

Forçagem do abrolhamento de gomos dormentes para a previsão ultra-precoce da produtividade vitivinícola

Por: Germano Moreira^{1,4}, Cláudia Cruz², Vanda Pedroso², Pedro Rodrigues³, Filipe Neves dos Santos⁴, Mário Cunha^{1,4}

¹ Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), Rua do Campo Alegre s/n, Porto, 4169-007, Portugal

² Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Centro (CCDRCC), Centro de Estudos Vitivinícolas do Dão, Pólo de Inovação de Nelas, Quinta da Cale, 3520-090 Nelas, Portugal

³ Centro de Investigação CERNAS-IPV, Instituto Politécnico de Viseu, Campus Politécnico, Repeses, 3504-510 Viseu, Portugal

⁴ Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência (INESC TEC), Campus da FEUP, Rua Dr. Roberto Frias s/n, Porto, 4200-465, Portugal

A técnica de forçagem do abrolhamento dos gomos dormentes da videira tem sido estudada no âmbito do projeto Wine4cast. Ensaios realizados na Região Demarcada do Dão demonstram a eficácia da técnica na previsão da produtividade vitivinícola de forma antecipada, até um ano antes da vindima, com potencial para mitigar os efeitos da sua variabilidade interanual e otimizar práticas culturais.

Inerentemente sensível a discrepâncias entre a produção prevista e efetiva, o setor vitivinícola opera num equilíbrio delicado na produção de uvas e de vinho. Na União Europeia (EU), regulamentos e sinais distintivos, como a Denominação de Origem (DO), ditam o rendimento máximo por hectare, bem como as normas de qualidade. A previsão da produtividade numa determinada campanha é, por conseguinte, um elemento de tomada de decisão essencial para a indústria vitivinícola e uma obrigatoriedade dos organismos de controlo do setor de todos os estados-membros da EU nas diferentes fases da cadeia de valor, permitindo a ativação de mecanismos legislativos e técnicos que, por exemplo, em anos de colheita abundante, possam originar a perda de direito a utilizar a distinção de DO (Cunha et al., 2016). No entanto, a previsão da produtividade apresenta uma multiplicidade de desafios. Trata-se de uma medida não pontual, caracterizada por uma grande variabilidade interanual e espacial, influenciada por condições edafoclimáticas, stresses bióticos e abióticos, fatores genéticos (casta e porta-enxerto) e práticas culturais, que provocam diferentes respostas fisiológicas da videira, com consequências diretas na qualidade e na produção (Matese & Di Genaro, 2015).

No caso da videira, a produção é gradualmente estabelecida ao longo de duas épocas. O ciclo reprodutor desenvolve-se em dois ciclos vegetativos simultâneos, sendo que a diferenciação dos primórdios das inflorescências, no interior dos gomos hibernantes, decorre durante a época precedente, determinando o número potencial de cachos que

a videira irá produzir na época seguinte (Torregrosa et al., 2021). A contagem do número de gomos e a análise da sua taxa de fertilidade (número de inflorescências por gomo) é, por isso, a primeira aferição da produtividade possível de efetuar. No entanto, não se assume como um valor constante, uma vez que depende de inúmeros fatores, como a casta, tipo (primário ou secundário) e posição do gomo na vara, clima e a própria fisiologia da videira, que influenciam a diferenciação dos primórdios das inflorescências (Magalhães, 2015). Assim, compreender melhor a fisiologia da formação de inflorescências continua a ser um objetivo de importância económica considerável, bem como de interesse intelectual (Clingeffer, 2001).

A dissecação e análise histológica dos gomos são as principais técnicas que permitem determinar a fertilidade potencial (Ramos, 1991; Toda, 1991). No entanto, trata-se de métodos pouco fiáveis, limitados e obrigatoriamente destrutivos de modo a conseguir visualizar os primórdios de inflorescência, podendo revelar-se impraticável do ponto de vista operacional (Clingeffer, 2001), sobretudo à escala do proprietário individual, que muitas vezes não possui conhecimento, meios e equipamentos necessários.

A forçagem dos gomos

Em alternativa, o processo de indução do abrolhamento dos gomos dormentes em estufa (May & Antcliff, 1973) surge como uma técnica que permite aos produtores fazer a estimativa precoce da produtividade e como base para a gestão de operações, como



Figura 1 – Quinta da Cale do Centro de Estudos Vitivinícolas do Dão (CCDR), Pólo de Inovação de Nelas, na Região Demarcada do Dão.

a poda de inverno, de modo a ajustar a produtividade às necessidades da empresa de acordo com um dado modelo de negócio (Clingeleffer, 2001; May, 1961; Khanduja & ABBAs, 1973).

