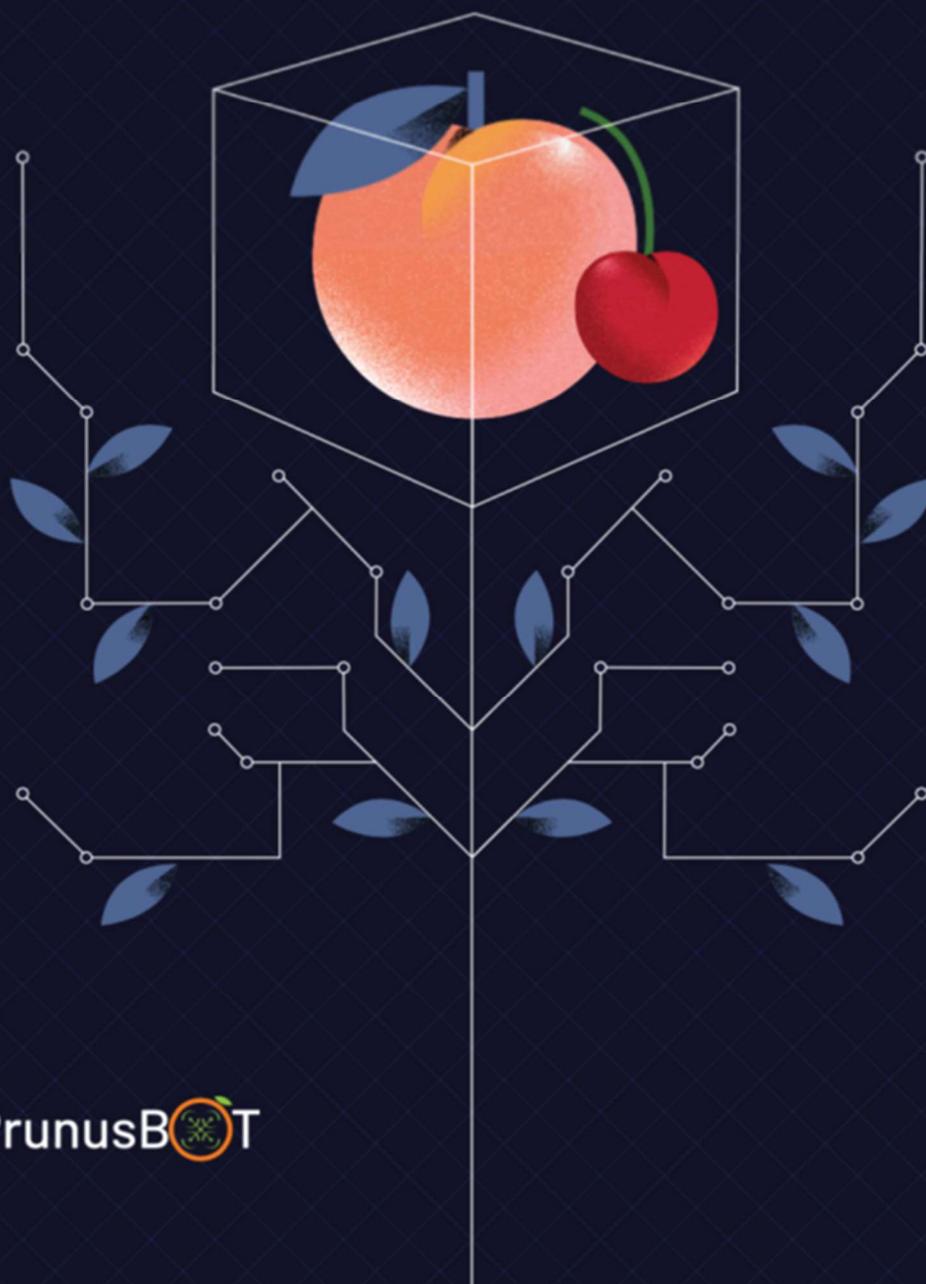


PrunusBOT

Aplicação da robótica
à produção de pêsego
e cereja



COTHN
CENTRO OPERATIVO E TECNOLÓGICO
HORTOFRUTÍCOLA NACIONAL



PrunusBOT

PrunusBOT

Aplicação da robótica à produção de pêssego e cereja

Maria Paula Simões

(COORDENAÇÃO)

VOLUME I

CENTRO OPERATIVO E TECNOLÓGICO HORTOFRUTÍCOLA NACIONAL –
CENTRO DE COMPETÊNCIAS

Ficha Técnica

Título: PrunusBOT – Aplicação da robótica à produção de pêssego e cereja

Coordenação: Maria Paula Simões

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

Autores e copyright:

Abel Veloso	Hugo Proença
Anabela Barateiro	João Cunha
André Veiros	José Pedro Simões
António Ramos	Maria Paula Simões
Cristina Canavarro	Paulo Silvino
Cristina Ramos	Pedro Dinho Silva
Dora Ferreira	Pedro Dinis Gaspar
Eduardo Assunção	Preciosa Fragoso,
Francisco Vieira	Ricardo Mesquita
Hugo Fonseca	Sandra Lopes

Revisão: Maria Paula Simões

Design Editorial: SUPER Brand Consultants

Tiragem: 300 exemplares

Impressão e Acabamento: Empresa Diário do Porto, Lda.

