

## Estudo preliminar dos efeitos do aquecimento global sobre a floração da oliveira em Portugal

J.P. Melo-Abreu<sup>1</sup>, A.M. Cordeiro<sup>2</sup>, B.M. Rogado<sup>3</sup>, V. Cabrinha<sup>4</sup> & A.M. Ramos<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa (UTL), Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal, jpabreu@isa.utl.pt

<sup>2</sup>INRB, L-INIA, Unidade de Recursos Genéticos, Ecofisiologia e Melhoramento de Plantas, Estrada de Gil Vaz s/n, Apartado 6, 7350-951 Elvas, Portugal

<sup>3</sup>DRAPLVT, Apartado 477, 2001-906 Santarém, Portugal

<sup>4</sup>Instituto de Meteorologia, Rua C do Aeroporto, 1749-077 Lisboa, Portugal

<sup>5</sup>Escola Superior Agrária de Castelo Branco, Qta. Sra de Mércules, Apartado 119, 6001-909 Castelo Branco, Portugal

### Resumo

O desenvolvimento fenológico da oliveira é importante para estudar a sua adaptabilidade, para a gestão e para a modelação do crescimento e produção do olival. No entanto, muitos estudos que prevêm a data de floração da oliveira não consideram as necessidades de frio, que são baixas, mas que podem não ser satisfeitas, em alguns anos, em climas mais amenos ou quando o aquecimento global se faz sentir.

Em estudo anterior De Melo-Abreu et al. (2004) desenvolveu-se um modelo que permite prever a data de floração de algumas cultivares. Trata-se de um modelo em duas fases. Na primeira, acumulam-se unidades de frio segundo um modelo que tem quatro parâmetros. A segunda, simula a forçagem dos gomos florais, utilizando a soma de temperaturas acima da temperatura base. Verificou-se também que os parâmetros do modelo de acumulação de frio, excepto a soma das unidades de frio, são conservativos para todas as cultivares estudadas. Utilizou-se um algoritmo especialmente desenvolvido para determinar a soma de unidades de frio necessárias para a quebra da dormência dos gomos florais e a soma de temperatura correspondente à fase de forçagem. O modelo assim calibrado é utilizado para prever o impacto do aquecimento global nas datas de floração das oliveiras 'Arbequina', 'Gordal', 'Hojiblanca', 'Manzanilla', 'Moraiolo', 'Picual' e 'Verdial' para quatro localizações representativas das principais regiões olivícolas portuguesas.

O tempo presente foi representado por séries de 19 a 30 anos de temperaturas máximas e mínimas diárias (Cen0). Criaram-se três cenários de alteração climática consubstanciados por aumentos da temperatura em 1°C (Cen1), 2°C (Cen2) e 3°C (Cen3), tanto nas máximas como nas mínimas.

Em Vila Real, as projecções indicam avanços crescentes da data de floração, de 11 a 12 dias no Cen1 até 33 a 37 dias no Cen3. Em Castelo Branco, as projecções indicam avanços crescentes da data de floração, indo de 11 a 13 dias no Cen1 até 23 a 36 dias no Cen3. Em ambas as localizações, não se prevêm florações anormais ou inexistentes devido à falta de frio.

Em Beja, as projecções indicam que os avanços entre os Cen1 e Cen2 são modestos, que a 'Moraiolo' não tem uma floração normal no Cen2 e que todas as cultivares estudadas têm anos com florações anormais ou inexistentes no Cen3.

Em Faro, existem atrasos muito grandes na floração em todos os cenários, não havendo floração normal em muitos anos. No Cen3, as projecções indicam que as florações seriam anormais ou inexistentes em quase todos os anos.

Os resultados obtidos permitem assistir o olivicultor na decisão de incluir ou não algumas cultivares em novos olivais.

**Palavras-chave:** oliveira, *Olea europaea* L., necessidades de frio, tempo térmico, dormência, aquecimento global.

## Abstract

### Preliminary study of the effects of global warming upon the flowering of the olive tree

Phenological development of the olive tree is important for studying its adaptability, for management and simulation of growth and yield of olive orchards. Nevertheless, most studies that predict the date of flowering of the olive do not consider its chilling requirements, that are low, but may not be satisfied in some years, under mild climates or when global warming takes effect.

