



Temperatura base e plastocrono de uma variedade de lúpulo

Igor Augusto Campos Barreto¹ e Felipe Gustavo Pilau^{1(*)}

¹Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Av. Pádua Dias, 11, CEP 13418-900 Piracicaba, SP.

E-mails igbarreto.ib@gmail.com e fgpilau@usp.br

(*) Autor para correspondência.

INFORMAÇÕES

História do artigo:

Recebido em 16 de agosto de 2022

Aceito em 5 de fevereiro de 2023

Termos para indexação:

Humulus lupulus L.

temperatura do ar
crescimento vegetal.

RESUMO

Diante da crescente expansão da área e produção de lúpulo no Brasil, o objetivo deste trabalho foi estimar a temperatura basal inferior (T_b) para o surgimento de nós, caracterizando o crescimento da cultura em uma região de clima tropical. A pesquisa foi realizada em uma área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba, SP. Para o experimento foram utilizadas sete plantas de lúpulo (var. *Cascade*), conduzidas em vasos sob sistema de treliça baixa. O monitoramento da emissão de nós se estendeu de 17/05/2021 a 20/07/2021. Temperatura do ar, radiação solar global e precipitação pluvial foram monitorados. A T_b foi determinada através dos métodos do desvio padrão em dias (SD_d) e do coeficiente de variação em graus-dia (CV_{gd}). Os valores de T_b obtidos pelos métodos de CV_{gd} e SD_d foram 5,2 °C e 5,8 °C, respectivamente. O tempo para a emissão sucessiva de nós (plastocrono) foi de 92 °C dia $nó^{-1}$ (SD_d) e 96 °C dia $nó^{-1}$ (CV_{gd}).

© 2023 SBAgro. Todos os direitos reservados.

Introdução

O *Humulus lupulus* L., conhecido como lúpulo comum, é uma das três espécies de *Humulus* da família Cannabaceae, a de maior importância econômica (Dodds, 2017; Korpelainen & Pietiläinen, 2021). Suas inflorescências femininas produzem a lupulina, um pó granuloso usado como matéria prima na indústria cervejeira, conferindo amargor e aroma típicos à bebida. Por isso é considerado ingrediente fundamental para a caracterização dos produtos cervejeiros modernos (Durello et al., 2019; Fagherazzi, 2020; Marceddu et al., 2020).

Mundialmente, a área de produção de lúpulo é de 62.110 hectares, localizada entre 35° e 55° de latitudes Norte e Sul, com produção concentrada em um período do ano bem definido, entre março e setembro, meses de primavera – início do outono no Hemisfério Norte (Biendl et al.,

2015; Bauerle, 2019). Os principais produtores são Estados Unidos e Alemanha, responsáveis por 75 a 80% da produção (Durello et al., 2019; Hop Growers of America, 2019).

No Brasil, apesar de ser o terceiro maior produtor mundial de cerveja, a produção de lúpulo ainda é muito incipiente (Guimarães et al., 2021). As pequenas áreas de produção estabelecidas no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, maior estado produtor, com destaque à região de Lages (clima subtropical), não atendem a demanda da indústria nacional. Dessa forma, o país necessita importar em média 4.000 toneladas de lúpulo por ano (De-Souza et al., 2021).

Entretanto, com o aumento do número de microcervejarias nacionais, a busca por produtos diferenciados tem incentivado a sua pesquisa e a produção comercial em novas regiões, especialmente nos estados de São Paulo (Almeida, 2020; Sousa, 2021; Neves, 2022) e do Rio de Janeiro (Fernandez et al., 2020; Aquino et al., 2022), mas também

em regiões como Brasília (DF) (Guimarães et al., 2021). Assim, o cultivo do lúpulo tem prosperado em áreas de baixa latitude, usando-se variedades adaptadas às condições de clima subtropical e tropical (Brewers Association, 2020; Acosta-Rangel et al., 2021; Agehara et al., 2021).

Frente às condições meteorológicas diferenciadas, o crescimento e desenvolvimento das variedades usadas de lúpulo apresentam distinções em relação ao observado nas áreas de produção tradicionais, em clima temperado. Taxas de crescimento diferenciadas, ocorrência de mais de um ciclo reprodutivo ao ano e ausência de dormência são algumas das alterações ecofisiológicas verificadas (Spósito et al., 2019; Acosta-Rangel et al., 2021; Jastrombek et al., 2022).