Data de Impressão: Abril de 2022

Depósito Legal: 497599/22

ISBN: 978-972-8785-21-5

Capítulo 8

Avaliação da capacidade produtiva do pomar de pessegueiros

António Ramos¹, Hugo Fonseca¹, Dora Ferreira¹, Anabela Barateiro², Cristina Ramos², Paulo Silvino³, Pedro Dinis Gaspar^{4,5} e Maria Paula Simões^{1,6}

¹Instituto Politécnico de Castelo Branco | Escola Superior Agrária

²APPIZÊZERE - Associação de Proteção Integrada e Agricultura Sustentável do Zêzere

³AAPIM – Associação de Agricultores p/a Produção Integrada de Frutos de Montanha

⁴Universidade da Beira Interior

⁵C-MAST - Centre for Mechanical and Aerospace Science and Technologies

⁶CERNAS - Centro de Estudos de Recursos Naturais, Ambiente e Sociedade

8.1. Introdução

O sistema de plantação foi definido por Robinson et al. (1991), como sendo a combinação do porta-enxerto (vigor), do desenho da plantação (densidade e compasso), da forma de condução e do regime de poda. Como os ensaios de sistemas de plantação apenas dão informação sobre as condições particulares de cada caso, Robinson e Lakso (1991) estabeleceram as bases da “eficiência produtiva” para permitir uma melhor compreensão sobre o desempenho da árvore ou do pomar.

A expressão da produção por unidade de área transversal da secção do tronco

(kg/cm²) e por unidade de volume da copa (kg/m³) são os indicadores mais utilizados para efeitos de comparação entre diferentes sistemas produtivos (Robinson e Lakso, 1991). Considerando fatores produtivos e económicos, um índice de eficiência do pomar deve corresponder à máxima receita do produtor. Esta, por sua vez, deverá ser uma solução de compromisso entre a redução da carga e o acréscimo na valorização dos frutos, através de uma eficiente tecnologia de monda de frutos (Robinson et al., 2013).

Ramos (2017) apresentou uma metodologia para o estudo da eficiência do sistema produtivo em pessegueiro, utilizando modelos empíricos baseados na relação negativa e amplamente divulgada (Dennis Jr., 2000; Link, 2000; Tromp, 2000; Whiting e Lang, 2004; Embree et al., 2007) entre a carga da árvore e o peso médio do fruto à colheita. A referida metodologia utiliza valores registados por árvore individual (V, volume em m³, calculado pelo produto da altura e largura da sebe e pela distância entre plantas na linha; contagem do n^o de frutos e registo da produção à colheita) e pode resumir-se da seguinte forma:

1. **Modelo de avaliação do desempenho (ou performance) da árvore:** relação entre a carga (X, n^o de frutos/m³) e o peso médio do fruto (Y), com a seguinte equação: $Y = 1 / (aX + 1/b)$, em que a e b são parâmetros do modelo (Figura 8.1).

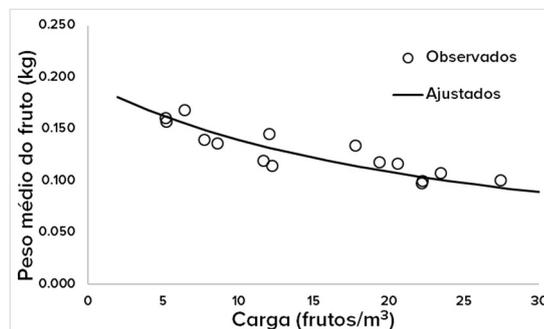


Figura 8.1 – Exemplo de representação gráfica do ajustamento não linear do peso médio do fruto em função da carga (UO-01/2019; n = 15 árvores individuais; RSME = 0,011).

2. **Modelo de distribuição da produção por classes de calibre:** dado que a

distribuição dos frutos por classes de calibre foi validada como uma distribuição normal (Zhang e Robson, 2002), a distribuição normal acumulada foi utilizada para estimar a percentagem da produção acima dos limites das classes de calibre, como uma variável contínua em função do peso médio do fruto (Figura 8.2) e, por diferença, a percentagem da produção total por cada classe de calibre.

