



Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono da erva-mate na fase de muda¹

Gian Carlos Poletto²; Gizelli Moiano de Paula³; Braulio Otomar Caron⁴; Elvis Felipe Elli⁵

Resumo: A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) é uma espécie nativa do Brasil, Argentina e Paraguai. O cultivo dessa espécie é um dos sistemas agroflorestais mais antigos e característicos da região Sul do Brasil, assumindo significativa importância ambiental e socioeconômica. O objetivo desse trabalho foi estimar a temperatura-base para a emissão de folhas e o filocrono da erva-mate na fase de muda. O experimento foi conduzido em um viveiro da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com três épocas de transplântio diferentes, com vinte repetições cada. A Temperatura-base (Tb) foi estimada usando a metodologia do menor valor do Quadrado Médio do Erro (QME) e o filocrono foi obtido através do inverso do coeficiente angular da regressão linear entre o número de folhas emitidas e a soma térmica acumulada. A Tb foi de 8,5 °C e o filocrono estimado variou de 393,27 °C dia folha⁻¹ a 401,01 °C dia folha⁻¹, em mudas de erva-mate.

Palavras-chave: *Ilex paraguariensis*; Temperatura do ar; Soma térmica.

Estimated base temperature for leaf appearance and phyllochron of mate herb during the seedling phase

Abstract: Mate herb (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) is a native of Brazil, Argentina and Paraguay. The cultivation of this species is one of the oldest and characteristic agroforestry systems in southern Brazil, assuming significant environmental and socioeconomic importance. The aim of this study was to estimate the base temperature for leaf appearance and phyllochron in the mate herb phase change. An experiment was conducted in a nursery at the Federal University of Santa Maria *campus* Frederico Westphalen. It was used a completely randomized design with three different times of transplanting with twenty repetitions each. The base temperature (Tb) was estimated using the methodology of the minimum mean square error (MSE) and the phyllochron was obtained by the inverse of the slope of the linear regression between the number of leaves, and the accumulated thermal. Tb was 8.5 °C and phyllochron estimated ranged from 393.27 °C day leaf⁻¹ to 401.01 °C day leaf⁻¹, in mate herb seedlings.

Keywords: *Ilex paraguariensis*; Air temperature; Thermal time.

¹ Recebido em 04.09.2016 e aceito para publicação como **artigo científico** em 23.02.2017.

² Engenheiro Florestal, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: <gianpoletto@hotmail.com>.

³ Engenheira Agrônoma, Dr^a. Professora Adjunta I do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen. E-mail: <gizellidepaula@gmail.com>.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Dr. Professor Associado III do Departamento de Ciências Agronômicas e Ambientais, Universidade Federal de Santa Maria – Campus Frederico Westphalen. E-mail: <otomarcaron@yahoo.com.br>.

⁵ Engenheiro Agrônomo, M.Sc. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo. E-mail: <elvisfelipeelli@yahoo.com>.

Introdução

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) é uma planta perene de porte arbóreo, podendo variar até grande, possui tronco de cor cinza-claro a castanho. Suas folhas apresentam cor verde-claro a verde-escura, com nervuras salientes na face abaxial (CARVALHO, 1994). Esta árvore é considerada símbolo do estado do Rio Grande do Sul, exercendo um importante papel socioeconômico, cultural e ambiental, ocorrendo tanto na forma nativa quando cultivada (VUADEN et al., 2009).

Erva-mate cresce preferencialmente em altitudes compreendidas entre 500 e 1.500 metros, podendo ocorrer em regiões situadas fora desses limites, porém de maneira mais esparsa. As condições climáticas para o ótimo desenvolvimento da espécie, segundo a classificação climática descrita por Köppen, está nos tipos climáticos Cfb, seguido pelo Cfa (SAIDELLES et al., 2003).

A erva-mate é uma espécie nativa de alguns países da América do Sul, como Brasil, Argentina e Paraguai. No Brasil, encontra-se nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e, em menor proporção, nos estados de Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (BARLETTE, 2011).

O principal produto feito com a erva-mate é oriundo tanto das folhas como dos ramos novos, que são usados em uma bebida que recebe nomes de acordo com a forma de preparo: chimarrão (preparado com água quente); tererê ou tereré (preparado com água fria) ou chás (CUQUEL et al., 1994).

