

A “metodologia do potencial produtivo” na gestão integrada do pomar. I – Carga óptima

António Ramos¹, Evaristo Ribeiro^{1,2}, Luís Marques^{1,3}, Ricardo Lopes¹ e J.M.S. Martins⁴

¹Escola Superior Agrária, Instituto Politécnico de Castelo Branco. Apartado 119, 6001-909 Castelo Branco.

²Interadubo, Companhia Internacional de Adubos, S.A., Quinta Monte Ruivo – Várzea. Apartado 188, 2001-903 Santarém.

³Nutrifield, Lda. Rua José Pinto Miranda, Lt. 5. 2500-287 Caldas da Rainha.

⁴Passoio Vitorino Nemésio, 2 – 13º A, 2780-170 Oeiras.

Resumo

O presente trabalho apresenta a “metodologia do potencial produtivo” que se baseia na avaliação dos resultados produtivos por ajustamento não linear em função da carga, permitindo estimar a carga óptima para cada situação particular e para um determinado objectivo comercial e, para cada objectivo, as necessidades de monda.

Palavras-chave: carga óptima.

Abstract

The “yield potential methodology” in the integrated management of the orchard. I. Optimal crop load. This work presents the “yield potential methodology” based on the evaluation of the productive results through a non-linear adjustment of a function of the crop load, leading to the estimation of the optimal crop load for each particular situation, for a given commercial objective, estimating also the thinning needs.

Keywords: optimal crop load.

Introdução

A radiação solar é a fonte energética de toda a produção vegetal, estando comprovado que o potencial produtivo das plantas está limitado fundamentalmente pela forma como as plantas interceptam a radiação fotossinteticamente activa (Loomis & Connor, 1992; Taiz & Zeiger, 2006). Na produção frutícola, dado que as folhas e as árvores provocam ensombramento sobre as suas vizinhas, a eficácia com que a luz é interceptada depende da estrutura do coberto vegetal (densidade; compasso) e da arquitectura da árvore (forma de condução), sendo mais eficientes e de melhor qualidade as folhas e os frutos bem expostos (Chen et al., 1997; Dichio et al., 1999; Lauri, 2000; Iannini et al., 2002).

Segundo Lauri et al. (2004), o conceito de condução evoluiu de uma visão em duas etapas (estabelecimento de uma estrutura permanente e poda de manutenção para assegurar a produção) para uma visão mais integrada, com menor ênfase na estrutura e dando mais importância ao controlo da frutificação como parte integrante do sistema de condução.

A frutificação ou carga é o principal factor que influencia a produção e a qualidade dos frutos, regulando o tamanho do fruto e a floração do ano seguinte (Palmer, 1992; Giuliani et al., 1997; Snelgar & Martin, 1997; Tromp, 2000; Naor et al., 2002; Meland, 2007). Os melhores resultados correspondem ao equilíbrio óptimo entre a carga e a luz solar interceptada, a qual depende da área foliar e sua distribuição. Com cargas elevadas, as árvores produzem frutos mais pequenos, com menos sumo, aromas e açúcares, enquanto as árvores com cargas reduzidas produzem frutos maiores, mas mais sensíveis a desordens fisiológicas. Em ambos os casos, o resultado económico é mais reduzido (Gendrier et al., 1999).

A poda e a monda são os mecanismos práticos usualmente utilizados para regular a carga. A monda é preferível em relação à poda, não só porque actua sobre a produção real, mas também porque permite alcançar um melhor equilíbrio fisiológico da árvore (Darbellay, 1998; Lauri & Claverie, 2005). A monda de frutos é, pois, a última oportunidade para regular o número de frutos por árvore anualmente, sendo o seu efeito tanto melhor quanto mais cedo se realizar (Tromp, 2000). Uma exaustiva e extensa investigação e experimentação têm sido realizadas sobre a manipulação da carga, por monda manual ou química, e sobre os seus efeitos sobre a fisiologia da árvore e a qualidade dos frutos, na tentativa de determinar um equilíbrio fisiológico óptimo, que tem sido expresso por relações como o número de frutos ou kg por cm² de área da secção transversal do tronco, por m² de área foliar ou por m³ de volume de copa (Giuliani et al., 1997; Darbellay, 1998; Naor et al., 2002; Bravdo, 2004; Whiting & Lang, 2004; Kliewer & Dokoozlian, 2005; Wright et al., 2006; Embree & Myra, 2007; Gonzalez & Cuevas, 2008; Zoecklein et al., 2008).