Para melhor compreender esses aspectos é fundamental que se analise a resposta da planta aos elementos meteorológicos, a fim de determinar os parâmetros agroclimáticos da cultura. Dentre tais, a temperatura do ar, por exercer acentuada influência sobre o crescimento e o desenvolvimento da planta, deve ser considerada. Nesse sentido é importante que sejam determinadas as temperaturas cardeais da cultura, também denominadas temperaturas basais (Muttoni et al., 2017; Ferreira et al. 2019; Silva et al., 2020).

De acordo com Kralj (1962) e Srećec et al. (2008), a soma térmica exigida pelo lúpulo entre o início da fase vegetativa à maturidade fenológica seria de 2400 a 2500 °C dia, definido para zonas de clima temperado, considerando a temperatura basal inferior (T_b) de 5 °C.

A soma térmica, correlacionada ao desenvolvimento vegetal, é usada para avaliar a resposta fisiológica das plantas às condições ambientais, relacionada a processos fisiológicos como o aumento da área foliar, absorção da radiação solar, fotossíntese, acúmulo de fitomassa e evapotranspiração (Sinclair et al., 2004; Streck et al., 2005; Dellai et al., 2005). Para a cultura do lúpulo, mesmo após extensa revisão de literatura, não se encontrou dados referentes ao plastocrono, ou seja, tempo térmico exigido para a emissão de nós e, conseqüentemente, aumento da área foliar.

Desta forma, diante da crescente expansão da área e

produção de lúpulo no Brasil, e da necessidade de conhecer melhor a ecofisiologia das plantas, o objetivo deste trabalho foi determinar a temperatura basal inferior (T_b) e o tempo térmico para a emissão de nós (plastocrono), caracterizando o desenvolvimento da cultura em uma região de clima tropical.

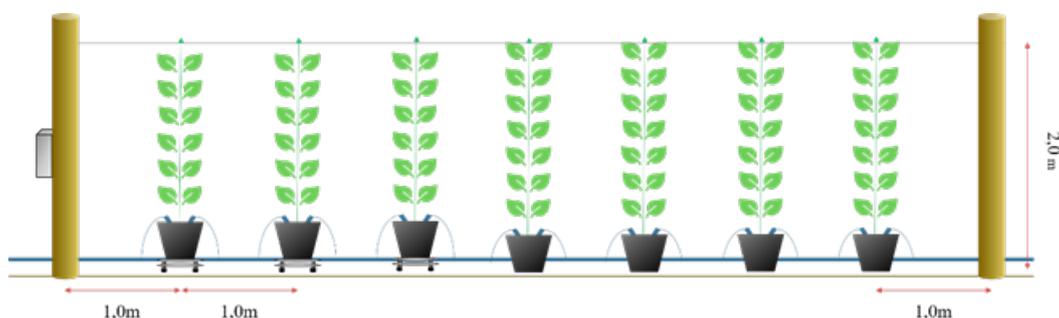
Material e métodos

O trabalho foi realizado em uma área experimental da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, denominada Fazenda Areão (22°41'38”S, 47°38'29” W; 550m), em Piracicaba, SP. O clima da região é o Cwa - tropical úmido (Köppen), com estação chuvosa entre outubro e março (primavera/verão) e estação seca nos meses de outono e o inverno (Alvares et al., 2014). A temperatura do ar média anual é de 22,3 °C, a precipitação pluvial média anual é de 1347,0 mm e a radiação solar global média é de 16,4 MJ m⁻²d⁻¹ (Grubert, 2018).

O experimento foi conduzido entre os meses de março e julho de 2021. Foram cultivadas e analisadas sete plantas de lúpulo da variedade *Cascade*, conduzidas em vasos plásticos com volume de 18 L. Os vasos foram preenchidos com cascalho na parte inferior (20% do volume, para facilitar a drenagem) e solo (80% do volume). O solo usado foi classificado como Nitossolo vermelho distrófico latossólico, formação Corumbatai, origem siltito (Embrapa, 2018; Lourenço, 2020). A adubação de plantio foi de 20g de NPK 4-30-10, mais 6,4% de Ca. As mudas de lúpulo, com 3 a 4 folhas, foram transplantadas aos vasos em 10/03/2021.

