


Artigo

## Temperatura do Ar no Desenvolvimento Reprodutivo de Cultivares de Oliveira

Fabrina Bolzan Martins<sup>1</sup> , Mábele de Cássia Ferreira<sup>1</sup>, Luiz Fernando de Oliveira da Silva<sup>2</sup>,  
Vinícius Ribeiro Moura Ramalho<sup>1</sup>, Emerson Dias Gonçalves<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, Brasil.*

<sup>2</sup>*Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Campo Experimental de Maria da Fé, Maria da Fé, MG, Brasil.*

Recebido em: 1 de Abril de 2018 - Aceito em: 20 de Novembro de 2018

### Resumo

A temperatura do ar é uma das variáveis que exerce maior influência o desenvolvimento reprodutivo da oliveira. O conhecimento dos efeitos da temperatura é vital para determinar o manejo das plantas no campo e escolher as cultivares mais adaptadas aos locais de cultivo. Neste estudo, a necessidade térmica ( $STa$ , °C.dia) foi utilizada para identificar a influência da temperatura em três subperíodos de desenvolvimento reprodutivo (floração, frutificação e maturação) em dez cultivares de oliveira, e estimar a temperatura basal inferior ( $Tb$ , °C) necessária no cômputo da  $STa$ . Os dados utilizados referem-se às variáveis início, fim e de duração (em dias) para os anos agrícolas de 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011, cultivadas em Maria da Fé, MG (22° 18' 50" S, 45° 22' 23" O, 1276 m). Houve variação dos valores de  $Tb$  e  $STa$  entre as cultivares e subperíodos de desenvolvimento reprodutivo. As  $Tb$ 's variaram para a floração: 7,8 °C a 16,1 °C, frutificação: 13,3 °C a 14,3 °C, e maturação: 7,1 °C a 17,2 °C. Já a frutificação é o subperíodo que demanda maior necessidade térmica, independentemente da cultivar de oliveira.

**Palavras-chave:** *Olea europaea* L., temperatura basal inferior, fenologia, Minas Gerais.

## Air Temperature on Reproductive Development of Olive Cultivars

### Abstract

The air temperature is the meteorological variable that most influences the reproductive development of the olive tree. The knowledge of the effects of the air temperature is important to optimize the management strategies and to choose the cultivars are more adapted to climatic condition. The thermal time ( $STa$ , °C.day) was used to identify the influence of temperature on three subperiods of reproductive development (flowering, fruit ripening and maturation) in ten olive cultivars, and to estimate the base temperature ( $Tb$ , °C) to  $STa$ . The data used refer to the variables beginning, end and duration (in days) for the agricultural years 2008/2009, 2009/2010 and 2010/2011, cultivated in Maria da Fé, MG (22° 18' 50" S, 45° 22' 23" W, 1276 m). There was variation of  $Tb$  and  $STa$  values between cultivars and subperiods of reproductive development.  $Tb$ 's varied for flowering: 7.8 °C to 16.1 °C, fruit ripening: 13.3 °C to 14.3 °C, and maturation: 7.1 °C to 17.2 °C. The fruit ripening is the subperiod that needs greater thermal time, independently of olive cultivars.

**Keywords:** *Olea europaea* L., base temperature, phenology, Minas Gerais.

### 1 Introdução

A oliveira (*Olea europaea* L., família Oleaceae) é uma árvore frutífera de clima temperado, originária do norte da Síria e sul da Turquia e vem sendo plantada em

grande escala em diversas regiões do mundo, inclusive em locais fora do seu centro de domesticação (Bacia do Mediterrâneo), como no Brasil (Martins *et al.* 2014; Wrege *et al.* 2015). Isso ocorre devido a grande demanda mundial (Garcia *et al.* 2018) e pelos usos múltiplos da oliveira,

como a finalidade paisagística e de recuperação de áreas degradadas (Vieira Neto *et al.* 2008).

Em 2017, a importação de azeite no Brasil atingiu aproximadamente 55.077 toneladas, colocando o país como sétimo maior importador mundial (TRADEMAP, 2018). Atualmente, a oliveira é plantada principalmente nas regiões sul e sudeste do Brasil (Martins *et al.* 2014), porém os cultivos ainda são incipientes sem escala comercial, como um complemento na renda dos agricultores, já que as condições climáticas dessas regiões diferem das condições do seu local de origem.

Nesse sentido, as principais condições limitantes à olivicultura são a ocorrência de eventos extremos associados principalmente à temperatura do ar (Garcia-Mozo *et al.* 2010; Moriondo *et al.* 2015; Pérez-López *et al.* 2008; Streck *et al.* 2007). Essa limitação é agravada em função da época de ocorrência dos eventos extremos (Garcia *et al.* 2018), principalmente quando ocorrem nos subperíodos de florescimento, polinização, fixação e maturação dos frutos (Aguilera *et al.* 2015; Wrege *et al.* 2015) e do estágio de desenvolvimento. Além disso, o desconhecimento das necessidades térmicas da oliveira em condições climáticas fora dos locais de origem são entraves à viabilização da expansão da olivicultura no Brasil (Martins *et al.* 2012; Martins *et al.* 2014; Wrege *et al.* 2015).

A maneira mais simples e frequentemente usada para descrever o efeito da temperatura do ar sobre o desenvolvimento da oliveira é pela soma térmica, cuja unidade é °C.dia (Pérez-López *et al.* 2008; Souza e Martins, 2014). A soma térmica é baseada no acúmulo térmico diário dentro dos quais a planta se desenvolve, sendo delimitada pelas temperaturas basais superior ( $T_B$ ) e inferior ( $T_b$ ) (Freitas *et al.* 2017). A  $T_B$  e  $T_b$  representam, respectivamente, a temperatura acima e abaixo da qual o desenvolvimento é nulo ou desprezível para fins de cálculo (Souza e Martins, 2014). Geralmente, a  $T_B$  assume valores elevados, os quais dificilmente são atingidos durante o ciclo de desenvolvimento no campo (Ferreira *et al.* 2019) e por essa razão a  $T_B$  não é computada em alguns métodos de soma térmica. Já a  $T_b$  assume valores baixos, os quais ocorrem principalmente durante o inverno, sendo bastante utilizada na clássica equação de cálculo da soma térmica (Freitas *et al.* 2017). Adicionalmente, a  $T_b$  é importante na quantificação coerente do número de horas frio que é uma exigência da oliveira para interromper a dormência fisiológica e iniciar a diferenciação dos botões florais (Wrege *et al.* 2015). Assim, para uma estimativa precisa do desenvolvimento e do conhecimento das necessidades térmicas de determinada espécie, é necessário determinar a  $T_b$  adequada e escolher o método de soma térmica mais pertinente (Ferreira *et al.* 2019; Freitas *et al.* 2017; Pérez-López *et al.* 2008).

Na maioria dos casos, a  $T_b$  é determinada por métodos estatísticos com base em dados de observações fenológicas e de temperatura média do ar (Ferreira *et al.* 2019;

Freitas *et al.* 2017). Existe uma variedade de métodos estatísticos utilizados para estimar a  $T_b$ , sendo os mais utilizados: desvio padrão em dias e graus-dia, coeficiente de variação em dias e graus-dia, o coeficiente de regressão, o X intercepto e o menor quadrado médio do erro (Ferreira *et al.*, 2019; Freitas *et al.* 2017; Lago *et al.* 2009; Souza e Martins, 2014; Yang *et al.* 1995). Ressaltando que os valores de  $T_b$  variam em função da espécie, cultivares e também para as fases de desenvolvimento no qual a planta se encontra (Lago *et al.* 2009).