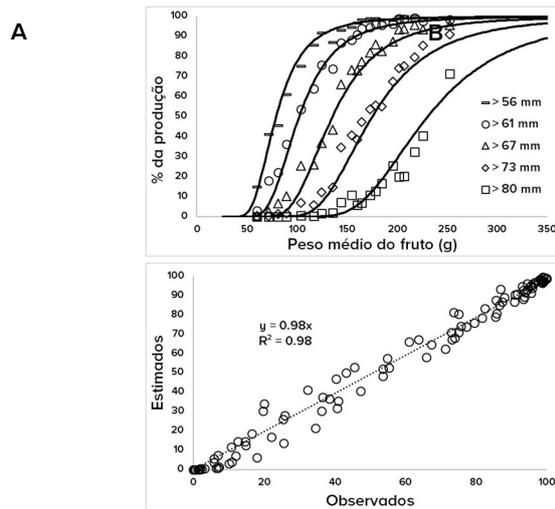


Figura 8.2 – Transformação da distribuição por classes de calibre numa variável contínua. **A** – Aplicação da distribuição normal acumulada à percentagem da produção acima do limite de cada classe de calibre em função do peso médio do fruto ($n = 21$; cada ponto representa 5 calibrações). **B** – Relação $\approx 1:1$ entre valores observados e valores estimados pela transformação da variável.

3. **Modelo de eficiência do processo produtivo:** resulta da conjugação do modelo de avaliação do desempenho da árvore com o modelo de distribuição da produção por classes de calibre, para uma determinada escala de preços (Quadro 8.1), obtendo-se uma curva de receita potencial do produtor (Figura 8.3). Esta curva apresenta um valor máximo, correspondente àquela que deverá ser a “carga ótima” da árvore à colheita, ou seja, a solução de compromisso entre a redução da carga e o acréscimo na valorização dos frutos, referida por Robinson et al. (2013).

Apesar do valor da receita potencial máxima não corresponder ao rendimento líquido do produtor, o lucro máximo ocorrerá com o mesmo nível de carga, uma vez que todos os custos de produção (à exceção do custo da colheita), são constantes em relação à área do pomar (por hectare), não variando com a carga (Johnson e Rasmussen, 1990). Por isso, o modelo de eficiência do processo produtivo (para estimar a “carga ótima”) inclui já um valor para a apanha (manual) de cada fruto individual (0,008 €/fruto). Apesar do custo de apanha de um fruto individual ser constante, o custo unitário da colheita (em €/kg) é variável, sendo mais baixo com frutos de maior calibre. Por exemplo, para frutos com 200 g são necessários 5 frutos para perfazer 1 kg, logo o custo da colheita será de 0,04 €/kg ($5 \times 0,008 = 0,04$). Para frutos de 100 g, são necessários 10 frutos para perfazer 1 kg, logo o custo da colheita será de 0,08 €/kg ($10 \times 0,008 = 0,08$).

Quadro 8.1 – Escala de preços utilizada para a determinação da receita potencial do produtor.

Classe de calibre (mm)	< 56	56-61	61-67	67-73	73-80	> 80
Preço a pagar (€/kg)*	0,00	0,10	0,24	0,38	0,51	0,51

*cotações médias de 2015 e 2016 (Velooso et al., 2017).

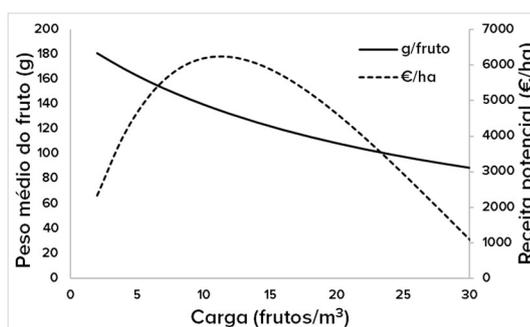


Figura 8.3 – Representação gráfica, em função da carga, das estimativas do peso médio do fruto e da receita potencial para a escala de preços referida no Quadro 1 (exemplo da Figura 8.1).

Em suma, a monda de frutos no pessegueiro é um fator fundamental na eficiência do processo produtivo e a referência da carga, correspondente à máxima receita potencial do produtor, constitui-se como uma ferramenta útil para a tomada de decisão, particularmente em relação à necessidade e intensidade de monda. Embora carga e monda sejam conceitos similares, a monda é apenas um meio de redução da carga e muitos dos efeitos que se associam à monda (redução da produção e maior peso médio do fruto) são efetivamente efeitos da carga, ou seja, resultam do equilíbrio que se estabelece entre a área foliar da planta e o nº de frutos que ficam na árvore após a monda (e não com os que eliminam).

A área foliar da árvore intercepta a radiação solar como fonte de energia para a assimilação do CO₂ atmosférico (através da fotossíntese) e produção das moléculas orgânicas necessárias ao metabolismo das plantas. A intercepção da radiação solar determina a capacidade produtiva das plantas (Loomis e Connor, 1992; Larcher, 1995) e a eficiência da captação da luz solar depende do sistema de plantação. Com efeito, a maior ou menor capacidade para interceptar a radiação solar depende da ocupação do espaço pela vegetação (folhas) e a ocupação do espaço depende, por sua vez, da distribuição das plantas no terreno (compasso; densidade) e da colonização do espaço aéreo (forma de condução; tamanho da árvore; poda; vigor). Pode dizer-se que o sistema de plantação representa a capacidade produtiva “instalada”.