Após um período de aclimação de 30 dias, em 10/04/2021 iniciou-se o manejo de tutoramento. Foi adotado um sistema de condução por treliça baixa (Figura 1) (Kořen, 2007; Dodds, 2017). Para o tutoramento das plantas foi usado barbante de algodão de 3,0mm. Para a condução das plantas foram selecionados os três ramos mais vigorosos, tutorados verticalmente até o limite de 2 m de altura. Após atingir a máxima altura de condução vertical, os ramos passaram a ser conduzidos lateralmente, até o fim do período experimental.

Figura 1. Representação dos vasos com as plantas de lúpulo, e do sistema de condução por treliça baixa. Detalhe dos três primeiros vasos à esquerda, dispostos sobre lisímetros de pesagem.



A irrigação dos vasos, por sistema de gotejo, foi automatizada a partir do monitoramento do peso dos vasos sob os lisímetros (Figura 1). A irrigação era realizada sempre que o vaso atingisse o limiar de peso pré-estabelecido (peso de irrigação). O peso de irrigação foi obtido a partir do peso do vaso em condições de capacidade de campo, de 9,0 kg vaso⁻¹, do qual foi descontado o valor da lâmina da irrigação (LI) de 166,6 cm³, relativo à vazão do sistema de irrigação (2 L h⁻¹) com turno de rega de 5 min.

Para quantificar a emissão de nós, devido à irregularidade de forma do limbo e tamanho das lâminas foliares, foi definido como uma nova unidade quando o par de folhas apresentava o limbo foliar liso, sem rugosidade visível e com coloração verde escura. O monitoramento da emissão de nós se estendeu de 17/05/2021 à 20/07/2021. O monitoramento considerou os ramos principais e também as ramificações laterais.

Dados de temperatura mínima (Tmin, °C), média (Tmed, °C) e máxima (Tmáx, °C) do ar, radiação solar global (Qg, MJ m⁻² dia⁻¹) e chuva (P, mm) foram coletados na estação automática do Posto Meteorológico do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP, localizado a 2,07 km do local do experimento.

Para a determinação da temperatura basal inferior (Tb) do lúpulo foram utilizados os métodos do desvio padrão em dias (SD_d) (Arnold, 1959) e coeficiente de variação em graus-dia (CV_{gd}) (Yang et al., 1995).

Para o método do desvio padrão em dias (SDd) atribuiu-se a priori temperaturas basais inferiores, variando em escala unitária de 0 °C a 15 °C. Posteriormente, determinou-se o desvio padrão (SD_{gd}) em graus-dias para cada temperatura, considerando como temperatura basal inferior à de menor valor do desvio padrão em dias (SD_d), conforme a equação 1:

$$SD_d = \frac{SD_{gd}}{T_{ar} - T_{b_i}} \quad (1)$$

em que, T_{ar} é a temperatura média do ar de todo período (°C) e T_{b_i} a temperatura basal inferior escolhida a priori.

O método do coeficiente de variação em graus-dia (CV_{gd}) considera como valor de temperatura basal (Tb) aquele que apresenta o menor coeficiente de variação, resultante da divisão do desvio padrão em graus dia do período (SD_{gd}) pela média dos graus-dia acumulados (GD_a), considerando uma temperatura basal T_{b_i} dentro de uma faixa de valores de temperatura basal pré-determinados (equação 2):

$$CV_{gd} = \frac{SD_{gd}}{GD_a} \cdot 100 \quad (2)$$

onde CV_{gd} é o coeficiente de variação em graus-dia; SD_{gd} é o desvio padrão em graus-dia usando um valor de tem-

peratura basal T_{b_i} de uma série de temperaturas T_b, GD_a = média de graus-dia acumulados.

Para o método do coeficiente de variação em graus-dia (CV_{gd}) as temperaturas basais inferiores, atribuídas para análises, também variaram de 0 °C a 15 °C, com intervalos de 1 °C.