Estudos sobre a estimativa da  $T_b$  e sobre a necessidade térmica, baseado na soma térmica, são amplamente utilizados para culturas agrícolas, ornamentais, medicinais e culturas perenes como a oliveira (Martins *et al.* 2012; Martins *et al.* 2014; Pérez-López *et al.* 2008; Souza e Martins, 2014). No entanto, não existem estudos dessa natureza para a oliveira considerando as fases do desenvolvimento reprodutivo que constituiu o esforço para a realização deste trabalho.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estimar a  $T_b$  e determinar as necessidades térmicas no período reprodutivo (florescimento, frutificação e maturação) em 10 cultivares de oliveira para Maria da Fé (MG).

## 2 Material e Métodos

Os dados utilizados referem-se a fase de desenvolvimento reprodutivo composto pelos subperíodos: floração, frutificação e maturação. Para quantificar esses dados foram utilizadas as variáveis data de início, fim e de duração (em dias), baseado no calendário civil, de cada subperíodo disponíveis em Oliveira *et al.* (2012) (Tabela 1). Utilizou essa base de dados fenológicos, pois é a única base existente relacionados à fenologia do desenvolvimento reprodutivo de diferentes cultivares de oliveira em Minas Gerais. Esses dados são referentes aos anos agrícolas de 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 de 10 cultivares de oliveira (consideradas de ciclo precoce, médio e tardio) cultivadas em Maria da Fé, MG (22°18'50" S, 45°22'23" O, 1276 m de altitude) (Tabela 1). Os autores consideraram o início da floração a partir da emissão do botão floral e o final com 95% das flores abertas. Para a frutificação, seu início foi considerado com 5% dos frutos pegos, conforme Sanz-Cortez *et al.* (2002).

As plantas utilizadas neste levantamento fenológico fazem parte do Banco de Germoplasma da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, em Maria da Fé, o qual foi instalado no ano de 2005 no espaçamento de 7 m entre linhas e 5 m entre plantas, sendo 6 plantas de cada cultivar: Alto D'Ouro, Arbequina, Galega, Grappolo 541, Grappolo 561, Grappolo 575, Negroa, Penafiel, Ropades 392 e Santa Catalina. As plantas apresentavam tamanho de 5 metros de altura, conduzidas de forma livre e manejadas conforme orientações de Silva *et al.* (2012), não sendo utilizado irrigação já que o local

**Tabela 1** - Caracterização da temperatura do ar e da precipitação acumulada (P) durante os três anos agrícolas (2008/2009, 2009/2010, 2010/2011) do experimento a campo e duração de cada fase de desenvolvimento reprodutivo, correspondente ao período que se estende desde o dia de início até o término dos subperíodos floração, frutificação e maturação para as 10 cultivares de oliveira. Maria da Fé, MG, 2008-2011.

Cultivar	Subperíodo	Média da temperatura do ar (°C)			P (mm)	Duração média da fase de desenvolvimento*
		Mínima	Média	Máxima		
Ano agrícola 2008/2009						
Alto D'Ouro	Floração	8,9	16,7	24,5	114	60
	Frutificação	13,3	19,3	25,4	1223	148
	Maturação	16	22,2	28,3	204	17
Arbequina	Floração	8,6	16,5	24,5	180	56
	Frutificação	12,7	19	25,3	1158	153
	Maturação	15,6	21,9	28,1	295	26
Galega	Floração	10,3	17,5	24,8	148	49
	Frutificação	14,1	20	25,9	1383	146
	Maturação	16,4	23	29,5	127	17
Grappolo 541	Floração	8,5	16,6	24,8	107	54
	Frutificação	13,3	19,3	25,4	1223	148
	Maturação	15,9	22,2	28,6	259	23
Grappolo 561	Floração	10	17,5	25,1	175	80
	Frutificação	13,7	19,7	25,6	1303	146
	Maturação	15,7	22,9	30,2	118	11
Grappolo 575	Floração	8,8	16,7	24,5	160	53
	Frutificação	13,2	19,4	25,6	1354	168
	Maturação	15,7	22,9	30,2	172	18
Negroa	Floração	8,9	16,7	24,5	114	60
	Frutificação	13,3	19,3	25,4	1223	148
	Maturação	16	22,2	28,5	257	21
Penafiel	Floração	9,2	16,9	24,7	92	50
	Frutificação	14,2	19,8	25,3	1137	142
	Maturação	22,1	25,1	28,2	263	24
Ropades 392	Floração	8,7	16,7	24,7	126	56
	Frutificação	13,2	19,3	25,5	1223	153
	Maturação	16	22,2	28,5	257	21
Santa Catalina	Floração	10,1	17,6	25,2	171	70
	Frutificação	13,6	19,6	25,6	1348	153
	Maturação	16	22,7	29,4	188	23
Ano agrícola 2009/2010						
Alto D'Ouro	Floração	10,5	17,5	24,6	264	66
	Frutificação	13,9	19,6	25,4	1177	138
	Maturação	16,1	23,4	30,7	40	15
Arbequina	Floração	10,1	17,3	24,5	228	56
	Frutificação	13,3	19,2	25,1	1176	148
	Maturação	16	22,8	29,5	113	31
Galega	Floração	10	17,0	24,1	174	57
	Frutificação	13,6	19,5	25,4	1251	155
	Maturação	16,1	22,5	28,8	140	25
Grappolo 541	Floração	10,1	17,2	24,2	249	82
	Frutificação	13,9	19,7	25,5	1179	143
	Maturação	16,6	23,0	29,3	63	18
Grappolo 561	Floração	10,3	17,3	24,3	276	85
	Frutificação	13,3	19,2	25,2	1249	162

(continua)

Tabela 1 - continua

Cultivar	Subperíodo	Média da temperatura do ar (°C)			P (mm)	Duração média da fase de desenvolvimento*
		Mínima	Média	Máxima		
Grappolo 575	Maturação	16	23,2	30,4	40	20
	Floração	10,3	17,3	24,3	276	85
	Frutificação	13,4	19,5	25,5	1289	179
Negroa	Maturação	16,9	21,7	26,4	120	13
	Floração	10,5	17,5	24,5	264	61
	Frutificação	13,9	19,8	25,6	1131	140
Penafiel	Maturação	16,7	23,3	29,8	50	15
	Floração	11	17,6	24,1	245	72
	Frutificação	13,1	19,4	25,6	1263	168
Ropades 392	Maturação	18,2	24,1	29,9	50	13
	Floração	10,3	17,3	24,3	231	66
	Frutificação	13,7	19,6	25,4	1248	157
Santa Catalina	Maturação	16,6	23,5	30,4	38	16
	Floração	10,6	17,6	24,7	270	69
	Frutificação	13,8	19,7	25,7	1223	163
Ano agrícola 2010/2011						
Alto D'Ouro	Maturação	16	21,2	26,5	215	16
	Floração	9,4	17,3	25,3	165	51
	Frutificação	14	20,2	26,3	1163	133
Arbequina	Maturação	11,6	17,3	23	70	11
	Floração	7,5	16,1	24,7	97	65
	Frutificação	12,7	19,2	25,7	1195	155
Galega	Maturação	13,8	20,1	26,4	132	22
	Floração	9,4	17,3	25,3	165	51
	Frutificação	13,9	20,0	26,2	1257	146
Grappolo 541	Maturação	13,7	19,2	24,6	288	21
	Floração	8	16,3	24,6	165	84
	Frutificação	13,6	19,6	25,7	1303	152
Grappolo 561	Maturação	16,1	21,9	27,7	274	19
	Floração	10,7	17,6	24,6	203	45
	Frutificação	14	20,2	26,3	1163	133
Grappolo 575	Maturação	12,1	18,0	23,9	85	13
	Floração	10,7	17,6	24,5	165	35
	Frutificação	12,7	19,1	25,5	1306	173
Negroa	Maturação	16,1	22,8	29,4	208	15
	Floração	9,4	17,3	25,3	165	51
	Frutificação	13,9	20,0	26	1257	140
Penafiel	Maturação	12,8	18,9	25	85	16
	Floração	12,3	18,7	25	130	36
	Frutificação	12,9	19,3	25,7	1342	156
Ropades 392	Maturação	29,6	30,5	31,5	173	6
	Floração	10,5	17,8	25,1	165	39
	Frutificação	13,9	20,0	26,1	1257	143
Santa Catalina	Maturação	12,8	18,7	24,6	114	16
	Floração	10,6	17,5	24,4	165	40
	Frutificação	13,4	19,6	25,8	1317	160
	Maturação	16,4	23,1	29,8	205	12

\*Valores extraídos de Oliveira *et al.* (2012).

apresenta precipitação suficiente para o desenvolvimento das plantas (média climatológica da precipitação acumulada  $\approx 1600$  mm) (Silva e Reboita, 2014; Garcia *et al.* 2018).