A forçagem de gomos pressupõe a recolha de sarmentos contendo um ou mais gomos dormentes, e a sua sujeição a condições controladas de temperatura, humidade relativa e fotoperíodo para induzir o abrolhamento, com a fertilidade a ser determinada por uma simples observação visual e contagem do número de inflorescências (Ramos, 1991; May, 1961; Khanduja & ABBAs, 1973). Apesar de não prever a ação de acidentes climatéricos e de doenças, que podem ocorrer durante o ciclo cultural, o procedimento apresenta simplicidade metodológica, maior celeridade na execução e possibilita a obtenção de uma amostra mais abrangente.

O principal objetivo deste estudo, realizado no âmbito do projeto Wine4cast (PRR-C05-i03-I-000071), é validar a técnica de forçagem do abrolhamento dos gomos dormentes em estufa, para a aferição do potencial de fertilidade, como um método ultra-precoce de previsão da produtividade vitivinícola, até um ano antes da vindima.

Materiais e Métodos

Os ensaios experimentais realizaram-se em 2023 e 2024 na Região Demarcada do Dão, mais concretamente na Quinta da Cale (Latitude 40° 31'N, Longi-

tude 7° 51'W, Altitude 440 m), pertencente ao Centro de Estudos Vitivinícolas do Dão (CCDR), Pólo de Inovação de Nelas, Viseu, Portugal (Figura 1).

A Figura 2 sumariza as fases e os principais procedimentos na execução do ensaio de forçagem do abrolhamento para os dois anos em estudo. No estado de dormência, durante o inverno das campanhas de 2022/2023 e 2023/2024, selecionou-se uma amostra de 216 videiras (4 blocos x 3 filas x 3 espaços x 6 videiras) da casta Jaen e procedeu-se à recolha de até 6 sarmentos por videira, com madeira do ano anterior. De forma a assegurar a quebra do estado de dormência, o material vegetativo foi conservado a uma temperatura de 6°C numa câmara frigorífica. Quebrado o estado de dormência, cortaram-se os sarmentos, dividindo-os em pequenas estacas apenas com gomos da primeira e segunda posição a partir da base (nível 1 e 2), devido ao sistema de poda curta utilizado, cordão Royat bilateral com 6 unidades de frutificação. De modo a evitar as relações de inibição entre gomos da mesma estaca, procedeu-se à remoção de um dos gomos consoante o nível da posição a avaliar. As estacas foram plantadas em tabuleiros alveolares (60.5 cm x 40.6 cm x 5.5 cm) com turfa esterilizada que foram mantidos em laboratório, a uma temperatura a rondar os 25°C e humidade relativa de 75%, com um fotoperíodo de 12 horas. As amostras foram regadas sempre que era necessário repor a humidade do substrato. As inflorescências tornaram-se visíveis (BBCH 53) aproximadamente entre 10 a 20 dias após a plantação das estacas.