No entanto, tem sido muito difícil estabelecer ou generalizar um valor concreto para a carga óptima, uma vez que a produção e a qualidade dos frutos dependem também de outros factores, tais como a meteorologia, a rega ou a nutrição. Além disso, as necessidades de monda são diferentes com o local, a idade, a forma de condução, o sistema de plantação, a espécie, a cultivar, o porta-enxerto, etc. Por último, há ainda que considerar que a monda se realiza em Abril ou Maio e os seus resultados são apenas conhecidos à colheita. Em suma, a regulação da carga permite a produção anual regular e sustentada de frutos de boa qualidade e o equilíbrio fisiológico da árvore, constituindo o maior desafio que se coloca, nos pomares modernos, a produtores e técnicos.

Em resposta a esse desafio, o presente trabalho apresenta a "metodologia do potencial produtivo" que se baseia na avaliação dos resultados por ajustamento não-linear em função da carga, permitindo estimar a carga óptima para cada situação particular e para um determinado objectivo comercial (calibre) e, para cada objectivo, as necessidades de monda.

Material e Métodos

O desenvolvimento modelo da “metodologia do potencial produtivo” passa por diversas fases ou sub-modelos. O primeiro prende-se com a determinação do objectivo qualitativo e a sua transformação numa variável facilmente utilizável na avaliação dos resultados. O objectivo qualitativo ou comercial deve resultar de um estudo de mercado. No entanto, quando o objectivo se traduz em tamanho do fruto ou calibre ou em distribuição por classes de calibre, a sua avaliação em termos experimentais é difícil, sendo mais fácil utilizar o peso médio do fruto. A transformação de um objectivo de calibre (medido em diâmetro) em peso médio do fruto pode efectuar-se, de uma forma simples, partindo da medição e pesagem individual de uma amostra de frutos, pelo ajustamento linear entre o raio ao cubo e o peso ($Y = n \times r^3$) ou pelo ajustamento não linear (com a ferramenta *Solver* do Microsoft® Office Excel) entre o volume e o peso do fruto ($Y = (4/3 \times \pi \times r^3) \times n$), em que:

- Y – peso médio do fruto (g);
- r – raio equatorial do fruto (cm ou mm);
- n – parâmetro do modelo, calculado pelas regressões.

De uma forma mais complexa, também se pode relacionar o peso médio do fruto por árvore com a distribuição da produção obtida por classes de calibre, desde que, após a colheita, se faça uma pesagem e contagem dos frutos por classe de calibre e por árvore. Uma vez que a essa distribuição se aproxima da normal, a percentagem da produção acima de um determinado calibre corresponde a uma curva sigmóide que representa uma distribuição normal acumulada (Steel & Torrie, 1976)

O segundo sub-modelo, a determinação da carga óptima da árvore, para cada objectivo qualitativo ou comercial, efectua-se pelo ajustamento não linear entre a carga e o peso médio do fruto (Ramos et al., 2008). Para tal, marcam-se 15 árvores (no mínimo, sendo preferível sempre um número múltiplo de 3 árvores) segundo critérios de homogeneidade, ou seja, com diâmetros de tronco e arborescências semelhantes (por apreciação visual ou medição do tronco ou da copa). Na época própria, procede-se a uma monda de frutos diferenciada para obtenção de diferentes equilíbrios entre a área foliar e a carga de frutos. Para garantir esses diferentes equilíbrios, algumas árvores são mondadas intensamente e outras são deixadas sem monda, de uma forma aleatória. À colheita, os frutos das árvores marcadas são colhidos e regista-se o número de frutos e o peso da produção por árvore. De cada árvore, pode ainda recolher-se uma amostra de 10 frutos para determinações qualitativas (teor em açúcares; dureza da polpa).

