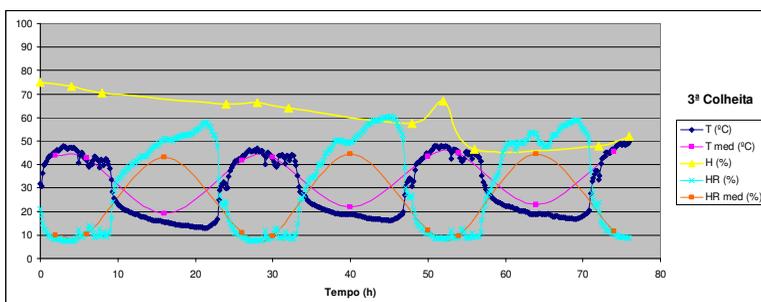


Figura 7 – Registos de temperatura e humidade na estufa e nas peras para o terceiro ensaio de secagem.

Na Figura 8 representa-se a variação da humidade relativa com a temperatura dentro da estufa, para os três ensaios de secagem. Como seria de esperar estas duas variáveis encontram-se linearmente relacionadas, sendo os coeficientes de correlação suficientemente elevados, a variar entre um mínimo de 0.9459 para a primeira colheita e um máximo de 0.9767 para a 3ª colheita.

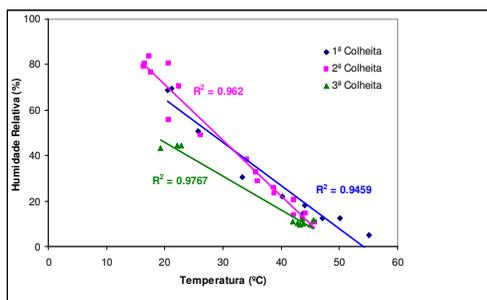


Figura 8 – variação da humidade relativa em função da temperatura, para os três ensaios de secagem.

1.2. Tratamento dos dados cinéticos

Os dados cinéticos de variação da humidade ao longo do tempo de secagem foram ajustados a diferentes modelos cinéticos, que relacionam a razão de humidade $MR = (W - W_e)/(W_0 - W_e)$ com o tempo (Tabela 1). W , W_0 e W_e são a humidade expressa em base seca no tempo t , no tempo t_0 e no equilíbrio, respectivamente.

Tabela 1 – Modelos cinéticos testados (Togrul, 2003).

Modelo	Equação
Newton	$MR = \exp(-k t)$
Henderson e Pabis	$MR = a \exp(-k t)$
Logarítmico	$MR = c + a \exp(-k t)$
Wang e Singh	$MR = 1 + a t + b t^2$

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos ajustes feitos aos dados cinéticos para as três temperaturas, com os diferentes modelos. Os resultados incluem os valores dos diferentes parâmetros para cada modelo, bem como o respectivo coeficiente de correlação.

Tabela 2 – Resultado do ajuste aos diferentes modelos cinéticos.

	1ª colheita	2ª colheita	3ª colheita
Newton			
k(dp)	0.0425(0.0033)	0.0185(0.0013)	0.0190(0.0011)
R	0.9818	0.9617	0.9789
Henderson e Pabis			
a(dp)	0.9605(0.0486)	0.9320(0.0453)	0.9712(0.0360)
k(dp)	0.0407(0.0040)	0.0170(0.0015)	0.0182(0.0015)
R	0.9830	0.9662	0.9804
Logarítmico			
c(dp)	-0.0813(0.0865)	0.1302(0.0368)	0.0786(0.0162)
a(dp)	1.0241(0.0825)	0.8610(0.0508)	0.9009(0.1480)
k(dp)	0.0330(0.0075)	0.0272(0.0045)	0.0214(0.0077)
R	0.9852	0.9750	0.9810
Wang e Singh			
a(dp)	-0.0297(0.0021)	-0.0147(0.0011)	-0.0185(0.0015)
b(dp)	0.0002(0.0000)	0.0001(0.0000)	0.0001(0.0000)
R	0.9768	0.9405	0.9821

Nas Figuras 9 a 12 são apresentados os dados cinéticos experimentais juntamente com os ajustes feitos com os diferentes modelos testados. Dos resultados é possível verificar que os quatro modelos testados se apresentam relativamente adequados para descrever a cinética de secagem das peras nos três ensaios realizados. Contudo, o modelo de Wang e Singh é o que se apresenta como sendo ligeiramente menos bom (Figura 12), principalmente na parte final da curva, que deveria apresentar um comportamento assintótico para o valor da humidade de equilíbrio, como acontece com os outros três modelos. Quanto ao modelo que se apresenta melhor é o logarítmico (Figura 11), cujos ajustes apresentam os valores mais altos do coeficiente de correlação para os três ensaios (Tabela 2).

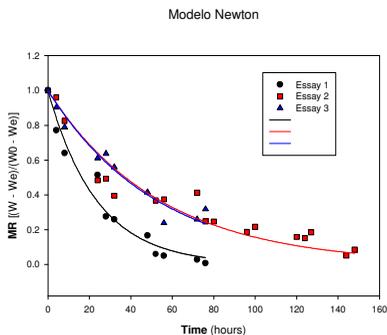


Figura 9 – Ajuste do modelo Newton aos dados cinéticos para os três ensaios.

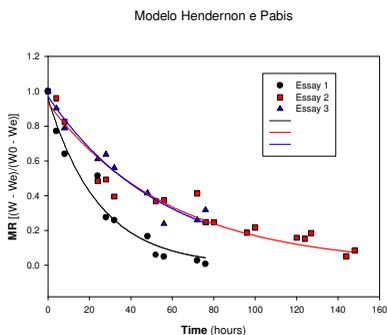


Figura 10 – Ajuste do modelo Henderson e Pabis aos dados cinéticos para os três ensaios.

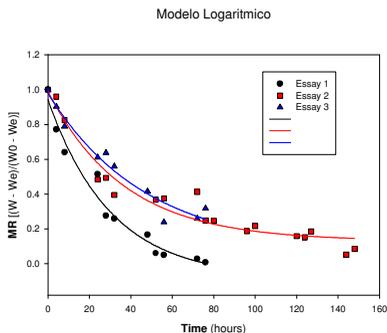


Figura 11 – Ajuste do modelo Logarítmico aos dados cinéticos para os três ensaios.

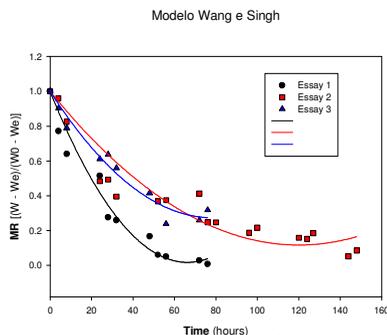


Figura 12 – Ajuste do modelo Wang e Singh aos dados cinéticos para os três ensaios.

2. ENSAIO DE SECAGEM EM 2008

2.1. Secagem na estufa

Em 2008 apenas se secaram pêras de uma colheita, correspondente a valores de maturação que se situaram entre os valores da segunda e da terceira colheitas de 2007. Assim, seguiu-se a evolução da maturação dos frutos no pomar, através do controlo dos parâmetros de maturação físico-químicos, de modo a seleccionar a melhor data de colheita para se obter o produto secado de melhor qualidade. De acordo com os resultados obtidos, a colheita foi efectuada no dia 12 de Agosto de 2008, tendo as peras sido secadas no dia seguinte.

No ano de 2007, as pêras utilizadas na secagem foram provenientes de um pomar em Venda de Galizes, na zona de Oliveira do Hospital. No entanto, dada a baixa produção do pomar em 2008 por razões que se prendem com o elevado pedrado do fruto, entre outras, foi necessário seleccionar um outro pomar. Assim, a colheita de 2008 foi proveniente de um pomar no Ervedal da Beira, na mesma zona de Oliveira do Hospital.

Os critérios de paragem do ensaio foram os mesmos que já haviam sido definidos para a colheita de 2007: a) Redução dos teores de humidade das pêras a 20% em base húmida; b) Massa constante ou com variação desprezável; c) Produto final sem características de pêra secada.

Os frutos foram espalmados no final da secagem, contrariamente ao que sucede pelo método tradicional.

2.2. Tratamento dos dados cinéticos

Depois de em 2007 se ter feito uma análise cinética à secagem solar feita na estufa da ESAV, em 2008 estendeu-se essa análise a outros métodos de secagem, no sentido de fazer a sua comparação em termos de velocidade de secagem. Assim, as peras colhidas em Agosto de 2008 (colheita única) foram secadas sob as seguintes condições:

- Na ESAV, em estufa solar, secagem solar directa com temperatura variável.
- Na ESTV, em secador solar directo, também com temperatura variável.
- Na Universidade de Coimbra, em túnel de ar quente, com temperatura constante de 40 °C.

Para as secagens referidas foi então feita uma análise da cinética de secagem, que incluiu a aplicação de determinados modelos cinéticos a fim de verificar a sua aplicabilidade às situações em estudo.

Os modelos empíricos usados para descrever a cinética de secagem foram 3, e as respectivas equações encontram-se na Tabela 3, onde MR é a razão de humidade ($MR = (W - W_e)/(W_o - W_e)$), sendo W_o , W_e e W , respectivamente, a humidade inicial, a humidade de equilíbrio e a humidade no tempo t, todas expressas em base seca.

Tabela 3 – Modelos cinéticos empíricos usados para ajustar aos dados cinéticos experimentais (Togrul, 2003).

Modelo	Equação
Henderson & Pabis	$MR = a \exp(-k t)$
Logarithmic	$MR = a \exp(-k t) + c$
Diffusional Approach	$MR = a \exp(-k t) + (1 - a) \exp(-k b t)$

A Figura 13 mostra os pontos experimentais obtidos (MR,t), bem como o ajuste feito com os modelos cinéticos, para as peras secadas ao sol (ESAV e ESTV). Verifica-se que o tempo de secagem é semelhante em ambos os casos e que o modelo logarítmico se apresenta melhor para ajustar os dados experimentais, o que pode ser confirmado através dos valores dos coeficientes de correlação dos ajustes, que são mais elevados no caso do modelo Logarítmico do que para os modelos Henderson e Difusional (ver Tabela 4).

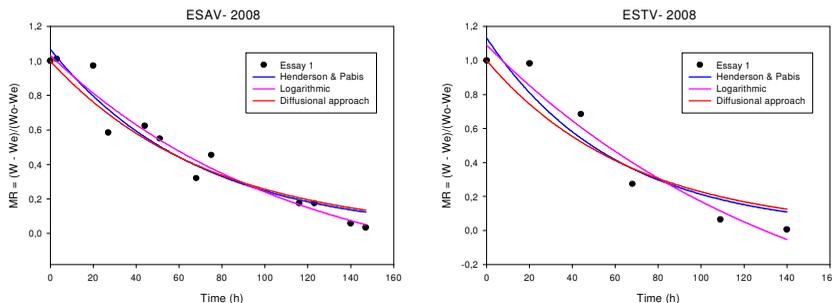


Figura 13 – Cinética de secagem para condições de secagem solar.

Tabela 4 – Valores dos coeficientes de correlação dos diferentes ajustes.

Modelo	ESAV	ESTV	UC1	UC2
Henderson	0.9678	0.9488	0.9945	0.9952
Logarithmic	0.9744	0.9732	0.9973	0.9995
Diffusional	0.9637	0.9357	0.9920	0.9951

Na Figura 14 são apresentadas as cinéticas de secagem para as condições de secagem em túnel de ar quente, com temperatura constante, efectuadas na UC, conjuntamente com os respectivos ajustes. Neste caso foram realizados dois ensaios, com peras colhidas na mesma data, mas espaçadas no tempo. Verifica-se que o

tempo de secagem é semelhante em ambos os casos e que uma vez mais o modelo logarítmico se apresenta ligeiramente melhor para ajustar os dados experimentais. Contudo, verifica-se que de uma forma geral os coeficientes de correlação são bastante mais elevados nos ensaios feitos na UC, quando comparados com os ensaios solares (ver Tabela 4). Isto prende-se com a heterogeneidade das peras, já que na UC as avaliações da humidade ao longo da secagem se fazem por pesagem contínua dos tabuleiros que contêm um maior número de peras (20), enquanto que nos ensaios solares eram retiradas duas peras para a avaliação da humidade em cada tempo. Assim, atendendo a que a massa das peras utilizadas nos ensaios era relativamente variável, com peras maiores e outras mais pequenas, e que a perda de humidade é mais rápida nas peras mais pequenas, é de esperar que num lote de duas peras verifique mais variabilidade do que num lote de 20.

Quando se comparam os gráficos da Figura 13 com os da Figura 14, verifica-se que para a secagem a 40 °C o tempo de secagem é cerca de metade (60 h) do que no caso da secagem solar (140 h).

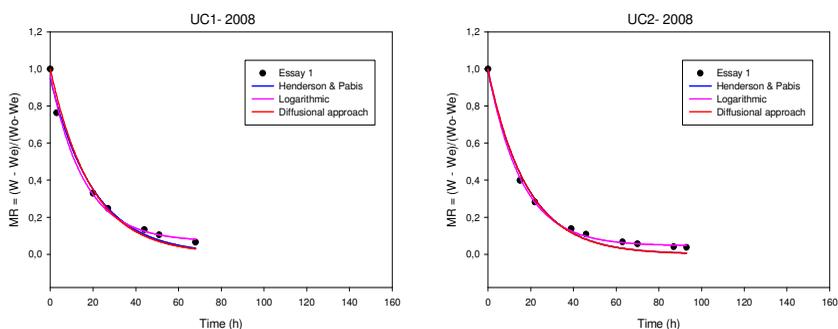


Figura 14 – Cinética de secagem para condições convecção a 40 °C.

Para as peras secadas na estufa solar da ESAV em Agosto de 2008, foram avaliadas algumas propriedades ao longo do processo de secagem, nomeadamente no que respeita à evolução da acidez e do teor de sólidos solúveis (TSS) ao longo do tempo.

Na Figura 15 vê-se que a acidez diminui genericamente ao longo da secagem, embora haja algumas variações no sentido de um aumento, nomeadamente às 20 horas e às 75 horas. A diminuição da acidez é espectável face à evaporação de determinados compostos voláteis ao longo da secagem.

Na Figura 16 pode observar-se que a evolução do TSS apresenta oscilações sem tendência, isto é, os valores finais são aproximadamente iguais aos valores iniciais, quando se esperaria que o TSS crescesse com a secagem.

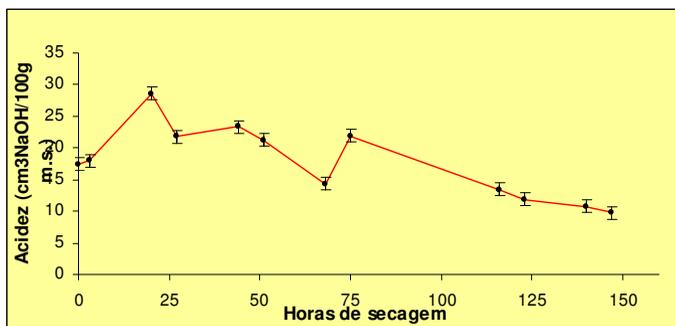


Figura 15 – Evolução da acidez ao longo da secagem feita na estufa solar da ESAV.

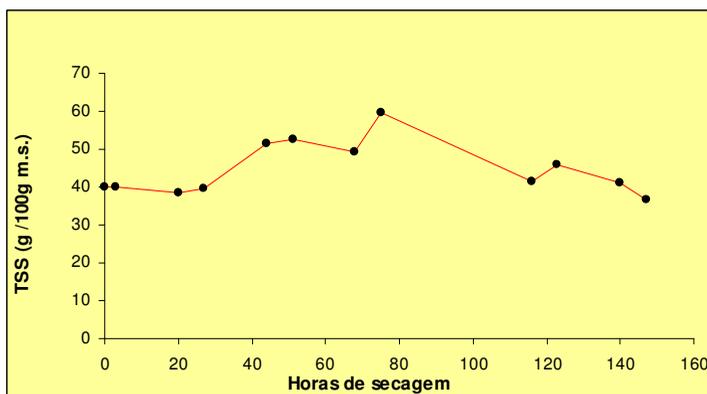


Figura 16 – Evolução do teor de sólidos solúveis ao longo da secagem feita na estufa solar da ESAV.

3. CONCLUSÃO

Através dos registos que foram feitos à temperatura e humidade relativa na estufa durante a secagem das peras verificou-se haver uma correlação muito forte entre estas duas variáveis entre si e por sua vez entre elas e a perda de humidade das peras, de tal forma que altas temperaturas e baixas humidades relativas aceleram a velocidade de secagem, como esperado.

Dos resultados obtidos foi possível verificar que o modelo logarítmico é o que melhor descreve os dados cinéticos para todos os ensaios realizados (3 ensaios na ESAV em 2007 e em 2008 um na ESAV, um na ESTV e dois na Universidade de Coimbra).