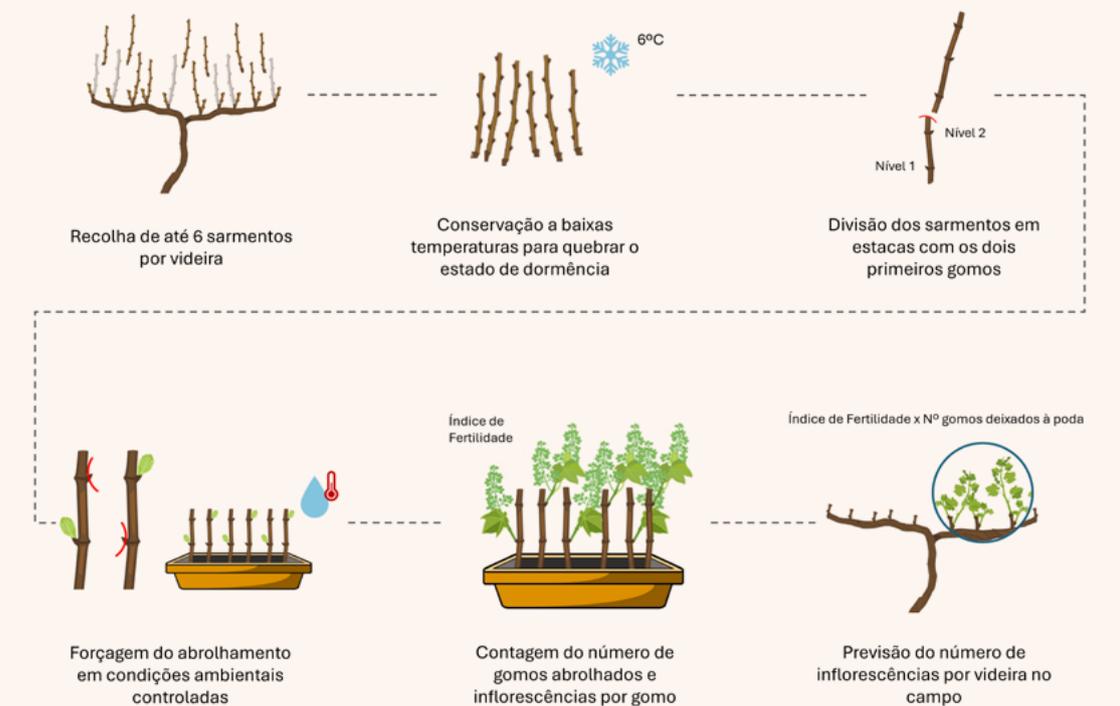


Figura 2 – Principais procedimentos para a realização dos ensaios de forçamento do abrolhamento de gomos nos anos de 2023 e 2024.

Após o abrolhamento e saída das inflorescências (Figura 3), procedeu-se à contagem do número de gomos abrolhados (GA_{lab}) e de inflorescências (I_{lab}) por gomo, de modo a calcular a média do índice de fertilidade potencial (IF_{pot}) para cada um dos níveis avaliados (1). Níveis sem gomos ou com gomos não abrolhados nas estacas em laboratório foram excluídos de modo a garantir que apenas dados válidos e significativos fossem utilizados na análise.

(1)

$$IF_{pot\ média, nível} = \frac{\sum I_{lab, nível}}{\sum GA_{lab, nível}}$$



Figura 3 – Crescimento de estacas da casta Jaen em ambiente controlado. Destaque da fase de saída de inflorescências visível.

De modo prever o número de inflorescências a emergir no campo (I_{campo}) para cada videira, foi definida uma função com base no IF_{pot} médio calculado em laboratório e no número de gomos deixados à poda em cada videira, no campo (GP_{campo}) (2). Posteriormente, na fase de floração, foi avaliada a fertilidade em campo, nas respetivas videiras amostradas, através da contabilização do número de gomos abrolhados e inflorescências.

$$I_{campo, videira} = \left(IF_{pot\ média, nível1} \times GP_{campo, videira, nível1} \right) + \left(IF_{pot\ média, nível2} \times GP_{campo, videira, nível2} \right)$$

A comparação do número de inflorescências registadas nos dois anos consecutivos, em laboratório e no campo, foi realizada através de um delineamento experimental com 4 blocos (3 blocos em 2022/2023) com recurso ao teste não paramétrico U de Mann-Whitney. Nesta análise, considerou-se que existem

diferenças significativas com um nível de probabilidade de 0,05. Para cada um dos anos foi também desenvolvido um modelo de regressão entre os resultados do número de inflorescências previsto, com base no número de inflorescências e gomos abrolhados em laboratório, e observado em campo.

Resultados e Discussão

A Tabela 1 apresenta o número total de gomos abrolhados e inflorescências emergidas das videiras amostradas, bem como o IFpot médio de acordo com o nível de cada gomo. No campo, a taxa de abrolhamento supera os 98%, enquanto em laboratório, a taxa foi consideravelmente menor, especialmente em 2022/2023, onde apenas 36% dos gomos abrolharam. Apesar das relações de inibição entre gomos da mesma vara ter sido evitada, danos físicos (estacas ou gomos partidos) ou a incidência de doenças fúngicas afetaram a taxa de abrolhamento em condições controladas.

No entanto, observou-se um IF médio idêntico entre as amostras em laboratório e em campo para cada um dos níveis avaliados, nos dois anos de estudo. Em 2022/2023, o IFpot médio no nível 1 foi equivalente em ambas as condições (1.30), enquanto no nível 2, a fertilidade em campo demonstrou-se ligeiramente superior (1.62) em comparação com laboratório (1.58). A dinâmica inverteu-se em 2023/2024, com o IFpot médio no nível 1 a permanecer idêntico (1.14) tanto no laboratório como no campo, havendo um aumento na fertilidade nos gomos do nível 2 em laboratório (1.52), superando o campo (1.43). Entre gomos, verificou-se uma maior fertilidade nos gomos de nível 2 em relação aos gomos de nível 1, em ambos os anos e condições.

