

Estimativa automática da produção da vinha com recurso a análise de imagem



Por: **Gonçalo Victorino e Carlos M. Lopes**, Linking Landscape, Environment, Agriculture and Food (LEAF), Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal

Estimar a produção na vinha atempadamente é uma tarefa essencial para uma gestão informada e para uma adequada organização da vindima. No Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, foi desenvolvido um método não invasivo, baseado em análise de imagem da zona de frutificação, que pode vir a ser uma alternativa aos métodos convencionais de estimativa antecipada da produção vitícola.

A estimativa de produção na vinha

Prever a produção da vinha com precisão proporciona várias vantagens para toda a indústria vitivinícola. Pode ajudar na organização de trabalhos a realizar à vindima assim como na optimização da alocação de depósitos e barricas na adega. Pode ainda fornecer informação útil para auxiliar o delineamento de estratégias de marketing, bem como na gestão da quantidade de vinho armazenado. As estimativas podem ser realizadas em qualquer fase fenológica da videira, no entanto, quanto mais precoce, maior o risco de erro devido a fatores bióticos e abióticos que possam afetar as componentes da produção entre a fase de estimativa e a vindima. É comum fazer-se esta estimativa imediatamente antes do início do pintor, pois é uma fase relativamente próxima da vindima, mas ainda suficientemente precoce para que se possa tirar partido da informação, nomeadamente, para realizar técnicas de regulação da produção de forma eficaz (ex. monda de cachos). Atualmente a metodologia mais comum para obter uma estimativa de produção é ainda, de forma geral, baseada em métodos manuais. Mais concretamente, e considerando as várias formas de realizar manualmente esta tarefa, os méto-

dos mais comuns baseiam-se na contagem do número de cachos de uma amostra de videiras ou da amostra destrutiva e pesagem de cachos imediatamente antes do pintor, fase em que o crescimento dos bagos é reduzido (lag phase). Em ambos os métodos, de forma a prever o peso do cacho à vindima, é necessária informação histórica do peso do cacho no final da maturação (para ser multiplicado pelo número de cachos contados ou para determinar um fator de aumento do peso do cacho entre o pintor e a vindima).

Na utilização de métodos manuais de estimativa de produção é importante que se considere a variabilidade espacial da vinha, de forma a ajustar a dimensão da amostragem a realizar, pois é fundamental que as contagens e/ou amostragens sejam efetuadas de forma a representar zonas com diferentes características. Esta variabilidade espacial é regularmente descrita como estável de ano para ano. Isto é, as zonas de maior ou menor vigor de uma vinha são tendencialmente as mesmas de ano para ano, apesar das diferenças relativas, intrínsecas de cada ano. Este facto faz com que hoje existam formas de realizar estimativas de produção manuais auxiliadas por informação espacial, obtida, por exemplo, via imagem aérea, que auxiliam no

mapeamento da vinha e na obtenção de zonas de amostragem^{[1], [2]}.

Os métodos manuais de estimativa de produção são de fácil execução por qualquer viticultor pois, com exceção dos métodos suportados por imagens aéreas, são totalmente independentes de tecnologia. Com estes métodos é possível obter estimativas de elevada precisão, se a amostragem for feita devidamente. No entanto, estes métodos manuais têm o inconveniente de serem bastante exigentes em mão-de-obra e sensíveis à variabilidade espacial na vinha.

Recentemente, têm vindo a ser desenvolvidas novas tecnologias para realizar estimativas de produção menos suscetíveis às desvantagens descritas acima. O método aeropolínico, tem sido adoptado em várias regiões vitivinícolas, nomeadamente em Portugal^[3], e consiste na análise da concentração do pólen no ar recorrendo à instalação de postos de captação de pólen e posterior contagem do número de grãos de pólen por m³ de ar. Este método é hoje muito utilizado, tendo a vantagem de possibilitar a obtenção de estimativas bastante precoces (à floração). No entanto, os resultados são apenas aplicáveis a uma escala regional e dependem muito das variações da taxa de vingamento, e de todos os fatores que afetam a taxa de crescimento e sanidade dos bagos.