Estabelecidas as temperaturas basais para cada método, determinou-se o tempo térmico acumulado em graus-dia (GD_{ac}, °C dia) do período de emissão de nós (Arnold, 1959) (equação 3):

$$GD_{ac} = \sum_{i=1}^n (\bar{T}_{ar_i} - T_{b_i}) \quad (3)$$

onde \bar{T}_{ar_i} é a Temperatura média do ar do dia (°C) no período *i*, T_{b_i} é a temperatura basal inferior (°C) e *n* é o número referente ao período *i*.

O plastocrono (°C dia nó⁻¹) foi considerado como sendo o inverso do coeficiente angular da regressão linear entre o número de nós e/ou par de folhas (N_f) e tempo térmico acumulado em graus dia (GD_{ac}, °C dia) (Baker & Reddy, 2001; Streck et al., 2005; Paula & Streck, 2008):

$$N_f = \alpha \cdot GD_{ac} + \beta \quad (4)$$

$$\alpha = \frac{N_f}{GD_{ac} + \beta} \quad (5)$$

$$PlC = \frac{1}{\alpha} \quad (6)$$

Resultados e Discussão

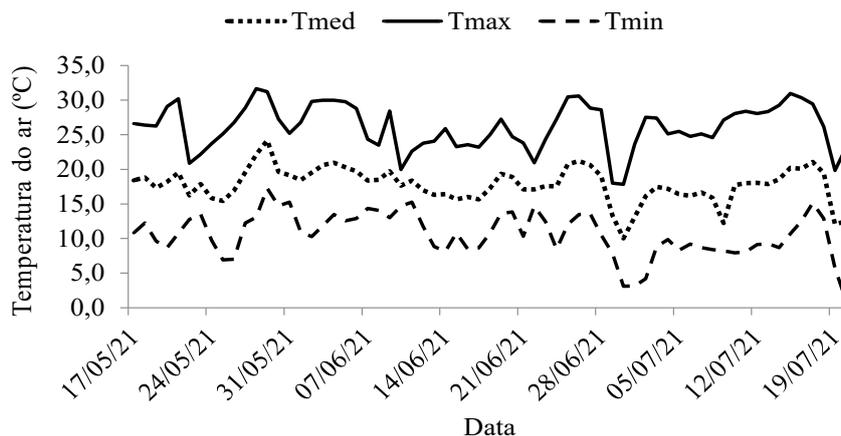
Durante o período de avaliação da emissão de nós/fo-lhas pelas plantas de lúpulo, a temperatura média do ar oscilou entre os 10,8 °C e 24,2 °C. A temperatura média de todo o período ficou em 17,4 °C. A temperatura máxima chegou aos 31,9 °C, no dia 28/05/2021, enquanto a temperatura mínima atingiu 1,0 °C em 20/07/2021 (Figura 2).

A temperatura média se manteve, na maior parte do período (Figura 2), pouco abaixo do limiar inferior de 20 °C, considerado ideal ao desenvolvimento vegetativo da cultura (Ammoriello, 2019; Spósito et al., 2019). A temperatura máxima em poucos momentos superou o limite de 30 °C, jamais superando os 35 °C.

Já em relação à temperatura mínima, o critério para que a planta entrasse em dormência não foi atingido, já que são necessários de 1 a 2 meses com temperaturas abaixo de 5 °C (Dodds, 2017).

Nesse período, a precipitação acumulada foi de 47,0 mm. Desse montante, 36% foram registrados no mês de maio, 49% em junho e 15% em julho de 2021 (Figura 3). Por conta do reduzido volume precipitado, a suplementação hídrica via irrigação foi frequente, somando 281,1 mm. A

Figura 2. Temperatura máxima, média e mínima do ar registradas durante o período de análise de emissão de nós do lúpulo.



radiação solar global incidente (Q_g) acumulada no período foi de $852 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ com uma média diária de $13,12 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$. Valores mínimo e máximo foram respectivamente de $3,3 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ e $16,7 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$.

A temperatura basal (T_b) estimada a partir dos métodos do desvio padrão em dias (SD_d) e do coeficiente de variação em graus-dia (CV_{gd}) foi, respectivamente, de $6,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ($SD_d = 1,158$) (Figura 4A) e de $5,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ($CV_{gd} = 18,936$) (Figura 4B), determinado para intervalos unitários, de 0 a $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Em uma segunda análise (Figura 5), testando valores de temperatura em escala decimal, pelo método do desvio padrão em dias (SD_d) a temperatura basal inferior (T_b) ficou em $5,8 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 5A) e pelo coeficiente de variação em graus-dia (CV_{gd}) a T_b determinada foi de $5,2 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 5B).