As variáveis meteorológicas, temperatura mínima ( $T_m$ ) e máxima ( $TM$ ) diárias do ar, foram obtidas de uma estação meteorológica convencional pertencente ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM, localizada na EPAMIG a 150 m da coleta dos dados de Oliveira *et al.* (2012).

Para a estimativa da  $T_b$  foram utilizadas as metodologias tradicionais e modificadas propostas por Yang *et al.* (1995), utilizadas por Ferreira *et al.* (2019); Lago *et al.* (2009) e Souza e Martins (2014).

Primeiramente calculou-se a soma térmica diária ( $STd_i$ , °C.dia) por:

$$STd_i = \left( \frac{TM + Tm}{2} \right) - T_b \quad (1)$$

em que  $TM$  é a temperatura máxima diária do ar (°C),  $Tm$  é a temperatura mínima diária do ar (°C) e  $T_b$  é a temperatura basal e inferior de cada cultivar de oliveira. Para o cálculo da  $STd_i$  foi utilizada uma série de  $T_b$ 's variando de 0 °C a 30 °C, em intervalos de 0,5 °C (Freitas *et al.* 2017).

A soma térmica acumulada, denominada necessidade térmica ( $STa$ , °C.dia) a partir da data de início de cada subperíodo e de cada ano agrícola, foi obtida pelo somatório da  $STd_i$ :

$$STa = \sum STd_i \quad (2)$$

As seis metodologias tradicionais para a estimativa da  $T_b$  foram (Yang *et al.* 1995; Souza e Martins, 2014): desvio padrão em graus-dia ( $DP_{gd}$ ), desvio padrão em dias ( $DP_d$ ), coeficiente de variação em dias ( $CV_d$ ), coeficiente de variação em graus-dia ( $CV_{gd}$ ), coeficiente de regressão ( $CR$ ), e desenvolvimento relativo ( $DR$ ). Todos os métodos foram aplicados separadamente para cada cultivar e subperíodo de desenvolvimento reprodutivo.

O  $DP_{gd}$  considera a  $T_b$  como a resultante no menor desvio padrão em soma térmica, ou seja, a variação resultante em soma térmica, usando-se uma série de anos agrícolas, deve ser mínima (Fagundes *et al.* 2010; Lago *et al.* 2009):

$$DP_{gd} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (STa_i - MSTa)^2}{n-1}} \quad (3)$$

em que  $STa_i$  é a soma térmica acumulada no  $i$ -ésimo ano agrícola utilizando uma série de  $T_b$ ;  $MSTa$  é a média da soma térmica acumulada para todos  $i$ -ésimos anos agrícolas;  $n$  é o número anos agrícolas.

O  $DP_d$  considera a  $T_b$  como a resultante no menor desvio padrão entre os diferentes anos agrícolas (Ferreira *et al.* 2019; Souza e Martins, 2014):

$$DP_d = \frac{DP_{gd}}{\bar{x} - T_b} \quad (4)$$

em que  $\bar{x}$  é a temperatura média do ar dos  $i$  anos agrícolas;  $T_b$  é a temperatura basal inferior (°C).

No  $CV_d$  a  $T_b$  é aquela que decorre em um menor coeficiente de variação em dias (%), obtido pela relação entre o desvio padrão em dias e o número de dias de cada subperíodo (Souza e Martins, 2014; Yang *et al.* 1995):

$$CV_d = \frac{DP_d}{\bar{x}d} \cdot 100 \quad (5)$$

em que  $\bar{x}d$  é a média do número de dias para atingir determinado subperíodo reprodutivo entre os anos agrícolas.

O  $CV_{gd}$  considera a  $T_b$  aquela que apresenta o menor coeficiente de variação com relação a soma térmica necessária para atingir cada subperíodo reprodutivo (Souza e Martins, 2014):

$$CV_{gd} = \frac{DP_{gd}}{MSTa} \cdot 100 \quad (6)$$

O  $CR$  baseia-se na relação linear existente entre a temperatura média do ar ( $T_{med}$ , °C) durante o subperíodo reprodutivo e as  $STa_i$ , necessárias para atingir o subperíodo reprodutivo:

$$STa_i = a \cdot T_{med} + b \quad (7)$$

em que  $a$  é o coeficiente angular da regressão linear,  $b$  é o coeficiente linear.

O coeficiente angular ( $a$ ) da regressão linear simples indica o valor da  $T_b$  correta. Valor de ' $a$ ' positivo indica que a  $T_b$  usada para calcular  $STa$  é elevado e maior que o valor verdadeiro, ' $a$ ' negativo indica valor de  $T_b$  baixo e menor que o valor verdadeiro, ' $a$ ' igual zero (ou próximo) indica o valor de  $T_b$  correto (Fagundes *et al.*, 2010; Souza e Martins, 2014).

O  $DR$  considera a  $T_b$  como aquela em que não ocorre desenvolvimento, sendo estimada pelo prolongamento da regressão linear simples entre o  $DR$  em função da  $T_{med}$  ( $T_b = -b/a$ ) (Fagundes *et al.* 2010):

$$DR = a \cdot T_{med} + b, \text{ sendo } DR = 100/N \quad (8)$$

em que 100 é um valor arbitrário de ponderação;  $N$  é o número de dias de duração de cada subperíodo de desenvolvimento reprodutivo em cada ano agrícola.

As três metodologias modificadas para a estimativa da  $T_b$  foram (Ferreira *et al.* 2019; Yang *et al.* 1995):

Menor desvio padrão em graus-dia ( $DP_{gd}$ ):

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n (Tmed \cdot N) \cdot \sum_{i=1}^n N - n \cdot \sum_{i=1}^n (N^2 \cdot Tmed)}{\left( \sum_{i=1}^n N \right)^2 - n \cdot \sum_{i=1}^n N^2} \quad (9)$$

Coefficiente de variação em graus-dia ( $CV_{gd}$ ):

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n (Tmed \cdot N^2) \cdot \sum_{i=1}^n (Tmed \cdot N) - \sum_{i=1}^n N \cdot \sum_{i=1}^n (N^2 \cdot Tmed^2)}{\sum_{i=1}^n N^2 \sum_{i=1}^n (Tmed \cdot N) - \sum_{i=1}^n N \cdot \sum_{i=1}^n (N^2 \cdot Tmed)} \quad (10)$$

Coefficiente de regressão ( $CR$ ):

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n (Tmed) \sum_{i=1}^n (Tmed \cdot N) - n \cdot \sum_{i=1}^n (N \cdot Tmed^2)}{\sum_{i=1}^n N \cdot \sum_{i=1}^n (Tmed) - n \cdot \sum_{i=1}^n (N \cdot Tmed)} \quad (11)$$

em que  $T$  é a temperatura média do ar de todos os  $i$ -ésimos anos agrícolas ( $^{\circ}\text{C}$ );  $N$  é a duração em dias dos  $i$ -ésimos anos agrícolas em cada subperíodo;  $Tmed$  é a temperatura média do ar durante os  $i$ -ésimos anos agrícolas em cada subperíodo ( $^{\circ}\text{C}$ );  $n$  é o número de anos agrícolas.