Outros trabalhos utilizam modelos de simulação do desenvolvimento da videira, com base em dados ambientais e fisiológicos^{[4], [5]}. Apesar de possibilitarem boas estimativas de produção, estes métodos têm também a limitação de serem apenas possíveis de considerar numa escala regional e estão sujeitos à variabilidade temporal, pois os modelos são obtidos a partir de dados históricos.

A utilização de sensores com o objetivo de estimar a produção na vinha é o método que tem sido mais estudado nos últimos anos. Esta abordagem pode basear-se em vários tipos de sensores, sendo a mais comum baseada na recolha e análise de imagens digitais obtidas por plataformas terrestres. Este método, que se baseia sobretudo no reconhecimento automático de pixels de cachos e/ou segmentação de bagos na imagem e consequente contagem, para além de ser não-invasivo, possibilita uma automatização total do processo e permite atenuar o problema da variabilidade espacial (as imagens podem ser colhidas extensivamente, em toda a vinha). Apresenta também a vantagem dos dados colhidos estarem facilmente associados a uma posição geográfica, sendo possível saber exatamente de que local da vinha são oriundos. Dentro dos métodos utilizados para reconhecimento destes estimadores, os mais explorados são os métodos baseados em aprendizagem automática, sendo hoje possível identificar, de forma automática, bagos e pixels de cachos na imagem com precisões acima dos 90%^{[6], [7]}. Contudo, apesar de ser possível identificar a quantidade de frutos ou pixels visíveis, existe uma fração significativa de cachos que não é visível,

estando oculta, principalmente, por folhas. Esta oclusão, que é tanto maior quanto mais densa for a sebe, pode atingir valores próximos dos 100%^[8] e constitui o principal desafio de uma estimativa de produção baseada em análise de imagem. Grande parte dos trabalhos desenvolvidos até hoje contorna este problema realizando desfolhas parciais ou completas na zona de frutificação, focando-se principalmente no desenvolvimento de metodologias automáticas de identificação das componentes da produção na imagem^{[7], [9], [10]}. No entanto, apesar da desfolha ser uma intervenção comum em várias regiões vitivinícolas é algo que se realiza com outros objetivos e em períodos associados a esses objetivos. Para além disso, regra geral, a desfolha deve ser evitada em locais onde existe alta probabilidade de escaldão dos cachos expostos, apresentando ainda elevado impacto na maturação dos bagos, que pode ou não ser desejável. Desta forma, idealmente, a estimativa de rendimento deve ser independente de intervenções invasivas como a desfolha, de forma a ser praticável em diferentes condições e considerando objetivos de produção distintos.

A exposição dos cachos à luz solar e, consequentemente, aos sensores, depende muito da porosidade (fração de espaços vazios) da sebe. A porosidade da sebe é afetada por vários fatores, tais como a densidade de sarmentos, a área foliar, stresses bióticos e abióticos, etc.^[11]. Este parâmetro é normalmente avaliado manualmente (método *Point Quadrat*), tendo sido recentemente desenvolvidos métodos automáticos baseados em análise de imagem^{[12], [13]}. Desta forma, e assumindo que existe uma relação entre a porosidade da sebe e a fração de cachos expostos, foi desenvolvido, no Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, um método de estimativa de produção na vinha baseado em análise de imagens recolhidas com um robô terrestre, que utiliza atributos da sebe, visíveis em imagens (como a porosidade e área de cachos expostos) para estimar a fração de cachos ocultos pela folhagem.