Folhas e galhos de qualidade são os principais objetivos dos produtores de erva-mate, diante disso, conhecer a relação da temperatura do ar com o desenvolvimento vegetativo da erva-mate, visa contribuir para melhorar a condução do cultivo da espécie, ao passo que, esta pode ser uma atividade econômica viável para os produtores da região Norte do Rio Grande do Sul.

O conhecimento das necessidades térmicas do desenvolvimento vegetativo, tais 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 e escolher as cultivares mais adaptadas às condições climáticas de cultivo do local de cultivo (PÉREZ-LOPEZ et al., 2008). O desenvolvimento de uma planta depende de vários fatores ambientais, sendo que a temperatura do ar é um dos principais elementos meteorológicos que afeta o desenvolvimento dos vegetais (STRECK, 2002).

Uma forma bastante usual de quantificar a influência da temperatura do ar no tempo vegetal é através da soma térmica, cuja unidade é dada em graus dias ($^{\circ}\text{C dia}^{-1}$) (ROSA et al., 2009; LUCAS et al., 2012). Neste contexto, expressões matemáticas têm sido sugeridas para os cálculos de graus-dia ou unidades térmicas necessárias para que um vegetal atinja determinado estágio de seu ciclo de desenvolvimento (ARNOLD, 1959; BROWN, 1970; McMASTER e WILHELM, 1997).

A Temperatura-base (T_b) é definida como o valor de temperatura do ar abaixo do qual não ocorre desenvolvimento, ou este é tão lento que, para fins de cálculo, pode ser considerado desprezível (BRUNINI et al., 1976; McMASTER e WILHELM, 1997). Temos também que, a temperatura-base depende do genótipo e do subperíodo de desenvolvimento (STRECK, 2002; STRECK et al., 2003; STRECK et al., 2005). Uma maneira utilizada como forma de relacionar a soma térmica e o número de folhas é através do conceito de filocrono, que é o intervalo contabilizado para o aparecimento de duas folhas consecutivas na haste principal (XUE et al., 2004; STRECK et al., 2005), tendo como unidade $^{\circ}\text{C dia}^{-1}$ folha $^{-1}$ (STRECK et al., 2004; MARTINS et al., 2007).

A soma térmica é usada para expressar tempo no filocrono e para quantificar o desenvolvimento através do filocrono, geralmente, utiliza-se a variável Número de Folhas acumuladas (NF), uma vez que essa variável está associada com o aumento da área foliar, interceptada pela radiação solar e fotossíntese (XUE et al., 2004; ROSA et al., 2009). Sendo assim, o filocrono é obtido através

da regressão linear entre NF e a Soma Térmica acumulada (STa) (MARTINS et al., 2012).

Trabalhos de pesquisa utilizando o conceito de filocrono foram realizados principalmente para culturas anuais, como: trigo (ROSA et al., 2009), batata (DELLAI et al., 2005), tomate (PIVETTA et al., 2007) e milho (STRECK et al., 2009) e para culturas perenes, por exemplo, o eucalipto (MARTINS et al., 2007). No entanto, para a erva-mate não foram encontrados nenhum valor dessas variáveis na literatura, dessa forma, o objetivo desse trabalho foi de calcular a Temperatura-base para a emissão de folhas e o filocrono em mudas de erva-mate.

Material e métodos

O presente estudo foi conduzido na Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen, localizado na região fisiográfica Alto Uruguai do Rio Grande do Sul (27°23'S, 53°25'W e altitude de 490 m). O clima da região segundo a classificação de Köppen é do tipo Cfa – temperado chuvoso, com precipitação média anual elevada, oscilando entre 1.800 e 2.100 mm, distribuída regularmente ao longo do ano e subtropical do ponto de vista térmico. A temperatura média anual é em torno 18 °C, com máximas no verão podendo atingir 41 °C e mínimas no inverno atingindo valores inferiores a 0 °C (MORENO, 1961).

Para a quebra de dormência, as sementes foram estratificadas através da permanência na areia úmida durante seis meses (ZANON, 1988). Após esse período, as sementes que germinaram foram transferidas para tubetes de polipropileno (180 cm³ de capacidade) em bandejas contendo 54 tubetes. Para controle, as bandejas e os tubetes foram numerados e foi observada a data de emergência para cada planta.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado considerando três épocas de plantio, com 20 repetições por época. A unidade experimental foi constituída de uma planta, sendo plantada em tubetes, preenchidos com substrato comercial (vermiculita, fibra de côco,

cascas de pinus carbonizada, calcário e NPK). Os tubetes foram organizados em uma bandeja, sendo cada bandeja uma época avaliada.