O tratamento dos resultados faz-se pela ordenação de todos os valores pelo número de frutos por árvore. Depois de ordenados, os valores agrupam-se em conjuntos (blocos) de três árvores, com vista à redução da variância. O ajustamento não-linear (com a ferramenta *Solver* do Microsoft® Office Excel) entre a carga (número de frutos por árvore, por hectare, por cm² de área da

secção transversal do tronco ou por m³ de volume de copa) e o peso médio do fruto por árvore faz-se com a seguinte equação empírica: $Y = \frac{1}{(a \times X + 1/b)}$, em que:

- Y - peso médio do fruto (g);
- X - carga da árvore;
- a e b - parâmetros do modelo, calculados pela regressão.

Resultados e discussão

A transformação de um objectivo de calibre em peso médio do fruto está exemplificada para a pêra 'Rocha' nas Figuras 1 a 3, por ajustamento uma regressão linear (Fig. 1) ou não-linear (Fig. 2) entre o diâmetro ou o raio equatoriais e o peso médio do fruto (pomar na Cova da Beira) e pela relação entre o peso médio do fruto e a distribuição por classes de calibre, no exemplo (Fig. 3) representada pela percentagem de produção acima dos calibres 60 e 65 mm (pomares em Óbidos e Alcobaça). O Quadro 1 dá exemplos da correspondência entre o diâmetro e o peso médio do fruto estimados pelas equações obtidas naqueles ajustamentos.

O ajustamento entre a carga e o peso médio do fruto por árvore está exemplificado para dois pomares (com diferentes densidade e compassos, localizados em Alcobaça e Óbidos) de pêra 'Rocha' na Figura 4, sendo a carga representada pelo número de frutos por árvore e pelo número de frutos por m³ de volume "ocupado" pela copa. Este volume corresponde ao volume do paralelepípedo formado pela altura e largura da sebe e pela distância entre árvores na linha. As curvas da referida Figura mostram que o peso médio dos frutos varia negativamente com a carga, o que está de acordo com as observações da generalidade dos autores (Berman & DeJong, 1996; Naor et al., 2000; Naor, 2001; Mahhoua et al., 2006; Salvador et al., 2006; Pastor et al., 2007; Davarynejad et al., 2008) e traduz o efeito da variação do equilíbrio entre a carga e a área foliar (intercepção da luz).

O Quadro 2 apresenta a carga óptima obtida com as equações daquelas curvas para cada um dos pomares, exemplificando para um objectivo de calibre baixo, médio e elevado (120, 140 e 160 g de peso médio do fruto, respectivamente). Os valores obtidos dão uma boa indicação da carga óptima para o objectivo de qualidade (calibre) pretendido, a qual se pode reflectir na determinação da intensidade de monda (carga a deixar). Embora estes resultados só sejam obtidos no final da campanha, serão um bom guia para a monda do ano seguinte, para avaliar a necessidade da monda ou para determinar a necessidade de uma monda complementar após a realização da monda química. Fazendo uma estimativa da carga logo após a monda, também se poderá fazer uma estimativa do tamanho final do fruto.

Os exemplos apresentados são todos para a pêra 'Rocha', mas a metodologia pode ser estendida a outras espécies fruteiras que produzam

frutos médios a grandes. Para facilitar a tarefa de contar, pode tomar-se um cacho de uvas (por exemplo) como unidade, em lugar dos frutos individuais.