Embora tenham sido encontradas diferenças entre os valores de temperatura basal inferior (T_b) estimada pelos dois métodos (Figuras 4 e 5), os valores de T_b ficaram próximos daqueles descritos para as principais regiões de cultivo de lúpulo (Zmrzlak, 1991; Zmrzlak & Kajfež-Bogataj, 1996; Srećec et al., 2008; Rossini et al., 2016; Spósito et al.,

2019; Mackegard, 2021). As temperaturas basais estimadas por ambos os métodos também se encontram dentro da faixa de $4,4$ a $6,0 \text{ }^\circ\text{C}$ usada por Dodds (2017), como faixa de valores de temperatura em que o lúpulo entra em estado de dormência.

A diferença entre os resultados de T_b a partir dos métodos do SD_d e CV_{gd} , de $0,6 \text{ }^\circ\text{C}$ (Figura 4), se assemelha ao observado para valores de T_b para café arábica (Lima & Silva, 2008). Entretanto, os autores obtiveram o maior valor de T_b pelo método do coeficiente de variação ($CV_{gd} = 15,4 \text{ }^\circ\text{C}$; $SD_d = 14,8 \text{ }^\circ\text{C}$). Segundo Schmidt et al., (2018), a baixa variabilidade da T_b determinada por diferentes métodos demonstra que os mesmos são viáveis para a determinação da T_b das culturas.

A partir dos resultados foi definida a relação entre o tempo para emissão de um nó e a temperatura média do ar (Figura 6). Durante o período de avaliações das sete plantas de lúpulo foram contabilizados 244 nós emitidos. Considerando a temperatura como um dos principais determinantes ambientais da taxa de emissão de folhas

Figura 3. Precipitação, irrigação e radiação solar global durante o período de análise de emissão de nós do lúpulo.

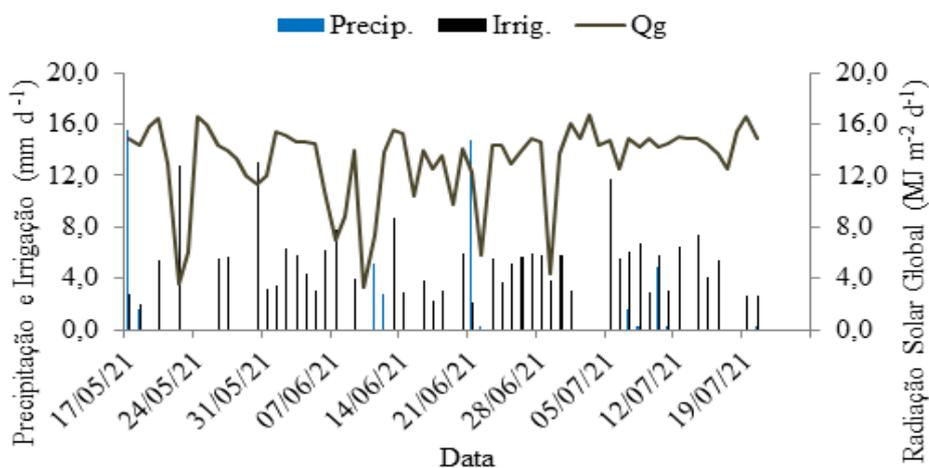


Figura 4. Determinação da temperatura basal inferior (T_b , °C) pelos métodos do desvio padrão em dias (A) e coeficiente de variação em graus dias (B). O ponto em vermelho identifica o valor da T_b .