In a previous study De Melo-Abreu et al. (2004) a model designed to predict the date of flowering was presented along with appropriate parameters for some cultivars. It is a two phase model. In the first phase, chilling accumulation takes place using a four parameter sub-model for determination of chilling units. In the second phase, known as the forcing phase, that starts after chilling requirements were attained and bud-break was due to occur, temperature sum above a base temperature is used to simulate development. Furthermore, it was established that all the parameters for the chilling accumulation, except the required chilling units, are conservative for all cultivars that were studied.

A custom-tailored algorithm was constructed for the determination of the total sum of chilling units for bud-break and for the temperature sum necessary for the forcing phase. The resulting calibrated model is used for the prediction of the impact of global warming in the dates of flowering of the olive trees 'Arbequina', 'Gordal', 'Hojiblanca', 'Manzanilla', 'Moraiolo', 'Picual' and 'Verdial' for the four locations that are representative of the main olive producing regions in Portugal.

The present climate is represented by a series of 19 and 30 years of maximum and minimum daily temperatures (Cen0). Three scenarios of climate change were considered. Cen1, Cen2 and Cen3 correspond, respectively, to increases of 1°C, 2°C and 3°C to both maximum and minimum temperatures.

In Vila Real, projections indicate successive advances in the date of flowering, from 11 to 12 days in Cen1 until 33 to 37 days in Cen3. In Castelo Branco, the projections indicate advances of flowering date from 11 to 13 days in Cen1 until 23 to 36 days in Cen3. In both locations, no faulty or abnormal flowering were anticipated.

In Beja, the o projections indicate that advances in the date of flowering for Cen1 and Cen2 are modest, that 'Moraiolo' has a single event of faulty or abnormal flowering in Cen2 and that all cultivars that were studied have years with faulty or abnormal flowerings in Cen3.

In Faro, important delays in the date of flowering were anticipated in all scenarios, and in many years flowering is absent or abnormal. In Cen3, the projections indicate that flowering is likely to be absent or abnormal in almost all years. The results that were obtained are an indication that may help the farmer to include or reject cultivars in future olive orchards.

**Keywords:** olive, *Olea europaea* L., chilling requirements, thermal time, dormancy, global warming.

## Introdução

Os olivais ocupam 2,6 Mha na Península Ibérica e 0,5 Mha em Portugal. A olivicultura portuguesa contribui com cerca de 5% para o produto agrícola nacional (De Melo-Abreu, 2004; Pinto, 2004).

A previsão das fases fenológicas da oliveira é importante para estudar a sua adaptabilidade, no combate a pragas e doenças e outros actos de gestão do olival, na previsão das colheitas, na previsão da concentração de pólen no ar e na aplicação dos modelos de crescimento.

Os modelos de previsão da floração são ferramentas imprescindíveis para a análise das consequências das alterações climáticas no futuro da olivicultura. O fotoperíodo não tem um efeito significativo na produção de flor e seu vingamento, mas as baixas temperaturas são essenciais para uma floração normal.

A iniciação floral ocorre no fim do verão e no início do Outono, como é o caso de muitas outras fruteiras (Rallo & Martin, 1991), e a quebra da dormência dos gomos florais ocorre quando as plantas são expostas a um período suficiente de frio. Antes da quebra da dormência dos gomos florais, parte do efeito do frio pode ser anulado devido a temperaturas relativamente elevadas. Depois da quebra de dormência, o tempo para a ocorrência da floração diminui quando aumenta a temperatura.

No entanto, muitos estudos que prevêem a data de floração da oliveira não consideram as necessidades de frio, que são baixas, mas que podem não ser satisfeitas, em alguns anos, em climas mais amenos ou quando o aquecimento global se faz sentir.

Neste trabalho combinamos um novo modelo de desenvolvimento fenológico, que foi desenvolvido por esta equipa (De Melo-Abreu et al., 2004), com séries longas de temperaturas do ar e cenários de alteração da

temperatura para prever o impacto do aquecimento global nas datas de floração e eventualmente na ocorrência de florações anómalas da oliveira em Portugal.

