

Universidade Federal de Itajubá
Instituto de Recursos Naturais



**ENGENHARIA
AMBIENTAL**

**Temperatura do ar no desenvolvimento reprodutivo de dez
cultivares de oliveira (*Olea europaea* L.) no sul de Minas
Gerais**

Itajubá- MG

Novembro de 2016

Temperatura do ar no desenvolvimento reprodutivo de dez cultivares de oliveira (*Olea europaea* L.) no sul de Minas Gerais

Vinicius Ribeiro Moura Ramalho

Monografia submetida à banca examinadora do Trabalho Final de Graduação, apresentado à Universidade Federal de Itajubá, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Fabrina Bolzan Martins

Itajubá - MG
Novembro/2016



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
Instituto de Recursos Naturais
Engenharia Ambiental

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho Final de Graduação em Engenharia Ambiental do(a) aluno(a) VINICIUS RIBEIRO MOURA RAMALHO intitulado **“Temperatura do ar no desenvolvimento reprodutivo de dez cultivares de oliveira (*Olea europaea* L.) no sul de Minas Gerais”**.

Itajubá, 22 de novembro de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Prof(a). FABRINA BOLZAN MARTINS
Presidente / Orientador(a)

Prof(a). LUIZ FERNANDO DE OLIVEIRA DA SILVA
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

Prof(a). MÁBELE DE CÁSSIA FERREIRA
Universidade Federal de Itajubá

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha querida irmã.

Agradecimentos

Ao meus pais e irmã, pela confiança, amor e apoio

À minha orientadora, Fabrina, por ter me guiado com paciência e sabedoria durante a realização deste trabalho

Aos integrantes da banca examinadora Mábele Ferreira e Luiz Fernando Oliveira da Silva

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) pela concessão dos dados e auxílio em todas as etapas desta pesquisa.

À todos os moradores e agregados da República Mansão, pelos bons momentos e amizades

Every one of us is, in the cosmic perspective, precious. If a human disagrees with you, let him live. In a hundred billion galaxies, you will not find another.

Carl Sagan

Resumo

A temperatura do ar é a variável que mais influencia o desenvolvimento da oliveira. O conhecimento da temperatura basal inferior (T_b) é essencial pois, à partir dela, é possível determinar a necessidade térmica em cada fase do desenvolvimento. O objetivo desse trabalho final de graduação (TFG) foi estimar a temperatura basal inferior (T_b) e determinar as necessidades térmicas em três subperíodos de desenvolvimento reprodutivo (florescimento, frutificação e maturação) em dez cultivares de oliveira para Maria da Fé (MG). Os dados utilizados para a determinação da T_b referem-se às variáveis início, fim e de duração (em dias) do calendário civil de cada fase de desenvolvimento reprodutivo para os anos agrícolas de 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011, cultivadas em Maria da Fé, MG ($22^{\circ} 18' 50''$ latitude sul, $45^{\circ} 22' 23''$ longitude oeste, 1276 m de altitude). Para a estimativa da T_b foram utilizadas seis metodologias: desvio padrão em graus-dia (SDgd), desvio padrão em dias (SDd), coeficiente de variação em dias (CVd), coeficiente de variação em graus-dia (CVgd), coeficiente de regressão (CR) e X-intercepto assim como suas respectivas metodologias modificadas, exceto a metodologia do CVd e X-intercepto. Para a determinação da soma térmica foram utilizados dois métodos de cálculo, onde o melhor método foi escolhido com base no coeficiente de variação, para cada subperíodo e cultivar. Os valores de necessidade térmica foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Scott-Knott. Os valores de T_b estimados assim como a necessidade térmica foram diferentes entre as cultivares e subperíodos reprodutivos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Necessidade térmica acumulada média nos subperíodos de desenvolvimento reprodutivo obtido pelo Método 2. Maria da Fé, MG, 2008 à 2011	19
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização da temperatura do ar durante os três anos agrícolas (2008/2009, 2009/2010, 2010/2011) do experimento à 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 cada cultivar de oliveira. Maria da Fé, MG, (2008 - 2011).....9

Tabela 2:Valores médios de temperatura basal inferior (Tb) estimados pelos diferentes métodos tradicionais e modificações dos métodos tradicionais para as dez cultivares de oliveira em cada subperíodo de desenvolvimento reprodutivo. Maria da Fé, MG (2008 à 2011).....13

Tabela 3:Necessidade térmica, desvio padrão, coeficiente de variação para cada método e duração em dias do calendário civil para os três subperíodos de desenvolvimento reprodutivo. Maria da Fé, MG, 2008 à 2011.....15

Tabela 4:Comparação de médias para a necessidade térmica calculados pelo Método 2 e duração média (dias do calendário civil) para as dez cultivares de oliveira nos três subperíodos de desenvolvimento reprodutivo. Maria da Fé, MG, 2008 à 2011.....17

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CV_d: Coeficiente de variação em dias
CV_{gd}: Coeficiente de variação em graus-dia
CR: Coeficiente de regressão
DP_{gd}: Desvio padrão em graus-dia
DP_d: Desvio padrão em dias
DR: Desenvolvimento relativo
ST_{d_i}: Soma térmica diária
ST_{a_i}: Soma térmica acumulada no *i*-ésimo ano agrícola
T_b: Temperatura basal inferior
n: número de repetições
N: duração do subperíodo considerado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo Geral.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. METODOLOGIA.....	4
3.1. Métodos de estimativa da temperatura base inferior (Tb).....	4
3.2. Métodos de determinação da necessidade térmica.....	7
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	8
5. CONCLUSÃO.....	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
7. ANEXOS.....	24

1.INTRODUÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A oliveira, pertence à espécie *Olea europaea* L., é uma árvore frutífera temperada de grande longevidade, sendo uma das mais cultivadas na região do Mediterrâneo (DENNEY et al., 1985; MARTINS et al., 2012). É 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 origem, como o Brasil (MARTINS et al., 2014; WREGG et al., 2015). O interesse pelo cultivo da oliveira é devido a grande demanda mundial pelas azeitonas e pelo azeite, já que os mesmos possuem propriedades antioxidantes e diminuem o risco de doenças cardiovasculares (GOULAS et al., 2009), além de ser uma espécie utilizada para múltiplos fins, inclusive por favorecer a recuperação de áreas degradadas (VIEIRA NETO et al., 2011).

Nas safra de 2014/2015, a importação de azeite no Brasil atingiu aproximadamente 67.000 toneladas, colocando o país como segundo maior importador mundial, atrás somente dos Estados Unidos (IOC, 2015). Atualmente no Brasil, a oliveira é plantada principalmente nas regiões sul e sudeste (MARTINS et al., 2014), porém os cultivos ainda são incipientes em escala comercial, como um complemento na renda dos agricultores, já que as condições climáticas dessas regiões diferem das condições do seu local de origem. Para conhecer as necessidades da oliveira fora dos locais de origem e assim elevar a produtividade da oliveira, faz-se necessário conhecer as variáveis meteorológicas que influenciam o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da espécie (MARTINS et al., 2012; MARTINS et al., 2014; WREGG et al., 2015).