Neste contexto, e partindo dos modelos de avaliação da eficiência do processo produtivo (expressos por unidade de volume), o objetivo deste trabalho é o estabelecimento de uma metodologia capaz de estimar (simular; prever) os resultados produtivos e económicos dos pomares de pessegueiro, como forma de capacitar as empresas com uma ferramenta útil nas tomadas de decisão relativas às logísticas da colheita, da conservação e da comercialização.

8.2. Estimativa dos parâmetros

Os parâmetros do modelo de avaliação do desempenho (*a* e *b*) são uma peça essencial na construção de um modelo de simulação da capacidade produtiva do pomar. Ao estabelecer a relação entre a carga e o peso médio do fruto,

esses parâmetros permitem estimar o peso médio do fruto para qualquer nível de carga. Contando o nº de frutos de uma árvore (ou o nº médio de frutos por árvore) e o volume da árvore (ou o volume médio por árvore) pode determinar-se o peso médio do fruto à colheita. Multiplicando o peso médio do fruto pelo nº frutos (por m³, por árvore ou por hectare), obtém-se a produção (por m³, por árvore ou por hectare). Obtido o peso médio do fruto também se pode estimar a distribuição da produção por classes de calibre e a receita potencial do produtor (por m³, por árvore ou por hectare) para uma dada escala de preços em função do calibre.

Com metodologias de análise de imagens que possam ser utilizadas, de forma prática e recorrente, na medição do volume (representando a capacidade produtiva “instalada”) e na contagem de frutos, o único elemento em falta para simular todos os resultados produtivos e económicos do pomar é o conhecimento sobre os parâmetros a e b da equação de desempenho da árvore.

Uma vez que o sistema produtivo se “normalizou” pela expressão da carga por unidade de volume, para fins de comparação de diferentes sistemas de plantação (Robinson e Lakso, 1991; Wright et al., 2006), tornou-se desde logo evidente que o parâmetro a (aquele que se relaciona com a carga, a.X) seria uma constante, uma vez que o todo (volume da árvore) de qualquer pomar se relacionaria de forma proporcional com a parte (unidade de volume). Se tal não ocorresse, a “normalização” do sistema produtivo para fins de comparação não faria sentido.

A relação do parâmetro b com o sistema de plantação (representado pelo volume da árvore) não foi tão imediata, mas acabou por se conseguir estabelecer uma relação não linear entre a razão A/b e o volume da árvore, sendo A o parâmetro da equação de desempenho da árvore quando se expressa a carga pelo volume médio (em vez de se expressar por unidade de volume). A Figura 8.4 mostra a referida relação não-linear, obtida para as cvs. Catherine e Sweet Dream, a partir de um histórico de 8 casos de estudo.

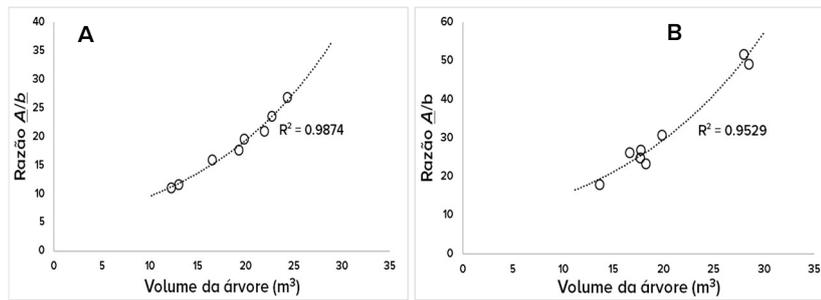


Figura 8.4 – Relação não linear entre o volume da árvore (que representa a capacidade produtiva “instalada”) e a razão A/b (parâmetros do modelo de desempenho da árvore, representada pelo volume). A: UO-01 (Catherine); B: UO-02 (Royal Time).

A partir da referida relação não-linear, foi possível desenvolver um algoritmo para determinar o parâmetro b em função da unidade de volume e do parâmetro a . Desta forma, tornou-se possível a estimativa dos parâmetros de avaliação do desempenho da árvore, em função da carga, a partir da unidade de volume que, por sua vez, é uma função do sistema de plantação e representa “a capacidade produtiva instalada”.

8.3. Resultados observados

Os registos foram efetuados em 3 unidades de observação (UO) com diferentes localizações e cultivares. A UO-01 localiza-se na Soalheira e está plantada com a cv. Catherine, no compasso de $5,0 \times 2,5$ m (800 árvores/ha). A UO-02 localiza-se em Orjais e está plantada com a cv. Royal Time, no compasso de $4,5 \times 2,5$ m (889 árvores/ha). A UO-03 localiza-se no Ferro e está plantada com a cv. Sweet Dream, no compasso de $4,5 \times 2,75$ m (808 árvores/ha).

Os Quadros 8.2 a 8.4 apresentam os resultados dos registos efetuados nas referidas unidades de observação, UO-01, UO-02 e UO-03, respetivamente.

Quadro 8.2 – Resultados produtivos e económicos obtidos na UO-01 (Soalheira, cv. Catherine). Preço médio refere-se à escala de preços apresentada no Quadro 8.1.