Em relação aos tempos de secagem, verificou-se que nos ensaios de secagem solar (da ESAV e da ESTV) as pêras demoraram cerca de 140 horas a atingir conteúdos de humidade de cerca de 20% (critério de paragem), enquanto que para a secagem em túnel a 40 °C (na Universidade de Coimbra) a secagem estava completa

ao fim de 70 horas (no primeiro ensaio) e 90 (horas no ensaio de repetição), sendo este portanto um método significativamente mais rápido.

REFERÊNCIAS

Togrul IT & Pehlivan D (2003) Modelling of Drying Kinetics of Single Apricot, *Journal of Food Engineering*, 58, 23-32.

SECAGEM DE PÊRAS NUMA ESTUFA SOLAR- ALGUNS DADOS EXPERIMENTAIS E SUGESTÕES

Lopes, Paulo¹, Santos, Mónica², Paiva, João Monney¹

¹Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, Escola Superior de Tecnologia do Instituto Politécnico de Viseu.

²CERNAS, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

RESUMO

Numa investigação anteriormente desenvolvida, na Escola Superior Agrária de Viseu, concluiu-se que o método tradicional de secagem de pêras ao ar livre poderia ser substituído por um processo de secagem solar utilizando estufas (Guiné, 2007), reduzindo o tempo de secagem e mantendo as propriedades das pêras secas produzidas pelo método tradicional.

O mecanismo de secagem é constituído por processos complexos que envolvem, entre outros, transferência de calor e de massa. É um típico fenómeno transiente que ocorre por difusão e convecção, fruto de diferenças de concentração e de temperatura, estabelecidas entre as substâncias a secar e as condições ambientais externas. Ao possibilitar a secagem, as moléculas de água podem deslocar-se a partir do interior das substâncias para a superfície em que, desejavelmente, a pressão parcial de vapor de água é superior à pressão parcial verificada na sua vizinhança, fruto do aumento da temperatura causado pelo efeito estufa (Treybal, 1981). A característica transitória intrínseca deste processo é catalisada pela natureza imprevisível do fornecimento de energia solar, o que dificulta a análise de alguns dos factores-chave deste processo. Para ter uma referência para algumas das situações observadas, o presente trabalho irá apresentar alguns resultados sob regime transiente obtidos em laboratório e ao ar livre, em estufas tradicionais. É igualmente apresentado um protótipo de nova estufa solar, desenvolvido com o objectivo de melhorar o processo de secagem, sendo que os resultados experimentais obtidos serão objecto de divulgação posterior.

1. INTRODUÇÃO

Utilizar energia solar para secar produtos agrícolas e assim preservar alimentos, ou seja, aumentar a sua vida útil e garantir a sua disponibilidade fora de época, é um processo muito difundido e utilizado há séculos. Apesar de ser um processo lento, tem a vantagem de ser um processo barato e livre de contaminações, ao mesmo tempo que mantém algumas características físicas, químicas e, não menos importante, organolépticas que, em última instância, são as que estabelecem a sua qualidade.

O método tradicional de secagem de frutos em Portugal consiste na sua exposição à radiação solar directa, normalmente sobre lajes de granito, protegidas do contacto com a superfície por meio de finas camadas de palha seca. As pêras, especialmente na região Norte, são assim secas ao ar livre, durante o Verão, através de um processo complexo que envolve várias operações: o descasque, seguido de uma primeira longa fase de secagem ao ar livre de cerca de uma semana, seguidos de três dias à sombra e, finalmente, um último período de três dias, mais uma vez ao ar livre (Guiné, 2007). As pêras secas produzidas sob estas condições são chamadas “pêra-passa” de Viseu.

Foram feitos recentemente alguns esforços para estudar a secagem de pêras. Muitos dos aspectos relacionados com o processo de secagem têm sido investigados com o propósito de desenvolver novos processos e novas técnicas fiáveis de secagem, especialmente aplicada a este produto tradicional, muito apreciado e com aspectos económicos interessantes (Hui, 2006).

Existem muitos tipos de estufas solares e a sua viabilidade depende em grande parte do tipo de produto a ser seco; isto para lá das condições climáticas a que estão sujeitos no local utilizado. A secagem solar tem várias vantagens, além das que estão ligadas à diminuição do tempo de secagem, como sejam as importantes reduções dos custos energéticos. Tem ainda a acrescentar a grande qualidade do produto final, no que respeita a características microbiológicas. A secagem em estufa faz com que não estejam directamente expostos a vermes, insectos ou poeiras e possibilita a obtenção de um produto estabilizado sem necessidade de qualquer tipo de conservantes (Akpinar, 2008).

Os factores que determinam o fim deste processo de secagem são o nível de açúcar, a concentração do teor de humidade e a eficiência do processo de secagem. No entanto, do ponto de vista do agricultor, demasiado tempo de secagem é igual a falta de tempo para outras actividades, a que acresce o facto de a sua exposição prolongada a condições meteorológicas possibilitar o surgimento de episódios inesperados ou desfavoráveis que podem, eventualmente, comprometer todo o processo.

2. CARACTERIZAÇÃO DO FRUTO

As pêras são frutos bem conhecidos. As duas variedades testadas pertencem à espécie *Pyrus communis*, Pêra Europeia, e são mais especificamente, pêras da variedade "São Bartolomeu" e "Rocha". As dimensões das pêras são difíceis de medir directamente porque a forma pode variar consideravelmente, especialmente no "pescoço" (secção restrita do fruto devido à extensão do tronco final). Apesar da variação do tamanho e forma, as pêras provenientes de um qualquer pomar acabam por seguir um determinado padrão.

3. ESTUFAS E DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO UTILIZADO

3.1. Estufas

As estufas que serviram de base para a realização experimental deste estudo são apresentadas na Fig.1. Foram projectadas e construídas nas instalações da Escola Superior de Tecnologia de Viseu, mais especificamente no Laboratório de Termodinâmica e Transferência de Calor e Massa.

As primeiras estufas utilizadas são duas estufas solares que podem conter entre duas e quatro bandejas no seu interior. As estruturas que estão colocadas dentro da estufa mais pequena têm duas bandejas e as estruturas que estão colocadas na estufa maior, três. O vidro de ambas as estufas tem 3 mm de espessura, um coeficiente de transmissão médio, τ , de 0,88 e uma emissividade média, ε , de 0,95 (Chauliaguet, 1981).

As estufas foram projectadas de modo a que fossem capazes de responder a questões relativas às variações de altura e secção de ventilação, incluindo situações de ventilação aleatória. Ambas as estruturas foram construídas com perfis *Bosch* de 20 milímetros. Os ensaios preliminares foram realizados em laboratório, mais especificamente no Laboratório de Termodinâmica e Transferência de Calor e Massa, com as duas estufas em simultâneo. As dimensões das referidas estufas são 1005 mm x 610 mm x 672 mm, para a estufa maior, e 1005 mm x 610 mm x 360 mm, para a estufa mais pequena.

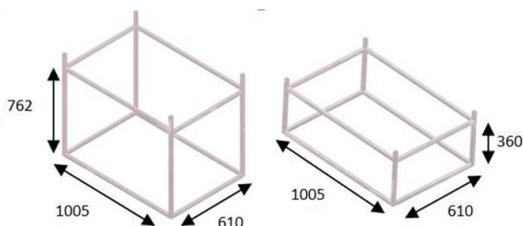


Figura 1 – Diagrama das duas estufas solares (grandes e pequenas) utilizadas na realização experimental (dimensões em mm).

Os primeiros testes foram feitos no interior do laboratório para avaliar a fiabilidade da aquisição de dados de todo o *hardware* assim como todo o *software* associado à realização experimental. Posteriormente, durante o Verão 2008, as duas estufas solares foram transportadas para o exterior da Escola Superior de Tecnologia de Viseu (telhado), colocando-as com uma orientação virada a sul. Finda a (curta) época de Verão seguiu-se um (longo) Inverno e uma Primavera muito desfavorável para a secagem. Devido a estas condições climatéricas adversas, as estufas foram novamente transportadas para o laboratório de Termodinâmica e Transferência de Calor e Massa, onde foram realizados os testes de 2009 abaixo mencionados. Para a realização dos referidos testes utilizou-se uma réplica da média da intensidade da radiação solar de 2008, mais concretamente a média verificada para os meses de Julho e Agosto (a média dos valores intensidade da radiação solar de 2008 foram registados e recolhidos a partir do INMG, dados fornecidos em 2009). Devido às baixas temperaturas que se fizeram sentir foi ainda utilizado um isolamento lateral de poliestireno com 2 centímetros de espessura.

3.2 Protótipo de uma nova estufa solar

Foi construído um protótipo de estufa solar, aproveitando os resultados obtidos e procurando uma solução simples e económica. O resultado traduziu-se numa nova configuração geométrica, em novas dimensões e são o resultado das preocupações com a obtenção da melhor exposição solar directa do produto a secar. Este protótipo encontra-se ainda em fase de testes experimentais. Foi também projectado e construído nas instalações da Escola Superior de Tecnologia de Viseu. Os resultados experimentais obtidos serão divulgados mais detalhadamente num futuro próximo.

Pode-se visualizar o novo protótipo na Fig.2.



Figura 2 – Protótipo de uma nova estufa solar.

4. RESULTADOS

4.1. Resultados de 2008 (iniciais)

As pêras de São Bartolomeu foram secas utilizando a radiação solar ambiente entre os dias 6 e 16 de Agosto de 2008. A investigação foi conduzida segundo um calendário pré-definido a fim de tentar realizar testes nas mesmas condições de maturidade das ocorridas em 2007. Para uma determinada quantidade de pêras, para os lotes de um mesmo pomar e das mesmas árvores, deveriam ser testados em três dias específicos, de modo a que o processo de secagem do próximo lote representasse uma etapa mais avançada do estado de maturidade das pêras.



Figura 3 – Secagem das pêras no telhado da escola durante o verão 2008.

Infelizmente, as condições meteorológicas foram de tal maneira instáveis durante essas quase duas semanas (incluindo mesmo alguns períodos de chuva), que os testes não puderam ser realizados segundo o calendário pré-definido. De notar que quando o primeiro ensaio tinha finalmente terminado, as pêras do segundo lote já não estavam nas melhores condições, razão pela qual se teve de utilizar o terceiro lote. Os dias que se seguiram foram igualmente atípicos, tendo-se verificado um alto teor de humidade e baixas temperaturas do ar ambiente.

Na realização do teste 8X existiam pêras em todas as bandejas (bandeja superior, intermédia e inferior). O teste 9X tinha apenas pêras sobre a bandeja inferior, ou seja, a 5 cm de altura em ambas as estufas. O teste 10X apenas tinha pêras na bandeja superior, ou seja, a 20 cm para a estufa pequena e a 50 cm para a estufa grande, respectivamente. Os resultados obtidos podem ser brevemente resumidos da seguinte forma:

Tabela 1 – Testes de 2008 com a pêra de S. Bartolomeu.

Teste	Estufa ⁽¹⁾	Nº de pêras	Massa inicial	Secção de ventilação	Ambiente		Estufa		Pêra	Duração
		<i>u.</i> (-)	<i>m_i</i> (g)	<i>A_i</i> = <i>A_e</i> ⁽²⁾ (cm ²)	<i>T</i> (°C)	<i>HR</i> (%)	<i>T</i> (°C)	<i>HR</i> (%)	<i>T</i> (°C)	<i>t</i> (h)
8X	PQ	36	2267	54	26	47	39	37	-	84
	GR	43	2747	54			37	43	-	84
9X	PQ	20	1220	54	20	78	38	42	60	72
	GR	22	1364	54			30	46	45	72
10X	PQ	24	1562	54	31	29	63	33	55	72
	GR	24	1510	54			59	33	65	72

⁽¹⁾ PQ- pequena; GR- grande.

⁽²⁾ *A_i*- secção de entrada; *A_e*- secção de saída.

Como referido, os três ensaios foram feitos sob condições atmosféricas muito instáveis. Durante o dia a temperatura no interior da estufa maior era ligeiramente mais baixa que a temperatura dentro da estufa menor. Durante o período nocturno verificou-se que esta diferença diminuía um pouco. Verificou-se ainda que as pêras colocadas na estufa maior atingiram temperaturas mais elevadas a 50 cm do que aquelas que foram colocadas a 5 cm. Para a estufa mais pequena, as pêras colocadas a 5 cm atingiram um valor ligeiramente superior ao das pêras situadas a 20 cm (Fig.4).

A evolução da humidade relativa revela a existência da precipitação que ocorreu durante períodos de Agosto de 2008 e mostra que a estufa maior tem uma maior permeabilidade às condições ambientes. As pêras também recuperaram alguma da sua perda de massa durante a noite, principalmente devido ao aumento da humidade relativa do ar que é causada por uma diminuição da temperatura ambiente e um aumento do seu nível higroscópico; parte da humidade perdida durante o dia é assim reabsorvida. Durante as manhãs verifica-se que existe uma maior taxa de secagem, relativamente aos períodos da tarde. Não foi possível determinar nenhuma correlação com a radiação solar por avaria do piranómetro. A evolução da taxa de secagem não revela diferenças significativas entre as duas estufas (Fig.5). A recuperação da taxa de secagem ao terceiro dia foi devida à ocorrência dum período chuvoso.

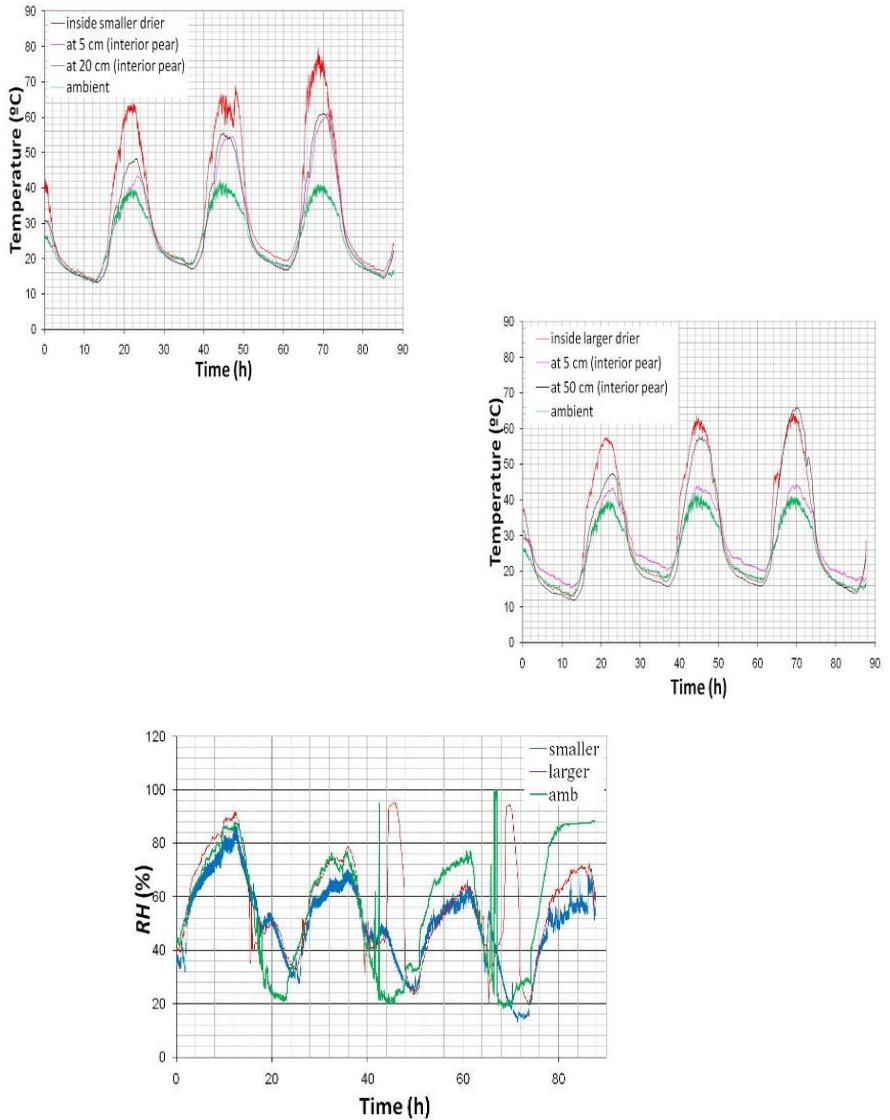


Figura 4 – Variação da temperatura e humidade relativa ao longo do tempo (estufas grande e pequena).