Dentre as variáveis meteorológicas a temperatura do ar é considerada a mais importante para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da oliveira (DENNEY et al., 1985; AYERZA e SIBBETT, 2001; MARTINS et al., 2012), alterando consideravelmente os padrões fenológicos da espécie (AGUILERA et al., 2015). O conhecimento das necessidades térmicas do desenvolvimento vegetativo, como: emissão de folhas, e do desenvolvimento reprodutivo, como: inflorescência, florescimento, frutificação e maturação (SANZ-CORTÉZ et al., 2002), é vital para otimizar as estratégias de manejo, melhorar a produção, qualidade de mudas, auxiliar em programas de seleção e

melhoramento e escolher as cultivares mais adaptadas as condições climáticas do local de cultivo (MARTINS et al., 2012; SOUZA e MARTINS, 2014).

A maneira mais simples e frequentemente usada para descrever o efeito da temperatura do ar sobre o desenvolvimento vegetal é pela soma térmica, cuja unidade é $^{\circ}\text{C}.\text{dia}^{-1}$ (LIMA; SILVA, 2008; LAGO et al., 2009; 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 (TB) e inferior (Tb) de cada espécie (MÜLLER et al., 2009; SOUZA E MARTINS, 2014). Ambas temperaturas basais (TB e Tb) representam, respectivamente, a temperatura acima e abaixo da qual o desenvolvimento é nulo ou desprezível para fins de cálculo. Geralmente, a TB assume valores elevados, os quais dificilmente são atingidos durante o ciclo de desenvolvimento no campo (MÜLLER et al., 2009). Já a Tb assume valores baixos, os quais ocorrem principalmente durante o inverno, sendo bastante utilizada na clássica equação de cálculo da soma térmica a qual é dada pela diferença entre a temperatura média do ar (diária ou horária) e a Tb da espécie (ARNOLD, 1959; ROSA et al., 2009; SOUZA e MARTINS, 2014). Assim, para uma estimativa precisa do desenvolvimento vegetal e do conhecimento das necessidades térmicas de uma determinada espécie, é necessária a escolha de uma Tb adequada (LAGO et al., 2009).

Na maioria dos casos, a Tb é determinada por métodos estatísticos com base em dados de observações fenológicas e de temperatura média do ar (LAGO et al., 2009; FREITAS et al., 2016). Existe uma variedade de métodos estatísticos utilizados para estimar a Tb, 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 (ARNOLD, 1959; YANG et al., 1995; LOZADA e ANGELOCCI, 1999; SINCLAIR et al., 2004; LAGO et al., 2009). É importante ressaltar que os valores de Tb variam em função da espécie, cultivares e também para as fases de desenvolvimento no qual a planta se encontra.

Estudos sobre a estimativa da Tb e sobre a necessidade térmica, baseado na soma térmica, são amplamente utilizados para culturas agrícolas, culturas utilizadas para fins ornamentais e medicinais, assim como culturas perenes como a oliveira (MARTINS et al., 2012; MARTINS et al., 2014; SOUZA e MARTINS, 2014). No entanto,

não existem estudos dessa natureza para a oliveira considerando as fases do desenvolvimento reprodutivo, principalmente para o florescimento, frutificação e maturação, o que constituiu o esforço para a realização deste Trabalho Final de Graduação (TFG).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desse TFG foi estimar a temperatura basal inferior (T_b) e determinar as necessidades térmicas em três subperíodos de desenvolvimento reprodutivo (florescimento, frutificação e maturação) em dez cultivares de oliveira para Maria da Fé (MG).

2.2. Objetivos específicos:

Avaliar e comparar diferentes métodos de estimativa da T_b para os subperíodos de desenvolvimento reprodutivo: floração, frutificação e maturação, em dez cultivares de oliveira em condições de campo;

Determinar a necessidade térmica, baseada no método de soma térmica, para os mesmos subperíodos e cultivares.

3. METODOLOGIA

Os dados utilizados neste estudo 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. Esses dados estão disponíveis em Oliveira et al., (2012) e referem-se a fenologia dos anos agrícolas de 2008/2009, 2009/2010 e 2010/2011 de dez cultivares de oliveira consideradas de ciclo precoce, médio e tardio, cultivadas em Maria da Fé, MG (22° 18' 50" latitude sul, 45° 22' 23" longitude oeste, 1276 m de altitude), que apresenta tradição no cultivo de oliveira. 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.

As variáveis meteorológicas, temperatura mínima e máxima 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).

3.1. Métodos de estimativa da temperatura base inferior (Tb)

Para a estimativa da Tb foram utilizadas duas vertentes de metodologias. A primeira vertente refere-se as metodologias tradicionais baseadas em Yang et al., (1995), e a segunda vertente refere-se as modificações das metodologias tradicionais de Yang et al., (1995), utilizadas por Lima e Silva (2008) e Lago et al., (2009).

Nas metodologias tradicionais é necessário calcular primeiramente a soma térmica diária (ST_{di}, °C dia), sendo:

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

em que: TM é a temperatura máxima diária do ar (°C), Tm é a temperatura mínima diária do ar (°C) e Tb é a temperatura base inferior de cada cultivar de oliveira. Para o cálculo da ST_{di} foi utilizada uma série de Tb's variando de 0° a 30°C, em intervalos de 0,5°C (SINCLAIR et al., 2004).

A soma térmica acumulada (STa, °C dia) a partir da data de início de cada subperíodo e de cada ano agrícola, foi obtida pelo somatório da STd_i: $STa = \sum STd_i$ (2).

Com relação a metodologia tradicional, a Tb foi estimada através dos seis métodos: 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 X-intercepto ou desenvolvimento relativo (DR).

O DP_{gd} considera a Tb de cada cultivar e subperíodo como aquela resultante no menor desvio padrão em soma térmica (FAGUNDES et al., 2010), ou seja, a Tb é selecionada de modo que a variação resultante em soma térmica, usando-se uma série de anos agrícolas, seja mínima:

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

em que: STa_i=soma térmica acumulada no *i*-ésimo ano agrícola utilizando uma série de Tb; MSTa=média da soma térmica acumulada para todos *i*-ésimos anos agrícolas; n=número anos agrícolas.

O método DP_d baseia-se na premissa de que a Tb de cada cultivar e subperíodo é a resultante no menor desvio padrão entre os diferentes anos agrícolas (FAGUNDES et al., 2010; SOUZA e MARTINS, 2014):

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

em que: $\bar{x}$ = temperatura média do ar dos *i* anos agrícolas (°C); Tb = temperatura base inferior (°C).