Ano	Volume (m ³)	Carga (n ^o /m ³)	Peso médio (g)	Produtividade (kg/m ³)	prod. > cat. A** (%)	Preço médio (€/kg)	Receita potencial (€/ha)
2018	24,3	6,0	174,1	1,0	75,2	0,39	6720,70
2019	21,9	14,6	128,1	1,8	39,7	0,26	6025,20
2020	23,7	2,5	152,6	0,4	62,9	0,34	1969,90
2021	22,7	----	----	----	----	----	----

*colheita não efetuada devido à ocorrência de granizo. **calibre ≥ 67 mm.

Quadro 8.3 - Resultados produtivos e económicos obtidos na UO-02 (Orjais, cv. Royal Time). Preço médio refere-se à escala de preços apresentada no Quadro 8.1.

Ano	Volume (m ³)	Carga (n ^o /m ³)	Peso médio (g)	Produtividade (kg/m ³)	prod. > cat. A** (%)	Preço médio (€/kg)	Receita potencial (€/ha)
2018	18,4	----	----	----	----	----	----
2019	17,3	----	----	----	----	----	----
2020	19,3	5,7	130,9	0,7	44,4	0,28	2745,40
2021	18,7	6,0	141,6	0,8	55,3	0,31	3597,20

*colheita não registada (efetuada pelo produtor sem pré-aviso). **calibre ≥ 67 mm.

Quadro 8.4 - Resultados produtivos e económicos obtidos na UO-03 (Ferro, cv. Sweet Dream). Preço médio refere-se à escala de preços apresentada no Quadro 8.1.

Ano	Volume (m ³)	Carga (n ^o /m ³)	Peso médio (g)	Produtividade (kg/m ³)	prod. > cat. A** (%)	Preço médio (€/kg)	Receita potencial (€/ha)
2018	----	----	----	----	----	----	----
2019	28,4	5,5	254,3	1,4	95,2	0,48	14429,10
2020	28,9	2,7	220,4	0,6	91,7	0,46	6011,70
2021	28,0	6,9	248,6	1,7	94,9	0,48	17314,60

*UO não incluída. **calibre ≥ 67 mm.

Pela observação dos referidos Quadros, é possível verificar que os resultados são bastante variáveis com os anos, tendo-se verificado produtividades mais baixas no ano de 2020, em especial nas UO-01 e UO-03, associadas a cargas também mais baixas. As cargas mais reduzidas no ano de 2020 estarão relacionadas com eventuais problemas ao nível do vingamento do fruto, pois ocorreu um período de temperaturas baixas no final de março, tendo-se verificado queda de neve em alguns locais a maior altitude (Figura 8.5, UO-03, 30 de março de 2020). Para além da queda de neve ocorreu a queda de granizo muito intensa em 30 de maio de 2020.

Na UO-02, o período de baixas temperaturas parece não ter produzido idêntico efeito no vingamento do fruto, uma vez que as cargas foram similares nos dois anos (2020 e 2021).



Figura 8.5 – Queda de neve na fase inicial de desenvolvimento dos frutos, na UO-03, no dia 30 de março de 2020.

Para além do efeito no vingamento do fruto, as condições particulares do ano de 2020 também foram desfavoráveis ao crescimento do fruto, como já foi referido nos capítulos 1 e 2. Este efeito é evidente na UO-03 em que o ano de 2020 foi o que apresentou menor carga e, ao mesmo tempo, menor peso médio do fruto. Na UO-01, apenas se pode constatar o menor peso médio do fruto em 2020 em relação a 2021, com cargas similares, não existindo dados relativamente a 2018 e 2019, que permitam avaliar a influência das condições associadas a cada ciclo vegetativo. Na UO-01, o menor peso médio do fruto ocorreu em 2019, mas deveu-se a uma carga elevada, pelo que se podem

comparar os pesos médios do fruto em 2020 e 2018. Nestes anos, os valores da carga e do peso médio mais baixos ocorreram em 2020, confirmando este ano como um ano em que as condições de vingamento e de crescimento do fruto foram bastante desfavoráveis.

De salientar ainda que, para níveis de carga aproximados, o peso médio do fruto e a receita potencial do produtor (com base na escala de preços do Quadro 8.1) foram substancialmente superiores na UO-03 (cv. Sweet Dream) e mais baixos na UO-02 (cv. Royal Time), refletindo o efeito da componente genética. Certamente que em cultivares temporãs (maio/junho) a escala de preços será mais valorizada para calibres mais baixos (em relação ao Quadro 8.1), mas em cultivares de estação e meia-estação (julho) a utilização de cultivares de frutos pequenos a médios deixa margens muito baixas, com poucas vantagens para o produtor.

A RETER

O rendimento do produtor depende do potencial de crescimento das cultivares e das condições meteorológicas que ocorrem em cada ciclo. Assim, a seleção das cultivares é determinante no rendimento.