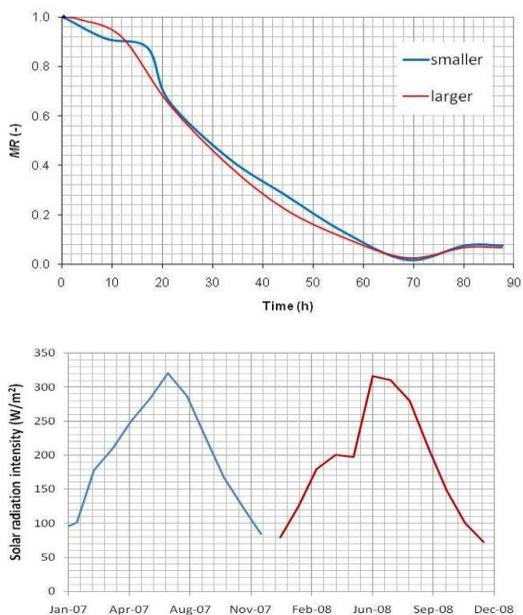


Figura 5 – Evolução da taxa de secagem com o tempo, à esquerda, radiação solar relativa aos períodos de 2007 e 2008, à direita.

4.2. Resultados de 2009 (posteriores)

Não tendo pêras de S. Bartolomeu disponíveis, tiveram que se utilizar pêras de espécies alternativas. O fruto que apresentava disposição semelhante em termos de tamanho, e que estava disponível no mercado, foi a variedade “Rocha”. Os resultados apresentados dizem por isso respeito a esta última.

4.2.1. Temperatura, humidade relativa e taxa de humidade com carga

Quando carregada com pêras, as variações de temperatura, humidade relativa e evolução da taxa de humidade ao longo do tempo são as apresentadas na Fig. 6. A razão entre as secções de ventilação obedece a uma proporção de 1:2. Os valores de temperatura e humidade relativa são valores esperados.

A diminuição da temperatura durante o período nocturno induz um aumento dos valores de humidade relativa, só que já não tão importante como os registados a quando das experiências de 2008, presume-se que devido ao facto de que a influência das condições ambientais não ser tão acentuada dentro das instalações laboratoriais. Zonas mais “altas”, no interior da estufa, têm temperaturas mais elevadas, devido aos efeitos de convecção *versus* condução estarem muito perto da zona limite da estufa.

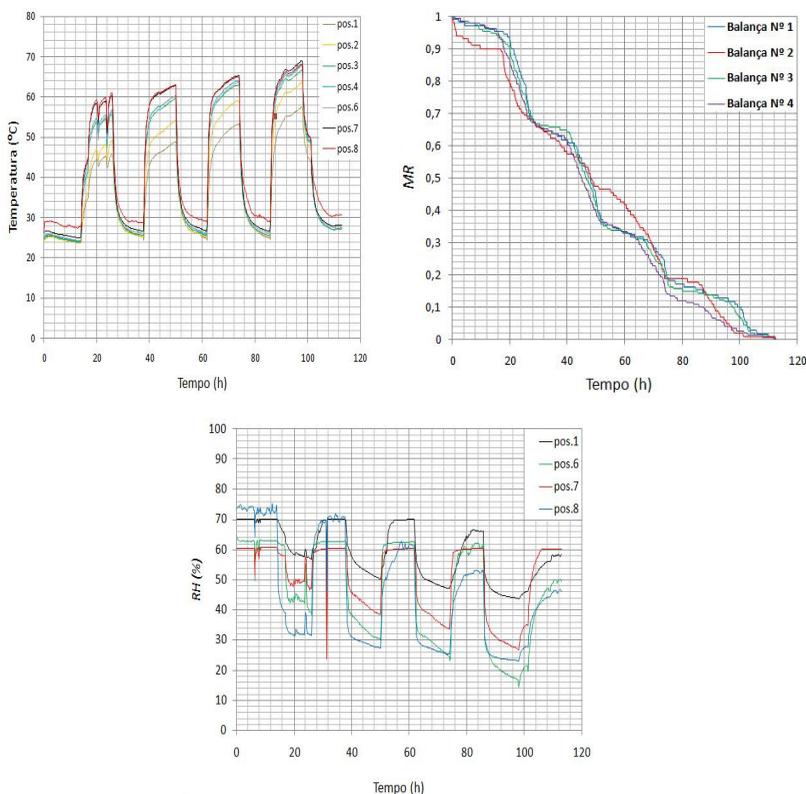


Figura 6 – Perfis de evolução de temperatura e humidade relativa e taxa de humidade.

4.2.2. Ventilação aleatória

Os teste foram realizados em ambientes fechados e os dados adquiridos permitiram a comparação de velocidades do ar interno em regime de convecção natural com velocidades em regime de convecção aleatória (forçado), para situações com e sem carga.

Utilizando uma girândola pode-se, eventualmente, conseguir um aumento na velocidade média de, aproximadamente, 50% da velocidade superficial do ar; espera-se assim um aumento significativo da taxa de secagem. Devido às condições meteorológicas, que se encontravam desfavoráveis, não foi possível colocar o conjunto experimental ao ar livre a fim de verificar se a exposição a longos períodos de extracção aleatória tornavam “efectivos” os efeitos sobre a taxa média de secagem do processo. Num futuro trabalho serão apresentados resultados utilizando este modo de extracção aleatória.

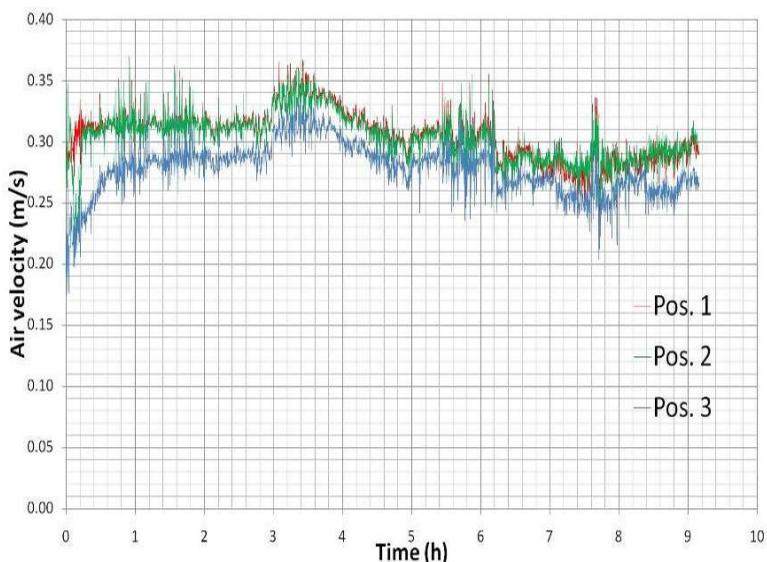


Figura 7 - Girândola e velocidade interna do ar simulando extracção aleatória forçada.

5. CONCLUSÕES

Os resultados do trabalho experimental sobre secagem pêras numa estufa solar foram apresentados. Alterações na altura da estufa, para a mesma carga, não parecem influenciar significativamente os principais parâmetros adquiridos nem a taxa de secagem. Os perfis de temperatura espaciais não mostraram qualquer mudança significativa no padrão nem nos valores adquiridos ao longo do tempo. Diferentes secções de ventilação influenciam a temperatura, a velocidade e a taxa de secagem, que são mais elevadas perto da zona de saída das estufas. Utilizando uma girândola na ventilação aleatória, aumentou naturalmente a velocidade do ar, mas os seus efeitos sobre a taxa de secagem ao ar livre ainda têm que ser demonstrados, pois a sua influência é controversa. No futuro será avaliada a influência do vento sobre o processo de secagem.

REFERÊNCIAS

- Akpinar, E., 2008, "Mathematical modeling and experimental investigation on sun and solar drying of white mulberry", *Journal of Mechanical Science and Technology*, 22, pp. 1544-1553.
- ASHRAE, 2001, "Fundamental Handbook", Atlanta, GA, USA: ASHRAE; 2001.
- Azad, E., 2008, "Design and experimental study of solar agricultural dryer for rural area", *Livestock Research for Rural Development*, 20 (9), Article #134.
- Chauliaguët , C., Baratabal, P. & Batellier, J., 1981, "L'énergie solaire dans le bâtiment", *Éd. Eyrolles*, 46, pp. 78- 91.
- Demir, F., Dogan, H., Ozcan, M. & Haciseferogullari, H., 2002, "Nutritional and physical properties of hackberry (*Celtis australis* L.)", *Journal of Food Engineering*, 54, pp. 241-247.
- Ekechukwu O., 1999, "Review of solar-energy drying systems I: An overview of drying principles and theory", *Energy Conversion and Management*, 40, pp. 593–613.
- Fathou, M., Metwally, M., Helali, A. & Shedid, M., 2006, "Herbs drying using a heat pump dryer", *Energy Conversion and Management*, 47, pp. 2629-2643.
- Guiné, R., Rodrigues, A. & Figueiredo, M., 2007, "Modelling and simulation of pear drying", *Applied Mathematics and Computation*, 192, pp. 69-77.
- Hui, Y, Barta, J., Cano, M., Guzek, T., Sidhu, J. & Sinha, N., 2006, "Handbook of fruits and fruit processing", Ed. Wiley-Blackwell, pp. 533-534.
- Kabas, O., Ozmeri, A. & Akinci, I., 2006, "Physical properties of cactus pear (*Opuntia ficus india* L.) grown wild in Turkey", *Journal of Food Engineering*, 73, pp. 198-202.
- Kouhila, M., Kechaou, N., Otmani, M., Fliyou, M. & Lahasasni, S., 2002, Experimental study of sorption isotherms and drying kinetics of Moroccan Eucalyptus Globulus", *Drying Technology*, 20 (10), pp. 2027- 2039.
- Lahasasni , S., Kouhila, M., Mahrouz, M. & Jahouari, J., 2004, "Drying kinetics of prickly pear fruit (*Opuntia ficus indica*)", *Journal of Food Engineering*, 61, pp. 173- 179.
- Mitcham E. & Elkins R., 2007, "Pear Production and Handling Manual", 1st ed., Technology & Engineering series, Division of Agriculture and Natural Resources, 215 p.
- Pathak, P., Agrawal, Y. & Singh, B., 1991, "Thin layer drying model for rapeseed", *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 34 (6), pp. 2505–2508.
- Sampaio C., Passos, E., Dias, G. & Correa, P., 1998, "Desenvolvimento e Avaliação de um Anemômetro de Fio Quente operando a Temperatura Constante", *Ver. Bras. de Eng. Agr. e Amb.*, 2, 2, p.229-234, PB, DEAg/UFPB.
- Saravia, L. & Passamai, V., 1997, "Relation between a solar drying model of red pepper and the kinetics of pure water evaporation (I)", *Drying Technology*, 15 (5), pp. 1419- 1432.
- Singh, P., Singh, S. and Dhaliwal, S., 2006, "Multi-shelf domestic solar dryer", *Energy Conversion and Management*, 47, pp. 799–815.
- Treybal, R., 1981, "Mass-transfer operations", International Edition, McGraw-Hill, Inc., 784 p.
- Westwood, M.N., 1993, "Species and Varieties", in Westwood, M.N. (Ed.), *Temperate-Zone Pomology: Physiology and Culture*. Timber Press Inc., Portland, Oregon, pp. 67–114.
- Yunfei L., Morey V. & Afinrud, M., 1987, "Thin-layer drying rates of oilseed sunflower", *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 30 (4), pp. 1172–1175.

SECAGEM CONVECTIVA EM TÚNEL DE PÊRA SÃO BARTOLOMEU

Silva V¹, Figueiredo AR¹, Costa JJ¹

¹ADAI, Faculdade de Ciências e Tecnologia, UC.

RESUMO

Foram realizadas em Agosto dos anos de 2007 e 2008 secagens de Pêra São Bartolomeu em túnel, com circulação de ar forçada. Estes ensaios foram realizados, como alternativa às técnicas convencionais de secagem solar, em regime contínuo. Nos anos de 2007 e 2008 foram utilizadas temperaturas de secagem de 40°C. Em 2007 foi realizada também uma secagem a 30°C. Foram utilizados diversos caudais de ar nos dois anos.

Os resultados obtidos permitiram constatar que a temperatura desempenha um papel fulcral ao nível da velocidade de secagem, quando comparada com o factor velocidade do ar. As secagens a 40°C revelaram-se vantajosas ao nível da rapidez, aliada a uma maior segurança alimentar do processo, quando comparadas com a mesma operação a 30°C.

As secagens convectivas efectuadas em regime contínuo mostraram ser uma alternativa a considerar relativamente à secagem tradicional de pêra São Bartolomeu, por permitir uma maior rapidez de secagem e controlo do processo. Contudo a ausência de algumas características organolépticas, nomeadamente ao nível da coloração do produto final, apresenta-se como uma condicionante a ser minimizada.

1. INTRODUÇÃO

Pode afirmar-se que o processo de secagem de alimentos é uma prática ancestral, que surgiu primeiramente por necessidade de alargar o período de conservação dos mesmos. Tradicionalmente, o método escolhido é o da secagem por exposição directa ao sol (Doymaz, 2005; Ferreira & Candeias, 2005; Karathanos & Belessiotis, 1997). Este processo revela contudo alguns problemas, quer pela permanência excessiva às condições meteorológicas oscilantes, quer devido à fauna presente, nomeadamente insectos, podendo resultar danos significativos ao nível do produto final (Ferreira & Candeias, 2005; Sharma *et al.*, 2009).

Com vista a minimizar estes efeitos indesejáveis, foram surgindo nos últimos anos algumas alternativas, nomeadamente secadores solares, de menor ou maior grau de complexidade (Ferreira & Candeias, 2005; Sharma *et al.*, 2009; Murthy, 2009). Estes dividem-se em sistemas directos e indirectos. Nos primeiros existe exposição solar directa, incidindo a radiação na superfície exterior. Nestes sistemas existem aberturas por forma a garantir a circulação do ar, geralmente por convecção natural. São exemplos comuns as estufas, ou túneis, de maior ou menor dimensão, cobertos por plástico ou vidro (entre outros materiais) (Fohr & Figueiredo, 1987; Murthy, 2009; Sacilik *et al.*, 2006; Sharma *et al.*, 2009) ou pequenos secadores (caixas) com cobertura no mesmo material (Mwithiga & Kigo, 2006; Saleh & Badran, 2009). Nos secadores indirectos, existe o acoplamento de um colector solar à câmara de secagem, sendo que o produto não contacta directamente com a radiação solar. No colector o ar é aquecido e posteriormente transportado até à câmara (Ferreira & Candeias, 2005; Mohamed *et al.*, 2008; Murthy, 2009; Nourhène *et al.*, 2008; Sharma *et al.*, 2009; Seres & Farkas, 2007).

Estes sistemas de secagem embora sejam uma clara evolução, não permitem contudo a independência das condições meteorológicas. Desta forma a secagem por

convecção forçada em túnel surge como alternativa, permitindo um total controlo do processo e das condições impostas ao mesmo, sem as componentes limitantes das condições meteorológicas (Ferreira & Candeias, 2005; Karathanos & Belessiotis, 1997).

Como este processo apresenta geralmente maiores gastos energéticos, têm sido ultimamente desenvolvidos colectores solares híbridos que conjugam a utilização de colectores solares a meios auxiliares, que permitam também a laboração em regime contínuo (Ferreira & Candeias, 2005; Sharma *et al.*, 2009; Murthy, 2009).

A utilização dos diversos sistemas referidos e principalmente a melhoria das técnicas de secagem de frutos e outros produtos, é factor cada vez mais importante, não só como meio de conservação de alimentos mas também na obtenção de novos produtos de qualidade e excelência.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Câmara de Secagem

No ano de 2007 foi utilizada uma unidade de secagem P. A. Hilton, Ltd (*Hampshire, England*), de velocidade de ar regulável e grelhas de aquecimento até 4kW de potência, com capacidade para aproximadamente 20 pêras. Em 2008 foi construída uma câmara em polietileno extrudido com capacidade total aproximada de 170 pêras. O ar aquecido é, neste caso, proveniente de uma bateria de aquecimento constituída por diversos ventiladores estrategicamente colocados à entrada da câmara. Os dois modelos descritos encontram-se presentes na Figura 1.

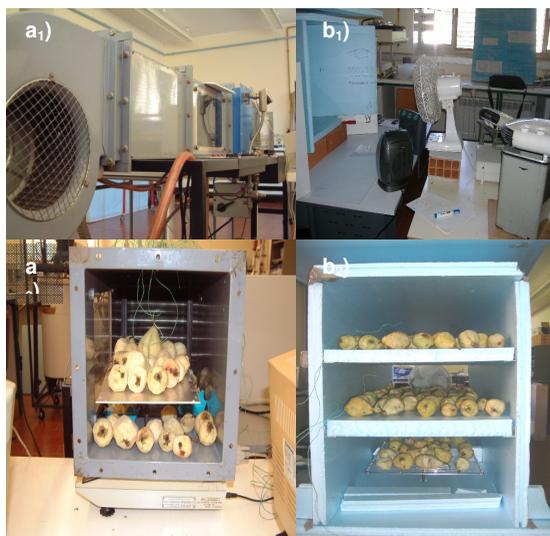


Figura 1 – a) Câmara de secagem usada em 2007: a₁) Vista lateral; a₂) Vista frontal com pêras. b) Câmara de secagem utilizada em 2008: b₁) Vista da retaguarda com aparato de aquecimento e ventilação; b₂) Vista frontal (com pêras).