## Material e Métodos

As simulações foram feitas para Vila Real de Trás-os-Montes, Castelo Branco, Beja e Faro, utilizando entre 19 e 30 anos de temperaturas máximas e mínimas diárias do ar para definir o tempo presente (Cen0). Criam-se 3 cenários de alteração climática aumentando simultaneamente as temperaturas máxima e mínima em 1°C (Cen 1), 2°C (Cen 2) e 3°C (Cen3).

As oliveiras estudadas foram: 'Arbequina', 'Gordal', 'Hojiblanca', 'Manzanilla', 'Moraiolo', 'Picual' e 'Verdial'. Não foram estudadas outras cultivares muito utilizadas em Portugal, visto que não existem dados em quantidade suficiente para fazer uma análise semelhante.

O modelo utilizado tem uma parte que simula a acumulação de frio e uma fase de forçagem. Utilizando as temperaturas horárias, as unidades de frio (CU) são calculadas de acordo com o modelo (De Melo-Abreu et al., 2004) (fig. 1). A equação correspondente ao modelo é apresentada na fig. 2. Como se pode verificar, o modelo tem quatro parâmetros:  $T_h$  é a temperatura horária do ar (°C),  $T_m$  é a temperatura óptima para a acumulação de frio (°C) e  $T_x$  (°C) é a temperatura a partir da qual um número constante ( $a$ ) de unidades de frio se anulam.  $T_m$ ,  $T_x$  e  $a$  são respectivamente 7,3°C; 20,7°C e -0,54 CU. O valor inferior a partir do qual começa a haver acumulação de frio foi fixado em 0°C, de acordo com os dados de calibração utilizados, para se reduzir o número de parâmetros. Os parâmetros foram calculados no trabalho citado numa extensa base de dados, que incluía informação de Portugal e de Espanha.

Quando se atinge a soma de CU, que é específica de cada cultivar, passa-se à fase de forçagem. Nesta fase, a simulação é feita pela acumulação de temperatura acima da temperatura base (9,1°C).

## Resultados e Discussão

Em Vila Real, as projecções indicam avanços crescentes da data de floração, de 11 a 12 dias no Cen1 até 33 a 37 dias no Cen3 (quadro 1). Em Castelo Branco, as projecções indicam avanços crescentes da floração, de 11 a 13 dias no Cen1 até 23 a 36 dias no Cen3 (quadro 2). Em ambas as localizações não se prevêem florações anormais ou inexistentes devidas à falta de frio.

Em Beja, as projecções indicam que os avanços na data de floração entre os cenários Cen1 e Cen2 são modestos, que a cultivar 'Moraiolo' não tem uma floração normal no Cen2, e que todas as cultivares estudadas têm anos com florações anormais ou inexistentes no Cen3 (quadro 3).

Em Faro, existem atrasos muito grandes na floração em todos os cenários, não havendo floração normal em muitos anos. No Cen3 as projecções

indicam que as florações seriam anormais ou inexistentes em quase todos os anos (quadro 4).

Os valores da data média de floração são simulados, pelo que algumas datas médias podem estar um pouco deslocadas. Ora, no caso vertente, o que interessa mais é realçar as diferenças de comportamento das cultivares relativamente às necessidades de frio. Este modelo, como todos os modelos, pode não ser perfeito ou os valores das séries longas de temperaturas máximas e mínimas que foram utilizados podem já não reflectir o clima actual. No entanto, a informação sobre as datas de floração reais é muito escassa. Alguns trabalhos, contudo, podem dar alguma orientação sobre este assunto (Cordeiro & Martins, 2002; Cordeiro et al., 2002, 2006).

Como se pode verificar nos quadros acima, quando a temperatura numa região é relativamente baixa, ligeiros aumentos de temperatura tendem a provocar avanços da floração. No entanto, nas situações em que a temperatura é elevada ab initio ou através do aquecimento global, começa-se por assistir a atrasos da floração até que as florações começam a ser anormais ou deixam de ocorrer.