Uma vez por semana foram quantificados o número de folhas por planta, considerando-se como folha visível aquela com no mínimo 0,5 cm de comprimento e coloração verde-clara. Finalizou-se a avaliação de contagem do número de folhas quando cada planta atingiu 10 folhas visíveis.

Para o experimento foram realizadas quatro épocas de coletas de dados. A semeadura da época 1 foi realizada de 07/01/2015 a 15/01/2015, e a data de emergência ocorreu entre os dias 10/01/2015 a 02/02/2015. Na época 2, a semeadura foi realizada entre 24/01/2015 e 24/02/2015 e emergência ocorreu entre 29/01/2015 e 17/03/2015. Na época 3 a semeadura foi realizada entre 26/02/2015 e 19/03/2015 e emergência ocorreu entre 13/03/2015 a 05/04/2015. Nesse experimento foram utilizadas datas de semeadura diferentes (épocas), a fim de ter amplitude na temperatura do ar e, assim, estimar a Tb com maior exatidão.

Os dados de temperatura máxima e mínima do ar foram obtidos de uma estação meteorológica automática pertencente ao laboratório de Agrometeorologia (LAGRO) da Universidade Federal de Santa Maria, *campus* Frederico Westphalen instalado dentro da casa de vegetação, próximo ao local do experimento (Figura 1).

Para o cálculo da Soma Térmica Diária (STd °C dia) utilizou-se o método proposto por ARNOLD (1960) pela seguinte equação:

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

em que: STd= Soma Térmica Diária (°C), Tmed= Temperatura Média do ar (°C), calculada pela média aritmética entre as temperaturas mínimas e máximas diárias do ar, e Tb= Temperatura base para emissão de folhas de erva-mate.

Para os cálculos da STd, foram utilizados os valores de Tb de 0 °C, 0,5 °C, 1,0 °C até 20 °C variando de 0,5 °C (SINCLAIR et al., 2004; MARTINS et al., 2007). Para o cálculo da STa, acumulou-se a STd a partir da data de emergência de cada planta.



