IVES Technical Reviews vinha & vinho
terclimpro
https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2025.8495

Este artigo é publicado em colaboração com a 2ª edição do TerclimPro (18-19 de fevereiro de 2025), Bordéus e Cognac, França.

Caracterização da dinâmica da acumulação de açúcar na uva e dos fatores que influenciam este processo à escala local

Laure de Rességuier[1]*, Lauren Inchboard[2], Amber K. Parker[3], Théo Petitjean[1], Cornelis van Leeuwen[1]

[1] EGFV, Univ. Bordeaux, Bordeaux Sciences Agro, INRAE, ISVV, F-33882 Villenave d'Ornon, France
[2] VITINNOV, Bordeaux Sciences Agro, ISVV, F-33175 Gradignan cedex, France
[3] Department of Wine, Food and Molecular Biosciences, Lincoln University, Lincoln 7647, New Zealand

Determinar a concentração de açúcar nos bagos de uva é essencial para os viticultores, pois permite-lhes avaliar o teor alcoólico do vinho final e otimizar a data de colheita. Face às alterações climáticas e ao aumento das temperaturas, compreender os fatores que afetam a dinâmica da acumulação de açúcar é crucial para adaptar as práticas vitivinícolas e manter a qualidade dos vinhos. Este estudo tem como objetivo analisar os fatores de desenvolvimento e ambientais envolvidos na acumulação de açúcar nas uvas, utilizando dados coletados na região de Saint-Émilion, Pomerol e as suas denominações satélites (Bordéus, França)[1].

Caracterização da dinâmica da acumulação de açúcar

Foram monitorizadas 18 parcelas localizadas em vinhas de Merlot de 2012 a 2019 (com exceção de 2017, ano marcado por uma geada primaveril). Cada parcela de monitorização da maturação foi composta por 20 videiras dispostas à volta de um sensor de temperatura, previamente instalado, para caracterizar a temperatura à escala local[2]. Para além da temperatura, o estado hídrico e a nutrição azotada foram avaliados, perto da data da colheita, através de medidas de discriminação isotópica de carbono (δ13C)[3] e azoto assimilável no mosto (Nass) utilizando métodos de dosagem enzimática ou métodos de titulação de formol. As fases fenológicas, e em particular o meio do pintor (BBCH 85)[4], foram determinadas por observações de campo duas vezes por semana, enquanto o peso dos bagos e a concentração de açúcar (medidos pelo método IRTF, FOSS Analytical, França) foram monitorizados semanalmente desde a fase do pintor até perto da colheita.

A dinâmica da acumulação de açúcar à escala de uma população de bagos segue uma curva sigmoide que termina num *plateau*[5]. Neste estudo, foi utilizado um modelo para caracterizar a dinâmica da acumulação de açúcar em bagos de uva por parcela e por ano[6]. Este modelo permitiu estimar o dia do ano em que a concentração de açúcar atinge 95 % do seu máximo (Dia *Plateau*) e a concentração de açúcar (g/ l) quando 95 % da concentração máxima é atingida ([açúcar] no *Plateau*) (Figura 1). O número de dias (duração) entre a observação do meio do pintor (Dia *Ver* – do francês: *veraison*) e o dia modelado em que 95 % do açúcar máximo é atingido (Dia *Plateau*), também foi calculado (Duração Ver-Plateau) (Figura 1).

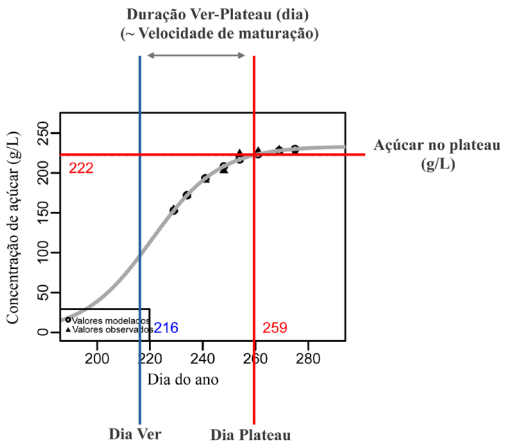


FIGURA 1. Modelagem da dinâmica de acumulação de açúcar nas uvas do local 1 em 2012 e dos indicadores de maturação utilizados. Linhas vermelhas: parâmetros estimados; Linha azul: parâmetro medido.