No entanto, a diversidade genética é grande no tocante às necessidades de frio, o que faz prever que se podem obter cultivares menos exigentes em frio por selecção e/ou melhoramento.

O aumento da temperatura, em geral, antecipa a data de floração, mas o oposto também pode ocorrer.

Nos cenários mais severos, algumas cultivares deixam de ter florações normais.

Felizmente, existe no pool genético diversidade suficiente que poderá permitir o desenvolvimento de cultivares com menores necessidades de frio.

A oliveira, à semelhança de outras árvores e arbustos que têm necessidades de frio, não podem ser utilizadas como indicadores do aquecimento global.

## Referências

- Cordeiro, A.M. & Martins, P. 2002. Épocas de floração de variedades de oliveira na região de Elvas. *Melhoramento*, 38:205-214.
- Cordeiro, A.M., Ramos, A., Martins, P., Matias, H., Rogado, B., Silva, M. & Calado, L. 2002. Épocas de floração de variedades de oliveira em diferentes regiões olivícolas. *Melhoramento*, 38:215-222.
- Cordeiro, A.M., Ramos, A., Martins, P.C.S., Matias, H., Rogado, B. & Silva, M. 2006. "Épocas de floração de cultivares de oliveira (*Olea europaea* L.) em Castelo Branco, Elvas e Santarém. *Actas do III Simpósio Nacional de Olivicultura*, 79-85.
- De Melo-Abreu, J.P., Barranco, D., Cordeiro, A.M., Tous, J., Rogado, B.M., & Villalobos, F. 2004. Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time. *Agricultural and Forest Meteorology* 125 (1-2):117-127.

Pinto, L. 2004. O Olival em Portugal. Voz da Terra, Abril, p. 9-16.

Rallo, L. & Martin, G.C. 1991. The role of chilling in releasing olive floral buds from dormancy. Journal of the American Society for Horticultural Science 116:1058-1062.

Quadro 1. Data média de floração (Cen0), avanços em dias para os três cenários estudados, número de anos de temperaturas máximas e mínimas, e número de anos com florações anormais ou inexistentes (Fl Def) em Vila Real.

	Data* (Cen0)	Avanço (Cen1)	Avanço (Cen2)	Avanço (Cen3)	Nº Anos	Fl Def (Cen0)	Fl Def (Cen1)	Fl Def (Cen2)	Fl Def (Cen3)
Arbequina	16-Jun	12	24	37	25	0	0	0	0
Gordal	17-Jun	12	23	35	25	0	0	0	0
Hojiblanca	19-Jun	11	23	34	25	0	0	0	0
Manzanilla	16-Jun	12	24	36	25	0	0	0	0
Moraiolo	20-Jun	11	22	33	25	0	0	0	0
Picual	17-Jun	12	24	35	25	0	0	0	0
Verdial	18-Jun	11	23	33	25	0	0	0	0

\*Valores simulados. Os valores reais podem ser um pouco diferentes.

Quadro 2. Data média de floração (Cen0), avanços em dias para os três cenários estudados, número de anos de temperaturas máximas e mínimas, e número de anos com florações anormais ou inexistentes (Fl Def) em Castelo Branco.

	Data* (Cen0)	Avanço (Cen1)	Avanço (Cen2)	Avanço (Cen3)	Nº Anos	Fl Def (Cen0)	Fl Def (Cen1)	Fl Def (Cen2)	Fl Def (Cen3)
Arbequina	27-Mai	13	26	36	19	0	0	0	0
Gordal	28-Mai	12	24	34	19	0	0	0	0
Hojiblanca	30-Mai	11	22	33	19	0	0	0	0
Manzanilla	28-Mai	12	23	23	19	0	0	0	0
Moraiolo	31-Mai	11	20	28	19	0	0	0	0
Picual	28-Mai	12	23	34	19	0	0	0	0
Verdial	30-Mai	11	21	32	19	0	0	0	0

\*Valores simulados. Os valores reais podem ser um pouco diferentes.

Quadro 3. Data média de floração (Cen0), avanços em dias para os três cenários estudados, número de anos de temperaturas máximas e mínimas, e número de anos com florações anormais ou inexistentes (Fl Def) em Beja.