No método do CV_d a Tb de cada cultivar é aquela que decorre em um menor coeficiente de variação em dias (%) (YANG et al., 1995; SOUZA e MARTINS, 2014):

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

em que: $\bar{x}d$ = média do número de dias requerido para atingir determinado subperíodo reprodutivo.

O método do CV_{gd} considera o valor de T_b como aquele que apresentar 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 método do CR baseia-se na existência de uma relação linear entre a temperatura média do ar durante o subperíodo reprodutivo (T_{med} , °C) e as STa_i necessárias para atingir o subperíodo reprodutivo:

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

em que: a = coeficiente angular da regressão linear, b = coeficiente linear.

O valor do coeficiente angular (a) da regressão linear simples indica o valor da T_b correta (FAGUNDES et. al., 2010) de cada cultivar e subperíodo reprodutivo. Valor de ' a ' positivo indica que a T_b usada para calcular STa é elevado e maior que o valor verdadeiro, valor de ' a ' negativo indica valor de T_b baixo e menor que o valor verdadeiro, e valor de ' a ' igual zero (ou o mais próximo) indica o valor de T_b correto.

O método do x-intercepto ou DR baseia-se na relação linear entre a T_{med} durante o subperíodo reprodutivo e os valores do DR da cultivar, utilizando-se a equação (SOUZA e MARTINS, 2014):

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

em que: 100=valor arbitrário de ponderação; N = número de dias de duração de cada subperíodo de desenvolvimento reprodutivo em cada ano agrícola.

Pelo DR o valor da T_b é aquela que resulta um desenvolvimento relativo nulo proveniente do prolongamento da regressão linear simples entre o DR da cultivar em função da T_{med} , ou seja, $T_b = -b/a$.

Na metodologia modificada a T_b foi estimada através de quatro métodos: desvio padrão em graus-dia (DP_{gd}), desvio padrão em dias (DP_d), coeficiente de variação em graus-dia (CV_{gd}), coeficiente de regressão (CR). Os valores de T_b , para cada cultivar e subperíodo reprodutivo, foram obtidos por (LAGO et al., 2009):

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

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

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

$$Tb = \frac{\sum_{i=1}^n (Tmed) \sum_{i=1}^n (Tmed \cdot N) - n \cdot \sum_{i=1}^n (N \cdot Tmed^2)}{\sum_{i=1}^n N \cdot \sum_{i=1}^n (Tmed) - n \cdot \sum_{i=1}^n (N \cdot Tmed)} \quad (12)$$

Em que: Tb: Temperatura basal inferior; T_{med}: temperatura média do ar durante o subperíodo; n: número de repetições; N: duração do subperíodo

Devido as diferenças entre os valores de Tb encontrados em cada metodologia, o valor final da Tb para cada cultivar e subperíodo reprodutivo foi obtido pela média aritmética dos valores de Tb encontrados pelos métodos tradicionais e pelos métodos modificados.

3.2. Métodos de determinação da necessidade térmica

Os dois métodos de necessidade térmica (STd_i, °C dia) utilizados neste estudo foram 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: (ARNOLD, 1959; ROSA et al., 2009):

Método 1: considera apenas a temperatura média diária do ar menos a Tb

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

Se: Tmed < Tb, então Tmed = Tb,

Método 2: Semelhante ao método 1, porém considera-se uma penalização na temperatura mínima do ar com relação a T_b

$$STd_2 = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia}, \quad (14)$$

Se $T_{min} \leq T_b$, então $T_{min} = T_b$

Em que: T_{med} é a temperatura média diária do ar ($^{\circ}\text{C}$), obtida pela média aritmética das temperaturas máximas (T_M) e mínimas do ar (T_{mim}) e T_b é a temperatura base inferior ($^{\circ}\text{C}$) de cada cultivar e subperíodo reprodutivo.

Para a escolha do melhor método de necessidade térmica, utilizou-se o coeficiente de variação (CV, %) como estatística para comparação. Quanto menor o valor de CV, melhor a descrição do método adequado (STRECK et al., 2007; ROSA et al., 2009).

Os valores de necessidade térmica, considerando o melhor método de STd_i , foram submetidos 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).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O cultivo em diferentes anos agrícolas proporcionou as cultivares de oliveira desenvolver-se em condições meteorológicas distintas durante seu ciclo de desenvolvimento reprodutivo (Tabela 1), as quais foram importantes na estimativa da temperatura basal inferior para as dez cultivares.

Durante os subperíodos reprodutivos e nos três anos agrícolas, as temperaturas mínimas e máximas absolutas do ar foram de, respectivamente, 2,7 e 31,8 $^{\circ}\text{C}$, para o ano agrícola 2008/2009, 1,3 e 32,2 $^{\circ}\text{C}$ para o ano agrícola 2009/2010, e 0,7 e 31,9 $^{\circ}\text{C}$ para o ano agrícola 2010/2011. Já as médias de temperaturas mínimas e máximas foram de 12,6 e 25,5 $^{\circ}\text{C}$ (2008/2009), 13,4 e 26,0 $^{\circ}\text{C}$ (2009/2010) e 12,1 e 26,1 $^{\circ}\text{C}$ (2010/2011).

TABELA 1 - Caracterização da temperatura do ar durante os três anos agrícolas (2008/2009, 2009/2010, 2010/2011) do experimento à 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 cada cultivar de oliveira. Maria da Fé, MG, (2008 - 2011).

Ano agrícola 2008/2009					
Cultivares	Subperíodo	Média da temperatura do ar (°C)			Duração média da fase de desenvolvimento**
		Mínima	Média	Máxima	
Alto D'Ouro	Floração	8,9	16,7	24,5	60
	Frutificação	13,3	19,3	25,4	148
	Maturação	16,0	22,2	28,3	17
Arbequina	Floração	8,6	16,5	24,5	56
	Frutificação	12,7	19,0	25,3	153
	Maturação	15,6	21,9	28,1	26
Galega	Floração	10,3	17,5	24,8	49
	Frutificação	14,1	20,0	25,9	146
	Maturação	16,4	23,0	29,5	17
Grappolo 541	Floração	8,5	16,6	24,8	54
	Frutificação	13,3	19,3	25,4	148
	Maturação	15,9	22,2	28,6	23
Grappolo 561	Floração	10,0	17,5	25,1	80
	Frutificação	13,7	19,7	25,6	146
	Maturação	15,7	22,9	30,2	11
Grappolo 575	Floração	8,8	16,7	24,5	53
	Frutificação	13,2	19,4	25,6	168
	Maturação	15,7	22,9	30,2	18
Negroa	Floração	8,9	16,7	24,5	60
	Frutificação	13,3	19,3	25,4	148
	Maturação	16,0	22,2	28,5	21
Penafiel	Floração	9,2	16,9	24,7	50
	Frutificação	14,2	19,8	25,3	142
	Maturação	22,1	25,1	28,2	24
Ropades 392	Floração	8,7	16,7	24,7	56
	Frutificação	13,2	19,3	25,5	153
	Maturação	16,0	22,2	28,5	21
Santa Catalina	Floração	10,1	17,6	25,2	70
	Frutificação	13,6	19,6	25,6	153
	Maturação	16,0	22,7	29,4	23

(Continua...)