Devido às diferenças entre os valores de  $Tb$  encontrados entre as nove metodologias (Eqs. (3)-(11)), o valor final da  $Tb$  para cada cultivar e subperíodo reprodutivo foi obtido pela média aritmética dos valores de  $Tb$ , conforme recomendações de [Ferreira et al. \(2019\)](#), [Lago et al. \(2009\)](#) e [Souza e Martins \(2014\)](#).

Com relação à necessidade térmica ( $STa$ ,  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{dia}$ ), os dois métodos utilizados neste estudo foram os que consideram apenas a  $Tb$ , devido a impossibilidade de estimar as demais temperaturas cardinais (ótima e basal superior) com os dados fenológicos disponíveis em [Oliveira et al. \(2012\)](#). Os métodos utilizados foram ([Freitas e Martins, 2019](#); [Rosa et al. 2009](#)):

Método 1 (M1): Quando  $Tmed < Tb$ , considera  $Tmed = Tb$  e quando  $Tmed \geq Tb$ , calcula:

$$STd_i = Tmed - Tb \quad \cdot 1 \text{ dia} \quad (12)$$

Método 2 (M2): Quando  $Tm \leq Tb$ , considera  $Tm = Tb$  e quando  $Tmed \geq Tb$ , calcula:

$$STd_i = Tmed - Tb \quad \cdot 1 \text{ dia} \quad (13)$$

em que  $Tmed$  é a temperatura média diária do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ), obtida pela média aritmética das temperaturas máximas

( $TM$ ) e mínimas do ar ( $Tm$ ) e  $Tb$  é a temperatura basal inferior ( $^{\circ}\text{C}$ ) de cada cultivar e subperíodo reprodutivo.

Para a escolha do melhor método de  $STa$ , utilizou-se o coeficiente de variação ( $CV$ , %), conforme recomendações de [Freitas e Martins \(2019\)](#), [Rosa et al. \(2009\)](#) e [Streck et al. \(2007\)](#). Quanto menor o valor de  $CV$ , mais adequado é o método de  $STa$ .

Posteriormente, o melhor método de  $STa$  foi submetido a análise de variância (ANOVA), e comparados pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, para verificar o efeito das fontes de variação - cultivares e subperíodos de desenvolvimento reprodutivo (floração, frutificação e maturação). Os testes foram realizados no software SISVAR 5.3 ([Ferreira, 2011](#)).

### 3. Resultados e Discussão

O cultivo nos diferentes anos agrícolas proporcionou uma análise pormenorizada do período reprodutivo das cultivares de oliveira em relação às distintas condições meteorológicas para a região estudada ([Tabela 1](#)), as quais foram importantes na estimativa da  $Tb$ , sendo premissa neste tipo de estudo ([Ferreira et al. 2019](#); [Freitas et al. 2017](#); [Rosa et al. 2009](#)). As  $Tm$  e  $TM$  absolutas do ar foram de, respectivamente,  $2,7^{\circ}\text{C}$  e  $31,8^{\circ}\text{C}$ , para o ano agrícola 2008/2009;  $1,3^{\circ}\text{C}$  e  $32,2^{\circ}\text{C}$  para 2009/2010 e  $0,7^{\circ}\text{C}$  e  $31,9^{\circ}\text{C}$  para 2010/2011. Já as médias de  $Tm$  e  $TM$  foram de  $12,6^{\circ}\text{C}$  e  $25,5^{\circ}\text{C}$  (2008/2009),  $13,4^{\circ}\text{C}$  e  $26,0^{\circ}\text{C}$  (2009/2010) e  $12,1^{\circ}\text{C}$  e  $26,1^{\circ}\text{C}$  (2010/2011). Com relação à precipitação acumulada ( $P$ ), observou pouca variação entre os três anos agrícolas, sendo os maiores valores observados durante a frutificação (média de 1244 mm entre as cultivares), que ocorre desde a última quinzena de agosto (cultivares mais precoces) até a primeira quinzena de janeiro (cultivares mais tardias). Esse padrão é esperado, uma vez que as atividades convectivas de MG e a atuação dos sistemas de Monção Sul-Americana (MSA) ([Reboita et al. 2015](#)) são responsáveis pelo clima típico de monção (inverno seco e verão chuvoso), influenciando nas variáveis  $Tm$  e  $TM$  e  $P$ .

Houve variação na duração média da fase de desenvolvimento entre as cultivares, os subperíodos reprodutivos e os três anos agrícolas ([Tabela 1](#)). Porém, de maneira geral é possível observar a existência de uma relação inversa entre a duração de cada subperíodo e a temperatura média do ar. Isso significa que quanto menor (maior) a temperatura do ar, maior (menor) será a duração média de cada fase. Tal resposta já foi observada para culturas anuais como canola ([Luz et al. 2012](#)) e culturas perenes como eucalipto ([Freitas et al. 2017](#)) e cultivares de oliveira Arbequina ([Martins et al. 2014](#)), Grappolo e MGS Mariense ([Souza e Martins, 2014](#)), considerando o desenvolvimento vegetativo, representado pela fase de muda.

As variações nas condições meteorológicas foram importantes na estimativa da  $Tb$  para as diferentes

cultivares de oliveira e subperíodos reprodutivos. Com exceção do  $DP_{gd}$ , os demais métodos foram coerentes em estimar a  $Tb$  entre as cultivares e subperíodos, com destaque para as metodologias tradicionais, principalmente o  $CV_{gd}$ ,  $CR$  e  $DR$ . Obviamente, mesmo com o zelo estatístico inerente a cada método de estimativa da  $Tb$ , a utilização dos valores deve ser vista com cautela estando ciente dos erros que pode haver (Lago *et al.* 2009; Souza e Martins, 2014). Além disso, dependendo da espécie considerada, existem métodos que não conseguem estimar corretamente a  $Tb$  (Ferreira *et al.* 2019; Freitas *et al.* 2017).

Por brevidade, somente foi apresentado o valor final da  $Tb$  para cada cultivar e subperíodo reprodutivo, o qual foi considerado como a média da  $Tb$  obtida pelos nove métodos avaliados (Tabela 2). Alguns valores de  $Tb$  estimados foram maiores que 18 °C, valor considerado não realístico biologicamente (Lago *et al.* 2009; Souza e Martins, 2014), sendo nesses casos substituído pela média aritmética da  $Tm$  do ar (Souza e Martins, 2014) durante o subperíodo correspondente.

Observou-se diferenças nos valores de  $Tb$  estimados entre as cultivares e subperíodo reprodutivo. Tal variação também foi constatada por Lago *et al.* (2009) para genótipos de arroz cultivado e biótipos de arroz vermelho, Souza *et al.* (2009) para a figueira, Pilau *et al.* (2011) para o crambe e Souza e Martins (2014) para cultivares de oliveira, o que é esperado, uma vez que existe diferença de valores de  $Tb$  entre espécies, genótipos de mesma espécie assim como o subperíodo de desenvolvimento em que a planta se encontra (Freitas *et al.* 2017; Lago *et al.* 2009; Streck *et al.* 2007).

Os valores estimados variaram para floração (7,8 °C a 16,0 °C), frutificação (13,3 °C a 14,3 °C) e maturação (7,1 °C a 17,2 °C) (Tabela 2). Os maiores valores de  $Tb$ , assim como o maior intervalo de variação, ocorreram na maturação, que se estende desde janeiro até meados de março (Oliveira *et al.* 2012), possivelmente devido as maiores temperaturas médias do período (Tabela 1). Além disso, espera-se que os maiores valores de  $Tb$  ocorram na frutificação e maturação em função das necessidades fisiológicas da oliveira em ambos subperíodos (Garcia-Mozo *et al.* 2010; Wrege *et al.* 2015). Temperaturas elevadas - entre 25 °C e 35 °C - são exigidas na frutificação (Wrege *et al.* 2015) e maturação (Coutinho *et al.* 2009; Garcia *et al.* 2018), que ocorre desde setembro a meados de novembro, para que haja o pleno desenvolvimento do fruto (Garcia-Mozo *et al.* 2010; Moriondo *et al.* 2015; Wrege *et al.* 2015).