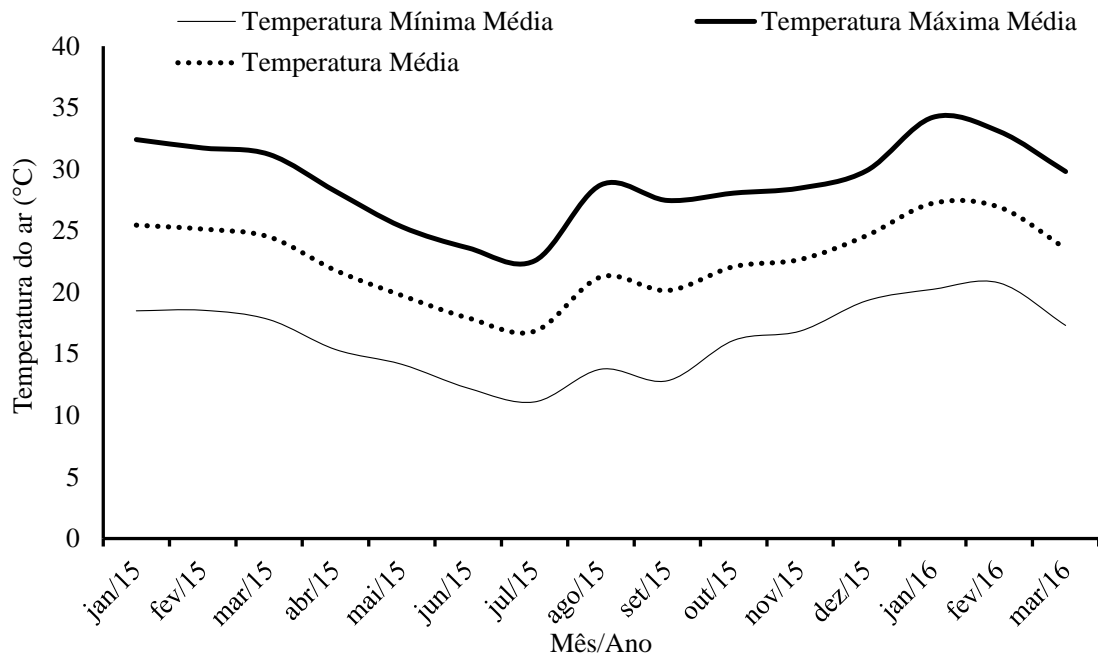


Figura 1 - Temperatura do ar mínima, máxima e média dentro da casa de vegetação no período do experimento.
Figure 1 - Air temperature minimum, maximum and mean in greenhouse in experiment period.

A partir dos dados do NF, foi estimada a T_b , conforme a metodologia do menor valor do Quadrado Médio do Erro (QME) (SINCLAIR et al., 2004; MARTINS et al., 2007; LUCAS et al., 2012). Na metodologia QME, para cada planta foram estimadas equações de regressão linear simples entre os valores de NF e a ST_a para cada planta em função da ST_a calculada com as diferentes T_b s. O valor de T_b estimado foi o que apresentou o menor QME encontrado nas equações de regressão linear simples (SINCLAIR et al., 2004; MARTINS et al., 2007).

Após determinado a T_b para a erva-mate, procedeu-se a estimativa do filocrono desta espécie, na qual utilizou-se o inverso do coeficiente angular dessa regressão, ou seja, Filocrono = $1/a$ (XUE et al., 2004). Para cada planta foi ajustada uma regressão linear simples entre o NF e ST_a a partir da data de emergência de cada planta, ou seja:

$$NF = a \cdot ST_a + b$$

em que: a = coeficiente angular, b = coeficiente linear e $ST_a = \sum ST_d$ ($^{\circ}C \text{ dia}^{-1}$).

Os dados de filocrono da erva-mate foram submetidos à análise de variância e as médias das épocas foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro pelo programa estatístico SAS (1999).

Resultados e Discussão

Temperatura-base (T_b) para emissão de folhas

Durante as três épocas avaliadas, as variações das condições meteorológicas foram distintas. O menor valor absoluto de temperatura mínima do ar dentro da casa de vegetação foi de $2,2^{\circ}C$ no dia 12/09/2015 e o maior valor absoluto da temperatura máxima do ar foi de $39,4^{\circ}C$ no dia 13/01/2016.

Na Figura 2, encontra-se um exemplo da estimativa de T_b para uma planta de erva-mate para época 1, 2 e 3, onde obteve-se uma T_b de $9^{\circ}C$ (A), $9^{\circ}C$ (B) e $9^{\circ}C$ (C). Para as demais plantas de erva-mate houve uma variação na T_b estimada de $0^{\circ}C$ até $20,5^{\circ}C$.