2.2. Aquisição de massas

O tabuleiro do ensaio 2007 e o tabuleiro inferior da câmara de secagem em 2008 possuíam uma base de metal que assentava directamente sobre a balança electrónica (FX – 3000 (A&D company, *Abingdon – Reino Unido*), com uma divisão mínima de 0,01g, utilizada para aquisição em regime contínuo, como é observável na Figura 2. Todos os valores de massa foram registados com o secador em funcionamento em cada ensaio. Assim o valor de massa inicial corresponde ao registado no momento exacto em que foi ligado o secador e que, consequentemente, indica o início do ensaio. Do mesmo modo o último valor é registado no momento imediatamente antes de ser desligado o secador. O programa de aquisição de massas em *QBasic* foi preparado para aquisições automáticas em intervalos de 90 segundos em 2007 e 60 segundos em 2008. Nestas aquisições o valor obtido resulta sempre de uma média de quatro pesagens consecutivas.

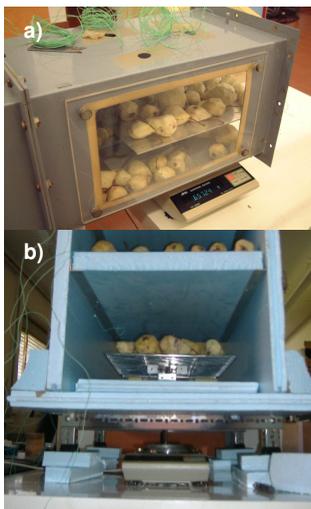


Figura 2 – Aquisição de massas em regime contínuo em: a) 2007; b) 2008.

2.3. Aquisição de temperaturas

As temperaturas ao longo dos ensaios, na câmara e nas pêras, foram registadas por termopares conectados a uma interface PICO –TC 08, da Pico Technology (*Cambridgeshire – Reino Unido*). Os dados foram visualizados e guardados através do software Picolog Recorder da mesma empresa (Figura 3).

Em cada ensaio foram seleccionadas algumas pêras sendo colocados termopares à superfície, prendendo as extremidades dos mesmos através de um corte superficial muito fino. Foram igualmente colocados termopares no interior, perfurando a pêra previamente com um arame até ao seu centro.

Os restantes termopares foram introduzidos no interior da câmara de secagem de modo a registar a temperatura do fluxo de ar.

O software foi preparado para efectuar o registo de temperaturas em intervalos de 90 segundos.

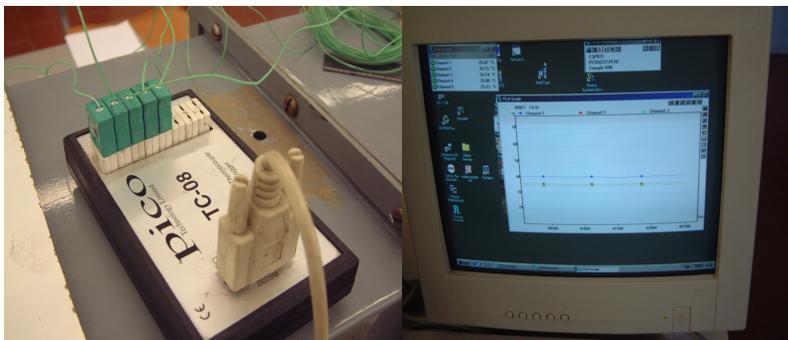


Figura 3 – Interface e software de aquisição de temperaturas.

2.4. Determinação da humidade das pêras frescas

Em cada ensaio, para a determinação da humidade, foram retirados pedaços de pêras pertencentes ao mesmo lote a ser secado (previamente descascadas) e pesados. Os pedaços foram então colocados na estufa *WTC Binder F53* (Tuttlingen, Alemanha) a 115°C, sobre papel de alumínio, como mostrado na figura 4.



Figura 4 – Pedaços de pêras colocados na estufa, para cálculo da humidade.

As pêras foram periodicamente retiradas e pesadas até peso constante. A humidade (em base húmida) foi então calculada através da fórmula:

$$\text{Hum}(\%) = \left(\frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{P_{\text{inicial}}} \right) \times 100$$

Em que $P_{inicial}$ e P_{final} representam a massa das pêras antes e após secagem em estufa, respectivamente. Após determinação de humidade individual foi calculada a média e desvio padrão.

Durante os ensaios foi usada a mesma fórmula para determinação da percentagem de humidade em base húmida ao longo processo substituindo $P_{inicial}$ pela massa das pêras em cada instante, e a humidade em base seca fazendo a mesma substituição mas usando como denominador a massa de matéria seca (P_{final}).

2.5 – Preparação das secagens

As pêras de variedade São Bartolomeu, após colheita, foram colocadas em frigoríficos até serem secadas. Estas foram descascadas (preservando o pedúnculo intacto) imediatamente antes de cada ensaio.

Após o descasque, as pêras foram distribuídas na câmara de secagem, sendo colocadas 20 no tabuleiro de pesagem contínua. Houve em todos os ensaios a preocupação de colocar as mesmas a uma distância sensivelmente idêntica uma das outras, permitindo a circulação de ar entre as mesmas da forma mais homogênea possível

2.6 – Parâmetros de secagem

Foram realizados ensaios de secagem convectiva a temperaturas de 30°C e 40°C.

A velocidade do ar variou entre os 1,1 m/s e os 2,7 m/s.

É de referir que, em todos os ensaios realizados, a temperatura da câmara e a velocidade do ar mantiveram-se constantes ao longo da secagem.

2.7 – Critérios de paragem dos ensaios

Os critérios de paragem dos ensaios definidos foram os seguintes:

- 1 - Redução dos teores de humidade nas pêras a 20% em base húmida.
- 2 - Massa constante ou com variação desprezável
- 3 - Pêras incompatíveis (produto final sem características de pêra secada)

3. RESULTADOS

Os resultados descritos neste capítulo apresentam um resumo comparativo dos ensaios realizados em Agosto de 2007 e 2008, nas diferentes condições impostas:

3.1- Comparação entre ensaios a 40°C (Influência do grau de maturação e velocidade do ar).

A tabela 1 apresenta a cronologia e velocidade do ar imposta, nos ensaios que foram realizados à temperatura de 40°C.

Tabela 1 – Cronologia e condições de ensaio.

Ano	Data da colheita	Data do ensaio	Velocidade do ar (m/s)
2007	27 de Julho	2 de Agosto	2,2
	10 de Agosto	13 de Agosto	
	20 de Agosto	21 de Agosto	
2008	12 de Agosto	13 de Agosto	1,1
	12 de Agosto	18 de Agosto	

De notar que no ano de 2008 foi apenas efectuada uma colheita, num grau de maturação aproximado ao do período compreendido entre as 2^{as} e 3^{as} colheitas de 2007.

A humidade inicial das pêras foi obtida através do método apresentado em 2.4. e a humidade ao longo do ensaio foi calculada através da monitorização da massa, adquirida continuamente. O quadro resumo da humidade inicial e final das pêras encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Humidade inicial e final em base seca e base húmida dos diferentes ensaios.

Ano	Ensaio	Humidade Inicial em base seca (%)	Humidade final em base seca (%)	Humidade inicial em base húmida (%)	Humidade inicial em base húmida (%)
2007	1	418,0	51,3	80,7	33,9
	2	382,8	33,0	79,3	24,8
	3	300,7	24,9	75,0	20,0
2008	1	585,0	45,6	85,4	31,3
	2	594,4	30,7	85,6	23,5

Os ensaios foram suspensos de acordo com os critérios referidos em 2.7, tendo-se verificado o critério de massa constante ou variação desprezível para todos os ensaios, excepto o ensaio 1 de 2007 por verificação de produto não conforme (pêra secada com crosta extremamente enrugada) e o ensaio 3 do mesmo ano por se ter atingido o objectivo de 20% de humidade final em base húmida.

De realçar que os teores iniciais de humidade nas pêras em 2007 mostram o avançar do estado de maturação com respectiva diminuição de valores. Em 2008 a humidade das pêras é idêntica, uma vez que se trata de uma análise do mesmo lote, apenas sujeito a variações entre diferentes frutos da amostragem.

A variação da humidade ao longo do ensaio é ilustrada pelos gráficos das figuras 5 (humidade em base seca) e 6 (humidade em base húmida).

Evidencia-se por um lado uma perda de humidade em mais curto espaço de tempo nos ensaios de 2007 (exceptuando o ensaio 2) relativamente ao ano de 2008, provavelmente provocado pelas condições de velocidade do ar mais elevadas. Essa condição, aliada a um prematuro estado de maturação foram provavelmente determinantes para o fim abrupto do ensaio 1 do primeiro ano por falta de viabilidade do produto obtido (as pêras encontravam-se demasiado duras, com formação de uma crosta enrugada). Verifica-se também perfis de humidade mais harmoniosos para as secagens de 2008 (menor velocidade de ar), notando-se uma fase inicial de maior perda de água, uma fase de desaceleração e posterior estabilização. Em 2007 esses patamares não foram tão notórios verificando-se estabilizações mais abruptas com tempos totais de secagem menores nos ensaios 1 e 3.

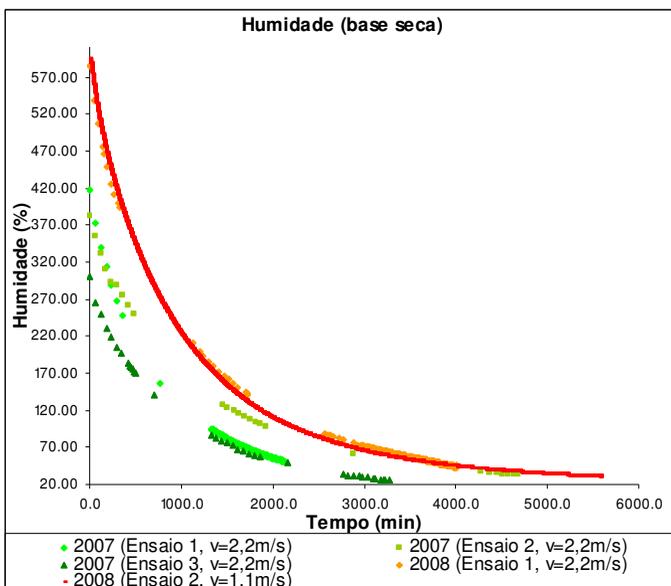


Figura 5 – Variação de humidade (base seca) ao longo dos ensaios.

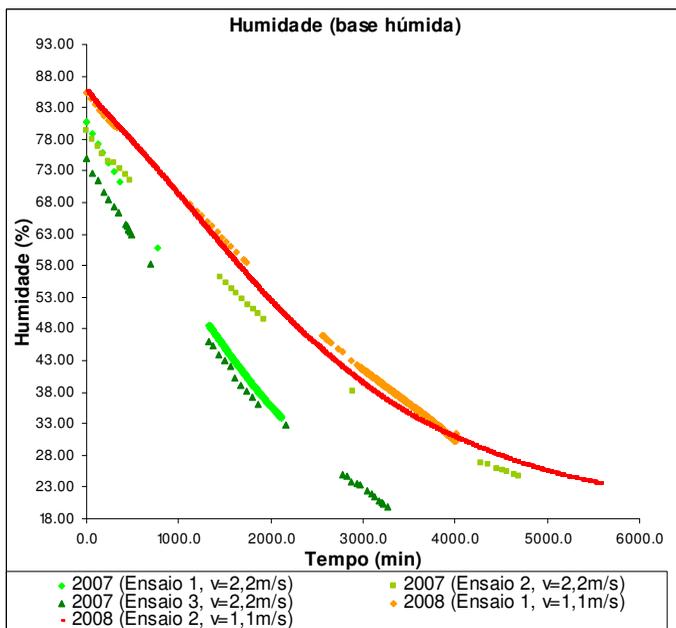


Figura 6 – Variação de humidade (base húmida) ao longo dos ensaios.

A figura 7 mostra a evolução do parâmetro “massa” das pêras, através de uma escala adimensional de Massa/Massa inicial para melhor comparação entre ensaios:

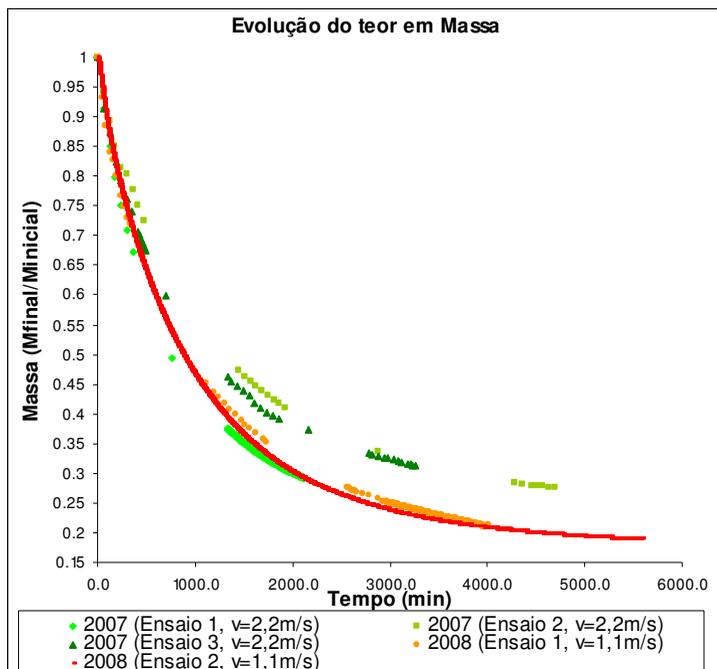


Figura 7 – Evolução da perda de massa ao longo do ensaio.

Evidencia-se uma maior perda de massa nos ensaios de 2008 em conformidade com a maior humidade inicial das pêras. Verificam-se também semelhanças ao nível das curvas de secagem, não obstante a variação das velocidades de ar impostas nos dois anos. Novamente é visível no primeiro ensaio de 2007 um exagerado declive inicial, traduzido neste caso, por uma perda de massa exagerada numa primeira fase de secagem seguida de uma estabilização repentina.

A figura 8 demonstra a cinética de secagem pela variação do teor de massa ao longo do tempo.

É de notar o comportamento semelhante de todas as curvas de secagem nomeadamente após os 1500 minutos (25 horas) de secagem. Tal facto parece indicar que, apesar das diferentes velocidades de secagem utilizadas, existe um padrão de secagem para processos à mesma temperatura (neste caso 40°C), e que esta parece desempenhar um papel mais importante ao nível da cinética de secagem do que a velocidade do ar. Este último aspecto é abordado no capítulo seguinte

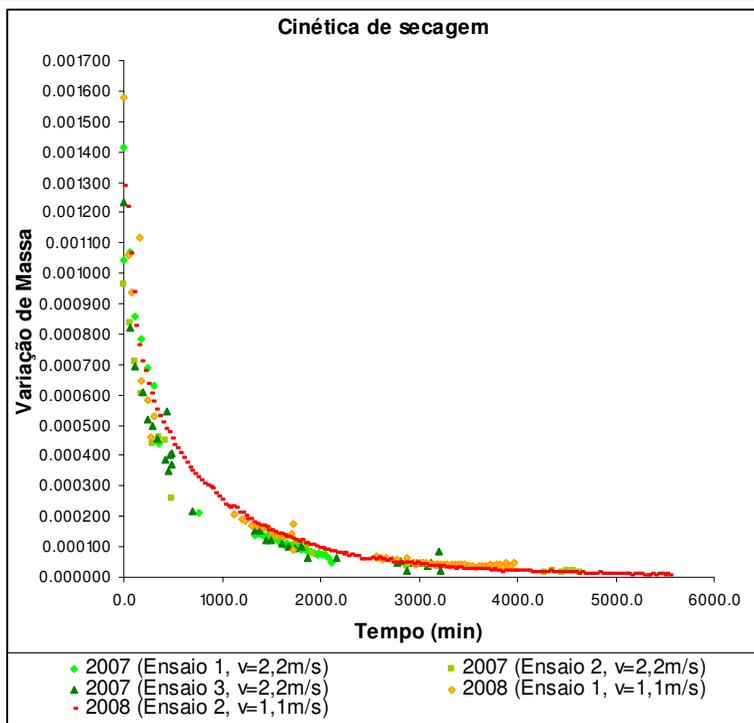


Figura 8 – Variação da massa ao longo do tempo para os diferentes ensaios.

