



MÉTODOS DE SOMA TÉRMICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DAS CULTIVARES DE ERVILHA (*Pisum sativum* L.) CATARINA E ELOÁ

Ivana Riêra Pereira Bastos¹

Flávia Fernanda Azevedo Fagundes¹

Denis William Garcia²

Filipe Pereira da Silva²

Alysson Fernando Ribeiro²

Fabrina Bolzan Martins³

Ecologia Ambiental

Resumo

A ervilha (*Pisum sativum* L.) é uma hortaliça originária do Oriente Médio de alto valor nutritivo, bem adaptada para as condições climáticas do sul e sudeste do Brasil. O desenvolvimento da ervilha é dependente de condições meteorológicas, como temperatura do ar, fotoperíodo longo e alta luminosidade. Uma maneira de avaliar a influência da temperatura do ar no desenvolvimento da ervilha é por meio da soma térmica. No entanto, diferentes métodos de soma térmica fornecem valores distintos de desenvolvimento, sendo importante determinar o melhor método de soma térmica para descrever o desenvolvimento. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi comparar três métodos de soma térmica no desenvolvimento inicial, contabilizado desde a emergência até o transplante das mudas de duas cultivares de ervilha - Catarina e Eloá. Para isso, foi instalado um experimento na Universidade Federal de Itajubá (22°24'46.43"S; 45°26'48.94"O) sob o delineamento inteiramente casualizado, considerando dois tratamentos (2 cultivares de ervilha: Catarina e Eloá) e uma data de semeadura. Os métodos de soma térmica utilizados consideram, em diferentes funções, os valores de temperaturas cardinais de desenvolvimento da ervilha (basal inferior, ótima e basal superior) e temperatura do ar (mínima, média e máxima). O método que considera as temperaturas cardinais basal inferior e ótima (método 2) com penalizações para a temperatura mínima e máxima do ar apresentou o menor desvio padrão para a cultivar Catarina (263,56 ± 15,72 °C dia) e Eloá (222,60 ± 13,72 °C dia), sendo considerado o método mais adequado para quantificar o desenvolvimento inicial de ambas cultivares.

PALAVRAS-CHAVE: Temperaturas cardinais, Aparecimento de folhas, Temperatura do ar, Soma térmica.

¹ Mestrandas do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos Naturais, ivanarpbastos13@gmail.com, flaviaffag@gmail.com.

² Alunos de Graduação em Ciências Atmosféricas, Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos Naturais, denis.william2203@gmail.com; felipe_psilva@hotmail.com; alyssonfrb@gmail.com.

³ Profa Associada. Dra. Universidade Federal de Itajubá, Instituto de Recursos Naturais, fabrinabm@gmail.com.

INTRODUÇÃO

A ervilha (*Pisum sativum* L.) é originária do Oriente Médio (ZÁRATE et al., 2012) e é um dos vegetais mais antigos já cultivados no planeta, sendo considerada, inclusive, uma das principais fontes de alimentação na Idade Média, durante o século XIII (CAMPOS, 2014). O teor de proteína da semente seca varia entre 23 a 33%, a depender do tipo de semente (lisa ou enrugada), sendo considerado um alimento com um alto valor nutritivo (CAMPOS, 2014; SILVA et al., 2015). Ademais, as sementes de ervilha são ricas em fibra e isoflavonóides, ambos compostos químicos e benéficos à saúde humana, podendo auxiliar, principalmente, anticancerígenos (CAMPOS, 2014).

A ervilha é uma espécie de ciclo curto (em média 70 dias), geralmente cultivada em regiões de clima temperado (RESENDE e VIEIRA, 1999; LARMURE e MUNIER-JOLAIN, 2019). É tolerante a baixas temperaturas, exceto menores que 4°C, que podem exercer efeitos negativos principalmente na fase de florescimento e formação de vagens (REIS, 1989). Além disso, temperaturas elevadas, maiores que 30°C, quando ocorrem por dias seguidos, podem prejudicar o rendimento, além de poder afetar a qualidade dos grãos (VIEIRA et al., 2000).

O desenvolvimento da ervilha é dependente das condições meteorológicas (KUZNETSOV et al., 2020). Dentre elas, a temperatura do ar exerce maior influência (DOLAN, 1972; BARBANO et al., 2002), seguida do fotoperíodo longo (entre 12 e 18 horas) e alta luminosidade (DOLAN, 1972). Já a umidade do ar exerce pouco impacto no desenvolvimento desta espécie (REIS, 1989).