8.4 Valores observados versus simulados

A Figura 8.6 mostra a representação gráfica dos valores observados (e registados por árvore individual) do peso médio do fruto à colheita e as previsões do peso médio do fruto, correspondentes ao nº de frutos por árvore (carga), relativos ao caso de estudo apresentado na Figura 8.1. Nesta simulação, o parâmetro \underline{b} foi calculado, para cada árvore individual, em função do volume da árvore, através da aplicação do algoritmo desenvolvido a partir das relações representadas na Figura 8.4. Os Quadros 8.5 e 8.6 apresentam os resultados observados e simulados para o peso médio do fruto e para a produção, respetivamente, para todos os casos em que houve colheita.

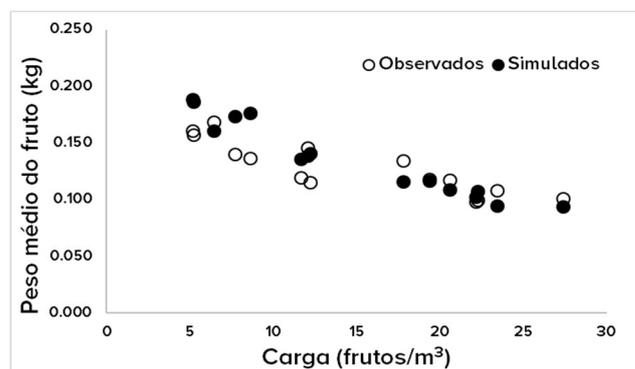


Figura 8.6 – Exemplo de representação gráfica dos pesos médios observados e simulados (previsões; estimativas) com o parâmetro \hat{b} calculado em função do volume da árvore (algoritmo) (UO-01/2019; n = 15 árvores individuais; RSME = 0,020).

Quadro 8.5 – Pesos médios (kg/fruto) observados e estimados com o parâmetro \hat{b} calculado em função do volume da árvore (algoritmo) e respetivo RMSE

Ano	UO-01			UO-02			UO-03		
	Observ.	Estim.	RMSE	Observ.	Estim.	RMSE	Observ.	Estim.	RMSE
2018	0.181	0.178	0.060	---	---	---	---	---	---
2019	0.128	0.136	0.020	---	---	---	0.254	0.259	0.017
2020	0.159	0.201	0.094	0.131	0.144	0.017	0.220	0.307	0.093
2021	---	---	---	0.142	0.142	0.007	0.249	0.240	0.027

No exemplo da Figura 8.6, é possível verificar que a maior parte dos valores estimados (previsões) com o parâmetro \hat{b} estimado (pelo algoritmo) se aproximam bastante dos valores observados. Apesar de algumas diferenças visíveis, devidas aos diferentes volumes de cada árvore, o intervalo de variação dos valores estimados é similar ao intervalo de variação dos valores observados.

No Quadro 8.5, pode observar-se que as diferenças entre os pesos médios observados e previstos são relativamente baixas (10-15 g/fruto), sendo superiores apenas em 2020 (em especial nas UO-01 e UO-03), o ano em que as condições para o crescimento do fruto não foram as mais adequadas, como já se referiu.

Quadro 8.6 – Produções médias (t/ha) observadas e estimadas com o parâmetro \underline{b} calculado em função do volume da árvore (algoritmo).

Ano	UO-01			UO-02			UO-03		
	Obser.	Estim.	Dif.	Obser.	Estim.	Dif.	Obser.	Estim.	Dif.
2018	19,6	18,4	+ 1,2	---	---	---	---	---	---
2019	30,1	31,5	- 1,4	---	---	---	31,9	32,4	- 0,5
2020	6,8	8,5	- 1,7	12,7	13,8	- 1,1	14,1	19,0	- 4,9
2021	---	---	---	13,9	14,1	- 0,2	38,6	37,1	+ 1,5

No Quadro 8.6, observa-se que as diferenças entre as produções observadas e as produções previstas são relativamente baixas (1-1,5 t/ha), exceto no ano de 2020, confirmando as diferenças assinaladas no Quadro 8.5. Apesar de não se pretender, com esta análise, validar o modelo de simulação (algoritmo), a sua aplicação mostra resultados bastante fiáveis e dentro de intervalos credíveis, em especial no que respeita à produção do pomar.

A RETER

Os resultados produtivos e económicos do pomar de pessegueiros podem ser simulados com parâmetros estimados em função do volume da árvore.

8.5 Simulação da carga “ótima”

A determinação da carga correspondente à máxima receita do produtor foi já referida aquando da apresentação do modelo de eficiência do processo produtivo (Figura 8.3). Para ser útil como apoio às decisões da monda, a simulação dos resultados produtivos e económicos deve efetuar-se com bastante antecedência (abril/maio). Neste caso, é necessário dispor de uma estimativa do volume da árvore à colheita, ou utilizar o volume do ano anterior, no caso de pomares adultos em que as diferenças de volume não são expressivas de um ano para o outro.

Os Quadros 8.7 a 8.9 apresentam os resultados estimados nas três unidades de observação, relativos às três diferentes cultivares e para a escala de preços ao produtor apresentada no Quadro 8.1.