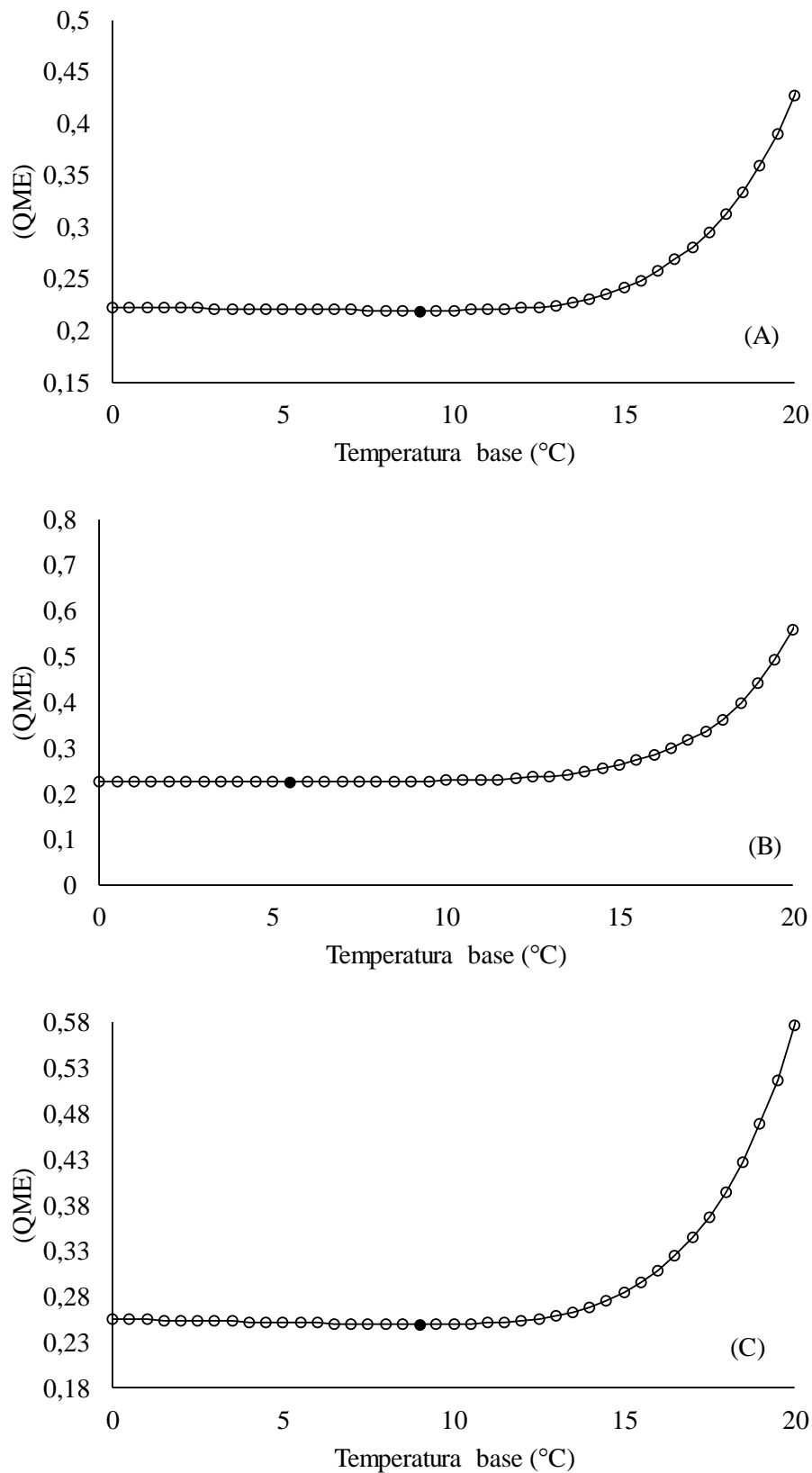


Figura 2 - Quadrado Médio do Erro da regressão linear e a temperatura-base para uma planta de erva-mate na época 1 (A), 2 (B) e 3 (C).

Figure 2 - Mean square error of linear regression and base temperature for a mate herb plant in season 1(A), 2 (B) and 3 (C).

Para a época 1, houve variação da Tb estimada de 0 a 17 °C, com predomínio de valores estimados entre 0 e 9 °C. Para a época 2, houve variação da Tb estimada de 0 a 18 °C, com predomínio de valores estimados entre 0 e 5,5 °C. Para a época 3, houve variação da Tb estimada de 0 a 20,5 °C, com predomínio de valores estimados entre 9 °C e 15 °C.

A relação entre o número de folhas emitidas pelas plântulas de erva-mate e a Soma Térmica acumulada (STa) foi linear, com coeficiente de determinação (r^2) acima de 0,71 em todas as épocas de semeadura, podendo a regressão linear ser considerada um método apropriado para estimar o desenvolvimento através do conceito de filocrono, assim como foi para a cultura da oliveira (MARTINS et al., 2007), e como é observado para culturas agrícolas (DELLAI et al., 2005; PIVETTA et al., 2007; SCHONS et al., 2007; STRECK et al., 2009) e algumas florestais (MARTINS et al., 2007) e medicinais (KOEENDER et al., 2008). Em estudo realizado por Martins et al. (2007), a estimativa da Tb para *Eucalyptus grandis*, usando a metodologia do menor valor de QME, foi de 10°C e para *Eucalyptus saligna* o valor de Tb estimado foi de 8 °C.

Foi realizado uma média das Tbs, resultando para a época 1: Tb de 8,8 °C. Para a época 2, a média resultou na Tb de 4,5 °C. Já para a época 3, a média resultou na Tb de 12,2 °C. Considerando a média dos valores obtidos para cada época avaliada, foi adotado o valor de Tb 8,5°C para a erva-mate.