Estimativa indireta da fração de cachos não visíveis

De forma a estimar a fração de cachos que está encoberta pela folhagem foi desenvolvido um modelo baseado na relação entre a porosidade da sebe e a fração de cachos expostos. Para tal foram colhidos dados de várias castas brancas e tintas (Encruzado, Syrah, Arinto, Castelão e Chardonnay), de dois locais distintos na região vitivinícola de Lisboa (Instituto Superior de Agronomia, Lisboa e Quinta da Amieira, Torres Vedras), ao longo de quatro anos (2018-21). O modelo resultante explora a hipótese de que, para a mesma videira, quanto maior a porosidade, maior será a fração de cachos visíveis. Esta relação entre porosidade e fração de cachos visíveis é ilustrada na figura 1, que apresenta uma mesma videira com vários níveis de porosidade (induzida artificialmente através de desfolhas manuais progressivas) e correspondentes níveis de exposição dos cachos.

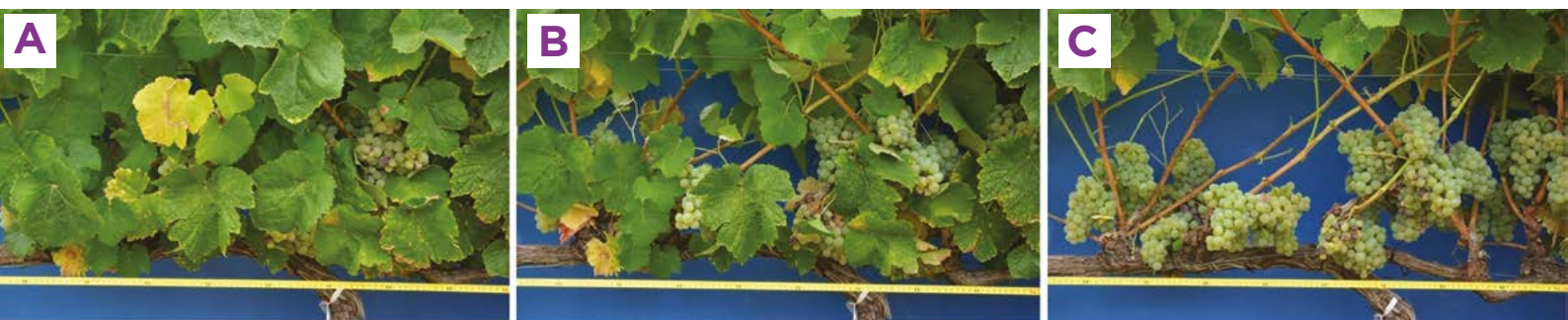


Figura 1. Imagens colhidas da mesma videira (casta Encruzado, 2018), com diferentes níveis de porosidade na zona de frutificação: (A) sem desfolha; (B) desfolha parcial; (C) desfolha completa.

Para desenvolver o modelo referido acima foram colhidas imagens de videiras individuais antes e depois das desfolhas, de forma a simular diferentes condições de vigor e exposição de cachos. Em segundo lugar, as mesmas videiras foram totalmente desfolhadas de forma a expor todos os cachos e possibilitar a quantificação da percentagem de oclusão dos cachos provocada pelas folhas. Por fim, todos os cachos foram colhidos, contabilizados e pesados. No exemplo ilustrado na Figura 1 é utilizado um painel de cor azul para facilitar a análise de imagem, no entanto, como descrito acima, a identificação das componentes da produção é já uma tarefa facilmente automatizada, sem necessidade deste tipo de acessórios. Dado que o objetivo deste trabalho não foi a otimização do reconhecimento de cachos na imagem, mas sim a modelação dos cachos encobertos pela folhagem,

esta simplificação ajudou a garantir que os erros resultantes não estivessem associados ao processo de automatização. No total foram utilizadas 270 imagens para desenvolver o modelo final que possibilitou a estimativa da percentagem de oclusão, em videiras não desfolhadas, com erros entre os 8 e os 12%^[8].

Estimativas da produção a partir de parâmetros obtidos na imagem

Com o objetivo de estimar a produção, num segundo passo, em 213 imagens independentes, colhidas ao estado fenológico pintor, foi definida a zona teórica de frutificação (“região de interesse”), relacionada com o provável posicionamento dos cachos na sebe (Fig. 2) de onde se extrairam os seguintes parâmetros: área de cachos visíveis, perímetro dos cachos, número de bagos visíveis e porosidade da sebe.