	Data* (Cen0)	Avanço (Cen1)	Avanço (Cen2)	Avanço (Cen3)	Nº Anos	Fl Def (Cen0)	Fl Def (Cen1)	Fl Def (Cen2)	Fl Def (Cen3)
Arbequina	19-Mai	12	24	32	30	0	0	0	0
Gordal	25-Mai	12	19	20	30	0	0	0	5
Hojiblanca	25-Mai	13	22	24	30	0	0	0	4
Manzanilla	22-Mai	13	24	29	30	0	0	0	2
Moraiolo	27-Mai	10	15	15	30	0	0	4	14
Picual	23-Mai	13	23	27	30	0	0	0	3
Verdial	25-Mai	12	19	20	30	0	0	0	5

\*Valores simulados. Os valores reais podem ser um pouco diferentes.

Quadro 4. Data média de floração (Cen0), avanços em dias para os três cenários estudados, número de anos de temperaturas máximas e mínimas, e número de anos com florações anormais ou inexistentes (Fl Def) em Faro.

	Data* (Cen0)	Avanço (Cen1)	Avanço (Cen2)	Avanço (Cen3)	Nº Anos	Fl Def (Cen0)	Fl Def (Cen1)	Fl Def (Cen2)	Fl Def (Cen3)
Arbequina	13-Fev	4	-2	*	30	0	0	10	28
Gordal	18-Fev	1	-9	*	30	0	3	15	28
Hojiblanca	24-Fev	-1	-17	*	30	0	7	23	28
Manzanilla	17-Fev	0	-7	*	30	0	3	20	28
Moraiolo	11-Mar	-14	-68	*	30	2	18	29	28
Picual	21-Fev	-1	-10	*	30	0	6	22	28
Verdial	28-Fev	-7	-69	*	30	0	11	26	28

\*Valores simulados. Os valores reais podem ser um pouco diferentes.

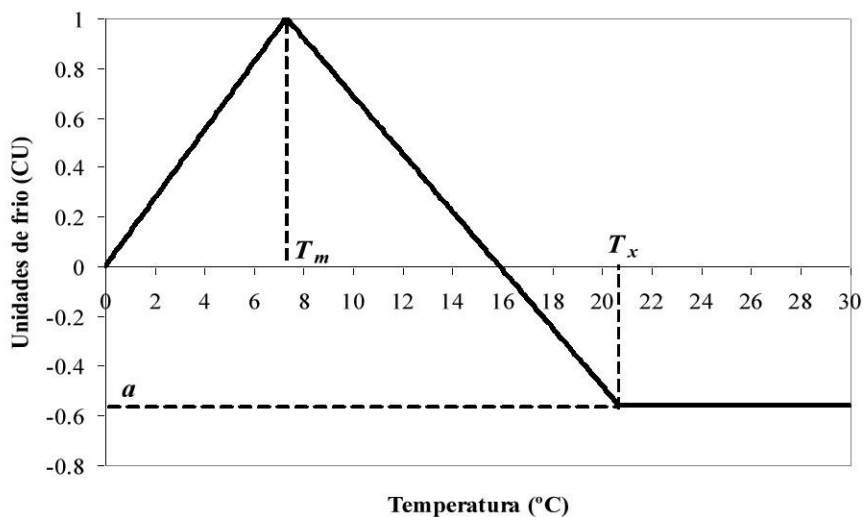


Figura 1 - Representação gráfica do modelo utilizado para o cálculo das unidades de frio (CU).

$$CU = \begin{cases} 0 & T_h \leq 0 \\ T_h/T_m & 0 < T_h \leq T_m \\ 1 - (T_h - T_m) \frac{1 - a}{T_x - T_m} & T_m < T_h \leq T_x \\ a & T_h > T_x \end{cases}$$

Figura 2 - Equação do modelo utilizado.  $T_h$  é a temperatura horária do ar (°C),  $T_m$  é a temperatura ótima para a acumulação de frio (°C) e  $T_x$  (°C) é a temperatura a partir da qual um número constante ( $a$ ) de unidades de frio se anulam.