Estimativa do Filocrono

Depois de estimar em 8,5 °C Temperatura base, foi possível calcular o valor de STd para erva-mate e novamente acumular a ST. O filocrono na erva-mate variou de 393,27 °C dia folha⁻¹ a 401,01°C dia folha⁻¹ (Tabela 1). Na Figura 3, são apresentadas as relações entre NF e STa para uma unidade experimental de erva-mate para época 1, 2 e 3, como exemplo, usada na estimativa do filocrono. Nota-se um elevado

R² (0,99), que é uma garantia de que a estimativa do filocrono por esse método é adequada. Elevados valores de R² (acima de 0,73) também foram obtidos para as outras unidades experimentais nas diferentes épocas. Na análise do filocrono da erva-mate entre épocas não houve uma diferença significativa. A análise da tendência de aumento do filocrono, com a elevação da temperatura do ar, foi observado em mandioca (SCHONS, et al., 2007) e calêndula (KOEENDER et al., 2008).

O filocrono da erva-mate é maior, pois é uma espécie de crescimento lento e que precisa de acúmulo de energia maior para emissão de uma folha consecutiva. Comparando com a cultura da oliveira, essa tem menores valores de filocrono em épocas de temperatura mais amenas e os maiores valores nas de temperaturas mais quentes (LISBOA et al., 2012), pois é comum ocorrer maior filocrono em épocas mais frias e menor filocrono em épocas mais quentes (MARTINS et al., 2007). Já para o Eucalipto, Martins et al. (2007) observaram valores de filocrono de 32,0 °C dia folha⁻¹ para *Eucalyptus grandis*, e de 30,7 °C dia folha⁻¹ para o *Eucalyptus saligna*. Assim, nesse experimento os resultados indicaram que as duas espécies necessitam de mesma energia térmica (°C dia) para emitir uma folha, e que para uma mesma temperatura do ar o *Eucalyptus saligna* apresentou maior desenvolvimento que o *Eucalyptus grandis*, na fase de muda, pois a Tb do *Eucalyptus saligna* foi de 8 °C e do *Eucalyptus grandis* foi de 10 °C, ocorrendo maior acúmulo de energia térmica para *Eucalyptus saligna*, considerando-se uma mesma temperatura do ar.

Para melhorar as estimativas sugere-se outros métodos de cálculo de soma térmica que consideram a temperatura ótima e a temperatura-base superior, esses poderiam contribuir com respostas diferentes e, provavelmente, mais satisfatórias para a estimativa do filocrono (ROSA et al., 2009), e, ou que levem em consideração ao fotoperíodo.