Sendo assim, considera-se a espécie bem adaptada para as condições climáticas do sul e sudeste do Brasil (SCHIAVON et al., 2018), podendo ser cultivada em locais com temperatura entre 4°C a 24°C, porém a faixa ideal de cultivo é em regiões que apresentam temperatura do ar entre 13°C e 18°C (BARBANO et al., 2002; SILVA et al., 2015).

Uma maneira de avaliar a influência da temperatura do ar no desenvolvimento da ervilha é contabilizando a soma térmica diária (STd; °C dia) (FREITAS e MARTINS, 2019; MARTINS et al., 2020). Por meio da STd é possível quantificar a energia necessária para atingir os estágios de desenvolvimento (BARBANO et al., 2001; FREITAS e MARTINS,

2019; FERREIRA et al., 2019b), contabilizando o acúmulo térmico diário (FREITAS e MARTINS, 2019). Por isso, a STd representa uma forma de medida do tempo biológico, sendo quantificado por diferentes métodos de cálculo. Tais métodos relacionam em funções matemáticas a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) (mínima, média e máxima) e as temperaturas cardinais da espécie ($^{\circ}\text{C}$), as quais são específicas de cada espécie ou cultivar e referem-se aos limiares em que ocorre o desenvolvimento. Nesse sentido, três temperaturas cardinais delimitam a faixa de temperatura na qual as plantas se desenvolvem: i) basal inferior (T_b ; $^{\circ}\text{C}$), ii) ótima (T_{ot} ; $^{\circ}\text{C}$) e iii) basal superior (T_B ; $^{\circ}\text{C}$) (FERREIRA et al., 2019b, MARTINS et al., 2019).

Os métodos de soma térmica vão desde os mais simples, os quais consideram apenas a temperatura média do ar (T_{med} ; $^{\circ}\text{C}$) e a T_b , até métodos considerados mais refinados, os quais consideram as três temperaturas cardinais (T_b , T_{ot} e T_B). Além disso, os métodos de STd consideram diferentes formas de penalizar a T_{med} , e por isso, utilizam formas diferentes de incluir as temperaturas mínima e máxima do ar (FREITAS e MARTINS, 2019; MARTINS et al., 2020). Devido a isso, os métodos resultam em valores diferentes de soma térmica para uma mesma fase de desenvolvimento e podem quantificar erroneamente o acúmulo térmico. Esse erro influencia na definição das datas em que ocorrem os estágios de desenvolvimento, principalmente quando ocorrem dias com T_{med} abaixo ou acima da temperatura basal (T_b e T_B) (ROSA et al., 2009), e pode prejudicar a venda das mudas ou as datas de transplante das mudas no campo.

Além disso, a STd é utilizada na identificação das melhores épocas de semeadura ou transplante, garantindo um maior sucesso do estabelecimento da muda no campo e máximo desenvolvimento, bem como na determinação do escalonamento da produção (FARIAS et al., 2015; FERREIRA et al., 2019a,b). Como não se conhece o método de STd que descreve o desenvolvimento inicial da ervilha, o objetivo deste trabalho foi comparar três métodos de soma térmica desde a emergência até o transplante das mudas das cultivares Catarina e Eloá e determinar o melhor método para cada cultivar.

METODOLOGIA

Foi instalado um experimento em campo na área experimental da Universidade Federal de Itajubá (22°24'46.43" S; 45°26'48.94" O; 850 m de altitude), em Itajubá (MG), que segundo a classificação de Köppen, possui clima Cwa, tropical de altitude, caracterizado por verões quentes e chuvosos, e invernos secos (FREITAS e MARTINS, 2019). A semeadura foi realizada em 30 de setembro de 2019 pelo método direto (Figura 1 B).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos (cultivar Catarina e Eloá - figura 1 A) e oito repetições, totalizando dezesseis unidades experimentais (UE). Cada UE foi composta por um saquinho plástico na cor preta de 15 cm x 15 cm com furos para drenagem hídrica e preenchidos com uma mistura de terra e húmus (Figura 1C). As sementes foram semeadas em pares (2 sementes) separadas por uma distância de ~6 cm e com ~5 cm de profundidade.



Figura 1. Instalação do experimento. A) Sementes de cada cultivar, à esquerda (Catarina) e à direita (Eloá); B) Semeadura; C) Disposição aleatória das repetições.

O desenvolvimento inicial foi contabilizado desde a emergência, definida quando havia um par de folhas visível acima do solo, até o ponto de transplante das mudas, considerada como a data em que cada planta atingiu 20 folhas emitidas (NF) na haste principal.