3.2 – Comparação de ensaios a diferentes temperaturas

Foi efectuada em Agosto de 2007 uma secagem à temperatura de 30°C, utilizando o mesmo lote de pêras do Ensaio 3 a 40°C. Serão estes dois ensaios que serão comparados de seguida. A cronologia dos mesmos, temperaturas e velocidades de ar impostas estão presentes na tabela 3.

Tabela 3 – Cronologia dos ensaios a diferentes temperaturas.

Ano	Data da colheita	Data do ensaio	Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m/s)
2007	20 de Agosto	21 de Agosto	40	2,2
	20 de Agosto	27 de Agosto	30	2,7

No ensaio a 30°C e por limitação técnica, foi necessário o aumento da velocidade do ar na câmara de secagem.

As humidades iniciais e finais em base seca e húmida verificadas nas duas secagens, encontram-se presentes na tabela 4.

Tabela 4 – Humidade inicial e final em base seca e húmida dos ensaios a diferentes temperaturas.

Ensaio	Humidade Inicial em base seca (%)	Humidade final em base seca (%)	Humidade inicial em base húmida (%)	Humidade inicial em base húmida (%)
40°C	300,7	24,9	75,0	20,0
30°C	300,7	24,9	75,0	20,0

Ambos os ensaios foram interrompidos com 20% de humidade final (19,96% e 19,98%, respectivamente), segundo o critério pré estabelecido.

A evolução do teor de humidade ao longo do tempo pode ser observado nas figuras 9 e 10.

Em ambos os gráficos é perfeitamente observável que a perda de humidade se processa mais rapidamente no ensaio a 40°C.

A diferença muito significativa no tempo de ensaio (o ensaio a 40°C foi concluído em menos 28 horas que o ensaio a 30°C), aliado à maior velocidade de ar imposta no ensaio a menor temperatura vem reforçar a ideia que a temperatura parece de facto exercer maior influência ao nível dos processos de secagem convectiva do que a velocidade do ar.

Da mesma forma a perda de massa é substancialmente mais rápida no ensaio a maior temperatura, após uma primeira fase de secagem relativamente idêntica como é possível verificar na Figura 11.

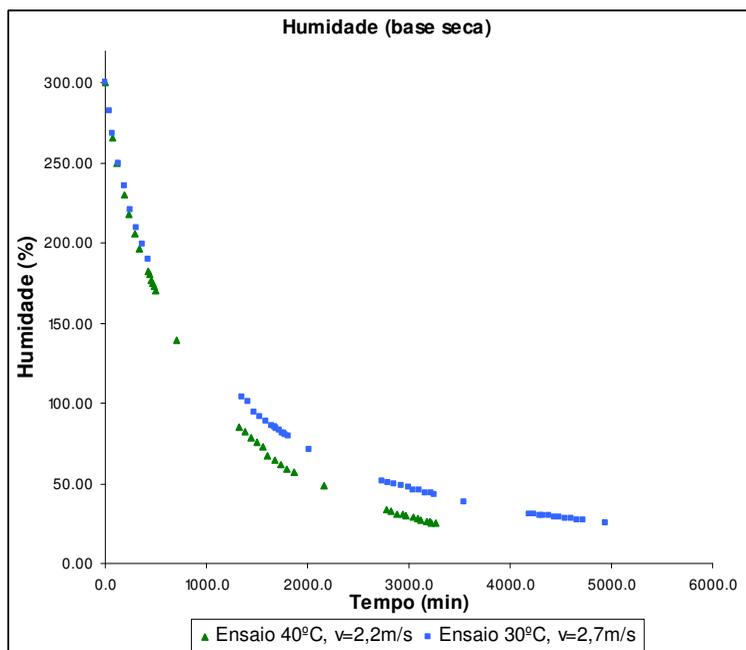


Figura 9 – Humidade em base seca para ensaios a diferente temperatura.

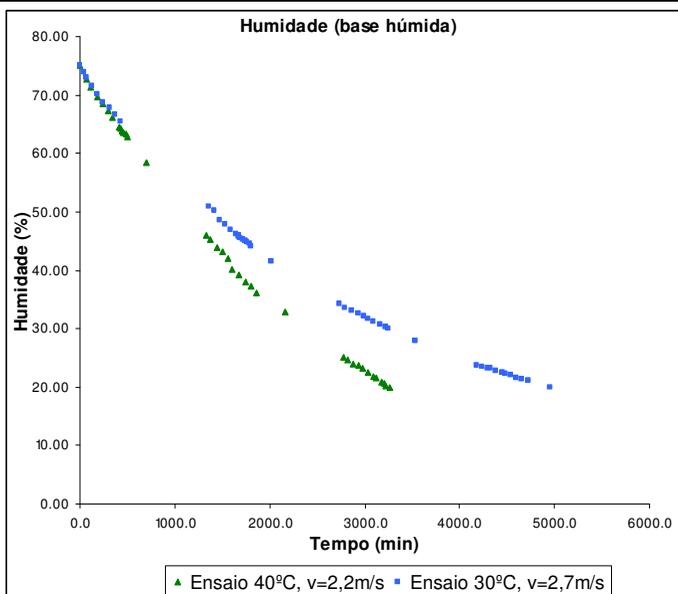


Figura 10 – Humidade em base húmida para ensaios a diferentes temperaturas.

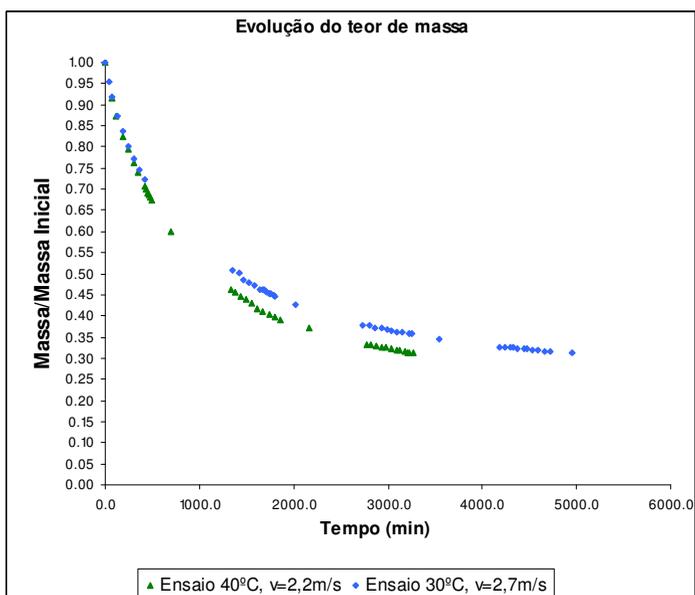


Figura 11 – Evolução da Massa/Massa Inicial, nos ensaios a diferentes temperaturas.

De notar mais uma vez o comportamento semelhante das curvas na fase inicial de secagem, caracterizada por um decréscimo rápido.

Na fase de desaceleração existe uma maior perda de massa no ensaio a 40°C que leva a uma secagem mais rápida antes da estabilização final e consequente estagnação da variação de massa.

Os perfis cinéticos, como observado na Figura 12, são semelhantes. Contudo verifica-se mais uma vez no ensaio a 40°C que para tempos semelhantes, e até à fase de estabilização, as variações são superiores, correspondendo a uma maior velocidade de secagem.

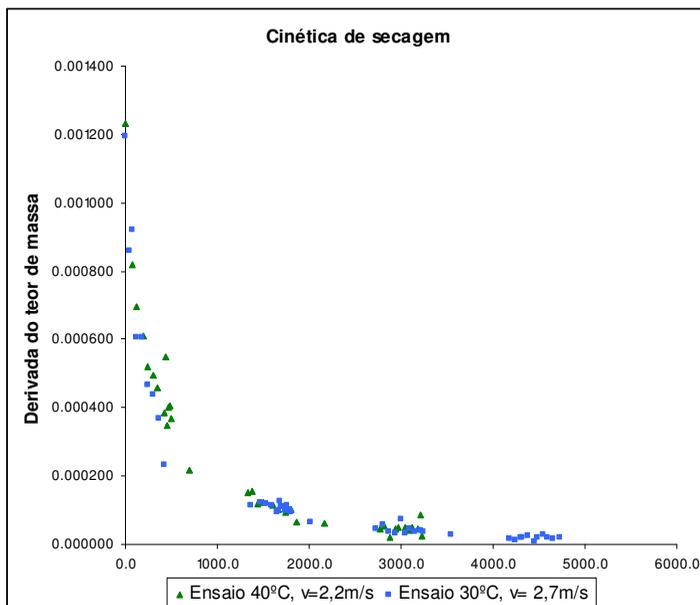


Figura 12 – Derivada do teor de massa ao longo do tempo em ensaios a diferentes temperaturas.

3.3. Características visuais das pêras secadas convectivamente

Em ambos os anos, as pêras secadas em secador convectivo foram observadas no final dos ensaios, no sentido de comparar a viabilidade do produto final quando comparado com o produto tradicional.

Assim denotou-se que a principal diferença se regista ao nível da coloração, que se caracteriza por tons vermelho colorau nas pêras secadas tradicionalmente ao sol. Na secagem convectiva verifica-se a ausência desta pigmentação típica do produto.

No sentido de tentar conferir essas características foram realizadas ensaios isolados com lâmpadas de UV, IV e halogénio.

Os resultados mostraram que apenas com a lâmpada de halogénio foi possível obter alguma coloração das pêras em estudo, embora muito diminutamente.

Algumas fotos comparativas entre pêras sujeitas a diferentes tipos de secagem estão presentes na Figura 13, sendo perfeitamente notória a diferença verificada ao nível da cor.

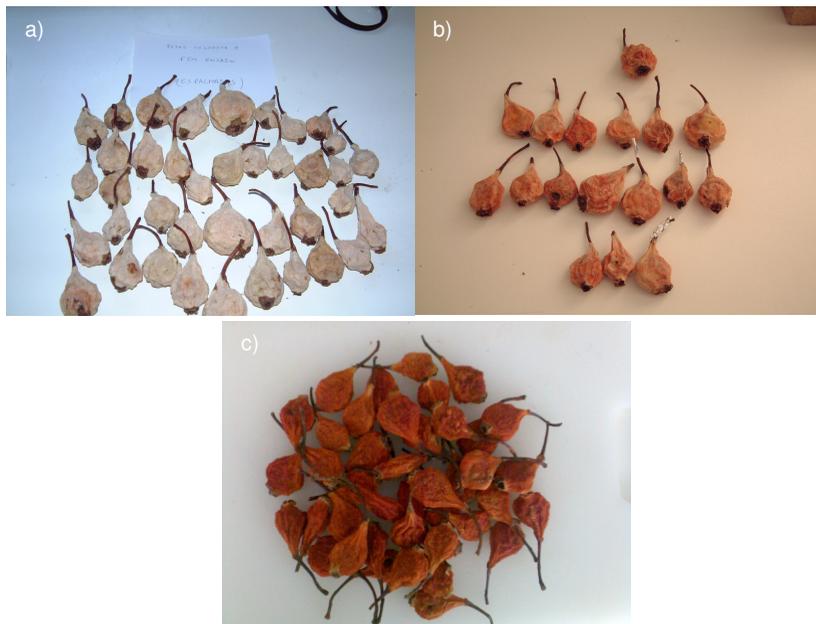


Figura 13 – a) Pêras secadas convectivamente (40°C, velocidade do ar de 2,2 m/s; b) Pêras secadas convectivamente durante 47 horas sob lâmpada de halogéneo (velocidade do ar de 1,7 m/s), c) Aspecto de pêras sujeitas a secagem solar.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem concluir que a secagem convectiva apresenta a grande vantagem, comparativamente à secagem tradicional, nomeadamente por permitir um maior controlo de operação e a possibilidade de garantir condições de trabalho constantes ao longo da mesma (temperatura e velocidade do ar inalteráveis). Além disso as secagens podem ser realizadas em modo contínuo. Verificam-se curvas de secagem harmoniosas e tempos de secagem geralmente mais rápidos, dependendo das condições impostas.

Os dados obtidos mostram também que existe uma vantagem ao efectuar secagens a 40°C em vez de 30°C, uma vez que se obtém uma maior rapidez do processo e um garante de condições de segurança alimentar do mesmo. Conclui-se também, no conjunto de ensaios, que a temperatura exerce um papel mais fulcral em relação à velocidade de secagem, quando comparada ao parâmetro de velocidade do ar.

Conclui-se também que a secagem convectiva pode servir como alternativa à secagem tradicional por ser um método rápido, mais facilmente monitorizável e mais independente das condições ambientais. Apresenta contudo limitações ao nível organoléptico, nomeadamente ao nível da caracterização visual, que precisam ainda

de ser resolvidas, surgindo a utilização de lâmpadas de comprimento de onda específico, como uma solução a ter em conta.

REFERÊNCIAS

- Doymaz I (2005) Sun drying of figs: an experimental study. *Journal of Food Engineering* 71, 403 – 407.
- Ferreira A & Candeias M (2005) Secagem solar de frutos e plantas aromáticas. *Revista de Ciências Agrárias* 28 (1), 363-370.
- Fohr JP & Figueiredo AR (1987) Agricultural solar air collectors: Design and performances. *Solar Energy* 38 (5), 311-321.
- Karathanos VT & Belessiotis (1997) Sun and artificial air drying kinetics of some agricultural products. *Journal of Food Engineering* 31, 35-46.
- Mohamed LA, Kane CSE, Kouhila M, Jamali A, Mahrouz M & Kechaou N (2008) Thin layer modelling of *Gelidium sesquipedale* solar drying process. *Energy Conversion and Management* 49, 940-946.
- Murthy MVR (2009) A review of new technologies, models and experimental investigations of solar driers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 835–844.
- Mwithiga G & Kigo SN (2006) Performance of a solar dryer with limited sun tracking capability. *Journal of Food Engineering* 74, 247-252.
- Nourhène B, Mohammed K & Nabil K (2008) Experimental and mathematical investigations of convective solar drying of four varieties of olive leaves. *Food and Bioprocess Processing* 86, 176-184.
- Sacilik K, Keskin R & Elicin AK (2006) Mathematical modelling of solar tunnel drying of thin layer organic tomato. *Journal of Food Engineering* 73, 231-238.
- Saleh A & Badran I (2009) Modeling and experimental studies on a domestic solar dryer. *Renewable Energy* 34, 2239-2245.
- Seres I & Farkas I (2007) Determination of air flow pattern during solar drying of fruits using a low range air speed sensor. *Food and bioprocess processing*, 85, 155-162.
- Sharma A, Chen CR & Lan NV (2009) Solar-energy drying systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 1185-1210.

COMPARAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES DAS PERAS SECADAS SOB DIFERENTES MÉTODOS

Guiné RPF^{1,2}, Barroca MJ³, Lopes P^{1,4}, Silva V⁵, Santos M⁶, Ferreira DMS^{1,2}

¹Escola Superior Agrária de Viseu, IPV.

²CI&DETS, Escola Superior Agrária de Viseu, IPV.

³CERNAS, Escola Superior Agrária de Coimbra, IPC.

⁴Departamento de Química, Universidade de Aveiro.

⁵ADAI, FCT, Universidade de Coimbra.

⁶Escola Superior de Tecnologia de Viseu, IPV.

RESUMO

No primeiro ano de secagem das peras, 2007, teve-se por objectivo o estudo da secagem da pêra de S. Bartolomeu por dois métodos, secagem em estufa realizada na Escola Superior Agrária de Viseu e secagem em túnel realizada na Universidade de Coimbra. Este estudo foi efectuado para três estados de maturação diferentes visando o estabelecimento da melhor altura para a realização da colheita dos frutos.

No ano de 2008 as pêras, de colheita única, foram secadas na ESAV, em estufa solar com aquecimento directo e ventilação forçada, na Universidade de Coimbra, em túnel com aquecimento solar indirecto e na Escola Superior de Tecnologia de Viseu, também em estufa solar com incidência directa da luz, e convecção natural.

Da comparação verifica-se que as pêras secadas na ESAV e na ESTV (com incidência directa do sol) assemelham-se mais às tradicionais, enquanto as secadas na UC (sem incidência directa da luz solar) se apresentam com características distintas.

1. MÉTODOS USADOS PARA A DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES DAS PÊRAS

Antes da colheita das pêras, foi feito um acompanhamento da evolução de algumas propriedades ao longo da maturação. Os testes realizados foram os seguintes: determinação do teor de humidade, dureza da polpa, índice refractométrico, índice de regressão de amido, acidez, pH e actividade da água.