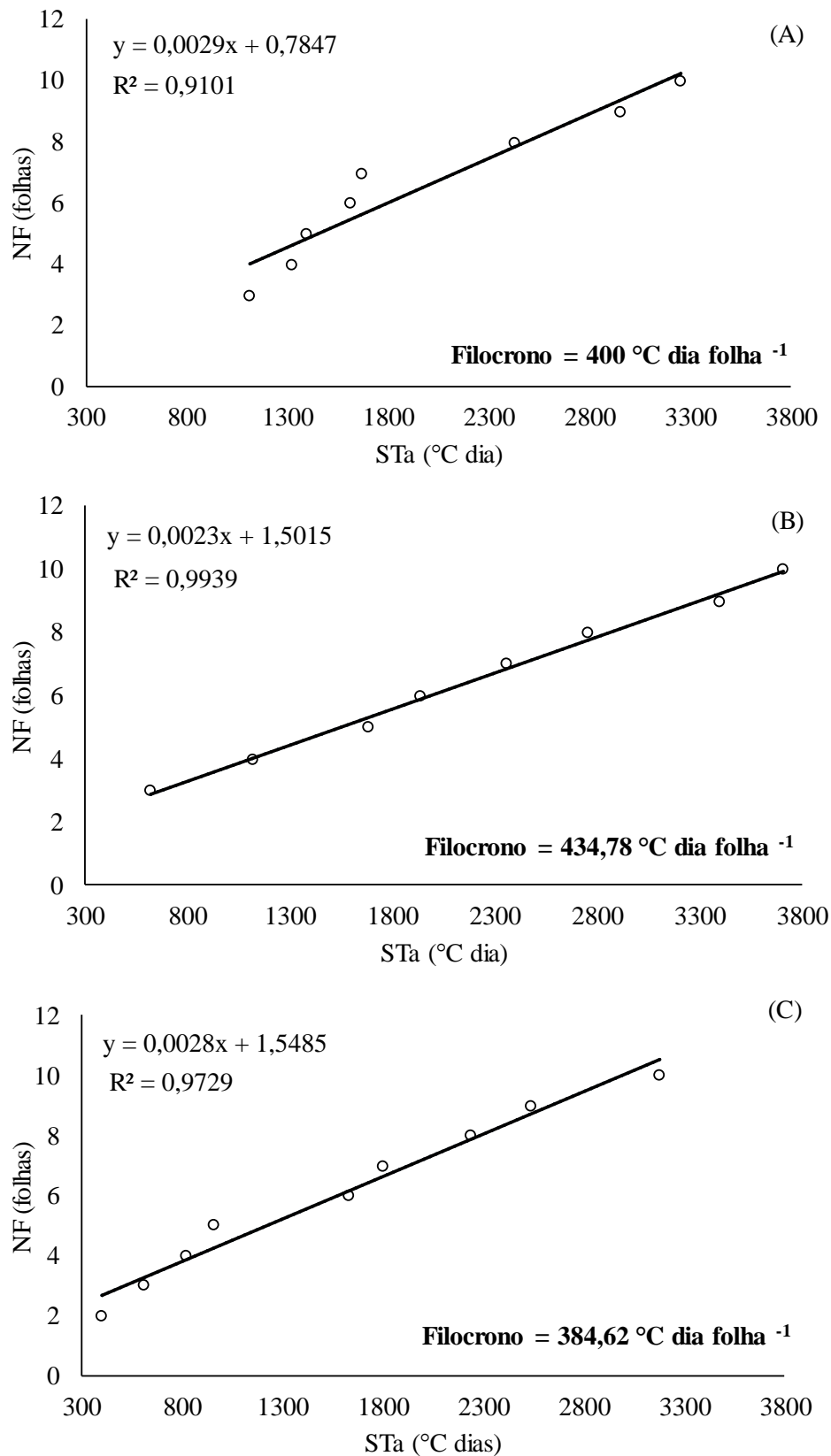


Figura 3 - Relação entre o Número de Folhas acumuladas (NF) e a Soma Térmica acumulada (STa) utilizada para estimativa do filocrono em erva-mate.

Figure 3 - Relationship between the accumulated Number of Leaves (NL) and accumulated Thermal Time (TT) used to estimate the phyllochron in mate herb.

Tabela 1 - Filocrono ($^{\circ}\text{C}$ dia folha $^{-1}$), em erva-mate, nas suas respectivas épocas de semeadura. Frederico Westphalen, 2016.
Table 1 - Phyllochron ($^{\circ}\text{C}$ day leaf $^{-1}$) in mate herb respective sowing seasons. Frederico Westphalen, 2016.

Época	Filocrono
1	394,62 a*
2	401,01 a
3	393,27 a
CV(%)	26,8

*Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%. CV = Coeficiente de Variação

Conclusões

A Temperatura base da erva-mate durante a emissão de folhas foi de 8,5 $^{\circ}\text{C}$. O filocrono dessa espécie variou de 393,27 $^{\circ}\text{C}$ dia folha $^{-1}$ a 401,01 $^{\circ}\text{C}$ dia folha $^{-1}$, os valores encontrados são altos quando comparados a outras espécies, uma vez que o desenvolvimento vegetativo da erva-mate é mais lento. Esses resultados representam importante contribuição em estudos da ecofisiologia e para o manejo das mudas dessa espécie florestal.

Agradecimentos

Ao Grupo de Pesquisa e Extensão em Agrometeorologia (GruPEA) pela ajuda na coleta dos dados do experimento em casa de vegetação.

Referências Bibliográficas

ARNOLD, C.Y. The determination and significance of the base temperature in linear heat unit system. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v.74, p.430-445, 1959.

BARLETTE, A. G. Avaliação química e biológica do extrato hidroetanólico de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St. Hil.). **Dissertação de Mestrado**. Porto Alegre: UFRGS, 2011.

BROWN, D. M. **Fall Workdays in Ontario**. Ontario Agricultural College Facsheet: Guelph, 1970. 6p.