A cultivar Arbequina apresentou  $Tb$  para a maturação menor que as demais cultivares (7,1°C), sendo que uma provável justificativa seja a diferença entre os valores de  $Tb$  estimados pelas metodologias tradicionais e modificadas - de 2 °C a 8,9 °C (dados não mostrados).

Cabe ressaltar que os valores estimados para as dez cultivares foram próximos entre si considerando o mesmo

subperíodo de desenvolvimento, exceto para Grappolo 561, Grappolo 575, Penafiel, Ropades 392 e Santa Catalina. Outros autores encontraram valores de  $Tb$  semelhantes aos deste estudo considerando cultivares, fases e subperíodos de desenvolvimento distintos. Por exemplo, Souza e Martins (2014) estimaram a  $Tb$  para o desenvolvimento vegetativo das cultivares Grappolo (9,6 °C) e Maria da Fé (6,9 °C); Martins *et al.* (2012) para Arbequina (10,5 °C) e MGS ASC315 (11 °C) utilizando uma metodologia distinta das utilizadas neste estudo; Alcalá e Barranco (1992) encontraram a  $Tb$  entre 10 à 13 °C para a floração e Pérez-López *et al.* (2008) para a frutificação (15 °C) de diferentes cultivares de oliveira. Outros autores também reportaram valores de  $Tb$  semelhantes em outras espécies perenes, como a videira (13,8 °C - florescimento à maturação), cultivares de café-arábica ‘Rubi MG-1192’ e ‘Acaia Cerrado MG-1474’ (12,9 °C) (Lima e Silva, 2008), e de maturação dos frutos de cultivares de manga ‘Alfa’ (10 °C) e ‘Roxa’ (10,6 °C) (Barros *et al.* 2010; Callejas *et al.* 2014).

O M2 apresentou o menor valor de CV, razão pela qual tal método foi escolhido como o mais indicado para descrever a necessidade térmica das dez cultivares de oliveira e subperíodos de desenvolvimento reprodutivo (Tabela 3) (Rosa *et al.* 2009; Streck *et al.* 2007). O M2 considera a comparação da  $Tb$  com a  $Tm$  do ar, no entanto, existem outros métodos de  $Sta$  os quais consideram além da  $Tb$  as temperaturas ótimas e máximas das espécies (Rosa *et al.* 2009), os quais podem apresentar melhoria no cômputo da necessidade térmica e serem mais realísticos (Streck *et al.* 2009). Entretanto, devido a natureza dos dados fenológicos disponíveis nesse estudo, só foi possível a utilização do M1 e M2, os quais comparam a  $Tm$  e  $Tmed$  com a  $Tb$ .

Os resultados da ANOVA para a variável  $Sta$  demonstraram a existência de interação significativa ( $p < 0,05$ ), entre as cultivares e subperíodos de desenvolvimento reprodutivo (Tabela 4). Independentemente da cultivar, o subperíodo que necessita maior acúmulo energético é a frutificação, seguida da floração e maturação. Além disso, as cultivares de oliveira possuem exigências térmicas distintas e variam de acordo com o subperíodo de desenvolvimento, corroborando com Galán *et al.* (2001), Pérez-López *et al.* (2008) e Praela-Pantano *et al.* (2010).

Na floração as cultivares que necessitaram acumular menor quantidade de energia são: Santa Catalina, Ropades 392, Penafiel, Grappolo 575 e 561, não apresentando diferenças pelo teste de Scott-Knott (Tabela 4). Exceto para a Grappolo 541 ( $Tb = 8,9$  °C), o menor acúmulo pode ser explicado pelo maior valor de  $Tb$  para a floração (Tabela 2). Ao comparar a duração em dias do calendário civil com os valores de  $Sta$  para a floração, observa-se que nem todas as cultivares que acumulam menor (maior) quantidade de energia apresentam menor (maior) duração.

**Tabela 2** - Valores médios de temperatura basal inferior ( $T_b$ ) estimados pelas nove metodologias (tradicional e modificações) para as dez cultivares de oliveira em cada subperíodo de desenvolvimento reprodutivo. Maria da Fé, MG (2008 a 2011).

Genótipo	Subperíodo	Temperatura basal inferior (°C)
Alto D'Ouro	Floração	7,8
	Frutificação	14,2
	Maturação	16,4
Arbequina	Floração	8,6
	Frutificação	13,3
	Maturação	7,1
Galega	Floração	10,7
	Frutificação	14,3
	Maturação	14,7
Grappolo 541	Floração	8,9
	Frutificação	14,1
	Maturação	12,7
Grappolo 561	Floração	15,1
	Frutificação	14,1
	Maturação	15,7
Grappolo 575	Floração	14
	Frutificação	13,6
	Maturação	16,3
Negroa	Floração	9,5
	Frutificação	14,1
	Maturação	16,1
Penafiel	Floração	13,7
	Frutificação	13,9
	Maturação	17,2*
Ropades 392	Floração	14,2
	Frutificação	14
	Maturação	16,7
Santa Catalina	Floração	16
	Frutificação	14,1
	Maturação	16,1*

\*Valores substituídos pela média aritmética da temperatura mínima do ar referente a duração do subperíodo considerada, conforme recomendações de Souza e Martins (2014).

Como exemplo a cultivar Galega, que apresenta duração média de 52 dias e, no entanto, necessita acumular 394,58 °C.dia, por outro lado, a cultivar Santa Catalina apresenta duração média maior (60 dias) e necessita acumular menor quantidade de energia (264,52 °C. dia). Isso demonstra que a  $STa$  é mais coerente que o dia do calendário civil para avaliar a duração dos subperíodos de desenvolvimento reprodutivo de diferentes cultivares de oliveira, mesmo resultado observado para arroz (Carli et

al. 2016; Streck et al. 2007), caju (Matos et al. 2014) e outras cultivares de oliveira (Pérez-López et al. 2008).

Valores de  $STa$  encontrados para a floração (264,5 ≤  $STa$  ≤ 629,6 °C.dia) são semelhantes aos reportados por Gálan et al. (2001) (≈500 °C.dia); Melo-Abreu et al. (2004) (460 °C.dia a 559 °C.dia) e inferior ao observado Pérez-López et al. (2008) (≈800 °C.dia) em diferentes cultivares de oliveira. Estudos recentes apontam que o fotoperíodo pode ter influência, embora menor que a temperatura e a  $STa$ , na duração do florescimento da oliveira (Melo-Abreu et al. 2004; Orlandi et al. 2013). No entanto, ainda não há um consenso sobre a confirmação do efeito do fotoperíodo no desenvolvimento reprodutivo da oliveira (García-Mozo et al. 2009), a qual somente pode ser realizada mediante avaliação experimental, a qual é extremamente trabalhosa, onerosa, e em muitos casos, inviável na prática (Orlandi et al. 2013).