(...continuação)

Ano agrícola 2009/2010

Cultivares	Subperíodos	Média da temperatura do ar (°C)			Duração média da fase de desenvolvimento**
		Mínima	Média	Máxima	
Alto D'Ouro	Floração	10,5	17,5	24,6	66
	Frutificação	13,9	19,6	25,4	138
	Maturação	16,1	23,4	30,7	15
Arbequina	Floração	10,1	17,3	24,5	56
	Frutificação	13,3	19,2	25,1	148
	Maturação	16,0	22,8	29,5	31
Galega	Floração	10,0	17,0	24,1	57
	Frutificação	13,6	19,5	25,4	155
	Maturação	16,1	22,5	28,8	25
Grappolo 541	Floração	10,1	17,2	24,2	82
	Frutificação	13,9	19,7	25,5	143
	Maturação	16,6	23,0	29,3	18
Grappolo 561	Floração	10,3	17,3	24,3	85
	Frutificação	13,3	19,2	25,2	162
	Maturação	16,0	23,2	30,4	20
Grappolo 575	Floração	10,3	17,3	24,3	85
	Frutificação	13,4	19,5	25,5	179
	Maturação	16,9	21,7	26,4	13
Negroa	Floração	10,5	17,5	24,5	61
	Frutificação	13,9	19,8	25,6	140
	Maturação	16,7	23,3	29,8	15
Penafiel	Floração	11,0	17,6	24,1	72
	Frutificação	13,1	19,4	25,6	168
	Maturação	18,2	24,1	29,9	13
Ropades 392	Floração	10,3	17,3	24,3	66
	Frutificação	13,7	19,6	25,4	157
	Maturação	16,6	23,5	30,4	16
Santa Catalina	Floração	10,6	17,6	24,7	69
	Frutificação	13,8	19,7	25,7	163
	Maturação	16,0	21,2	26,5	16

(Continua...)

(...continuação)

Ano agrícola 2010/2011					
Cultivares	Subperíodos	Média da temperatura do ar (°C)			Duração média da fase de desenvolvimento**
		Mínima	Média	Máxima	
Alto D'Ouro	Floração	9,4	17,3	25,3	51
	Frutificação	14,0	20,2	26,3	133
	Maturação	11,6	17,3	23,0	11
Arbequina	Floração	7,5	16,1	24,7	65
	Frutificação	12,7	19,2	25,7	155
	Maturação	13,8	20,1	26,4	22
Galega	Floração	9,4	17,3	25,3	51
	Frutificação	13,9	20,0	26,2	146
	Maturação	13,7	19,2	24,6	21
Grappolo 541	Floração	8,0	16,3	24,6	84
	Frutificação	13,6	19,6	25,7	152
	Maturação	16,1	21,9	27,7	19
Grappolo 561	Floração	10,7	17,6	24,6	45
	Frutificação	14,0	20,2	26,3	133
	Maturação	12,1	18,0	23,9	13
Grappolo 575	Floração	10,7	17,6	24,5	35
	Frutificação	12,7	19,1	25,5	173
	Maturação	16,1	22,8	29,4	15
Negroa	Floração	9,4	17,3	25,3	51
	Frutificação	13,9	20,0	26,0	140
	Maturação	12,8	18,9	25,0	16
Penafiel	Floração	12,3	18,7	25,0	36
	Frutificação	12,9	19,3	25,7	156
	Maturação	29,6	30,5	31,5	6
Ropades 392	Floração	10,5	17,8	25,1	39
	Frutificação	13,9	20,0	26,1	143
	Maturação	12,8	18,7	24,6	16
Santa Catalina	Floração	10,6	17,5	24,4	40
	Frutificação	13,4	19,6	25,8	160
	Maturação	16,4	23,1	29,8	12

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

Houve variação na duração média da fase de desenvolvimento entre as cultivares, os subperíodos reprodutivos e os três anos agrícolas. 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 a temperatura do ar, maior será a duração média de cada fase. Tal comportamento já foi observado

para culturas anuais como: milho (FORSTHOFER et al., 2004), canola (LUZ et al., 2012), e culturas perenes como: eucalipto (FREITAS et al., 2016) 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.

Essas diferenças de condições meteorológicas foram importantes na estimativa da Tb para as diferentes cultivares de oliveira e subperíodos reprodutivos. O valor de Tb para cada cultivar e subperíodo reprodutivo foi considerado como a média da Tb obtida pelos métodos avaliados (Tabela 2 e vide anexo 1). Alguns valores de Tb estimados foram maiores que 18°C, valor considerado não realístico sob o ponto de vista biológico (LAGO et al., 2009; SOUZA e MARTINS, 2014). Assim, o valor de Tb considerado nesses casos foi substituído pela média aritmética da temperatura mínima do ar durante a fase de desenvolvimento correspondente.

Observou-se diferenças nos valores de Tb estimados entre as cultivares e subperíodo reprodutivo. Tal variação também foi constatada por Brunini et al., (1976) para a alface, 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 há diferença da Tb entre espécies, genótipos de mesma espécie e fases de desenvolvimento (LAGO et al., 2009).

TABELA 2: Valores médios de temperatura basal inferior (Tb) estimados pelos diferentes métodos tradicionais e modificações dos métodos tradicionais para as dez cultivares de oliveira em cada subperíodo de desenvolvimento reprodutivo. Maria da Fé, MG (2008 à 2011).

Genotipo	Subperíodo	Temperatura Base	Genotipo	Subperíodo	Temperatura Base
Alto D'Ouro	Floração	7,8	Grappolo 575	Floração	15,0
	Frutificação	14,2*		Frutificação	13,6*
	Maturação	16,4		Maturação	16,3*
Arbequina	Floração	8,6	Negroa	Floração	9,5
	Frutificação	13,3*		Frutificação	14,1*
	Maturação	4,1		Maturação	16,1*
Galega	Floração	10,7	Penafiel	Floração	13,7
	Frutificação	14,3*		Frutificação	13,9*
	Maturação	14,7		Maturação	17,2*
Grappolo 541	Floração	8,9*	Ropades 392	Floração	14,2
	Frutificação	14,1*		Frutificação	14,0*
	Maturação	12,7		Maturação	17,7
Grappolo 561	Floração	16,1	Santa Catalina	Floração	16,0
	Frutificação	14,1*		Frutificação	14,1*
	Maturação	15,7*		Maturação	16,1*

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

Os valores estimados variaram para floração (7,8 a 16,1°C), frutificação (13,3 a 14,3°C) e maturação (4,1 a 17,7°C) (vide anexo 1). Os maiores valores de Tb, assim como o maior intervalo de variação, ocorreram na maturação, possivelmente devido às maiores temperaturas médias do período, que ocorre desde janeiro até meados de março (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 (WREGE et al., 2015).