Os dados diários de temperatura mínima (Tmin; °C), média (Tmed) e máxima do ar

(Tmax; °C) foram obtidos de uma estação meteorológica automática localizada na própria área experimental.

A STd (°C.dia) foi calculada para cada UE através de três métodos descritos por Rosa et al., (2009), e Freitas e Martins (2019):

Considerando: $T_{med} = \frac{T_{min}+T_{max}}{2}$, temos:

Método 1: $STd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia}$ (1)

Se $T_{min} \leq T_b$, considera-se: $T_{min} = T_b$.

Método 2: $STd = (T_{med} - T_b) \cdot 1 \text{ dia}$ (2)

Se $T_{min} < T_b$, considera-se: $T_{min} = T_b$; se $T_{max} > T_{tot}$, considera-se $T_{max} = T_{tot}$.

Método 3: $STd = \begin{cases} T_{med} - T_b \cdot 1 \text{ dia,} & T_b < T_{med} \leq T_{tot} \\ (T_{tot} - T_b) \cdot \frac{(T_b - T_{med})}{(T_b - T_{tot})} \cdot 1 \text{ dia,} & T_{tot} < T_{med} \leq T_b \end{cases}$ (3)

Se $T_{min} < T_b$, considera-se: $T_{min} = T_b$; se $T_{max} > T_b$, considera-se: $T_{max} = T_b$.

Em que: T_{min} , T_{med} e T_{max} são temperatura mínima média máxima do ar (°C), respectivamente, T_b , T_{tot} e T_b são as temperaturas cardinais da ervilha, sendo respectivamente 3°C, 28°C e 38°C (RAMIREZ et al., 2013).

Posteriormente, foi calculada a soma térmica acumulada (STac; °C dia) através do acúmulo da STd:

$STac = \sum_i^n STd$ (4)

Em que: i = data da emergência e n = data em que o número de folhas acumuladas alcançou 20.

A escolha do melhor método de cálculo de STd baseou-se no menor valor de desvio padrão (DP) para a variável STac, conforme recomendações de Rosa et al. (2009) e Freitas e Martins (2019). Neste caso, calculou a STa para cada método de STd, cultivar e repetição. Ou seja, método que apresentou menor desvio padrão para STac foi considerado o melhor método para descrever o desenvolvimento inicial das duas cultivares de ervilha (ROSA et al., 2009; FREITAS e MARTINS, 2019). Por fim, o valor de STac, obtido pelo melhor método de STd, foi submetida à análise de variância (ANOVA), para verificar o efeito das fontes de variação (cultivares), seguida da comparação de médias pelo teste Tukey ($\alpha =$

0,05) através do software SISVAR (FERREIRA, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a condução do experimento as cultivares de ervilha foram submetidas a variações de temperatura do ar, com valor mínimo absoluto de 14,4°C e máximo absoluto de 35,8°C, tal variação causou influência no término da fase de muda de cada cultivar. Não houve casos em que a Tmax foi maior que a TB, assim como Tmin foi inferior à Tb. Ou seja, a temperatura do ar permaneceu dentro dos limiares de temperaturas cardinais desejáveis ao desenvolvimento da ervilha (Tb=3°C, Tot=28°C e TB=38°C).

A fase de muda de ambas cultivares de ervilha durou 16 dias. Destes, em 100% dos dias a Tmed ficou entre a Tb e Tot (Tabela 1), região em que o desenvolvimento ocorre de forma linear e crescente, semelhante ao observado por Tezza e Minuzzia (2019) em cultivares de alface crespa.

Tabela 1. Porcentagem (%) do número de casos (dias) em que a temperatura do ar ficou abaixo ou acima das temperaturas cardinais da ervilha.

Tmin < Tb	Tb < Tmed ≤ Tot	Tot < Tmed ≤ TB	Tmax > Tot	Tmax > TB
0	100	0	93,3	0

Os valores de STac obtidos pelos métodos de STd 1 e 3 para ambas cultivares não apresentaram nenhuma diferença (Tabela 2). A similaridade dos resultados métodos é atribuída ao fato de que como em nenhum dia do experimento a Tmin < Tb ou Tmax > TB (Tabela 1), não houve penalização em relação à Tmin (método 1) e Tmax (método 3), durante o decorrer do experimento.

Tabela 2. Média e desvio padrão da soma térmica acumulada (STac) obtida a partir dos três métodos de soma térmica diária (STd), para as cultivares de ervilha (*Pisum sativum L.*) Catarina e Eloá.