Com relação a frutificação, observa-se que todas as cultivares necessitam acumular quantidade similar de energia, variando entre 911,64 °C.dia a 1128,79 °C.dia para Grappolo 541 e Grappolo 575, respectivamente (Tabela 4). Valores de  $STa$  semelhantes podem ter ocorrido devido as semelhanças entre os valores de  $T_b$  para a frutificação (entre 13,3 °C e 14,3 °C). No entanto, diferentemente da floração, na frutificação as cultivares que acumulam menor (maior) quantidade de energia são as que apresentam menor (maior) duração média, como exemplo a Alto D'ouro (915,58 °C.dia/140 dias) e Grappolo 575 (1128,79 °C.dia/173 dias). Vale ressaltar que considerando condições de temperaturas do ar amenas, o esperado é que quanto maior a necessidade térmica, maior é a duração (em dias do calendário civil) de uma determinada fase de desenvolvimento, já que será necessário um maior período de tempo para acumular a energia necessária (Aguilera et al. 2015; Rosa et al. 2009; Streck et al. 2007). Além disso, espera-se que o maior acúmulo energético ocorra na frutificação, pois grande parte da energia produzida na fotossíntese é alocada para a formação do fruto (Aguilera et al. 2015). Estudos que reportam sobre a  $STa$  durante a frutificação da oliveira são escassos. Dentre os raros trabalhos, Pérez-López et al. (2008) estimaram indiretamente a  $STa$ , sem a utilização de dados fenológicos observados, e encontraram valores distintos aos deste estudo (± 475 °C.dia).

Com relação à maturação, os valores de  $STa$  foram distintos entre as cultivares, variando entre 77,42 °C.dia (Penafiel) e 482 °C.dia (Arbequina). Assim como observado na frutificação, as cultivares que apresentaram menor (maior) acúmulo energético tiveram, em média, menor (maior) duração em dias do calendário civil, conforme é esperado (Streck et al. 2007). Vale ressaltar, que a maturação é o subperíodo que, ao mesmo tempo, possui menor acúmulo térmico, porém, com as maiores  $T_b$ 's, exceto para a Arbequina (7,1 °C).



**Tabela 3** - Necessidade térmica, desvio padrão, coeficiente de variação para cada método (M1 e M2) e duração em dias do calendário civil para os três subperíodos de desenvolvimento reprodutivo das dez cultivares de oliveira. Maria da Fé, MG, 2008 à 2011.

Cultivar	Floração			Frutificação			Maturação		
	M1	M2	Dias	M1	M2	Dias	M1	M2	Dias
2008-2009									
Alto D'Ouro	525,3	552,4	60	758,1	870,8	148	81,7	94,6	17
Arbequina	435,7	473,7	56	864,9	982,5	153	457,8	457,8	26
Galega	324,8	365,7	49	819,8	895,4	146	125,6	128,3	17
Grappolo 541	409,2	451,6	54	772,2	881,8	148	206,7	207,1	23
Grappolo 561	147,0	351,4	80	799,9	893,2	146	64	72,5	11
Grappolo 575	97,4	245,5	53	965,5	1076,8	168	103,3	116,6	18
Negroa	421,6	473,9	60	772,2	881,8	148	112,9	124,5	21
Penafiel	132,9	266,9	50	743,5	853,6	142	97,0	123,1	24
Ropades 392	141,2	288,3	56	812,8	926,8	153	78,0	104,4	21
Santa Catalina	141,6	312,8	70	828,7	928,3	153	135,2	147,3	23
2009-2010									
Alto D'Ouro	635,3	654,0	66	935,8	978,6	138	88,7	100,3	15
Arbequina	477,3	502,1	56	1060,9	1119,5	148	574,9	574,9	31
Galega	350,2	399,3	57	990,9	1059,6	155	179,0	183,2	25
Grappolo 541	667,9	705,6	82	928,8	900,3	143	172,1	172,1	18
Grappolo 561	131,2	340,2	85	1016,1	1108,3	162	133,9	143,3	20
Grappolo 575	199,4	388,9	85	1174,8	1185,1	179	53,6	59,8	13
Negroa	479,7	513	61	983,7	1023,0	140	91,8	98,0	15
Penafiel	239,9	371,5	72	1136,0	1210,4	168	64	74,6	23
Ropades 392	197,1	328,5	66	1059,0	1116,8	157	75,0	92,7	16
Santa Catalina	129,9	293,4	69	1107,4	1164,5	163	66,2	77,4	16
2010-2011									
Alto D'Ouro	511,9	529,7	51	821,2	897,3	133	58,3	71,0	11
Arbequina	512,0	577,7	65	977,9	1105,5	155	413,3	413,3	22
Galega	361,1	418,7	51	866,5	959,3	146	143,8	148,0	21
Grappolo 541	649,2	731,3	84	898,4	952,7	152	162,1	162,1	19
Grappolo 561	99,8	208,6	45	834,6	908,0	133	79,1	88,9	13
Grappolo 575	113,3	186,1	35	1039,1	1124,4	173	80,9	91,6	15
Negroa	423,5	462,7	51	853,2	933,5	140	94,2	106,8	16
Penafiel	163,0	226,6	36	1003,4	1079,5	156	31,0	34,4	6
Ropades 392	161,09	234,15	39	892,13	970,03	143	63,63	89,63	16
Santa Catalina	89,49	187,3	40	973,96	1081,56	160	68,25	76,1	12
Desvio Padrão	187,4	149,9	14,4	118,6	107,1	11,2	125,4	121,6	5,3
CV (%)	60	37,3	24,2	12,8	10,7	7,4	90,5	82,3	29,2

A quantificação do tempo térmico necessário para atingir cada fase de desenvolvimento são ferramentas importantes no manejo das culturas (Ferreira *et al.* 2019; Carli *et al.* 2016; Rosa *et al.* 2009), principalmente durante os subperíodos de desenvolvimento reprodutivo, os quais necessitam de maior planejamento para a aplicação dos tratamentos culturais. No caso da oliveira, essa quantificação, inédita para as condições climáticas brasileiras, são úteis para definir o melhor momento para a aplicação de fungicidas e sprays profiláticos (Pérez-López *et al.* 2008), evitando assim, a ocorrência e a proliferação de doenças no fruto da oliveira, como *Spillocaea oleaginosa*,

*Pseudocercospora cladosporioides* e *Gloeosporium olivae* (Garcia *et al.* 2018; Wrege *et al.* 2015). Além disso, vários estudos têm demonstrado que a fenologia e o momento de ocorrência de cada fase do desenvolvimento reprodutivo é um importante indicador dos impactos das mudanças climáticas na oliveira (García-Mozo *et al.* 2010; Moriando *et al.* 2015), principalmente pela dependência da temperatura do ar (Aguilera *et al.* 2015; Martins *et al.* 2014; Pérez-López *et al.* 2008).

De maneira geral, observam-se que as cultivares mais precoces, as quais acumulam menor quantidade de energia e ao mesmo tempo tem menor duração (dias do

**Tabela 4** - Comparação de médias para a necessidade térmica ( $STa$ , °C.dia) calculados pelo Método 2 e duração média, em dias do calendário civil, para as dez cultivares de oliveira nos três subperíodos de desenvolvimento reprodutivo. Maria da Fé, MG, 2008 a 2011.