A cultivar Arbequina apresentou um valor de Tb na maturação muito abaixo da média das outras cultivares. Uma provável justificativa para isso foi a diferença significativa entre os valores de Tb estimados pelos métodos tradicionais e modificados (vide anexo 1). Considerando os métodos tradicionais e modificados, verificou-se que somente o método CR e X intercepto apresentaram valores coerentes do ponto de vista biológico. 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 (FREITAS et al., 2016).

Cabe ressaltar que os valores estimados para as dez cultivares foram próximos entre si considerando o mesmo subperíodo de desenvolvimento, exceto para as cultivares Grappolo 561, Grappolo 575, Penafiel, Ropades 392 e Santa Catalina. Outros autores, encontraram valores semelhantes aos deste estudo para oliveira considerando outras cultivares, assim como outras fases de desenvolvimento. Por exemplo, Souza e Martins (2014) obtiveram valores de Tb de 9,6°C e 6,9°C para o desenvolvimento vegetativo, considerando a fase de muda, para as cultivares Grappolo e Maria da Fé, respectivamente, assim como Martins et al. (2012) que obtiveram valores de Tb de 10,5°C e 11°C para Arbequina e MGS ASC315 utilizando uma metodologia distinta das utilizadas neste estudo, e Alcalá e Barranco (1992) entre 10 à 13°C, para o florescimento de diferentes cultivares de oliveira na Espanha. Ayerza e Sibbett (2001) encontraram valores entre 0°C e 4,5 °C para o processo de vernalização em várias cultivares de oliveira no Texas, e alguns lugares da Argentina, Espanha, Itália, Peru e México. Considerando outras espécies e subperíodos reprodutivos, Cardozo et al., (2009) encontraram valores de Tb entre 13,2 e 13,9 °C para o florescimento das cultivares de amendoim IAC TATU ST e IAC886; e Scarpare et al. (2009) encontraram a Tb de 13,8°C para os subperíodo florescimento-início do amadurecimento para a videira, os quais foram semelhantes aos encontrados neste estudo.

Com base nos valores de Tb's estimados realizou-se o cálculo da necessidade, através da soma térmica pelos dois métodos (Tabela 3). Os valores do coeficiente de variação (CV) do Método 2 se aproximam mais dos dias do calendário civil, razão pela qual tal método foi escolhido como o mais indicado para descrever a necessidade térmica dos subperíodos reprodutivos (STRECK et al., 2007; ROSA et al., 2009). É possível encontrar na literatura outros métodos de cálculo de necessidade térmica, mais realísticos, os quais consideram três temperaturas cardinais (temperatura mínima, ótima e máxima). Entretanto, dada a natureza dos dados disponíveis para esse estudo, só foi possível a utilização dos dois métodos descritos, os quais consideram apenas a Tb.

Entre as cultivares e analisando a floração, observa-se que as cultivares Grappolo 561, Grappolo 575, Penafiel, Ropades 392 e Santa Catalina são as cultivares que possuem menor valor de soma térmica e, portanto, são as cultivares menos exigente em termos de necessidade energética, enquanto a Arbequina e a Alto D'ouro são as mais exigentes. Isso pode ser explicado em função dos altos valores de Tb, principalmente para a floração e maturação, das cultivares Grappolo 561, Grappolo 575, Penafiel, Ropades 392 e Santa Catalina que influenciaram no menor acúmulo de soma térmica e baixo valor de Tb da Arbequina (8,6°C) e a Alto D'ouro (7,8°C) que influenciaram no maior acúmulo de soma térmica.

TABELA 3. Necessidade térmica, desvio padrão, coeficiente de variação para cada método e duração em dias do calendário civil para os três subperíodos de desenvolvimento reprodutivo. Maria da Fé, MG, 2008 à 2011.

Cultivar	Floração			Frutificação			Maturação		
	Método 1	Método 2	Dias	Método 1	Método 2	Dias	Método 1	Método 2	Dias
2008-2009									
Alto D'Ouro	525,30	552,40	60	758,11	870,81	148	81,70	94,60	17
Arbequina	435,70	473,70	56	864,91	982,51	153	457,85	457,85	26
Galega	324,80	365,70	49	819,86	895,41	146	125,65	128,30	17
Grappolo 541	409,25	451,65	54	772,21	881,86	148	206,70	207,10	23
Grappolo 561	147,06	351,46	80	799,91	893,26	146	64,00	72,50	11
Grappolo 575	97,40	245,50	53	965,51	1076,81	168	103,30	116,65	18
Negroa	421,60	473,90	60	772,21	881,86	148	112,90	124,55	21
Penafiel	132,90	266,90	50	743,51	853,66	142	97,05	123,15	24
Ropades 392	141,25	288,35	56	812,86	926,86	153	78,05	104,40	21
Santa Catalina	141,66	312,86	70	828,71	928,31	153	135,25	147,35	23
2009-2010									
Alto D'Ouro	635,30	654,05	66	935,86	978,61	138	88,70	100,30	15
Arbequina	477,30	502,15	56	1060,91	1119,56	148	574,90	574,90	31
Galega	350,20	399,35	57	990,91	1059,66	155	179,05	183,20	25
Grappolo 541	667,95	705,65	82	928,80	900,30	143	172,10	172,10	18
Grappolo 561	131,20	340,25	85	1016,16	1108,36	162	133,95	143,30	20
Grappolo 575	199,45	388,90	85	1174,85	1185,10	179	53,65	59,80	13
Negroa	479,70	513,00	61	983,76	1023,01	140	91,85	98,05	15
Penafiel	239,95	371,50	72	1136,01	1210,41	168	64,00	74,65	23
Ropades 392	197,10	328,55	66	1059,06	1116,86	157	75,05	92,75	16
Santa Catalina	129,90	293,40	69	1107,41	1164,56	163	66,25	77,45	16