Tabela 1 – Número total de gomos, inflorescências e índice de fertilidade por posição de gomo, em laboratório e campo, nos anos de 2023 e 2024.

Ambiente	Ano	Videiras	Nº de Gomos	Gomos Abrolhados	Inflorescências	IFpot médio (Nível 1)*	IFpot médio (nível 2)*
Laboratório	2022/2023	147	477	174	255	1.30	1.58
	2023/2024	153	470	376	498	1.14	1.52
Campo	2022/2023	147	1137	1120	1578	1.30	1.62
	2023/2024	153	1292	1268	1649	1.14	1.43

* Gomos não abrolhados ou níveis sem gomos não contabilizados no cálculo do IFpot médio

Com base no número de gomos deixados à poda e no IFpot médio observado em laboratório em cada um dos níveis, foi previsto o número de inflorescências a emergir no campo, por videira. Em 2023, o número médio de inflorescências previsto para os gomos de nível 1 foi ligeiramente superior ao observado, com valores previstos de 6.25 ± 1.47 em comparação com os valores de 6.1 ± 2.24 observados em campo. Da mesma forma, para os gomos de nível 2, as inflorescências previstas (6.12 ± 2.12) coincidiram com os dados observados (6.27 ± 2.47), indicando um forte alinhamento entre as previsões e as observações reais. Em 2024, no entanto, notou-se uma ligeira divergência entre os valores previstos e observados, particularmente para os gomos de nível 2. Enquanto o número de inflorescências previsto foi de 6.18 ± 1.66 , o valor observado foi ligeiramente inferior, com 5.67 ± 2.06 . Para os gomos de nível 1 em 2024, os valores previstos (5.19 ± 1.56) e observados (5.05 ± 1.97) foram mais alinhados (Figura 4).

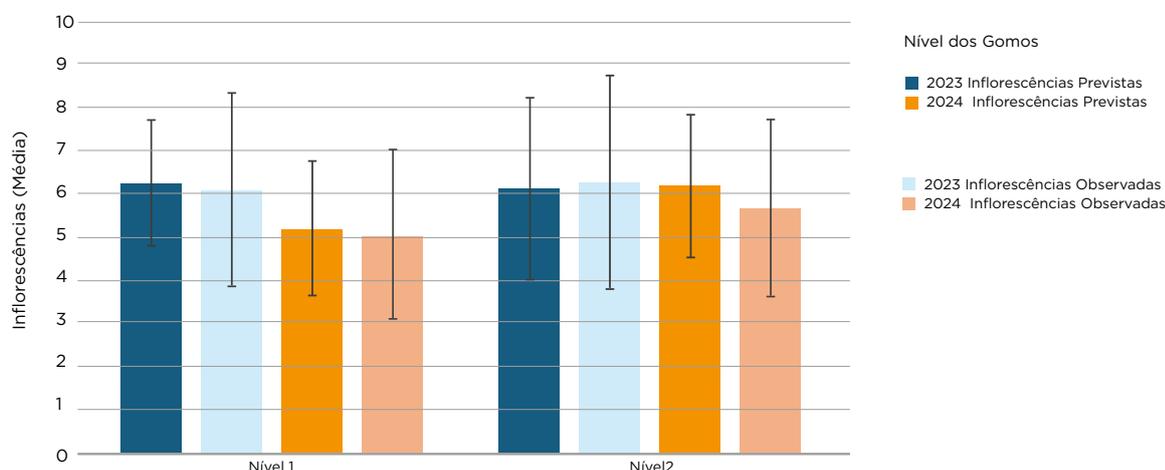


Figura 4 – Comparação da fertilidade média prevista e observada em 2023 e 2024 entre gomos de diferentes níveis (nível 1 e 2).

A Tabela 2 apresenta os resultados do teste U de Mann-Whitney ($p = 0.005$) para avaliar a significância estatística das diferenças entre as inflorescências previstas e observadas em cada um dos anos analisados (2023 e 2024) e entre anos. A análise revelou diferenças não significativas entre as inflorescências previstas (laboratório) e observadas (campo) em ambos os anos. Em 2023, o número de inflorescências médio previsto (10.1 ± 4.4), não difere significativamente ($p = 0.968$) do valor observado no campo (10.2 ± 4.9). Da mesma forma, em 2024, o valor previsto (9.9 ± 3.9) não se apresentou significativamente diferente ($p = 0.119$) daquele observado (9.3 ± 4.2), sugerindo que o modelo manteve um grau razoável de precisão nos dois anos. A análise entre anos corroborou estes resultados, sem diferença global significativa entre os dados previstos ($p = 0.904$) e observados ($p = 0.238$).