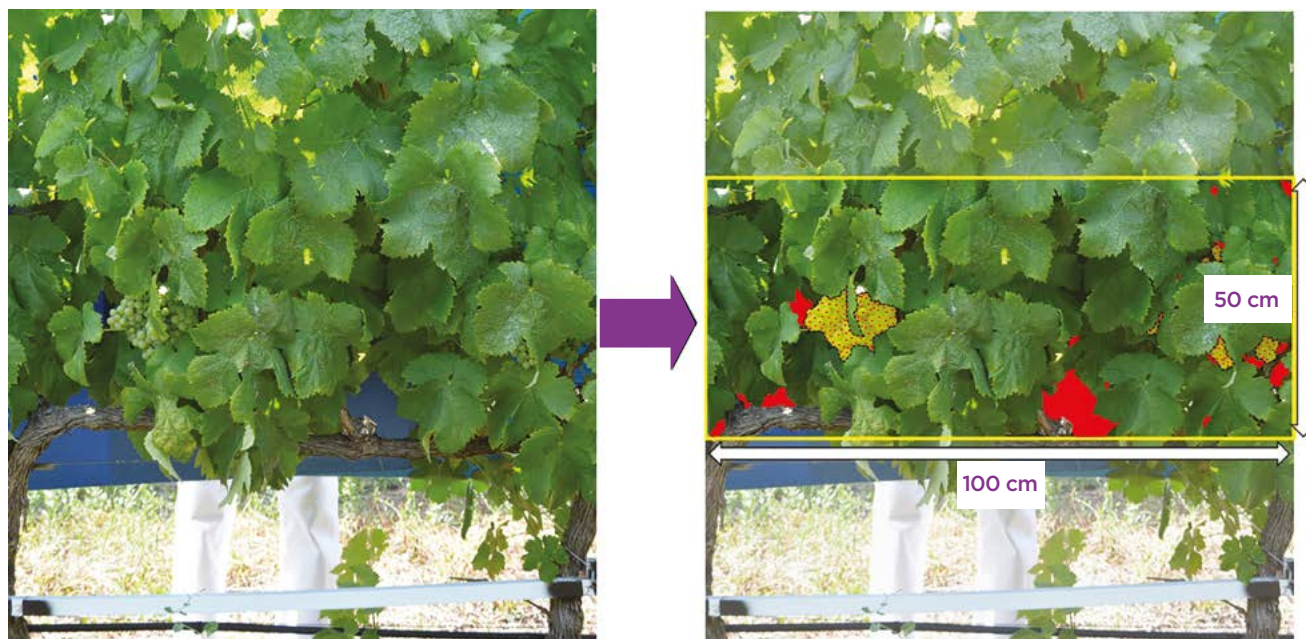


Figura 2. Exemplo dos parâmetros obtidos via análise de imagem numa videira da casta Arinto. O retângulo amarelo corresponde à zona de frutificação; os polígonos vermelhos à porosidade da sebe; polígonos amarelos translúcidos e contorno preto a tracejado à área e perímetro de cachos visíveis e os pontos vermelhos dentro dos polígonos amarelos aos bagos visíveis.

De seguida, parte dos dados colhidos foi utilizada para desenvolver um novo modelo para conversão dos parâmetros colhidos na imagem em peso^[14]. Este modelo permitiu obter uma estimativa final da produção por videira baseada em parâmetros visíveis dos cachos e na estimativa da área total de cachos (visíveis e não visíveis). Em simultâneo, para

as mesmas videiras, de forma a permitir validar o método, foram realizadas estimativas de produção pelo método manual baseado na multiplicação do número de cachos pelo seu peso médio histórico. Os resultados obtidos por videira (Fig. 3A) e em média por casta (Fig. 3B), indicam de que se trata de uma metodologia muito promissora para a estimativa au-

tomatizada da produção na vinha. Comparativamente ao método manual, na maioria dos casos foram obtidos erros percentuais mais baixos no método de análise de imagem. Os casos onde o método de aná-

lise de imagem apresentou maiores erros coincidem sempre com os casos de sebes mais densas e consequente menor visibilidade dos cachos.