➤ Humidade

A determinação da humidade é feita pela diferença da massa inicial da amostra e da massa final após aquecimento até massa constante. Para essa determinação foi usada uma balança de Halogénio Hg53 Mettler Toledo. As condições de utilização foram as seguintes:

- Fonte de calor: lâmpada de Halogénio;
- Temperatura de secagem: 115 °C;
- Velocidade de secagem: 3 (intermédia);

➤ Dureza da polpa

A dureza da polpa do fruto depende da temperatura ambiente. A uma maior temperatura corresponde uma maior respiração do fruto e logo uma menor dureza (fruto dilatado). Como tal, após a colheita os frutos devem estabilizar termicamente. Para a determinação deste parâmetro foram utilizados um penetrómetro mod. FT 011 (0-11Lbs.) (fig, 2) e um Texturómetro TA.XTplus Texture Analyser/Texture Exponent Software.

Na determinação com o penetrómetro utilizou-se uma ponteira de 8mm indicada para pêras. As condições de utilização do texturómetro foram as seguintes: velocidade de pré-teste = 1 mm/seg, velocidade de teste = 5 mm/seg, velocidade de pós-teste = 10 mm/seg, distância = 10 mm; força = 0,0050 kg;

➤ **Índice refractométrico**

O índice refractométrico (medido em ° Brix) dá indicação sobre a quantidade de matéria seca solúvel na amostra, da qual 80% são açúcares. Este índice depende fortemente da temperatura que se verificou no mês anterior ao mês da colheita. Se a temperatura foi elevada espera-se um teor de matéria seca solúvel elevado. Para de medição deste parâmetro utilizou-se um refractómetro portátil Atago 9207 (0 ~ 90%).

➤ **Índice de regressão do amido**

Durante a maturação da pêra o amido transforma-se por hidrólise em açúcares solúveis. Assim, este teste dá indicação da quantidade de amido existente no fruto e, consequentemente, uma indicação do seu estado de maturação (a uma menor quantidade de amido corresponde um maior teor de açúcares e, portanto, uma maturação mais avançada).

➤ **Acidez**

O teste para a acidez foi efectuado segundo a norma NP -1421 em uso. O método de extração seguiu a norma 783 para amostras sólidas. Para a titulação da amostra utilizou-se um titulador automático TitraLab TIM840 and TIM845 Titration Workstations.

➤ **pH**

A determinação do pH da pêra foi efectuada com uma sonda de pH para sólidos Multi Parameter Analyser, Consort C830.

➤ **Actividade da água**

A actividade da água da pêra foi determinada com Higrómetro BTSR1. Este equipamento mede a humidade relativa da atmosfera gerada pela amostra numa câmara isolada.

2. PÊRAS SECADAS EM 2007

2.1. Condições de secagem na ESAV

Na colheita de 2007, as pêras provieram do pomar em Venda de Galizes, Oliveira do Hospital.

A primeira colheita foi efectuada na manhã do dia 27 de Julho. Foram colhidas 120 pêras, 20 pêras por cada árvore seleccionada. Após a colheita as pêras foram acondicionadas numa mala térmica e quando chegadas ao destino (ESAV) foram colocadas no frio (6 °C). No dia 27 à tarde foram analisadas 10 pêras frescas para determinar as suas características. As 70 pêras restantes foram mantidas no frio (6 °C). No dia 30 de manhã foram analisadas 5 pêras frescas para verificar que as características iniciais (do dia 27) se mantinham. As restantes 65 pêras foram descascadas e colocadas na estufa da ESAV pelas 10:30 horas do dia 30 de Julho.

A secagem iniciou-se com as duas janelas da estufa abertas e com a extracção de ar na máxima velocidade. O tempo estava quente e soalheiro. Mais tarde, ao segundo dia de secagem, fechou-se uma das janelas da estufa.

Ao longo da secagem, e de quatro em quatro horas, retiraram-se 2 pêras para análise. Nestas pêras, ao contrário das peras frescas, não se determinou o índice de amido nem a dureza. Os parâmetros determinados foram a acidez, índice refractométrico, actividade da água e a percentagem de humidade. A secagem durou cerca de 3 dias (com um total de 78 horas de secagem).

O ensaio terminou no dia 2 de Agosto de 2007 pelas 16:30 horas após 78 horas (~3 dias) de secagem. No final da secagem as pêras foram retiradas da estufa, espalmadas e deixadas 2 horas à temperatura ambiente. Em seguida foram colocadas no frio (6°C). Obteve-se cerca de 300 gramas de pêra secada (40 pêras). Na Figura 1 pode ver-se a evolução da cor das pêras ao longo da secagem e na Figura 2 o seu aspecto no final da secagem.



Figura 1 – Evolução da cor ao longo da 1ª secagem na ESAV.



Figura 2 – Pêras no final da 1ª secagem na ESAV.

A segunda colheita foi efectuada no dia 10 de Agosto de 2007 pelas 10:00 horas. No total foram retiradas 240 pêras das seis árvores marcadas. Após colheita as pêras foram acondicionadas na mala térmica e quando chegadas ao destino (ESAV) foram colocadas no frio (6°C). No dia 10 à tarde foram analisadas 20 pêras frescas para determinarmos as suas características. No dia 11 de Agosto pelas 9:00 horas descascaram-se 120 pêras e colocaram-se na estufa pelas 10:00. Ainda se descascaram 20 pêras das quais se retirou o pedúnculo e caroço e foram congeladas

para mais tarde liofilizar. Para evitar a oxidação das pêras durante a congelação, estas foram mergulhadas numa solução de fluoreto de sódio 0,5% antes de serem colocadas no frio.

O tempo no dia 11 estava bastante nublado. A secagem iniciou-se com uma das janelas da estufa aberta que foi fechada ao terceiro dia para tentar diminuir a humidade dentro da estufa. Durante esta secagem choveu e nunca esteve uma temperatura tão alta como na primeira secagem. A secagem foi por isso demorada e as pêras foram retiradas em 3 conjuntos. Durante esta secagem foi medida também a dureza da polpa com a ajuda do texturómetro.

As pêras foram retiradas da estufa em 3 vezes. A pêra secada 1* foi retirada no dia 17 pelas 10:00 com 144 horas de secagem (~6 dias), a pêra secada 2** no dia 17 pelas 15:25 com 149 horas de secagem (~6 dias) e a pêra secada 3*** no dia 20 pelas 9:00 horas com 215 horas de secagem (~9 dias). No final da secagem as pêras foram retiradas da estufa, espalmadas e deixadas 2 horas à temperatura ambiente. Em seguida foram colocadas no frio (6°C). No total obteve-se cerca de 920 gramas de pêra secada (94 peras). Nas figuras 3 e 4 vê-se o aspecto das pêras na segunda secagem.



Figura 3 – Evolução da cor ao longo da 2ª secagem na ESAV.



Figura 4 – Pêras no final da 2ª secagem na ESAV.

A terceira colheita foi efectuada no dia 20 de Agosto de 2007 pelas 10:00 horas. Foram retiradas todas as pêras restantes nas 6 árvores que fez um total de 240 pêras. Após colheita as pêras foram acondicionadas na mala térmica e quando

chegadas ao destino (ESAV) foram colocadas no frio (6 °C). No dia 21 de manhã foram analisadas 5 pêras frescas para determinarmos as suas características.

Pelas 9:00 horas do dia 21 descascaram-se 93 pêras e colocaram-se na estufa pelas 10:00. Ainda se descascaram 10 pêras das quais se retirou o pedúnculo e caroço e que foram congeladas para mais tarde liofilizar. Repetiu-se o processo descrito anteriormente para evitar a oxidação das pêras antes de serem colocadas no frio (fig.18 e 19).

As pêras desta colheita apresentavam um calibre maior e algumas delas uma cor mais amarelada que as pêras das colheitas anteriores.

Durante esta secagem (pelas 76 horas de secagem) foram espalmadas quinze pêras que se voltaram a colocar na estufa. Verificou-se que a espalmagem a meio da secagem era mais fácil e que as pêras depois de espalmadas perdem água mais rapidamente.

As peras foram retiradas da estufa no dia 27 de Agosto pelas 14:00 horas com 149 horas de secagem (~6 dias de secagem). No final da secagem as pêras foram retiradas da estufa, espalmadas e deixadas 2 horas à temperatura ambiente. Em seguida foram colocadas no frio (6°C). No total obteve-se cerca de 885 gramas de pêra seca (69 pêras). As Figuras 5 e 6 ilustram o aspecto das pêras ao longo da 3ª secagem, e no final da mesma.



Figura 5 – Evolução da cor ao longo da 2ª secagem na ESAV.



Figura 6 – Pêras no final da 2ª secagem na ESAV.

2.2. Condições de secagem na UC

A secagem das pêras da segunda colheita foi feita em Coimbra, no túnel de secagem com ar quente. Esta secagem demorou 78 horas (~3 dias) e a temperatura utilizada na secagem foi constante (40 °C). Contudo, as pêras obtidas não apresentavam a cor avermelhada característica da secagem natural (Figura 7). Este facto poderá dever-se à ausência de incidência de luz solar. Durante a secagem foram retiradas duas pêras de 4 em 4 horas para posterior análise na ESAV em Viseu.



Figura 7 – Pêras secadas na Universidade de Coimbra (2ª secagem).

2.3. Propriedades das pêras

A Figura 8 mostra os valores das propriedades das pêras em fresco, nas três colheitas. Verifica-se que há uma diminuição bastante acentuada da dureza, e uma ligeira diminuição da humidade ao longo da maturação dos frutos. A acidez diminuiu também, enquanto o teor de sólidos solúveis e a massa aumentam.

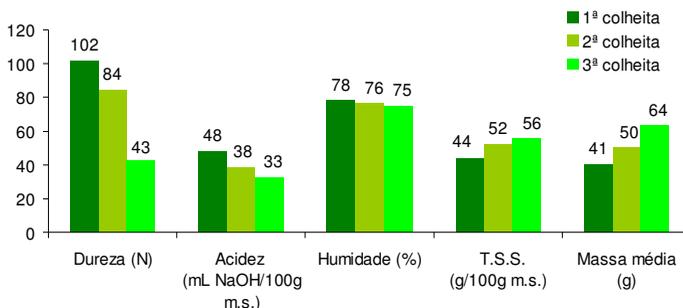


Figura 8 – Análises efectuadas às pêras frescas nas 3 colheitas.

A Figura 9 mostra a evolução da humidade ao longo da secagem na ESAV para as três colheitas e na UC para a 2ª colheita. Verifica-se que há uma diminuição da humidade ao longo da secagem, sendo mais rápidos os processos de secagem na ESAV (1ª colheita) e secagem na UC (2ª colheita), em que se atinge cerca de 20 % de humidade ao fim de 80 horas. A secagem na ESAV (2ª colheita) demorou 150 horas, e a secagem na ESAV (3ª colheita) foi cancelada às 80 horas antes de completado o processo.

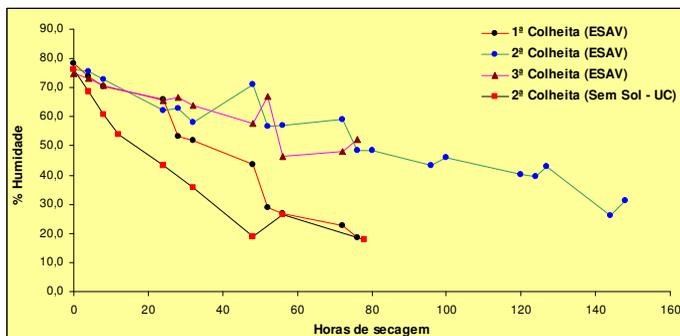


Figura 9 – Evolução da humidade ao longo da secagem.

A Figura 10 mostra a evolução da acidez ao longo da secagem, para as 4 situações estudadas. É possível verificar uma diminuição da acidez com a secagem, muito embora haja algumas oscilações bastante significativas.

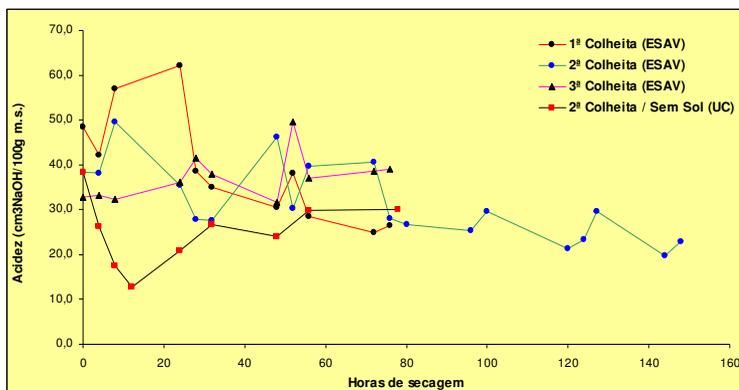


Figura 10 – Evolução da acidez ao longo da secagem.

Na Figura 11 vê-se a evolução do teor de sólidos solúveis ao longo da secagem, para as 4 situações estudadas. É possível verificar que o TSS aumenta, de uma maneira geral, com a secagem a secagem, indicando que as pêras vão ficando com maiores concentrações de açúcar. Isto é esperado, devido à eliminação de grande parte da água por evaporação.

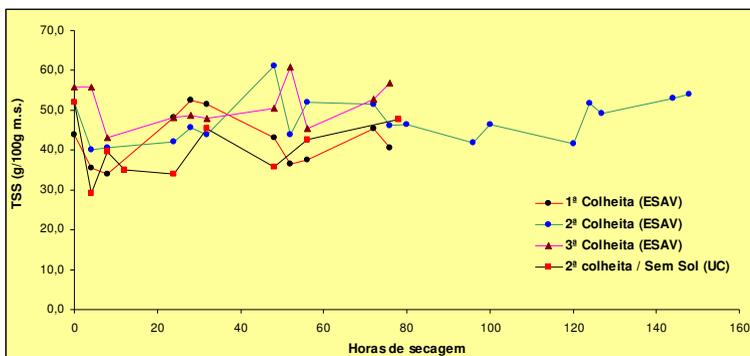


Figura 11 – Evolução do TSS ao longo da secagem.

Na Figura 12 vê-se a evolução da razão TSS/Acidez, que é um indicador do estado de maturação dos frutos. Quanto maior o TSS e mais baixa a acidez (isto é mais maduros estão os frutos), maior é esse quociente. Durante a secagem, com a perda de compostos voláteis (e consequente abaixamento da acidez) e aumento dos açúcares (por concentração devida à eliminação da água), a razão TSS/Acidez espera-se que aumente. Verifica-se da figura que assim é, na maioria dos casos, havendo porém situações em que o comportamento é distinto (3ª colheita ESAV).

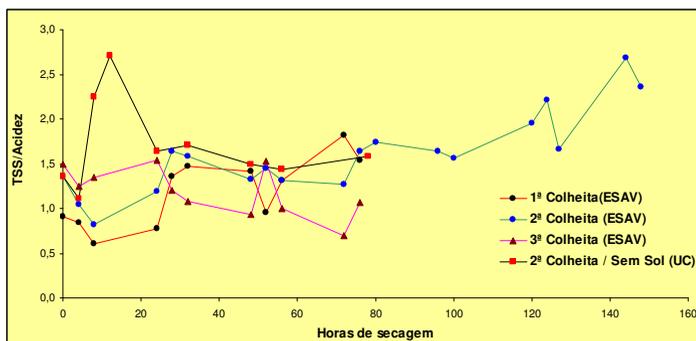


Figura 12 – Evolução da razão TSS/Acidez ao longo da secagem.

Na Figura 13 vê-se a evolução da razão Dureza/TSS ao longo da secagem na ESAV para as 2ª e 3ª colheitas. Na 1ª colheita este estudo não foi feito. Verifica-se que enquanto que para a 3ª colheita há uma certa constância nesta razão, na 2ª colheita o seu valor oscila mais e apresenta um valor bem mais baixo no final da secagem. Este resultado é indicador de que no final desta secagem as pêras se encontravam mais macias.

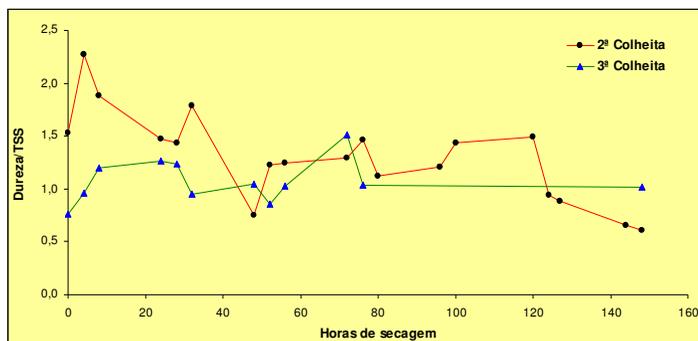


Figura 13 – Evolução da razão Dureza/TSS ao longo da secagem na ESAV (2ª e 3ª colheitas).