2010-2011									
Alto D'Ouro	511,99	529,70	51	821,28	897,33	133	58,38	71,03	11
Arbequina	512,04	577,75	65	977,91	1105,58	155	413,33	413,33	22
Galega	361,19	418,70	51	866,58	959,33	146	143,88	148,08	21
Grappolo 541	649,29	731,35	84	898,40	952,75	152	162,10	162,10	19
Grappolo 561	99,84	208,60	45	834,68	908,08	133	79,18	88,93	13
Grappolo 575	113,39	186,15	35	1039,10	1124,45	173	80,90	91,65	15
Negroa	423,59	462,70	51	853,28	933,58	140	94,28	106,88	16
Penafiel	163,04	226,65	36	1003,46	1079,51	156	31,05	34,45	6
Ropades 392	161,09	234,15	39	892,13	970,03	143	63,63	89,63	16
Santa Catalina	89,49	187,30	40	973,96	1081,56	160	68,25	76,10	12
Desvio									
Padrão	187,4	149,9	14,4	118,6	107,1	11,2	125,4	121,6	5,3
CV	60,0	37,3	24,2	12,8	10,7	7,4	90,5	82,3	29,2

Com a escolha do Método 2, o qual considera a penalização da temperatura mínima do ar, foi realizada a ANOVA. Os resultados da ANOVA demonstraram a existência de interação significativa ($p < 0,05$) para a necessidade térmica, entre as cultivares e os subperíodos de desenvolvimento reprodutivo (Tabela 4). Independentemente da cultivar de oliveira, o subperíodo que necessita de 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 a sua fase de desenvolvimento, corroborando com os resultados de Prela-Pantano et al., 2010.

TABELA 4: Comparação de médias para a necessidade térmica calculados pelo Método 2 e duração média (dias do calendário civil) para as dez cultivares de oliveira nos três subperíodos de desenvolvimento reprodutivo. Maria da Fé, MG, 2008 à 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..

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

Na floração as cultivares que necessitaram acumular menor quantidade de energia foram: Santa Catalina, Ropades 392, Penafiel, Grappolo 575 e 561, não apresentando diferenças pelo teste de Scott-Knott. Exceto para a Grappolo 541 ($T_b=8,9^{\circ}\text{C}$), esse menor acúmulo pode ser explicado pelo maior valor de T_b para a floração destas quatro cultivares (Tabela 2). Ao comparar a duração em dias do calendário civil com os valores de soma térmica para a floração, observa-se que nem todas as cultivares que acumulam menor (maior) quantidade de energia apresentam menor (maior) duração. Como exemplo a cultivar Galega, a qual apresenta uma duração média de 52 dias e, no entanto, necessita acumular $394,58^{\circ}\text{C dia}$, por outro lado, a cultivar Santa Catalina apresenta duração média maior (60 dias) e necessita acumular menor quantidade de energia ($264,52^{\circ}\text{C dia}$). Isso demonstra que a soma térmica 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 milho (FORSTHOFER et al., 2004), arroz (STRECK et al., 2007; CARLI et al., 2016), caju (MATOS et al., 2014).

Com relação a frutificação, observa-se que todas as cultivares necessitam acumular mesma quantidade de energia, variando entre 911,64°C dia a 1128,79°C dia, para Grappolo 541 e Grappolo 575, respectivamente (Tabela 4). Os valores de soma térmica semelhantes podem ter ocorrido devido as semelhanças dos valores de Tb entre as cultivares para a frutificação (entre 13,3°C – 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 °Cdia/140 dias) e Grappolo 575 (1128,79 °Cdia/173 dias). Vale ressaltar que considerando condições de temperaturas do ar amenas, o esperado é que quanto maior a necessidade térmica de uma determinada fase de desenvolvimento, maior será a sua duração (em dias do calendário civil), já que será necessário um maior período de tempo para acumular a energia necessária. O maior acúmulo energético na frutificação é esperado do ponto de vista biológico, já que é o subperíodo em que a planta necessita alocar grande parte da energia produzida na fotossíntese para a formação do fruto (TAIZ e ZEIGER, 2009; AGUILERA et al., 2015).

Com relação a maturação, a necessidade térmica foi distinta entre as cultivares, variando desde 77,42°C dia, para Penafiel, à 482°C dia, para 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. Vale ressaltar, que a maturação é o subperíodo que demanda menor necessidade térmica, no entanto, apresenta os maiores valores de Tb, exceto para a Arbequina (4,1°C).

A quantificação do tempo térmico necessário para atingir cada fase de desenvolvimento são ferramentas importantes no manejo das culturas (ROSA et al., 2009; FAGUNDES et al., 2010; CARLI et al., 2016), principalmente durante os subperíodos de desenvolvimento reprodutivo, os quais necessitam de maior planejamento para a aplicação dos tratamentos culturais. Além disso, vários estudos tem demonstrado que a fenologia do desenvolvimento reprodutivo é um importante indicador dos impactos das mudanças climáticas (GARCIA-MOZO et al., 2010; AGUILERA et al., 2015; MORIONDO et al., 2015), principalmente pela dependência da temperatura do ar (DENNEY et al., 1985; MARTINS et al., 2014; AGUILERA et al., 2015). De maneira geral observam-se que as cultivares mais precoces, as quais

necessitam acumular menor quantidade de energia e ao mesmo tempo tem menor duração em dias do calendário civil, são: Santa Catalina, Ropades 392, Penafiel e Grappolo 561(Figura 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 nas três fases do desenvolvimento reprodutivo, em especial na maturação (4,1°C), o que lhe permite acumular energia mesmo em dias de temperaturas mais amenas.

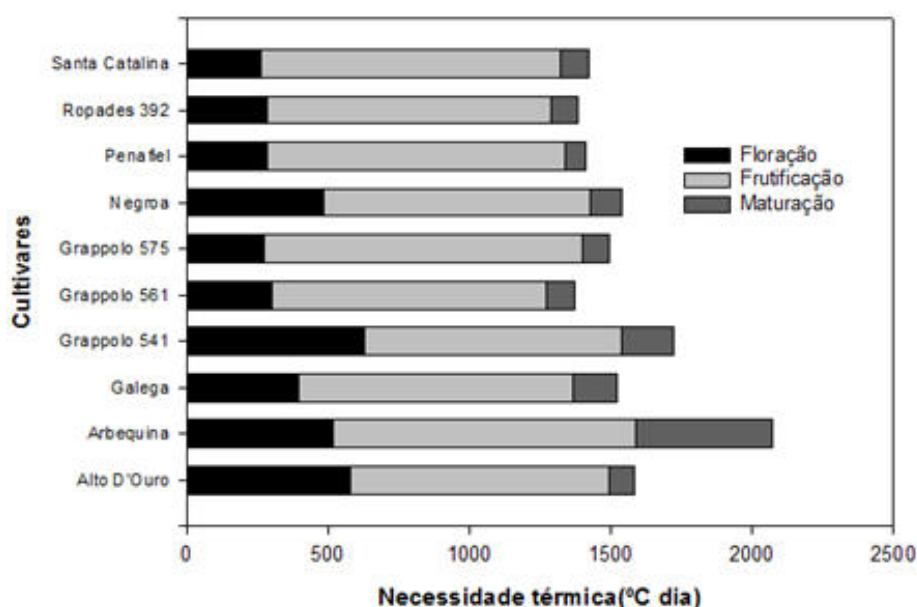


FIGURA 1. Necessidade térmica acumulada médianos subperíodos de desenvolvimento reprodutivo obtido pelo Método 2. Maria da Fé, MG, 2008 à 2011.