Referências

- Berman M.E. & DeJong T.M. 1996. Water stress and crop load effects on fruit fresh and dry weights in peach (*Prunus persica*). *Tree Physiology*, 16: 859-864.
- Bravdo B.A. 2004. Effect of cultural practices and environmental factors on wine production and quality. *Acta Horticulturae*, 652: 119-124.
- Chen K., Hu G.Q. & Lenz F. 1997. Training and shading effects on vegetative and reproductive growth and fruit quality of apple. *Gartenbauwissenschaft*, 62 (5): 207-213.
- Darbellay C. 1998. Controlling yield and fruit quality in Maigold apple orchards. *Acta Horticulturae*, 466: 103-107.
- Davarynejad G.H., Nyéki J., Szabó T. & Szabó Z. 2008. Influences of hand thinning of bud and blossom on crop load, fruit characteristics and fruit growth dynamic of Újfehértói Fürtös sour cherry cultivar. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 4 (2): 138-141.
- Dichio B., Celano G., Montanaro G., Nuzzo V., Xiloyannis C. & Giandomenico I. 1999. Leaf area evolution, light interception, yield and quality of fruits in apricot trees (cultivar Tiryntos) trained to transverse Y and vase. *Acta Horticulturae*, 488: 527-531.
- Embree C.G. & Myra M.T.D. 2007. Effect of blossom density and crop load on growth, fruit quality, and return bloom in 'Honeycrisp' apple. *Hortscience*, 42 (7): 1622-1625.
- Gendrier J., Lichou J., Baudry O., Orts R., Rondeau S., Soing P. & Mandrin J. 1999. Outils de pilotage. Bonnes pratiques en arboriculture fruitière. Production raisonnée, intégrée. Ctifl. ACTA. Paris.
- Giuliani R., Corelli-Grappadelli L. & Magnanini E. 1997. Effects of crop load on apple photosynthetic responses and yield. *Acta Horticulturae*, 451: 303-312.
- Gonzalez M. & Cuevas J. 2008. Optimal crop load and positioning of fruit in cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) trees. *Scientia Horticulturae*, 115 (2): 129-134.
- Iannini C., Cirillo C., Basile B. & Forlani M. 2002. Estimation of nectarine yield efficiency and light interception by the canopy in different training systems. *Acta Horticulturae*, 592: 357-365.
- Kliwer W.M. & Dokoozlian N.K. 2005. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56 (2): 170-181.
- Lauri P.E. 2000. The vertical axis and solaxe systems in France. *Acta Horticulturae*, 513:287-296.
- Lauri P.E., Willaume M., Larrive G. & Lespinase J.M. 2004. The concept of centrifugal training in apple aimed at optimizing the relationship between growth and fruiting. *Acta Horticulturae*, 636, 35-42.

- Lauri P.E. & Claverie J. 2005. Sweet cherry training to improve fruit size and quality - an overview of some recent concepts and practical aspects. *Acta Horticulturae*, 667: 361-366.
- Loomis R.S. & Connor D.J. 1992. *Crop Ecology. Productivity and management in agricultural systems*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Mahhoua A., DeJong T.M., Shackelb K.S. & Caoc T. 2006. Water stress and crop load effects on yield and fruit quality of Elegant Lady peach [*Prunus persica* (L.) Batch]. *Fruits*, 61: 407-418.
- Meland M. 2007. Efficacy of chemical bloom thinning agents to European plums. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil and Plant Science*, 57(3): 235-242.
- Naor A. 2001. Irrigation and crop load influence fruit size and water relations in field-grown 'Spadona' pear. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 126 (2): 252-255.
- Naor A., Peres M., Greenblat Y., Doron I., Gal Y. & Stern R.A. 2000. Irrigation and crop load interactions in relation to pear yield and fruit size distribution. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 75 (5): 555-561.
- Naor A., Gal Y. & Bravdo B. 2002. Shoot and cluster thinning influence vegetative growth, fruit yield, and wine quality of 'Sauvignon Blanc' grapevines. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(4): 628-634.
- Palmer J.W. 1992. Effects of varying crop load on photosynthesis, dry matter production and partitioning of Crispin/M.27 apple trees. *Tree Physiology*, 11(1): 19-33.
- Pastor A.P., Sanchez M.C.R., Martinez J.A., Nortes P.A., Artes F. & Domingo R. 2007. Effect of deficit irrigation on apricot fruit quality at harvest and during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87 (13): 2409-2415.
- Ramos A., Marques L., Lopes R., Ribeiro E. & Martins J.M.S. 2008. The "yield potential" - a new methodology to relate orchard productivity and fruit quality. *Acta Horticulturae*, 800: 225-230.
- Salvador F.R., Fisichella M. & Fontanari M. 2006. Correlations between fruit size and fruit quality in apple trees with high and standard crop load levels. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 14 (2): 113-122.
- Snelgar W.P. & Martin P.J. 1997. Relationship between leaf area index and fruit size in kiwifruit. *Acta Horticulturae*, 444: 199-204.
- Steel R.G.D. & Torrie J.H. 1976. *Introduction to statistics*. McGraw-Hill. Kogakusha, Tokyo.
- Taiz L. & Zeiger E. 2006. *Plant Physiology* on line. Disponível em: <http://4e.plantphys.net/article.php?ch=3&id=29>. Acedida a: 07/09/09.
- Tromp J. 2000. Flower-bud formation in pome fruits as affected by fruit thinning. *Plant Growth Regulation*, 31: 27-34.
- Whiting M.D. & Lang G.A. 2004. 'Bing' sweet cherry on the dwarfing rootstock 'Gisela 5': thinning affects fruit quality and vegetative growth but not net CO₂ exchange. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129 (3): 407-415.