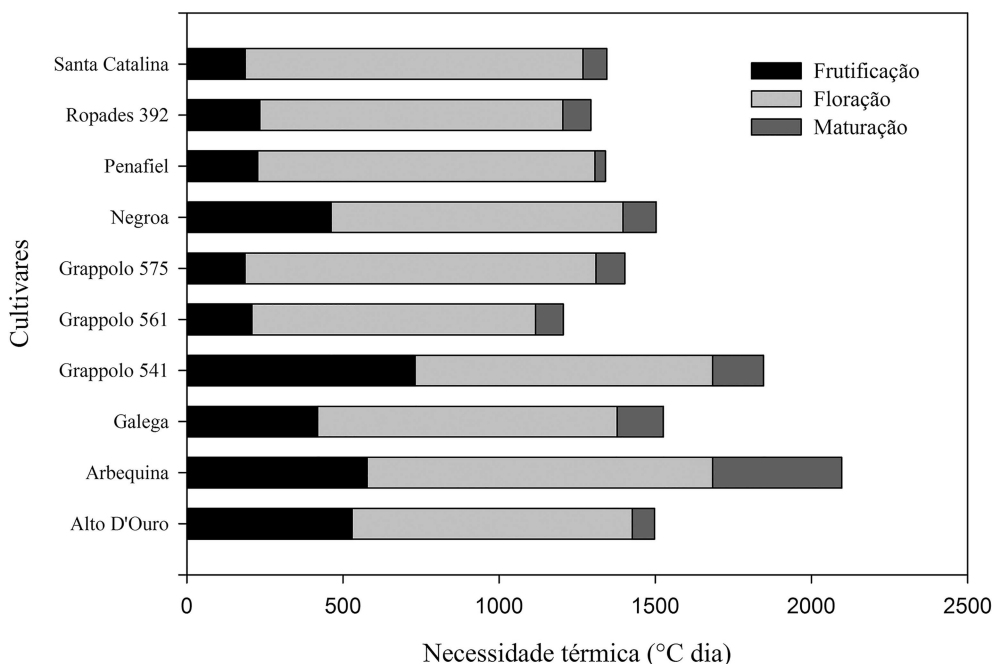
Cultivar	Floração	Duração média (dias)*	Frutificação	Duração média (dias)*	Maturação	Duração média (dias)*
Alto D'Ouro	578,72bB	59	915,58cA	140	88,64aA	14
Arbequina	517,87aB	59	1069,22bA	152	482,03aC	26
Galega	394,58bB	52	971,47cA	149	153,19aB	21
Grappolo 541	629,55bB	73	911,64cA	148	180,43aB	20
Grappolo 561	300,1bA	60	969,9cA	147	101,58aA	15
Grappolo 575	273,52bA	58	1128,79cA	173	89,37aA	15
Negroa	483,2bB	57	946,15cA	143	109,83aA	17
Penafiel	288,35bA	53	1047,86cA	155	77,42aA	14
Ropades 392	283,68bA	53	1004,58cA	151	95,59aA	18
Santa Catalina	264,52bA	60	1058,14cA	159	100,3aA	17

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott Knott a 5% de probabilidade. As letras foram dadas em ordem decrescente de soma térmica acumulada para cada subperíodo correspondente. \*Valores extraídos de Oliveira *et al.* (2012).

calendário civil), são: Santa Catalina, Ropades 392, Penafiel e Grappolo 561 (Fig. 1). As cultivares Arbequina e Grappolo 541 são as que precisam acumular maior quantidade de energia. No caso da Arbequina, tal resultado provavelmente se deve aos menores valores de  $Tb$  nos três subperíodos, em especial na maturação (7,1 °C), o que lhe permite acumular energia mesmo em dias com temperaturas amenas.

No entanto, considerando os dias do calendário civil não é possível observar diferenças entre as cultivares. Vale lembrar que, de acordo com a metodologia da  $STa$ , quão

maior for a diferença entre a  $Tmed$  e a  $Tb$  da cultivar, maior será o acúmulo térmico diário. Assim,  $Tb$ 's menores irão promover maior acúmulo em comparação com  $Tb$ 's elevadas, caso estejam sob as mesmas condições meteorológicas. Existem outros métodos de  $STd_i$ , os quais penalizam de diferentes maneiras a  $Tmed$  com as três temperaturas cardinais ( $Tb$ ,  $Tot$  e  $TB$ ) (Freitas e Martins, 2019; Lago *et al.* 2009; Rosa *et al.* 2009). No entanto, devido aos dados disponíveis nesse estudo, só foi possível a utilização dos M1 e M2, os quais consideram apenas a  $Tb$  (Lago *et al.* 2009; Souza e Martins, 2014).



**Figura 1.** - Necessidade térmica acumulada média nos subperíodos de desenvolvimento reprodutivo obtido pelo Método 2. Maria da Fé, MG, 2008 a 2011.

Analisando todas as cultivares, em média, a floração demanda 26% da energia total necessária para o desenvolvimento reprodutivo, seguido da frutificação (66%) e maturação (8%). Informações básicas sobre o desenvolvimento reprodutivo, como a estimativa da *Tb* e a necessidade térmica, em cultivares de oliveira são fundamentais no conhecimento das cultivares mais adaptadas às condições climáticas de cultivo e as necessidades da cultura em condições meteorológicas distintas do seu centro de origem (Martins *et al.* 2012; Souza e Martins, 2014). Além disso, dão subsídio na determinação do momento exato ocorrência dos subperíodos reprodutivos, a qual possibilita o controle de doenças e pestes na oliveira, como exemplo a aplicação de defensivos contra a mosca da azeitona (*Bactrocera oleae* Gmel.), traça da oliveira (*Prays oleae* Bern.) sprays profiláticos - aumentam a produtividade (Pérez-López *et al.* 2008).

#### 4. Conclusões

Houve variação dos valores de *Tb*'s e necessidade térmica entre as cultivares e subperíodos de desenvolvimento reprodutivo. As *Tb*'s variaram para a floração de 7,8 °C a 16,1 °C, para a frutificação de 13,3 °C a 14,3 °C, e maturação de 7,1 °C a 17,2 °C. Já a frutificação é o subperíodo que demanda maior necessidade térmica, com valores variando entre 911,64 °C.dia a 1128,79 °C.dia.

As cultivares mais precoces, as quais acumulam menor quantidade de energia e possuem menor duração em dias, são: Santa Catalina, Ropades 392, Penafiel e Grappolo 561, e as cultivares Arbequina e Grappolo 541 são as mais tardias.

#### Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo auxílio financeiro referente aos projetos APQ 01392-13 e APQ 01258-17. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, processo número 1489491) pela bolsa concedida ao segundo autor.

#### Referências

AGUILERA, F.; ORLANDI, F.; RUIZ-VALENZUELA, L.; MSALLEM, M.; FORNACIARI, M. Analysis and interpretation of long temporal trends in cumulative temperatures and olive reproductive features using a seasonal trend decomposition feature. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 203, p. 208-216, 2015.

ALCALÁ, A.R.; BARRANCO, D.; Prediction off lowering time in olive for the Cordoba olive collection. **Horticultural Science**, v. 27, n. 11, p. 1205-1207, 1992.

BARROS, M.P.; ZANETTI, V.B.; FRAGA, C.I.M.; NINCE, P.C. C.; CAMPELO JÚNIOR, J.H.; LOBO, F.A. Unidades fototérmicas e temperatura-base inferior de frutos de mangueira

alfa, na Baixada Cuiabana. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 2, p. 479-485, 2010.

CALLEJAS, I.J.A.; NEVES, G.A.R.; TAVARES, A.S.; MOURA, I.B.; LIMA, E.A. Determinação das temperaturas cardinais da manga cultivar Roxa através de simulação computacional utilizando um modelo não linear. **Ambiência**, v. 10, n. 1, p. 97-110, 2014.

CARLI, C.; STEINMETZ, S.; STRECK, N.A.; MARCHESAN, E.; SILVA, M.R. Número de dias e de graus-dia entre a iniciação e a diferenciação da panícula em cultivares de arroz irrigado. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 428-433, 2016.

COUTINHO, E.F.; RIBEIRO, F.C.; CAPPELLARO, T.H. **Cultivo de Oliveira (*Olea europaea* L.)**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 125p. (Embrapa Clima Temperado. Sistemas de produção, 16). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/783494/1/sistema16.pdf>. Acesso em 27 de fevereiro de 2018.

FAGUNDES, J.D.; STRECK, N.A.; STORCK, L.; REINIGER, L.R.S.; Temperatura-base e soma térmica de subperíodos do desenvolvimento de *Aspilia montevidensis*. **Bragantia**, v. 39, n. 2, p. 499-509, 2010.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FERREIRA, M.C.; MARTINS, F.B.; FLORÊNCIO, G.W.L.; SILVA, J.P.G.C.; PASIN, L.A.A.P. Temperaturas cardinais e necessidade térmica no desenvolvimento inicial de duas espécies nativas brasileiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 2019. no prelo.