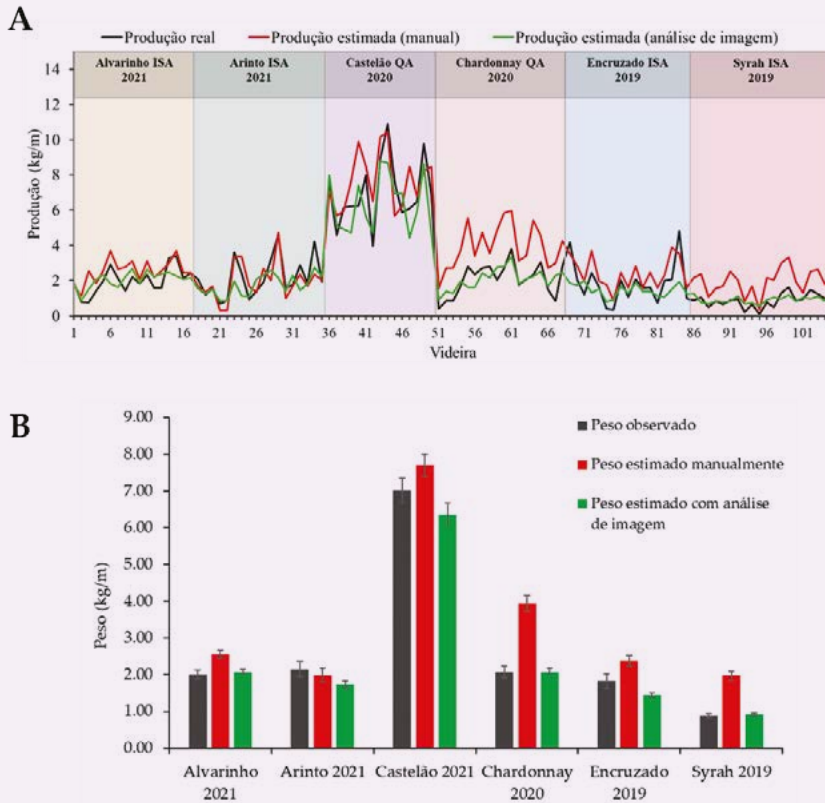


Figura 3. Variação da produção por metro de sebe (A) e em média por casta (B): comparação da produção real com a produção estimada via método manual (nº cachos x peso médio histórico) e via método análise de imagem. ISA: Instituto Superior de Agronomia; QA: Quinta da Amieira.

Conclusões

De forma geral esta metodologia, tendo a possibilidade de ser totalmente automatizada, independente de dados históricos e possível de ser aplicada a uma amostra muito superior (no limite, a toda a vinha) à amostra usada nos métodos manuais, poderá vir a ser uma boa alternativa aos métodos de estimativa de produção convencionais.

Apesar deste tipo de abordagens ainda não estar comercialmente acessível, prevê-se que estes métodos passem a vir a ser cada vez mais utilizados no futuro. Para além das vantagens referidas acima, a recolha de imagem pode ser associada a outros métodos de monitorização de parâmetros morfológicos e fisiológicos. Esta recolha de imagens pode ser assegurada quer por plataformas terrestres automáticas, como o Vinbot^[15] (Fig. 4), quer por tratores ou outros equipamentos agrícolas que possam recolher dados em simultâneo com a execução das operações culturais.

Agradecimentos: O trabalho apresentado neste artigo foi realizado no âmbito dos trabalhos de doutoramento do aluno Gonçalo Victorino, financiados por uma bolsa da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (SFRH/BD/132305/2017). ■

Bibliografia/referências sob consulta com o editor:
revista@aphorticultura.pt



Figura 4. Robô Vinbot em funcionamento na vinha.