Cultivar	Soma térmica acumulada (STac; °C dia)		
	Método 1	Método 2	Método 3
Catarina	291,96	263,56	291,96
	±17,73	±15,72	±17,73
Eloá	247,68	222,60	247,68
	±15,24	±13,72	±15,24

Apesar da similaridade entre os métodos 1 e 3, o método 2, que considera a Tmed e Tot da espécie, diferenciou-se dos demais, e apresentou o menor valor de DP. Isso indica que o método 2 é mais eficiente em determinar o acúmulo energético necessário para que as cultivares de ervilha atinjam o patamar de desenvolvimento inicial, com a emissão de 20 folhas. Esse resultado é semelhante ao encontrado por Freitas e Martins (2019) para as espécies florestais *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla*, porém difere de Rosa et al., (2009) para cultivares de trigo e Streck et al., (2009) para cultivares de soja, no qual o método 3 apresentou melhor desempenho.

Pela ANOVA e teste Tukey foi possível observar diferenças no valor de STac entre as duas cultivares. A cv. Eloá necessita acumular, em média, 222,60 °C.dia para emitir 20 folhas e completar o desenvolvimento inicial, enquanto a cv. Catarina necessita de 263,56 °C.dia. Devido ao menor acúmulo térmico pode considerar a cv. Eloá mais precoce que a cv Catarina. A diferença de 40,96 °C dia entre as duas cultivares foi significativo. Além disso, a STac representou melhor o tempo biológico de ambas cultivares que os dias do calendário civil, uma vez que a cv Eloá completou o ciclo de desenvolvimento em 11 dias, e a cv. Catarina completou o ciclo em 15 dias. Esses valores de STac são inferiores ao encontrado por Olivier e Annandale (1998) para a ervilha cv. Puget na África (770 a 890 °C.dia) e para as cv. Mikado, Trioфин e Majestic, cujo STac varia, em média, entre 329 à 713 °C.dia (BARBANO et al., 2002), entretanto, essas diferenças são esperadas. Isso ocorre, pois além de serem cultivares diferentes, ambos trabalhos consideraram o ciclo vegetativo e reprodutivo, que possuem necessidades térmicas diferentes do desenvolvimento inicial representado pela fase de muda. Além disso, o método de cálculo da STd também difere. Os valores encontrados neste estudo para a cv Eloá (222,60°C dia)



e Catarina (263,56 °C.dia) foram obtidos pelo método 2, que penaliza a Tmed em função da Tb e Tot, enquanto que Olivier e Annandale (1998) consideram o método 3 e Barbano et al. (2002) considera o método 1. No método 1 não há penalização da Tmed em função da Tot, e, portanto, os valores são matematicamente maiores. Já no método 3, devido a inclusão da Tot e penalização da Tmed, ocorre uma diminuição dos valores de STac.

CONCLUSÕES

O método que contabiliza a soma térmica considerando a temperatura média do ar, a temperatura basal inferior e a ótima apresentaram melhor desempenho para descrever o desenvolvimento inicial, representado pela fase de muda, das cultivares de ervilha Catarina e Eloá.

Em relação à necessidade energética para finalizar a fase de muda, a cv Eloá necessita de menor acúmulo energético comparada à cv. Catarina.

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. Emergência de ervilha sob condições de campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 117-120, 1980.

BARBANO, M. T.; DUARTE, A. P.; BRUNINI, O.; RECO, P. C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; KANTHACK, R. A. D. Temperatura-base e acúmulo térmico no subperíodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 2, p. 261-268, 2001.

BARBANO, M. T.; WUTKE, E. B.; BRUNINI, O.; AMBROSANO, E. J.; CASTRO, J. L.; GALLO, P. B.; PEREIRA, J. C. V. N. A.; MARTINS, A. L. M. Temperatura-base e soma térmica para cultivares de ervilha (*Pisum sativum* L.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 10, n. 1, p. 75-82, 2002.

CAMPOS, A. M. B. T. C. Avaliação da diversidade genética de uma coleção portuguesa de ervilha (*Pisum sativum* L.) através de marcadores morfológicos e moleculares. 93 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Sustentável) – Instituto Politécnico de Portalegre, Portalegre, 2014.

DOLAN, D. D. Temperature, Photoperiod, and Light Intensity Effects on Growth of *Pisum sativum* L. **Crop Science**, v. 12, p. 60-62, 1972.

FARIAS V. D. S.; COSTA, D. L. P.; SOUZA, P. J. O. P.; TAKAKI, A. Y.; DE LIMA, M. J. A. Temperaturas basais e necessidade térmica para o ciclo de desenvolvimento do feijão-caupi. **Enciclopédia Biosfera**, v.11, n.21; p.1781-1792, 2015.