FREITAS, C.H.de; MARTINS, F.B.; ABREU, M.C. Temperaturas cardinais para o desenvolvimento foliar de mudas de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 5, p. 283-292, 2017.

FREITAS, C.H.de; MARTINS, F.B. Métodos de soma térmica e influência do fotoperíodo no desenvolvimento foliar de duas espécies florestais. **Floresta e Ambiente**, 2019, no prelo.

GALÁN, C.; GARCÍA-MOZO, H.; CARIÑANOS, P.; ALCÁZAR, P.; DOMÍNGUEZ-VILCHES, E. The role of temperature in the onset of the *Olea europaea* L. pollen season in southwestern Spain. **International Journal of Biometeorology**, v. 45, n. 1, p. 8-12, 2001.

GARCÍA-MOZO, H.; MESTRE, A. GALÁN, C. Phenological trends in southern Spain: A response to climate change. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 150, p. 575-580, 2010.

GARCÍA-MOZO, H.; ORLANDI, F. GALÁN, C.; FORNACIARI, M.; ROMANO, B.; RUIZ, L.; DIAZ de LA GUARDIA, C.; TRIGO, M.M.; CHUINE, I. Olive flowering phenology variation between different cultivars in Spain and Italy: modeling analysis. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 95, p. 385-395, 2009.

GARCIA, S.R.; SANTOS, D.F.dos; MARTINS, F.B.; TORRES, R.R. Aspectos climatológicos associados ao cultivo da oliveira (*Olea europaea* L.) em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 188-209, 2018.

LAGO, I.; STRECK, N.A.; CARVALHO, M.P.; FAGUNDES, L. K.; PAULA, G.M.de.; LOPES, S.J. Estimativa da temperatura base do subperíodo emergência-diferenciação da

- panícula em arroz cultivado e arroz vermelho. **Revista Ceres**, v. 56, n. 3, p. 288-295, 2009.
- LIMA, E.P.; SILVA, E.L.da. Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiro arábica em fase de implantação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 266-273, 2008.
- LUZ, G.L.da; MEDEIROS, S.L.P.; TOMM, G.O.; BIALOZOR, A.; AMARAL, A.D.do.; PIVOTO, D. Temperatura base inferior e ciclo de híbridos de canola. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1549-1555, 2012.
- MARTINS, F.B.; PEREIRA, R.A. A.; PINHEIRO, M.V.M.; ABREU, M.C. Desenvolvimento foliar em duas cultivares de oliveira estimado por duas categorias de modelos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 4, p. 505-514, 2014.
- MARTINS, F.B.; REIS, D.F.; PINHEIRO, M.M.V. Temperatura base e Filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural**, v. 42, n. 11, p. 1975-1981, 2012.
- MATOS, V.A.T.M; PIVETTA, F.; SOBRINHO, S.P.; TISSIANI, A.S.O; PEREIRA, A.P.M.S; RAMOS, F.T.; JÚNIOR, J.H. C.; Temperaturas basais e exigência térmica para a maturação de caju. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 969-977, 2014.
- MELO-ABREU, J.P., BARRANCO D., CORDEIRO A.M., TOUS J., ROGADO B.M., VILLALOBOS F.J., Modelling olive flowering date using chilling for dormancy release and thermal time, **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 125, p. 117-127, 2004.
- MORIONDO, M.; FERRISE, R.; TROMBI, G.; BRILLI, L.; DIBARI, C.; BINDI, M. Modelling olive trees and grapevines in a changing climate. **Environmental Modelling & Software**, v. 72, p. 387-401, 2015.
- OLIVEIRA, M.C.; RAMOS J.D.; PIO R.; CARDOSO M.C. Características fenológicas e físicas e perfil de ácidos graxos em oliveiras no sul de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 1, p. 30-35, 2012.
- ORLANDI, F.; GARCÍA-MOZO, H.; DHIAB, A.B.; GALÁN, C.; MSALLEM, M.; ROMANO, B.; ABICHOU, M.; DOMINGUES-VILCHES, E.; FORNACIARI, M. Climatic indices in the interpretation of the phenological phases of the olive in Mediterranean areas during its biological cycle. **Climatic Change**, v. 116, p. 263-284, 2013.
- PÉREZ-LÓPEZ, D., RIBAS, F., MORIANA, A., RAPOPORT, H. F.; DE JUAN, A. Influence of temperature on the growth and development of olive (*Olea europaea* L.) trees. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 83, p. 171-176, 2008.
- PILAU, G.V.; BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; SCHWERZ, L.; Temperatura basal, duração do ciclo e constante térmica para a cultura do crambe. **Bragantia**, v. 70, n. 4, p. 958-964, 2011.
- PRELA-PANTANO A.; TERAMOTO, J.R.S.; BERTONCINI, E.I. **Análises preliminares das condições climáticas do estado de São Paulo para o cultivo de oliveiras**. 2010. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2010\\_3/ClimaOliva/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2010_3/ClimaOliva/index.htm). Acesso em 27 de fevereiro de 2018.
- REBOITA, M.S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L.F.; ALVES, M.A. Aspectos climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 206-226, 2015.
- ROSA, H.T. WALTER, L.C.; STRECK, N.A.; ALBERTO, C.M. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de Filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p. 1374-1382, 2009.
- SANZ-CORTÉS, F.; MARTINEZ-CALVO, J.; BADENES, M. L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; LLACER, G.; MEIER, U. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea* L.). **Annals of Applied Biology**, v. 140, n. 2, p. 151-157, 2002.
- SILVA, E.D. ; REBOITA, M.S. Estudo da Precipitação no Estado de Minas Gerais-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 13, p. 120-136, 2014.
- SILVA, L.F.O.; OLIVEIRA, A.F.; PIO, R.; ZAMBON, C.R. Caracterização agrônômica e carpométrica de cultivares de oliveira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 350-356, 2012.
- SOUZA, A.P.S; LEONEL, S.; ESCOBEDO, J.F. Temperaturas basais e soma térmica para a figueira podada em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 314-322, 2009.
- SOUZA, P.M.B.; MARTINS, F.B.; Estimativa da temperatura basal inferior para as cultivares de oliveira Grappolo e Maria da Fé. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 2, p. 307-313, 2014.
- STRECK, N.A. PAULA, F.L.M.de; BISOGNIN, D.A.; HELDWEIN, A.B.; DELLAI, J. Simulating the development of field-grown potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 141, p. 1-11, 2007.
- STRECK, N.A.; GABRIEL, L.F.; SAMBORANHA, F.K.; LAGO, I.; SCHWANTES, A.P.; SCHONS, A. Comparing two versions of a non-linear model for simulating leaf number and developmental stages in maize based on air temperature. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 642-648, 2009.
- TRADEMAP. **List of importers for the selected product. Product: 1509 Olive oil and its fractions obtained from the fruit of the olive tree solely by mechanical or other physical means under conditions that do not lead to deterioration of the oil, whether or not refined, but not chemically modified**. 2018. Disponível em: [https://www.trademap.org/Country\\_SelProduct\\_TS.aspx?nvpm=1||||150910||6|1|1|1|2|1|2|2|1](https://www.trademap.org/Country_SelProduct_TS.aspx?nvpm=1||||150910||6|1|1|1|2|1|2|2|1). Acesso em 12 de março de 2018.
- VIEIRA NETO, J.; OLIVEIRA, A.F.de; OLIVEIRA, N.C.de; DUARTE, H.S.S.; GONÇALVES, E.D. **Aspectos técnicos da cultura da oliveira**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2008. 56p. (Boletim Técnico, 88).
- WREGE, M.S; COUTINHO, F.E; PANTANO, A.P.; JORGE, R. O.; Distribuição Potencial de oliveiras no Brasil e no mundo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 3, p. 656-666, 2015.
- YANG S.; LOGAN, J.; COFFEY D.L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 75, p. 61-74, 1995.