Quais são os fatores que influenciam a dinâmica da acumulação de açúcar?

Modelos mistos lineares foram utilizados para explorar a influência de vários fatores abióticos (temperatura média (Tméd) entre o meio da fase do pintor e o *plateau*, δ13C e Nass) e de desenvolvimento (peso de um bago e precocidade do meio do pintor) sobre os parâmetros da dinâmica de acumulação de açúcar. A Tabela 1 apresenta um resumo dos resultados destas análises.

TABELA 1. Síntese dos resultados estatísticos de modelos lineares mistos utilizados para explicar o peso de um bago, a precocidade do plateau, a concentração de açúcar no plateau e a duração da acumulação de açúcar.

	Tméd Ver-Plateau (°C)	δ13C (‰)	Nass (mg/ l)	Peso de um bago (g)	Dia Ver	Duração Ver-Plateau (dia)
Peso de um bago (g)	ns	** Peso ↘ quando a restrição ↗	ns	/	/	/
Precocidade do *plateau*	*** Precocidade ↗ quando Tméd ↗	* Precocidade ↗ quando a restrição ↗	ns	ns	** Precocidade do plateau ↗ quando a precocidade Ver ↗	/
[Açúcar] no *plateau* (g/ l)	** [Açúcar] ↗ quando Tméd ↗	ns	ns	*** [Açúcar] ↘ quando o peso ↗	Ns	*** [Açúcar] ↗ quando a duração ↗
Duração Ver-Plateau (dia)	*** Duração ↘ quando Tméd ↗	ns	ns	ns	/	/

A precocidade do *plateau* depende da temperatura média e da data do meio da fase do pintor. Uma temperatura média elevada acelera a maturação, antecipando o aparecimento do *plateau*. Foi também observado um efeito fraco do estado hídrico: o *plateau* é atingido mais cedo numa situação de stress hídrico.

A concentração de açúcar no início do *plateau* é influenciada principalmente pela duração do período de acumulação. A maturação rápida está associada a uma menor concentração de açúcar no *plateau*. Um efeito significativo do peso do bago também foi demonstrado: bagos mais pesados têm uma menor concentração de açúcar.

Por fim, a duração da acumulação de açúcar também depende da temperatura média: quanto mais quente, menor o tempo entre o meio do pintor e o *plateau*. No entanto, outros fatores, como a heterogeneidade do amadurecimento entre bagos no mesmo cacho[7], não foram tidos em conta.

O azoto assimilável nunca foi identificado como uma variável significativa neste estudo, e os resultados são semelhantes com o uso de outro indicador de nutrição azotada, como o N-tester (dados não mostrados).

A tradução deste artigo para português foi-lhe oferecida pela Sogrape. Consulte https://sogrape.com/pt/sustentabilidade