Na Figura 14 vê-se a comparação entre as propriedades das pêras em fresco e depois de secadas na ESAV para a 1ª colheita. Verifica-se que há um aumento significativo da dureza do fruto fresco para o secado, enquanto diminui a acidez, a humidade e a massa, mantendo-se muito semelhante o teor de sólidos solúveis.

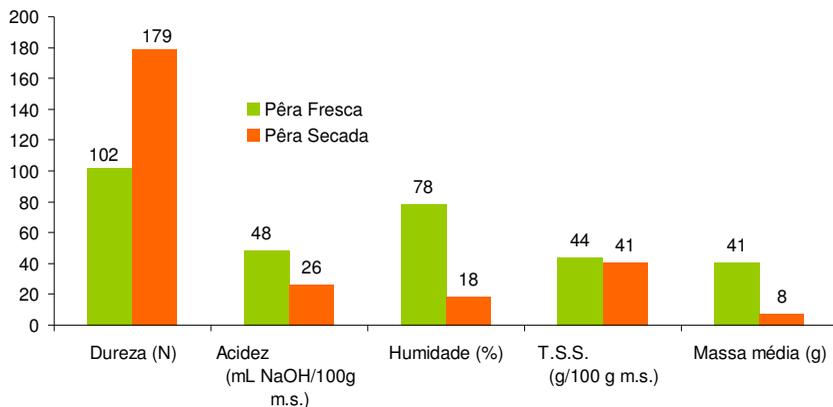


Figura 14 – Propriedades da pêras frescas e secadas na ESAV – 1ª colheita.

A Figura 15 mostra as propriedades das pêras frescas e secadas na ESAV para a 2ª colheita, sendo possível observar que, à semelhança do que se passou na 1ª colheita, diminui a acidez, a humidade e a massa, mantendo-se igual o TSS. Porém, o comportamento da dureza é diferente, havendo neste caso uma diminuição desta propriedade com a secagem.

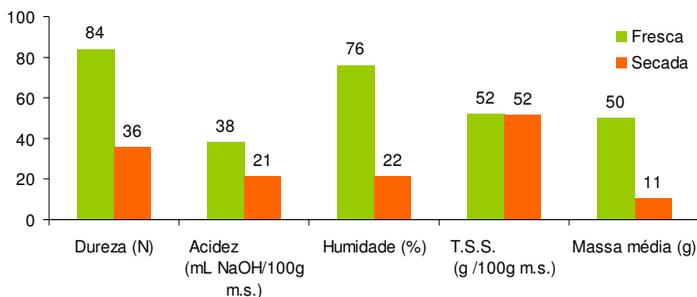


Figura 15 – Propriedades da pêras frescas e secadas na ESAV – 2ª colheita.

A Figura 16 mostra as propriedades das pêras frescas e secadas na UC (2ª colheita) juntamente com as secadas na ESAV. Observa-se que as pêras secadas na ESAV, quando comparadas com as secadas na UC, são menos duras, menos ácidas, com um pouco mais de humidade e açúcares, e ligeiramente maiores.

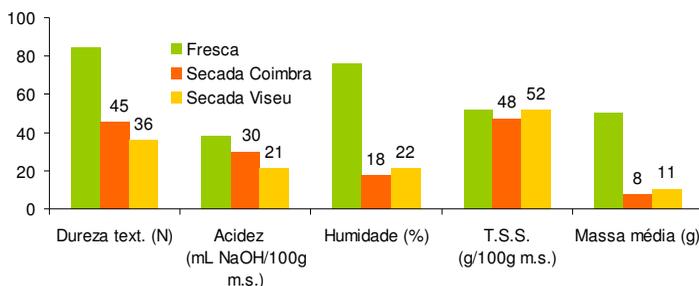


Figura 16 – Propriedades da pêras da 2ª colheita em fresco e depois de secadas na ESAV e na UC.

Na Figura 17 vê-se a comparação das propriedades das pêras da 3ª colheita em fresco e depois de secadas na ESAV. Verifica-se que a dureza e a acidez praticamente não variaram, enquanto se verificou uma perda significativa de humidade, um abaixamento na massa e uma ligeira diminuição do TSS.

Da comparação dos resultados relativos às três colheitas, verifica-se que a 2ª colheita apresenta resultados mais consistentes, e por esse motivo, o estado de maturação correspondente a essa colheita poderá ser considerado o óptimo, e ser então um indicador para as colheitas em anos futuros.

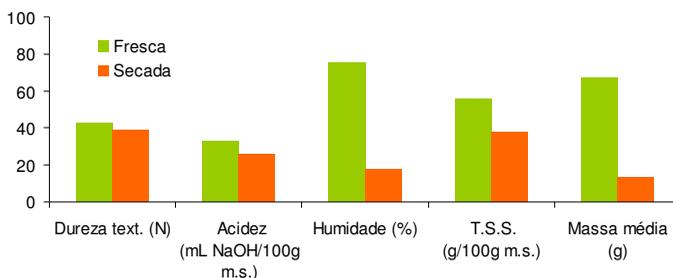


Figura 17 – Propriedades da pêras frescas e secadas na ESAV – 3ª colheita.

2.4. Avaliação sensorial

Foi feita uma avaliação sensorial das diferentes pêras, tendo por objectivo avaliar as que foram ao sol (na ESAV) e ainda as secadas sem sol (na UC) em comparação com as secadas tradicionalmente. Os resultados dessa avaliação permitiram concluir o seguinte:

- Na 1ª colheita (ESAV), a polpa apresenta-se granular, com aroma pouco intenso, muito ácida, amarga e muito adstringente. Contudo, o aspecto exterior é muito semelhante às peras secadas tradicionalmente.
- Na 2ª colheita (ESAV) o aspecto e dureza são semelhantes ao do produto obtido de modo tradicional, apresentando um aroma intenso e sabor agradável, além de serem ligeiramente adstringentes.
- Na 2ª colheita (UC) as pêras resultaram em frutos com coloração bege e textura granulosa, de sabor pouco doce e adstringente, muito ácidas e com um aroma desagradável.
- Na 3ª colheita (ESAV) as pêras apresentam bastante adstringência, uma textura mole, mais doce, com uma cor mais intensa, com aroma ligeiro a fruto secado.

3. PÊRAS SECADAS EM 2008

3.1. Evolução da maturação, colheita e secagem

Na sequência dos estudos efectuados em 2007, no ano de 2008 analisou-se a evolução da maturação dos frutos no pomar, controlando os parâmetros de maturação físico-químicos, de modo a seleccionar a melhor data de colheita para se obter o produto secado de melhor qualidade.

Assim, no ano de 2008 apenas se secaram pêras de uma colheita, cujos parâmetros de maturação se pretendia que se aproximassem de valores intermédios entre os da segunda e terceira colheita do ano de 2007. Não se conseguiu exactamente atingir essa situação, uma vez que se mudou de pomar, dado que o pomar de Venda de Galizes (Oliveira do Hospital), estava com uma produção extremamente baixa e a maior parte dos frutos com uma doença designada por pedrado. Assim, tentaram-se contactos com produtores na mesma zona de Oliveira de Hospital, e conseguiu-se um produtor com um pomar no Ervedal da Beira. Neste pomar colheram-se pêras em diferentes datas de modo a seguir a evolução da maturação e os resultados obtidos nos testes de maturação indicam que as pêras do

pomar do Ervedal são claramente menos ácidas e menos doces, do que as do pomar de Venda de Galizes (Figura 18). No gráfico a humidade é expressa em percentagem em base húmida, a acidez em $\text{cm}^3 \text{NaOH}/100\text{g}$ de matéria seca, o teor de sólidos solúveis (TSS) em percentagem em base seca, a dureza em Newton e a massa em gramas. A data de 12 de Agosto é aquela em que se efectuou a colheita de pêras para secagem.

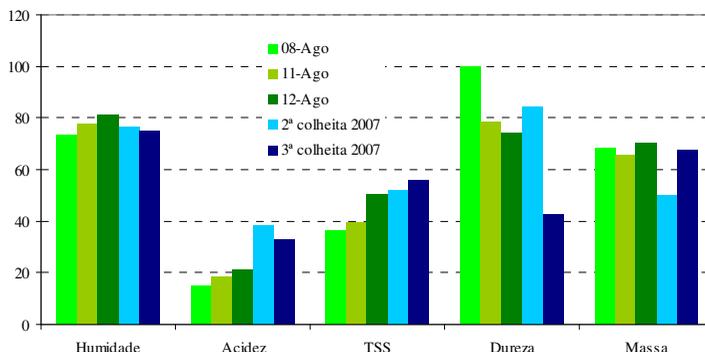


Figura 18 – Variação dos parâmetros de maturação para diferentes datas de colheita da pêra de S. Bartolomeu.

Foi também determinado o índice de regressão do amido como indicador do momento óptimo da colheita. No ano de 2007 a segunda colheita apresentava um valor de 1 e a terceira colheita um valor de 9, numa escala de 1 a 10. As pêras da colheita de 11 de Agosto de 2008 apresentavam um valor de 9. Sabendo que frutos com valor de 9 estão na fase de amadurecimento óptimo para consumo em fresco, decidiu-se efectuar a colheita no dia seguinte. Assim, as pêras para secagem, no âmbito do projecto, foram colhidas no dia 12 de Agosto, sendo que o produtor do Ervedal da Beira colheu as pêras para secagem pelo método tradicional no dia 10 de Agosto.

No dia seguinte à colheita as pêras foram secadas recorrendo a três processos diferentes:

1. Secagem em estufa solar, com extracção forçada do ar, realizada na Escola Superior Agrária de Viseu (ESAV);
2. Secagem em estufa solar, recorrendo a dois secadores com alturas diferentes, que teve lugar na Escola Superior de Tecnologia de Viseu (ESTV);
3. Secagem em túnel de ar quente, a uma temperatura constante de 40 °C, e convecção forçada do ar, que teve lugar no Laboratório de Transmissão de Calor, do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (UC).

Na Tabela 1 apresenta-se um resumo cronológico da secagem das pêras de S. Bartolomeu no ano de 2008.

Tabela 1 – Cronologia dos ensaios de secagem no verão de 2008.

Local	Data início	Hora	Nº pêras	Duração (dias)
ESAV	13-08-2008	14:00	200	6
ESTV	13-08-2008	14:55	120	6
UC	13-08-2008	14:25	150	3
UC - repetição	19-08-2008	18:25	150	4

Os critérios de paragem dos ensaios foram os mesmos que em 2007:

- a) Redução dos teores de humidade das pêras a 20% em base húmida;
- b) Massa constante ou com variação desprezável;
- c) Produto final sem características de pêra secada.

As pêras foram caracterizadas em fresco e ao longo da secagem em relação a alguns parâmetros físico-químicos, tendo a amostragem em fresco sido constituída por um lote de 20 pêras enquanto ao longo da secagem o lote era de 2 pêras, duas vezes ao dia.

Os frutos foram espalmados no final da secagem, contrariamente ao que sucede pelo método tradicional.

3.1. Condições de secagem na ESAV

As pêras secadas na ESAV foram descascadas e colocadas a secar inteiras sobre as redes de nylon que se encontram no interior da estufa da ESAV. O ventilador foi ligado, para promover uma boa circulação do ar no interior da estufa, e as pêras permaneceram a secar durante 6 dias.

3.2. Condições de secagem na ESTV

Na ESTV foram construídas duas estufas (uma pequena e outra grande) para secar as pêras por acção directa do sol, sendo promovida a circulação natural no seu interior através de aberturas reguláveis (Figura 19).



Figura 19. Estufas de secagem montadas na cobertura do edifício da ESTV.

Para o ensaio realizado na ESTV com pêras da variedade de São Bartolomeu ocorreram problemas, nomeadamente: a célula de carga da estufa pequena descalibrou, tendo sido necessário efectuar uma nova calibração posterior, e um dos fios de ligação de um dos termopares quebrou, o que impossibilitou a aquisição do valor da temperatura. Contudo, apesar de não haver o registo adequado das condições em que se efectuou o ensaio, as pêras secadas foram ainda assim analisadas e comparadas com as secadas nos restantes sistemas.

3.3. Condições de secagem na UC

A câmara de secagem utilizada tem uma secção de 0,24 m² (40×60cm), e está equipada com dois tabuleiros de encaixe de polietileno extrudido de alta densidade com aproximadamente 3 cm de espessura (70×39cm). Cada tabuleiro suporta entre

50 e 70 pêras. Na parte inferior da câmara foi instalado um terceiro tabuleiro de rede metálica com capacidade para aproximadamente 20 pêras apoiado directamente sobre uma balança electrónica, de modo a permitir a aquisição de massas em contínuo.

De modo a promover a convecção necessária, optou-se por equipamento misto de aquecimento e escoamento de ar, o qual permitiu obter perfis semelhantes de temperatura e velocidade do ar à saída do colector nos três tabuleiros. Desta forma, ao longo dos ensaios a velocidade do ar fixou-se em 1,1 m/s, e a temperatura entre os 40-42°C.

Na Figura 20 apresentam-se as pêras no final da secagem nos dois ensaios realizados na UC, segundo a cronologia apresentada na Tabela 1.



Figura 20 – Produto secado no final do primeiro (a) e segundo (b) ensaio de secagem.

3.4. Propriedades das pêras

Na Figura 21 mostram-se os valores de humidade, expressos em base seca, ao longo da secagem para os diferentes sistemas de secagem. Os resultados evidenciam para a secagem em túnel um comportamento com padrão, para a secagem solar nas estufas da ESTV um comportamento menos regular e para a secagem solar na ESAV um comportamento muito pouco regular. De notar que a estufa solar da ESAV é uma estufa de maiores dimensões comparada com as estufas da ESTV.

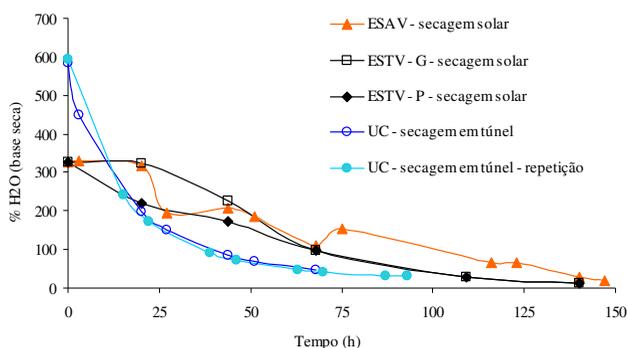


Figura 21 – Variação do conteúdo em água das pêras ao longo dos diferentes processos de secagem.

Na Figura 22 observa-se que para a secagem solar na ESAV o TSS aumenta até às 75 horas, valor que corresponde a cerca de metade do tempo total de secagem, para depois diminuir até ao final da secagem, para um valor ligeiramente inferior ao valor inicial. Na secagem na ESTV, o padrão de comportamento é semelhante ao encontrado na secagem na ESAV, com uma ligeira diferença no final em que há um aumento do TSS para valores semelhantes aos iniciais.

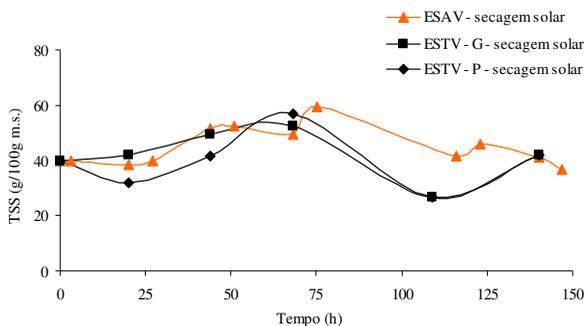


Figura 22 – Variação do conteúdo em sólidos totais solúveis (TSS) das pêras ao longo da secagem para diferentes sistemas de secagem.

Na Figura 23 observa-se que na secagem em túnel os valores de TSS diminuem globalmente até se atingir no final uma redução de 26% em relação ao valor inicial. Todavia, na secagem solar na ESTV verifica-se um comportamento mais oscilante ao longo da secagem atingindo-se no final um valor de TSS semelhante ao inicial. Ao comparar com os valores para a secagem solar na ESAV, na Figura 22, verifica-se que se obtém no final uma redução no valor de TSS de 22% em relação ao valor inicial.

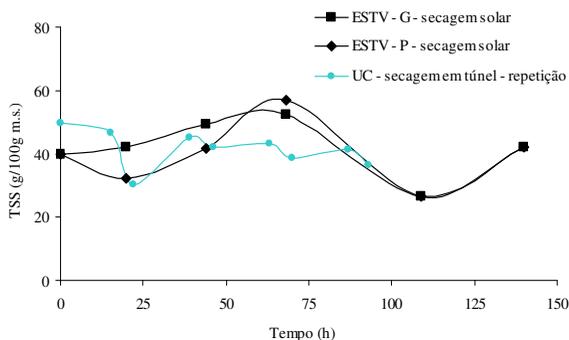


Figura 23 – Variação do conteúdo em sólidos totais solúveis (TSS) das pêras ao longo da secagem para diferentes sistemas de secagem.