Quadro 8.7 – Carga “ótima” e previsão dos resultados produtivos e económicos simulados para a UO-01 (Soalheira, cv. Catherine). O preço médio refere-se à escala de preços do Quadro 8.1.

Ano	Volume (m ³)	Carga ótima (n ^o /m ³)	Peso médio (g)	Produtividade (kg/m ³)	% produção > cat. A	Preço médio (€/kg)	Receita potencial (€/ha)
2018	24,3	11,8	144,3	1,7	58,7	0,32	8889,3
2019	21,9	11,5	139,9	1,6	54,5	0,31	7159,8
2020	23,7	11,7	143,2	1,7	57,7	0,32	8439,8
2021	22,7	11,6	141,4	1,6	56,0	0,32	7731,6

Quadro 8.8 - Carga “ótima” e previsão dos resultados produtivos e económicos simulados para a UO-02 (Orjais, cv. Royal Time). O preço médio refere-se à escala de preços do Quadro 8.1.

Ano	Volume (m ³)	Carga ótima (n ^o /m ³)	Peso médio (g)	Produtividade (kg/m ³)	% produção > cat. A	Preço médio (€/kg)	Receita potencial (€/ha)
2018	18,4	10,5	125,2	1,3	38,4	0,26	4174,9
2019	17,3	10,4	124,7	1,3	37,8	0,26	3849,5
2020	19,3	10,5	125,7	1,3	38,9	0,26	4467,9
2021	18,7	10,5	125,4	1,3	38,6	0,26	4277,7

Quadro 8.9 – Carga “ótima” e previsão dos resultados produtivos e económicos simulados para a UO-03 (Ferro, cv. Sweet Dream). O preço médio refere-se à escala de preços do Quadro 8.1.

Ano	Volume (m ³)	Carga ótima (n ^o /m ³)	Peso médio (g)	Produtividade (kg/m ³)	% produção > cat. A	Preço médio (€/kg)	Receita potencial (€/ha)
2018	----	----	----	----	----	----	----
2019	28,4	13,7	180,7	2,5	81,6	0,41	21030,6
2020	28,9	13,7	181,4	2,5	81,8	0,42	21571,3
2021	28,0	13,7	180,1	2,5	81,3	0,41	20477,1

*UO não incluída

Pela observação dos Quadros 8.7 a 8.9, salienta-se que as previsões para as cargas ótimas, determinadas com os parâmetros estimados em função do volume (algoritmo) são bastante uniformes para cada cultivar, uma vez que são pomares adultos (volume pouco variável) e consideram um bom desempenho da árvore. Em comparação com os valores observados (ponto 8.3), na generalidade dos casos as cargas observadas ficaram abaixo das cargas ótimas, exceto na UO-01 em 2019, o que poderá estar relacionado com as irregularidades nas condições meteorológicas dos últimos anos, ou com intensidades de monda desadequadas por falta de referência para as tomadas de decisão relativas àquela operação.

De salientar, ainda, que as cargas ótimas, o peso médio do fruto, a produtividade, o calibre, a valorização dos frutos e a receita potencial do produtor previstas pelas simulações são mais elevadas na UO-03 (cv. Sweet Dream) e menores na UO-02 (cv. Royal Time), demonstrando, uma vez mais, a importância do potencial genético das cultivares na performance dos pomares e no rendimento dos produtores.

A simulação da carga ótima pode ser efetuada para cada pomar, conforme a sua estrutura (compasso e volume), e para cada cultivar. Por enquanto, apenas se obtiveram os algoritmos para determinar o parâmetro b em função do volume para as 3 cultivares em estudo neste projeto. Com esses algoritmos pode determinar-se a carga ótima e a capacidade produtiva de qualquer pomar dessas 3 cultivares, a partir apenas da medição do volume das árvores e da contagem dos frutos após a monda. Para outras cultivares, terão que se efetuar estudos de caso específicos para determinar os algoritmos respetivos.

A RETER

A simulação da carga ótima, se efetuada atempadamente, permite obter uma referência importante para a tomada de decisão relativa à monda de frutos.

8.6 Considerações finais e perspectivas futuras

A simulação do processo produtivo e as previsões dos resultados produtivos e económicos do pomar de pessegueiros é uma ferramenta útil para as tomadas de decisão. Se efetuada de meados de abril a meados de maio, constitui um referencial crítico para a tomada de decisão sobre a necessidade e a intensidade da monda de frutos. Se efetuada 3-4 semanas antes da colheita e mediante contagem (por amostragem) do nº médio de frutos no pomar, é fundamental para a tomada de decisão relativa à logística das colheitas e da comercialização.

O processo de medição do volume das árvores pode ser influenciado por uma certa subjetividade, se medido manualmente com uma fita métrica, e a contagem dos frutos é uma tarefa morosa e dispendiosa. Contar os frutos da árvore, fazer a monda e verificar a carga deixada, com uma nova contagem, tornaria a monda ainda mais onerosa e difícil de implementar. A medição do volume das árvores e a contagem de frutos por meios automatizados são objetivos de outra componente do GO PrunusBOT (capítulo 4 e capítulo 7) e serão uma mais-valia, pois podem reduzir a subjetividade da medição dos volumes e tornar a contagem de frutos mais rápida e menos onerosa.