Ano	Obs	Tratamentos		Sig
		Laboratório	Campo	
2022/2023	144	10.1 ± 4.4	10.2 ± 4.9	0.968
2023/2024	294	9.9 ± 3.9	9.3 ± 4.2	0.119
Sig Ano	438	0.904	0.238	–

Sig: valor p associado à estatística do teste U de Mann-Whitney; Médias com valor de p inferior a 0.05 são consideradas estatisticamente diferentes

Tabela 2 – Resultados estatísticos baseados no teste U de Mann-Whitney ($p = 0.05$) que avaliam as diferenças entre as inflorescências previstas e observadas e a sua interação com os anos de estudo.

Os modelos de regressão (Figura 5) apresentam uma forte relação linear entre as inflorescências previstas e observadas para 2023 e 2024, com valores de R^2 de 86% e 73%, respetivamente, sugerindo que o modelo explica uma parte significativa da variância nos dados observados, apresentando um desempenho ligeiramente melhor para 2023 em comparação com 2024.

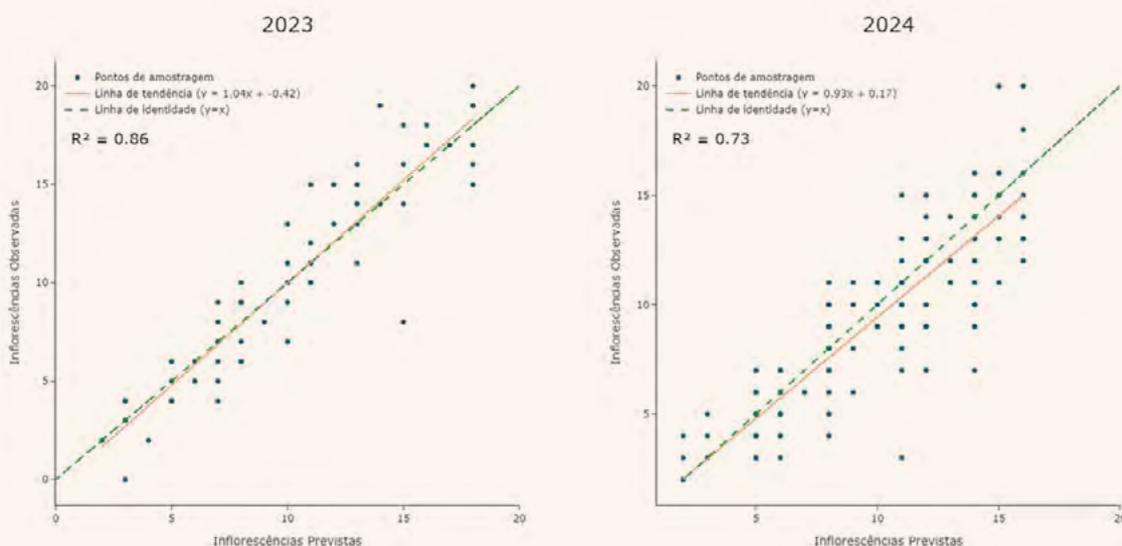


Figura 5 – Relação entre as inflorescências previstas em laboratório e observadas em campo nas videiras amostradas, para os anos de 2023 e 2024.

Conclusão

Os resultados obtidos confirmam a eficácia da técnica de forçagem do abrolhamento de gomos dormentes como um método promissor para a previsão ultra-precoce da produtividade vitivinícola. A elevada correlação entre as previsões laboratoriais e as observações no campo, nos dois anos de estudo, demonstra a robustez e fiabilidade da metodologia. Embora alguns desvios pontuais tenham sido observados, nomeadamente em 2024, a consistência geral dos resultados reforça o valor desta abordagem para estimar o potencial produtivo da videira com maior antecedência.

A incorporação de tecnologias emergentes, como a inteligência artificial e análise de imagens mul-

tiespectrais, poderá potenciar a aplicação desta técnica como ferramenta de previsão, permitindo aos viticultores ajustar operações importantes como a poda de inverno de acordo com as previsões. O uso destas tecnologias tem sido explorado nas diversas linhas de ação do projeto Wine4cast (PRR-C05-i-03-I-000071), que tem como principal objetivo a previsão espaço-temporal da produtividade vitivinícola para usabilidade multi-ator (<https://www.fc.up.pt/Wine4Cast/>). ■

Consulte as referências bibliográficas neste Código QR ou solicite-as ao editor da revista através do email revista@aphorticultura.pt