Na Figura 24 observa-se um decréscimo da acidez das pêras ao longo da secagem para se obter no final uma redução de 50% da acidez em relação ao valor inicial em ambos os sistemas de secagem. É de esperar uma redução nestes valores

já que o parâmetro quantificado diz respeito a acidez volátil que, por conseguinte, devido ao aquecimento a que as pêras são submetidas, deverá diminuir.

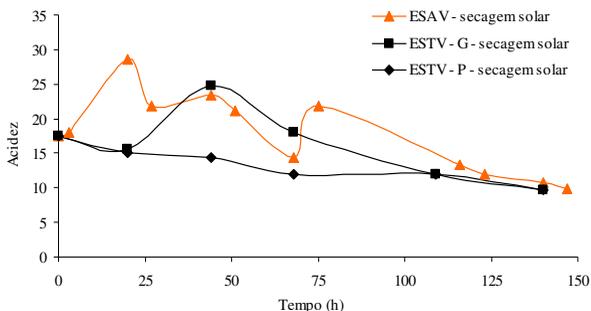


Figura 24 – Variação do teor de acidez das pêras, expresso em cm^3 de NaOH / 100g de matéria seca. Comparação entre os sistemas de secagem da ESAV e da ESTV.

Na Figura 25 verifica-se que ao longo da secagem em túnel há uma tendência decrescente dos valores de acidez semelhante ao observado na secagem solar (Figura 24). No final da secagem em túnel há uma diminuição de cerca de 50% do conteúdo em acidez das pêras, em relação aos valores iniciais, idêntico ao verificado na secagem solar (Figura 24).

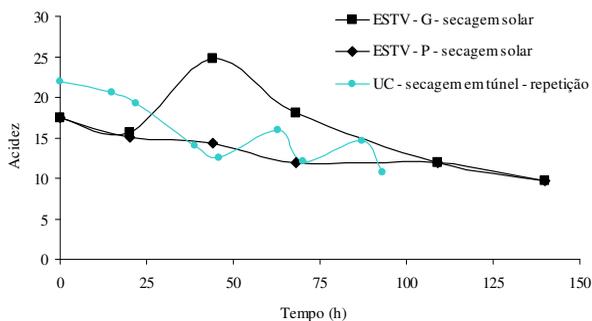


Figura 25 – Variação do teor de acidez das pêras, expresso em cm^3 de NaOH / 100g de matéria seca. Comparação entre os sistemas de secagem da UC e da ESTV.

Nas Figuras 26 e 27 compara-se a razão TSS/acidez ao longo da secagem para diferentes sistemas de secagem. A razão TSS/acidez é frequentemente utilizada para seguir a evolução dos frutos ao longo da maturação. Observa-se nas Figuras que há uma tendência para esta razão globalmente aumentar, tal como se verifica ao longo da maturação dos frutos, em que a acidez diminui e o teor de TSS aumenta.

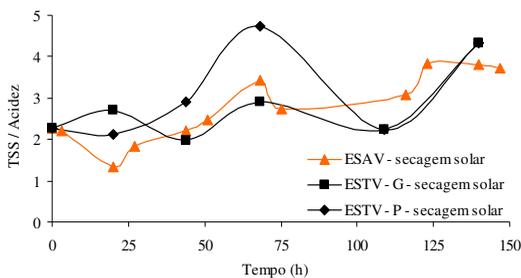


Figura 26 – Variação da razão TSS/acidez das pêras ao longo da secagem. Comparação entre os sistemas de secagem da ESAV e da ESTV.

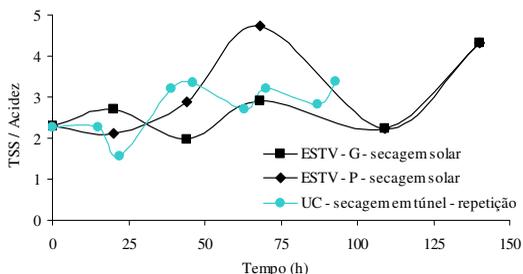


Figura 27 – Variação da razão TSS/acidez das pêras ao longo da secagem. Comparação entre os sistemas de secagem da UC e da ESTV.

Na Figura 28 comparam-se alguns parâmetros físico-químicos entre pêras secadas por diferentes processos. A acidez é expressa em cm^3 de NaOH por 100g de matéria seca e o teor de sólidos solúveis (TSS) em percentagem em massa seca. Na secagem em túnel apenas se comparam os valores relativos ao ensaio de repetição, pelo facto de este se aproximar mais dos valores de humidade atingidos numa secagem tradicional, o que não aconteceu no primeiro ensaio. Assim são comparados os valores relativos a pêras secadas no secador em túnel de Coimbra com pêras secadas na estufa solar na ESTV e na ESAV e dois lotes de pêras secadas tradicionalmente: um de pêras de maior calibre e outro de pêras de menor calibre.

Nos resultados apresentados na Figura 28, denota-se que as pêras secadas na estufa solar da ESTV são as que têm os valores de humidade mais baixos, registando-se valores de humidade semelhantes entre pêras secadas tradicionalmente e as pêras secadas no secador em túnel. A acidez e o teor de sólidos solúveis entre pêras secadas por diferentes processos apresentam valores médios semelhantes. No entanto, há uma diferença pronunciada nos valores da dureza do produto secado. As pêras secadas tradicionalmente ficam em média mais duras do que as pêras secadas no secador em túnel.

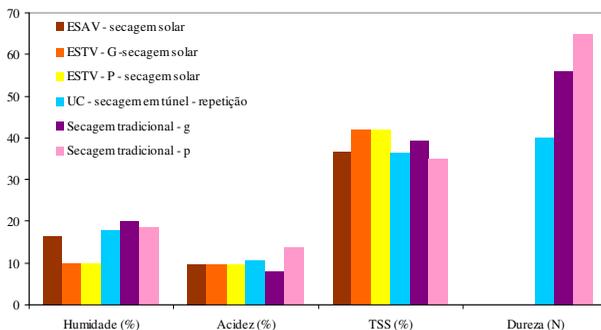


Figura 28 – Variação de alguns parâmetros físico-químicos de pêras secadas por diferentes processos.

4. CONCLUSÃO

Ao longo dos dois anos estudados foi possível concluir que os diferentes sistemas estudados são adequados à secagem de pêras, visto serem eficientes no que respeita à remoção da humidade dos frutos, permitindo, portanto, a sua conservação. Contudo, verificou-se que a secagem das pêras em estufa solar com incidência directa da radiação solar origina frutos com características eventualmente mais semelhantes aos da secagem tradicional. Por outro lado, os frutos secados ao abrigo da luz solar apresentam-se mais distintos e com propriedades diferenciadas, quer em relação ao produto tradicional, quer em relação às pêras secadas com sol na ESAV e na ESTV.

COMPOSTOS FENÓLICOS E ANÁLISE SENSORIAL DA PÊRA DE S. BARTOLOMEU PRODUZIDA POR DIFERENTES METODOLOGIAS DE SECAGEM

Cunha P, Lopes P, Domingues MR, Rocha SM, Coimbra MA

Departamento de Química, Universidade de Aveiro, UA.

RESUMO

O trabalho desenvolvido em Aveiro incidiu na análise dos compostos fenólicos, na actividade antioxidante e na análise sensorial das amostras de pêra secada em diferentes condições, obtidas por secagem tradicional (Tradicional), secagem em estufa solar (Viseu) e secagem em túnel de ar quente (Coimbra). Na análise dos compostos fenólicos verificou-se uma maior polimerização na secagem tradicional e menor polimerização na secagem de Coimbra. A actividade antioxidante é menor nas peras obtidas por secagem tradicional. A análise sensorial incidiu sobre três atributos relacionados com a qualidade do produto final: a cor, o sabor e a textura na boca e mostrou que o produto produzido em Viseu é semelhante ao produto tradicional, enquanto o produto produzido na Universidade de Coimbra é diferente do produto tradicional nestes três atributos.

1. INTRODUÇÃO

Pyrus communis L. Var. S. Bartolomeu é uma variedade de pêra tradicional portuguesa. Trata-se de um fruto pequeno que depois de secado apresenta coloração castanha avermelhada e propriedades elásticas. A cor, o sabor e a textura na boca são três atributos sensoriais com especial importância na qualidade deste fruto secado tradicionalmente. As mudanças na cor estão normalmente associadas à presença de compostos fenólicos e a reacções responsáveis pela formação de compostos corados, como as reacções de Maillard. As peras são conhecidas por serem frutos ricos em compostos fenólicos, tais como os derivados do ácido hidroxicinâmico, maioritariamente o ácido clorogénico, a quercetina 3-glicosídeo, a catequina e a epicatequina (Mohamed *et al.*, 2000). O ácido clorogénico possui actividade antioxidante superior à das vitaminas C e E em estudos *in vitro* (Rice-Evans *et al.*, 1997). Mohamed *et al.* (2000) relataram que o desenvolvimento da coloração vermelha em pomóideas após a sua colheita é devida aos pigmentos de antocianina, maioritariamente cianina 3-glicosídeo. Para a formação destes pigmentos, dois factores são especialmente importantes: a temperatura e a luz. A concentração de antocianinas na pele de maçãs aumenta com o nível de luz até cerca de 50% da radiação solar total (Mohamed *et al.*, 2000).

Para uma melhor compreensão destes aspectos, os compostos fenólicos foram extraídos, quantificados e identificados na pêra fresca e secada e a sua biodisponibilidade verificada. Estudou-se ainda o efeito do processo de secagem na qualidade do produto final com recurso à análise sensorial dos atributos cor, sabor e textura na boca.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Extração, purificação e quantificação dos compostos fenólicos

Depois de moídas e liofilizadas, as amostras de pêra foram lavadas com 200 mL de *n*-hexano à temperatura ambiente sob agitação magnética durante 20 min. O material insolúvel foi extraído, numa primeira fase com 3 x 200 mL de metanol à temperatura ambiente sob agitação magnética durante 20 min e numa segunda fase com 3 x uma mistura de acetona/água (6:4 v/v) nas mesmas condições

experimentais. As suspensões resultantes da extracção com cada um dos solventes, foram filtradas, combinadas e o solvente removido sob vácuo (originando os extractos de metanol e de acetona) (Ferreira *et al.*, 2002). Todas as extracções foram realizadas em condições ácidas (2% de ácido acético v/v).

Os extractos foram purificados usando uma coluna C18 (SPE, Supelco-Discovery 10 g). A coluna foi pré-condicionada com 20 mL de metanol e 20 mL de água. Depois de aplicar os extractos, a coluna foi lavada com ácido acético 2% e a presença de açúcares monitorizada pelo teste de fenol/ácido sulfúrico. Os compostos fenólicos foram recuperados com metanol, concentrados sob vácuo e liofilizados (Passos *et al.*, 2007). Os compostos fenólicos foram quantificados em ambos os extractos pelo método de Folin-Ciocalteu (Ferreira *et al.*, 2002) e a actividade antioxidante avaliada usando o método de DPPH (Williams *et al.*, 1994).

2.2. Ensaio de biodisponibilidade

No estudo da biodisponibilidade realizaram-se ensaios rudimentares para avaliar o poder antioxidante dos extractos depois de sujeitos a ambientes equivalentes aos encontrados na boca, estômago e duodeno. O método usado para a determinação da actividade antioxidante (poder antirradicalar) foi o método de DPPH (Williams *et al.*, 1994). As condições usadas nos ensaios encontram-se representadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Condições em que foram realizados os ensaios de biodisponibilidade

	<i>Boca</i>	<i>Estômago</i>	<i>Duodeno</i>
Enzimas/aditivos	α -amilase 1%	Pepsina 1%	Sais biliares 0,15% Pancreatina 3%
pH	6,5	2,0	7,0
Temperatura (°C)	37	37	37
Razão (amostra/enzima)	1:1	1:1	1:1

2.3. Análise sensorial

A análise sensorial das amostras de pêra secada foi realizada por 10 provadores não treinados e incidiu sobre três atributos relacionados com a qualidade do produto final: a cor, o sabor e a textura na boca. Realizaram-se testes triangulares para cada um dos três atributos, relacionando o produto tradicional com o produto produzido pelas metodologias de secagem alternativas. No caso do atributo do sabor realizaram-se ainda testes de ordenação para os atributos doçura e adstringência.

3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

3.1. Compostos fenólicos e avaliação da actividade antioxidante

Os resultados obtidos na quantificação dos compostos fenólicos e na avaliação da actividade antioxidante das amostras estão representados nas Figuras 1 e 2. A amostras secadas em túnel são designadas por “Coimbra”, as amostras secadas em estufa solar por “Viseu”, as amostras secadas tradicionalmente por “Tradicional” e as amostras de pêra fresca por “Fresca”.

Na Figura 1 verifica-se que a extractabilidade dos compostos fenólicos é afectada pelo tipo de processamento. Para explorar mais este facto, recorreu-se à espectrometria de massa (GC-MS), tendo sido possível identificar compostos fenólicos polimerizados (procianidinas). Verificou-se também que a quantidade destes compostos aumenta no extracto de acetona e diminui no extracto de metanol com a secagem e que este efeito é mais acentuado na secagem tradicional. Quanto à avaliação da capacidade antioxidante verifica-se, pela análise da figura 2, a diminuição do poder antirradicalar com a secagem e que esta diminuição é superior no caso da secagem tradicional.

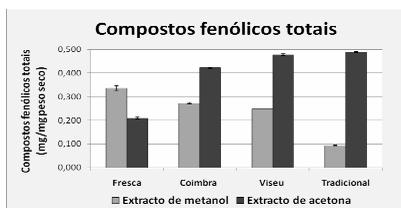


Figura 1 – Compostos fenólicos totais presentes nos extractos de metanol e acetona das diferentes amostras.

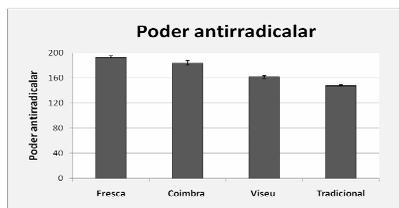


Figura 2 – Poder antirradicalar obtido para as diferentes amostras.

3.2. Ensaio de biodisponibilidade

Durante a simulação do tracto digestivo, verificou-se uma redução na capacidade antioxidante desde a boca até ao duodeno quando as amostras foram sujeitas a uma passagem sequencial pelas três áreas em estudo. Esta redução foi em média, 30% do valor inicial. Ainda assim, a maioria dos compostos responsáveis pelo poder antioxidante das amostras, continua activa, mesmo após o tratamento sequencial simulando o tracto gastrointestinal humano.

3.3. Análise sensorial

Em relação à análise sensorial, os resultados mostraram que o produto produzido na estufa solar (Viseu) é o mais semelhante ao produto tradicional, sendo estatisticamente diferente apenas no atributo da doçura (menos doces). Por outro lado, o produto produzido no túnel de secagem (Coimbra) é o menos semelhante ao produto tradicional, uma vez que é estatisticamente diferente para todos os atributos sensoriais estudados, excepto a adstringência.

4. CONCLUSÃO

Do trabalho desenvolvido em 2008, conclui-se que o processo de secagem, bem como o modo como ocorre, influencia a estrutura dos compostos fenólicos modificando as suas propriedades. Estas alterações reflectem-se, de um modo negativo, na actividade antioxidante. Conclui-se também que os compostos fenólicos presentes nas amostras mantiveram grande parte da sua capacidade antioxidante, mesmo após sujeitos a sucessivos tratamentos, que simularam o tracto digestivo humano. Atendendo aos aspectos sensoriais do produto tradicional, conclui-se que a estufa solar originou o produto mais semelhante, enquanto que o túnel de secagem conduziu a um produto sensorialmente diferente.

REFERÊNCIAS

- Passos, C.P., Cardoso, S.M., Domingues, M.R., Domingues, P., Silva, C.M. & Coimbra, M.A., (2007). Evidence for galloylated type-A procyanidins in grape seeds. *Food Chemistry*, 105, 1457-1467.
- Ferreira, D., Guyot, S., Marnet, N., Delgado, I., Renard, C.M.G.C. & Coimbra, M.A., (2002). The Composition of Phenolic Compounds in a Portuguese Pear (*Pyrus communis* L. Var. S. Bartolomeu) and Changes after Sun-Drying. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 4537-4544.
- Mohamed, A.A., Wagenmakers, P.S. & Jager, A. (2001). Effects on light on flavonoid and chlorogenic acid levels in the skin of 'Jonagold' apples. *Scientia Horticulturae*, 88, 289-298.
- Rice-Evans, A.C., Miller, N.J. & Paganga, G., (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *New Trends in Plant Science, Review 2*, 152-159.

Williams, W.B., Cuvelier, M. E. & Berset, C., (1994). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm Wiss U Technol*, 28, 25-30 1995.