Apesar das vantagens das ferramentas digitais, há um alerta que importa fazer. A contagem de frutos por análise de imagens (fotos ou vídeos) pode ser efetuada com relativa precisão perto da colheita, quando os frutos se destacam pela sua cor (amarela ou vermelha), mas na época da monda são verdes e difíceis de distinguir das folhas. Para além da cor, há também o problema do volume. Efetivamente, o pessegueiro é conduzido em vaso, apresentado um problema de “profundidade” das imagens, associado ao preenchimento do interior do vaso com nova rebentação, em geral vigorosa e não eliminada por podas em verde. Estes problemas não são exclusivos da contagem de frutos por análise de imagem. Mesmo nas contagens “manuais”, efetuadas como controlo, é difícil efetuar uma contagem precisa dos frutos, como se mostra nos Quadros 8.10 a 8.12.

Quadro 8.10 – Contagens de frutos (controlo) efetuadas na UO-01 (Soalheira)

Ano	1ª contagem	2ª contagem	3ª contagem	Contagem final (à colheita)
2018	157	156	----	139
2019	305	271	258	302
2020	79	68	66	51
2021	29	----	----	----

Quadro 8.11 – Contagens de frutos (controlo) efetuadas na UO-02 (Orjais)

Ano	1ª contagem	2ª contagem	3ª contagem	Contagem final (à colheita)
2018	192	147	----	----
2019	26	23	24	----
2020	109	93	120	107
2021	126	123	111	110

Quadro 8.12 – Contagens de frutos (controlo) efetuadas na UO-03 (Ferro).

Ano	1ª contagem	2ª contagem	3ª contagem	4ª contagem	Contagem final (à colheita)
2018	----	----	----	----	----
2019	----	----	----	----	156
2020	93	51	65	62	77
2021	207	198	185	----	194

Agradecimentos

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

Referências bibliográficas

- Dennis, Jr. F.G. 2000. The history of fruit thinning. *Plant Growth Regulation*, 31: 1-6.
- Embree, C.G., Myra, M.T.D., Nichols, D.S. e Wright, A.H. 2007. Effect of blossom density and crop load on growth, fruit quality, and return bloom in 'Honeycrisp' apple. *HortScience*, 42 (7): 1622-1625.
- Johnson, R.S. e Rasmussen, J. 1990. Peach optimization model. *Acta Horticulturae*, 276: 247-255.
- Larcher, W. 1995. *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups* (3ª ed). Springer-Verlag, Berlin.
- Link, H. 2000. Significance of flower and fruit thinning on fruit quality. *Plant Growth Regulation*, 31: 17-26.
- Loomis RS e Connor DJ (1992). *Crop ecology: Productivity and management in agricultural systems*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Ramos, A. 2017. Avaliação da eficiência do pomar. Aplicação de modelos empíricos à produção de pêssego. In MP Simões (coord), +Pêssego (Vol. II): Inovação nas Técnicas de Produção, pgs. 239-262. COTHN. Alcobaça. ISBN: 978-972-8785-05-5.
- Robinson, T.L. e Lakso, A.N. 1991. Bases of yield and production efficiency in apple orchard systems. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116 (2): 188-194.
- Robinson, T.L., Lakso, A.N. e Carpenter, S.G. 1991. Canopy development, yield, and fruit quality of 'Empire' and 'Delicious' apple trees grown in four orchard production systems for ten years. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116 (2): 179-187.
- Robinson, T.L., Lakso, A.N., Greene, D. e Hoying, S. 2013. Precision crop load management. *NY Fruit Quarterly*, 21 (2): 3-9.
- Tromp, J. 2000. Flower-bud formation in pome fruits as affected by fruit thinning. *Plant Growth Regulation*, 31: 27-34.
- Veloso, A., Ferreira, D., Gavinhos, C., Simões, M.P., Barateiro, A., Ramos, C., Fragoso, P., Lopes, S., Vieira, F., Silvino, P., Calouro, F. e Jordão, P. 2017. Monda de flores – Avaliação da utilização do equipamento Saflower Electric em pomares de pessegueiro. In MP Simões (coord), +Pêssego (Vol. II): Inovação nas Técnicas de Produção, pgs. 15-60. COTHN. Alcobaça. ISBN: 978-972-8785-05-5.
- Wright ,A.H., Embree, C.G., Nichols, D.S., Prange, R.K., Harrison, P.A. e DeJong, J.M. 2006. Fruit mass, colour and yield of 'Honeycrisp'™ apples are influenced by manually-

adjusted fruit population and tree form. *J. Hort. Sci. & Biotech.* 81 (3): 397-401.

Zhang, J. e Robson, A. 2002. Fitting normal distribution to apple fruit and its application. *Acta Horticulturae*, 584: 169-175.