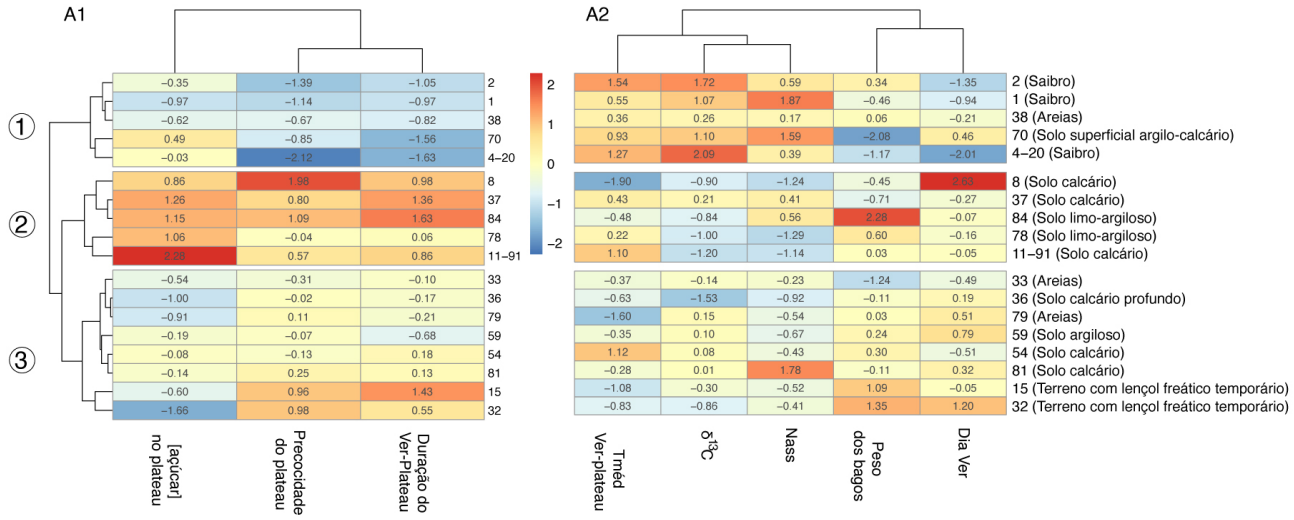


FIGURA 2. A1 – Heatmap com classificação dos locais de acordo com variáveis de maturação. A2 – Heatmap com agrupamento de variáveis explicativas e classificação dos locais utilizando os grupos das linhas do primeiro heatmap e adicionando os tipos de solo das parcelas.

Agrupamento de parcelas com uma dinâmica de maturação semelhante à escala do território de estudo

Para identificar áreas homogéneas na área de estudo em termos de dinâmica de maturação, foram utilizados *heatmaps* (ou mapas de calor) associados a uma classificação hierárquica ascendente para agrupar as parcelas. Os *heatmaps* são usados para representar visualmente matrizes de dados utilizando um código de cores. Os valores altos são geralmente representados por cores quentes (vermelho, laranja), enquanto os valores baixos são representados por cores frias (azul, verde). Esta representação facilita a identificação de tendências e variações nos dados. Uma classificação hierárquica ascendente, que agrupa os elementos de acordo com a sua semelhança, foi aplicada aos *heatmaps* para reorganizar as parcelas e as variáveis de maturação (Figura 2, A1). As variáveis explicativas (Tméd Ver-Plateau, δ13C, Nass, Peso dos bagos e Dia *Ver*) foram adicionadas num segundo *heatmap* (Figura 2, A2) e agrupadas nas colunas. As linhas deste segundo *heatmap* foram reorganizadas de acordo com os grupos de parcelas identificados no primeiro *heatmap* (Figura 2, A1), o que permite visualizar as ligações entre a dinâmica de maturação da parcela e as variáveis explicativas. Foram também adicionados tipos de solo para completar a ligação com o *terroir*.