No entanto, considerando os dias do calendário civil não é possível observar diferenças entre as cultivares. Vale lembrar que, de acordo com a metodologia de cálculo utilizado no cômputo da necessidade térmica, quão maior for a diferença entre a temperatura média do ar do dia e a Tb da cultivar, maior será o acúmulo térmico diário. Assim, Tb's menores irão promover um maior acúmulo em comparação com Tb's elevadas, caso estejam sob as mesmas condições meteorológicas. Existem outros métodos de cálculo de necessidade térmica, os quais consideram de diferentes maneiras a penalização da temperatura média do ar com as três temperaturas cardinais (temperatura mínima, ótima e máxima) (LAGO et al., 2009; ROSA et al., 2009). No entanto, devido aos dados disponíveis nesse estudo, só foi possível a utilização dos

dois métodos descritos, os quais consideram apenas a Tb (LAGO et al., 2009; SOUZA e MARTINS, 2014).

Analisando-se todas as cultivares, em média, a floração demanda 26% da necessidade de energia total necessária para o desenvolvimento reprodutivo, seguido pela 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 interessantes para conhecer as 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). Certamente, esse tipo de informação é fundamental para o planejamento, manejo e tratamentos culturais da oliveira em condições de campo.

5. CONCLUSÃO

Houve variação entre os valores estimados de Tb, para as cultivares e fases de desenvolvimento reprodutivo. Os valores de Tb estimados para a floração variaram entre 7,8°C à 16,1°C, para a frutificação entre 13,3°C à 14,3°C e para a maturação entre 4,1°C à 17,7°C.

O Método 2, o qual penaliza as temperaturas mínimas do ar em relação a Tb, foi o mais indicado para determinar a necessidade térmica das dez cultivares de oliveira, por possuir um coeficiente de variação mais próximo aos dias do calendário civil.

Os valores de necessidade térmica também variaram entre as cultivares e fases de desenvolvimento reprodutivo. A frutificação apresentou os maiores valores de necessidade térmica, o que já era esperado, por ser o período onde ocorre a formação do fruto.

As cultivares mais precoces, as quais necessitam acumular menor quantidade de energia e ao mesmo tempo tem menor duração em dias do calendário civil, são: Santa Catalina, Ropades 392, Penafiel e Grappolo 561, enquanto as cultivares Arbequina e Grappolo 541 são as mais tardias.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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**, Amsterdam, v.203, p. 208-216, 2015.
- ALCALÁ, A.R.; BARRANCO, D.; Prediction of flowering time in olive for the Cordoba olive collection. **Hortscience**, v. 27, p. 1205-1207, 1992.
- ARNOLD, C. Y. The Determination and Significance of the Base Temperature in a Linear Heat Unit System. **American Society for Horticulture Science**, v. 74, p. 430-445, 1959.
- AYERZA, R.; SIBBETT, G.S. Thermal adaptability of olive (*Olea europaea* L.) to the Arid Chaco of Argentina. **Agricultural, ecosystems and Environment**, v.84, n.3, p.277-285, 2001.
- BRUNINI, Q.; LISBÃO, R.S.; BERNARDI, J.B.; FORNASIER, J.B.; JÚNIOR M.J.P. Temperatura-base para alface cultivar "White-Boston", em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, Campinas, v. 35, p.213-219, 1976.
- CARDOZO, N.P.; VOLPE, C.A.; ARAÚJO, I.P.; SENTELHAS, P.C.; SCARPARE, F.V. Temperatura base e exigências térmicas para o florescimento de dois cultivares de amendoim. Em: **XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Belo Horizonte**, 2009.
- 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**, Santa Maria, v.46, n.3, p.428-433, 2016
- DENNEY, J.O.; MCEACHERN, G.R. Modeling the thermal adaptability of the olive (*Olea europaea* L.) in Texas. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.35, n.1-4, p.309-327, 1985.
- FAGUNDES, J.D.; STRECK, N.A.; STORCK, L.; REINIGER, L.R.S.; Temperatura-base e soma térmica de subperíodos do desenvolvimento de *Aspilula montevidensis*. **Bragantia**, Campinas, v. 39, n.2, p.499-509, 2010.
- FERREIRA, D.F.; Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n.6, 2011.
- FORSTHOFER, E.L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M.L.; SUHRE, E.; RAMBO, L. Desenvolvimento fenológico e agrônomo de três híbridos de milho em três épocas de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, p.1341-1348, 2004.
- FREITAS, C.H.; MARTINS, F.B. ABREU, M.C. Temperaturas cardinais no desenvolvimento foliar de duas espécies de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. xx, n. xx, p. xx-xx, 2016.(no prelo)

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

GOULAS, V. EXARCHOU V.; TROGANIS A.N.; PSOMIADOU E.; FOTSIS T.; BRIASOULIS E.; GEROTHANASSIS I.P.; Phytochemicals in olive-leaf extracts and their antiproliferative activity against cancer and endothelial cells. **MolecularNutricional& Food Research**, v.53, n.5,p.600-608, 2009.

IOC. *Market Newsletter Nº 100* – December, 2015, pp.2.Disponível em: <<http://www.internationaloliveoil.org/documents/viewfile/10834-market-newsletter-december-2015>>. Acesso em: 08Ago. 2016.

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**, Viçosa, v. 56, 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**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 266-273, 2008.

LOZADA, B.I.; ANGELOCCI, L.R. Determinação da temperatura-base e graus-dia para a estimativa da duração do subperíodo de semeadura à floração de um híbrido de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 31-36, 1999.

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, 2012.

MARTINS, F.B.; REIS, D.F.da.; PINHEIRO, M.V.M. Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 11, p. 1975-1981, 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**, São Paulo, v.29, n.4, p.505-514. 2014

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**.Uberlândia, v.30, n.4, 2014.

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.63, 2015.

MÜLLER, L.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; STRECK, N.A.; MITTELMAN, A.; NETO, D.D.; BANDEIRA, A.H.; MORAIS, K.P. Temperatura base inferior e estacionalidade de produção de genótipos diploides e tetraploides de azevém. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 5, p. 1343-1348, 2009.

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**, Brasília, v.47, n.1, p30-35, 2012

PILAU, G.V.; BATTISTI, R.; SOMAVILLA, L.; SCHWERZ, L.; Temperatura basal, duração do ciclo e constante térmica para a cultura do crambe. **Bragantia**, Campinas, v. 70, 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. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_3/ClimaOliva/index.htm>. Acesso em: 30 Set. 2016.