BRUNINI, O.; LISBÃO, R.S.; BERNARDINI, J.B.; FORNASIER, J.B.; PEDRO Jr., M.J. Temperatura base para alface “White Boston”, em um sistema de unidades térmicas. **Bragantia**, v.35, p.214-219, 1976.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Florestais Brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo-PR: EMBRAPA/CNPQ, 1994.

CUQUEL, F. L. et al. Avaliação de métodos de estratificação para a quebra de dormência de sementes de erva-mate. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 3, p. 415-421, 1994.

DELLAI, J. et al. Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1269-1274, 2005.

KOEFENDER, J. et al. Estimativa do filocrono em calêndula. **Ciência Rural**, v.38, n.5, p.1246-1250, 2008.

LISBOA, P. M. M. et al. Desenvolvimento vegetativo de duas cultivares de oliveira na fase de muda. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p.1556-1562, 2012.

LUCAS, D. D. P. et al. Temperatura base para emissão de nós e plastocrono de plantas de melancia. **Revista Ciência Agrônômica**, v.43, n.2, p.288-292, 2012.



- MARTINS, F. B. et al. Estimativa da temperatura-base para emissão de folhas e do filocrono em duas espécies de Eucalipto na fase de muda. **Revista Árvore**, v.31, p.373-381, 2007.
- MARTINS, F. B.; REIS, D. F.; PINHEIRO, M.V.M. Temperatura base e filocrono em duas cultivares de oliveira. **Ciência Rural**, v.42, n.11, p.1975-1981, 2012.
- McMASTER, G.S.; WILHELM, W.W. Growing degree-days: one equation, two interpretations. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.87, n.4, p.291-300, 1997.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura - Diretoria de Terras e Colonização, 1961. 42p.
- PÉREZ-LÓPEZ, D. et al. Influence of temperature on the growth and development of olive (*Olea europaea* L.) trees. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 83, n.2, p.171-176, 2008.
- PIVETTA, C.R. et al. Emissão e expansão foliar em três genótipos de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Ciência Rural**, v.37, n.5, p.1274-1280, 2007.
- ROSA, H. T. et al. 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.
- SAIDELLES, F. L. F.; REINERT, D. J.; SALET, R. L. Crescimento inicial de mudas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) em três classes de solos, na região central do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 17-25, 2003.
- SANZ-CORTÉS, F. et al. Phenological growth stages of olive trees (*Olea europaea*). **Annals of Applied Biology**, v.140, n.2, p.151-157, 2002.
- SCHONS, A. et al. Emissão de folhas e início da acumulação de amido em raízes de uma variedade de mandioca em função da época de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.37, n.6, p.1586-1592, 2007.
- SINCLAIR, T.R. et al. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, v.88, p.171-178, 2004.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS/STAT procedure guide for personal computers**. 9.ed. Cary: 1999. 334 p.
- STRECK, N. A. et al. Estimating leaf appearance and phyllochron in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1448-1450, 2005.
- STRECK, N. A. et al. Estimating the phyllochron in lily (*Lilium longiflorum* Thumb.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.2, p.355-358, 2004.
- STRECK, N.A. A generalized nonlinear air temperature response function for node appearance in muskmelon (*Cucumis melo* L.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.10, p.105-111, 2002.
- STRECK, N.A.; TIBOLA, T.; LAGO, I.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B.; SCHNEIDER, F.M.; ZAGO, V. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, v.35, p.1275-1280, 2005.
- STRECK, N.A.; WEISS, A.; XUE, Q.; BAENZIGER, P.S. Improving predictions of developmental stages in winter wheat: a modified Wang and Engel model. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.115, p.139-150, 2003.
- STRECK, N.A.; et al. Temperatura base para aparecimento de folhas e filocrono da variedade

de milho BRS Missões. **Ciência Rural**, v. 39, p. 224-227, 2009

VUADEN, E. et al. Estimativa da biomassa comercial de brotos de *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 279-291, jul.-set., 2009.

XUE, Q. et al. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, v.175, n.3, p.261-270, 2004.

ZANON, A. **Produção de sementes de ervamate**. Curitiba: EMBRAPA, CNPF, 1988. 7p. (EMBRAPA/CNPAF. Circular Técnica, 16).