Wright A.H., Embree C.G., Nichols D.S., Prange R.K., Harrison P.A. & Delong J.M. 2006. Fruit mass, colour and yield of 'Honeycrisp' (TM) apples are influenced by manually-adjusted fruit population and tree form. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 81 (3): 397-401.

Zoecklein B.W., Wolf T.K., Pelanne L., Miller M.K. & Birkenmaier S.S. 2008. Effect of vertical shoot-positioned, smart-dyson, and Geneva double-curtain training systems on Viognier grape and wine composition. *American Journal of Enology and Viticulture*, 59 (1): 11-21.

Quadros e figuras

Quadro 1 – Exemplos da transformação dos diâmetros e da distribuição por classes de calibre em peso médio do fruto

	Peso médio estimado (g)		
	Transformação linear	Transformação não linear	Relação com distribuição por classes de calibre
Diâmetro médio de 60 mm	125,6	123,2	-----
Diâmetro médio de 65 mm	159,7	155,6	-----
50 % da produção acima do calibre 60 mm	-----	-----	113,5
50 % da produção acima do calibre 65 mm	-----	-----	149,9

Quadro 2 – Exemplos da estimativa de carga óptima para três objectivos qualitativos: baixo, médio e elevado, em dois pomares de pêra 'Rocha'

Objectivo comercial Peso e Diâmetro médios (g=mm)	Baixo		Médio		Elevado	
	120 ≈ 60,0		140 ≈ 62,5		160 ≈ 65,0	
	Pomar A	Pomar B	Pomar A	Pomar B	Pomar A	Pomar B
Carga óptima (nº de frutos/árvore)	234	560	179	357	137	207
Carga óptima (nº de frutos/m³ "copa")	38	90	29	57	22	33

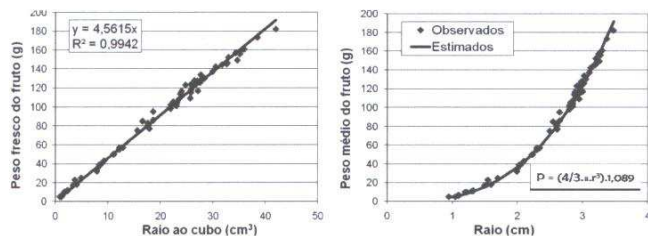


Figura 1 - Transformação linear entre o diâmetro e o peso da pêra 'Rocha'

Figura 2 - Transformação não-linear entre o diâmetro e o peso da pêra 'Rocha'.

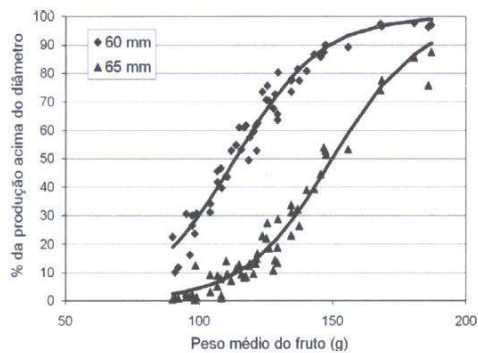


Figura 3 - Relação do peso médio da pêra 'Rocha' com a distribuição da produção por classes de calibre.

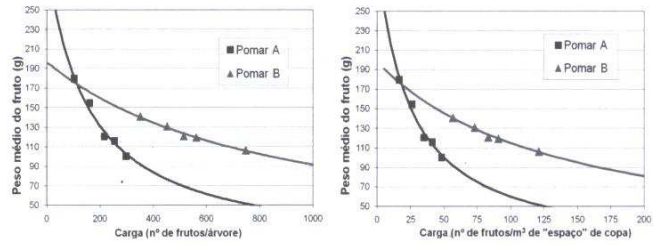


Figura 4 - Determinação da carga óptima por ajustamento não-linear entre a carga e o peso médio do fruto por árvore.