ROSA, H.; 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**. Brasília, v.44, n.11, p.1374-1382, nov.2009

SANZ-CORTÉZ, F.; MARTÍNEZ-CALVO, J.; BADENES, M.L.; BLEIHOLDER, H.; HACK, H.; LLÁCER, G.; MEIER, U. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). **Annals of Applied Biology**, v.140, n.2, p.151-157, 2002.

SCARPARE, F.V.; ANGELOCCI, L.R.; CARDOSO, N.P.; BARROS, A.H.C.; RAGASI, M.U.; CORRÊA, S.T.R.; SIMON, J. Determinação da temperatura base inferior para estimativa das exigências de graus-dias da videira Niagara Rosada. Em: **XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, Belo Horizonte, 2009.

SINCLAIR, T.R. et al. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, Madison, v.88, n.2-3, p.171-178, 2004.

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**. Jaboticabal, 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**, São Paulo, v.29, n.2, p.307-313, 2014.

STRECK, N.; MICHELON, S.; BOSCO, L.C.; LAGO, I.; WALTER, L.C.; ROSA, H.T.; PAULA, G.M.. Soma térmica de algumas fases do ciclo de desenvolvimento da escala de counce para cultivares sul-brasileiras de arroz irrigado, **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.357-364, 2007

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

VIEIRA NETO, J.; OLIVEIRA, A.F.; CAPRONI, C.M.; VILLA, F.; SILVA, L.F.O. Desempenho de jardins clonais de oliveira (*Olea europaea* L.) em cortes sucessivos visando a sua propagação por estaquia. **Cerne**, Lavras, v.17, n.1, p.117-122, 2011.

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**, Jaboticabal, 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**, Amsterdam, , v. 75, p. 61-74, 1995.

7. ANEXOS

Anexo 1: Valores de Tb estimados para as duas vertentes de metodologia

Genotipo	Subperíodo	Métodos tradicionais							Métodos Modificados				Média	Média dos Métodos	Temp base Min
		DPgdd	DPdia	CVgdd	Cvdia	CR	X-int	Média	DPgdd	DPdia	CVgdd	CR			
Alto D'Ouro	Floração	22,0	4,5	2,0	4,5	6,0	7,4	4,9	15,5	17,3	4,3	6,2	10,8	7,8	-
	Frutificação	24,0	0,0	0,0	0,0	24,0	30,5	-	7,3	20,2	-0,9	-1,1	-	-	14,2
	Maturação	23,5	17,0	7,5	17,0	17,5	17,9	15,4	20,8	22,8	17,1	17,6	17,4	16,4	-
Arbequina	Floração	21,0	7,0	5,5	7,0	6,0	5,1	6,1	14,8	16,8	6,9	6,1	11,1	8,6	-
	Frutificação	24,0	0,0	0,0	0,0	24,0	42,6	-	-4,2	19,6	-25,3	-24,9	-	-	13,3
	Maturação	23,5	0,0	0,0	0,0	2,5	8,9	5,7	22,3	22,5	-20,4	2,5	2,5	4,1	-
Galega	Floração	22,0	9,5	9,0	9,5	9,0	8,8	9,2	12,8	17,4	9,3	9,1	12,1	10,7	-
	Frutificação	24,0	0,0	0,0	0,0	24,0	14,3	14,3	30,7	20,3	32,7	32,7	-	-	-
	Maturação	23,5	17,5	9,0	17,5	21,0	20,1	14,7	21,4	22,5	20,1	20,1	-	-	-
Grappolo 541	Floração	21,5	0,0	20,5	0,0	20,5	18,5	-	17,4	16,8	19,4	18,9	-	-	8,9
	Frutificação	24,0	0,0	0,0	0,0	24,0	50,8	-	6,6	20,2	-40,3	-38,9	-	-	14,1
	Maturação	23,5	13,0	0,0	13,0	12,5	12,1	12,7	20,8	22,3	12,8	12,5	12,7	12,7	-
Grappolo 561	Floração	22,5	15,5	16,0	15,5	22,5	16,1	15,8	16,2	17,7	16,1	16,1	16,5	16,1	-
	Frutificação	24,0	0,0	0,0	0,0	24,0	-21,6	-	20,6	20,2	75,2	184,0	-	-	14,1
	Maturação	23,5	0,0	0,0	0,0	23,5	23,5	-	23,5	23,0	23,5	23,5	-	-	15,7

	Floração	22,0	14,0	14,0	14,0	15,5	14,5	14,4	16,6	17,5	14,2	14,5	15,7	15,0	-
Grappolo 575	Frutificação	24,0	0,0	0,0	0,0	24,0	10,4	-	39,1	19,9	39,1	39,1	-	-	13,6
	Maturação	23,5	21,5	0,0	21,5	21,5	27,2	-	26,0	22,4	26,8	27,0	-	-	16,3
	Floração	22,0	7,5	7,0	7,5	8,0	8,4	7,7	12,8	17,3	7,3	7,9	11,3	9,5	-
Negroa	Frutificação	24,0	0,0	0,0	0,0	24,0	36,9	-	-5,4	20,1	-13,2	-13,5	-	-	14,1
	Maturação	23,5	19,5	19,5	19,5	20,0	19,6	-	19,7	22,8	19,7	19,7	-	-	16,1
	Floração	21,0	13,0	12,5	13,0	13,0	12,7	12,8	16,0	17,3	12,3	12,7	14,6	13,7	-
Penafiel	Frutificação	24,0	0,0	0,0	0,0	24,0	14,9	-	29,4	20,1	30,0	30,1	-	-	13,9
	Maturação	23,5	23,0	20,5	23,0	23,5	21,1	-	20,8	22,9	20,7	20,9	-	-	17,2
	Floração	21,5	14,0	20,0	14,0	13,5	13,3	13,7	15,0	17,5	12,9	13,2	14,7	14,2	-
Ropades 392	Frutificação	24,0	0,0	0,0	0,0	24,0	-58,6	-	21,9	20,1	170,7	197,4	-	-	14,0
	Maturação	23,5	17,5	17,5	17,5	18,0	17,9	17,7	19,4	22,7	18,4	18,2	-	-	-
	Floração	22,5	14,0	15,5	14,0	22,5	16,6	15,0	16,6	17,9	16,6	16,6	16,9	16,0	-
Santa Catalina	Frutificação	24,0	0,0	0,0	0,0	24,0	9,0	-	41,5	20,2	42,8	42,7	-	-	14,1
	Maturação	23,5	21,5	0,0	21,5	21,5	10,1	-	22,6	22,3	48,7	-13,8	-	-	16,1

Os valores em destaque não foram utilizados para a média da Tb, conforme Lago et al., (2009) e Souza e Martins (2014)