Foram identificados três grupos de maturação distintos (Figura 2). O grupo 1 é caracterizado por uma rápida duração do *plateau* a meio da fase do pintor, um *plateau* precoce e uma concentração moderada de açúcar no *plateau*. Este grupo corresponde a parcelas localizadas a oeste da área de estudo, em solos predominantemente saibroso ou arenosos, sujeitos a défices hídricos. A temperatura nestes sectores durante o período de maturação é quente, e as parcelas são caracterizadas por níveis mais elevados de azoto assimilável do que noutros sectores. Neste grupo, a maturação rápida está associada a uma menor concentração final de açúcar, possivelmente devido a uma restrição da fotossíntese, relacionada a um défice hídrico no final da maturação não levado em conta pelo indicador de fornecimento hídrico escolhido (δ13C). O grupo 2 distingue-se pela maturação lenta, um *plateau* tardio e uma elevada concentração de açúcar no *plateau*. Estas parcelas estão localizadas em solos argilo-limosos profundos, menos propensos ao défice hídrico. Por fim, o terceiro grupo tem uma concentração final de açúcar baixa, bem como um tempo de maturação e um *plateau* médios. Inclui parcelas mais heterogéneas em termos de *terroir*, mas que se caracterizam por temperaturas durante a maturação e níveis de Nass inferiores à média, com exceção de duas parcelas.

Discussão e aplicações

Este estudo confirmou o grande impacto da temperatura durante o período de maturação na precocidade do *plateau* de concentração de açúcar na uva. Também mostrou a importância do tempo de maturação e do peso dos bagos na concentração de açúcar no início do *plateau*. O método de análise desenvolvido neste estudo é reprodutível e pode ser utilizado por unidades de produção, como adegas cooperativas ou grandes propriedades, para agrupar parcelas de acordo com sua dinâmica de maturação. As uvas provenientes de parcelas com dinâmicas semelhantes podem ser vinificadas nas mesmas cubas ou integradas nos mesmos lotes. Os fatores explicativos da maturação podem ser complementados por variáveis não medidas neste estudo, como a produtividade, idade da parcela, porta-enxertos, clones ou outros indicadores de nutrição mineral e estado hídrico no pré-pintor, que provavelmente influenciarão a dinâmica de maturação. Estes resultados também abrem perspetivas em termos de adaptação às alterações climáticas, por exemplo, utilizando castas mais tardias para atrasar o início da maturação ou promovendo práticas vitícolas destinadas a aumentar o peso dos bagos para limitar a concentração das uvas em açúcar na maturação. ■

1 de Rességuier, L., Inchboard, L., Parker, A. K., Petitjean, T., & van Leeuwen, C. (2024). Drivers of grape berry sugar accumulation in field conditions at local scale. *OENO One*, 58(4), Article 4. https://doi.org/10.20870/oeno-one.2024.58.4.8195

2 de Rességuier, L., Mary, S., Le Roux, R., Petitjean, T., Quénol, H., & van Leeuwen, C. (2020). Temperature variability at local scale in the bordeaux area. Relations with environmental factors and impact on vine phenology. *Frontiers in Plant Science*, 11, 515. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00515

3 van Leeuwen, C., Bois, B., Brillante, L., Destrac-Irvine, A., Gowdy, M., Martin, D., Plantevin, M., de Rességuier, L., Santesteban, L. G., & Zufferey, V. (2023). Carbon isotope discrimination (so-called δ13C) measured on grape juice is an accessible tool to monitor vine water status in production conditions. *IVES Technical Reviews, Vine and Wine*. https://doi.org/10.20870/IVES-TR.2023.7742

4 Meier, U. (2001). Stades phénologiques des mono-et dicotylédones cultivées (2e éd). Centre fédéral de recherches biologiques pour l'agriculture et les forêts.

5 Coombe, B. G., & McCarthy, M. G. (2000). Dynamics of grape berry growth and physiology of ripening. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 6(2), 131-135. https://doi.org/10.1111/j.1755-0238.2000.tb00171.x

6 Suter, B., Destrac Irvine, A., Gowdy, M., Dai, Z., & van Leeuwen, C. (2021). Adapting Wine Grape Ripening to Global Change Requires a Multi-Trait Approach. *Frontiers in Plant Science*, 12. https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2021.624867

7 Coombe, B. G. (1980). Development of the grape berry. I. Effects of time of flowering and competition. *Australian Journal of Agricultural Research*, 31(1), 125-131. https://doi.org/10.1071/ar9800125

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.