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.; FLORENCIO G. W. L.; PASIN, L. A. A. P. Cardinal temperatures and modeling the vegetative development of seedlings of guava. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n.11, p.819-825, 2019a.

FERREIRA, M. C.; MARTINS, F. B.; FLORENCIO, G. W. L.; PASIN, L. A. A. P.; SILVA, J. P. G. C. Cardinal temperatures and thermal requirements for the initial development of two Brazilian native species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e00525, p.1-9, 2019b.

FREITAS, C. H.; MARTINS, F. B. Thermal Requirements and Photoperiod Influence in the Leaf Development of Two Forest Species. **Floresta e Ambiente**, v.26, n.4, p. 2-9, 2019.

KUZNETSOV, I.; DAVLETOV, F.; ANOKHINA, N.; AKHMADULLINA, I.; SAFIN, F. Influence of weather condition on the field peas (*Pisum sativum* L.ssp. sativum) vegetation period and yield. **Agronomy Research**, v. 18, n. 2, p. 472-482, 2020.

LARMURE, A.; MUNIER-JOLAIN, N. G. High Temperatures During the Seed-Filling Period Decrease Seed Nitrogen Amount in Pea (*Pisum sativum* L.): Evidence for a Sink Limitation. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, p. 1608, 2019.

MARTINS, F. B.; REIS, F. Y. S.; SILVA, L. V.; FAGUNDES, F. F. A. Desenvolvimento

vegetativo de *Caesalpineia ferrea* e *Anadenanthera macrocarpa* II - MÉTODOS DE GRAUS-DIA E INFLUÊNCIA DO FOTOPERÍODO. **Revista Brasileira De Meteorologia**, v.XX, n. XX, p. xxx – xxx, 2020. (no prelo)

MARTINS, F. B.; FERREIRA, M. C.; SILVA, L. F. O.; RAMALHO, V. R. M.; GONÇALVES, E. D. Temperatura do Ar no Desenvolvimento Reprodutivo de Cultivares de Oliveira. **Revista Brasileira De Meteorologia**, v. 34, p. 179-190, 2019.

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 modelo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.29, n.4, p.505-514, 2014.

OLIVIER, F.; ANNANDALE, J. Thermal time requirements for the development of green pea (*Pisum sativum* L.). **Field Crops Research**, v. 56, n.3, p. 301–307.

RAMÍREZ, F.; FISCHER, G.; DAVENPORT, T. L.; AUGUSTO PINZÓN, J. C.; ULRICHS, C. Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) phenology according to the BBCH phonological scale. **Scientia Horticulturae**, v.162, p.39-42, 2013.

REIS, N.V.B. O clima e a cultura da ervilha. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 158. p. 8-9, 1989.

RESENDE, M. A. V.; VIEIRA, R. F. Viabilidade do cultivo da ervilha no norte de Minas Gerais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 1, p. 60-64, 1999.

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.

SILVA, A. L.; MATOS, A. C. B.; HILST, P. C.; SILVA, H. S. Crescimento inicial de ervilha sob diferentes níveis de compactação em dois tipos de solos. **Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v.10, n.3, p.90-94, 2015.

SCHIAVON, J. S.; BEVILAQUA, G. A. P.; ALBUQUERQUE, T. S.; PINHEIRO, R. A.; EBERHARDT, P. E. da R.; ANTUNES, I. F. Avaliação de cultivares de ervilha de duplo propósito para diversificação de sistemas agrícolas ecológicos. **Brazilian Journal of Development**, v.4, n.6, p. 3147-3164, 2018.

STRECK, N. A.; PAULA, G. M.; OLIVEIRA, F. B.; SCHWANTES, A. P.; MENEZES, N. L. Improving node number simulation in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.7, p.661-668, 2009.

TEZZA, G.; MINUZZIA, R. B. Caracterização da emissão foliar de cultivares de alface crespa em função da soma térmica. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v.04, n.2, p. 140-145, 2019.

VIEIRA, R. F.; RESENDE, M. A. V.; SANTOS, C. M. ÉPOCAS DE PLANTIO DE ERVILHA EM PATOS DE MINAS, UBERABA E JANAÚBA, MINAS GERAIS. **Ciência Agrotécnica**, v.24, n.1, p.74-80, 2000.

ZÁRATE, N. A. H.; GASSI, R. P.; VIEIRA, M. C.; TABALDI, L. A.; TORALES, E. P.; FACCIN, F. C. Espaços entre plantas e cobertura do solo com cama-de-frango na produção de ervilhas. **Fitotecnia**, v. 71, n.1, p. 42-46, 2012.