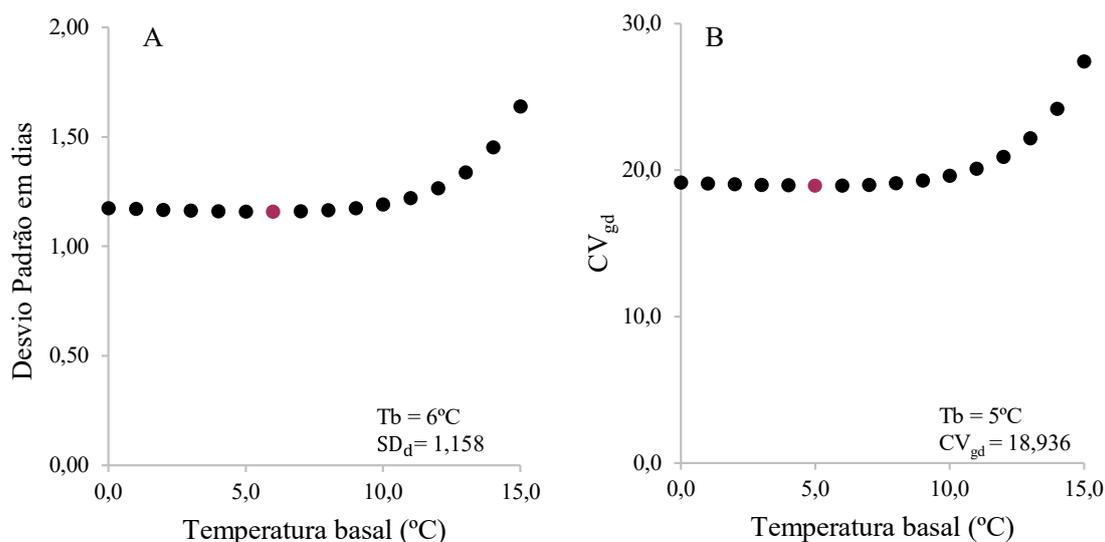
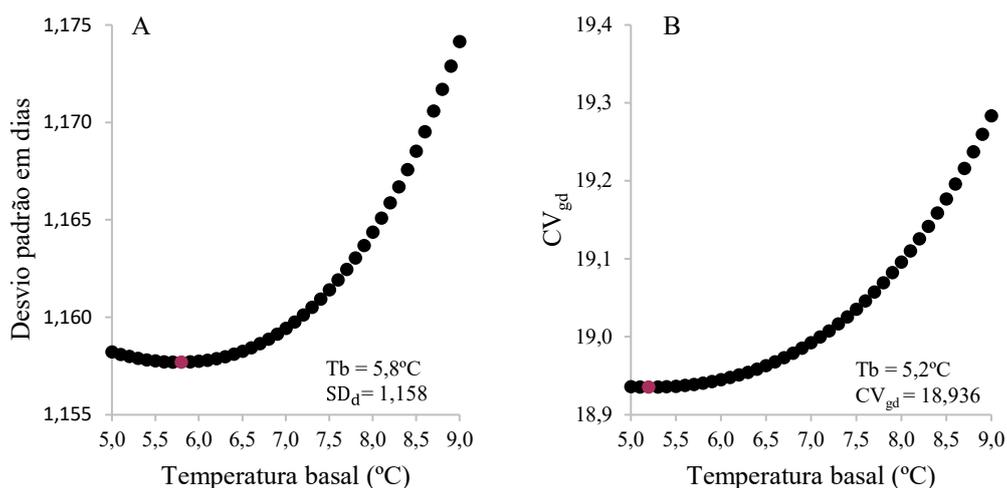


Figura 5. Determinação da temperatura basal inferior (T_b , °C), pelos métodos do desvio padrão em dias (A) e coeficiente de variação em graus-dia (B). O ponto em vermelho identifica o valor da T_b .



(Ritchie, 1993), para a faixa de temperatura média entre $16,8^\circ\text{C}$ e $24,5^\circ\text{C}$ houve correlação negativa entre o tempo de emissão de um par de folhas (nó) e a temperatura do ar (Figura 6). Conforme equação ajustada, o tempo cronológico, com aumento da temperatura do ar, foi reduzido de 7,9 a 4,4 dias.

Eriksen et al. (2020), para a cv. *Cascade*, mostram aumento da assimilação de carbono (A) com aumento da temperatura, a partir de 15°C . A máxima assimilação, próxima a $20\text{ micromol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{ s}^{-1}$ foi medida com temperatura de 27°C , com pouco decréscimo até os 39°C . Apenas temperaturas inferiores a 15°C ou acima dos 45°C causaram redução em 'A' na cv. *Cascade*. Essa característica ecofisiológica esclarece a correlação observada (Figura 6).

Embora haja uma relação entre o tempo cronológico da emissão de nós e a temperatura do ar, é desejável analisar

o tempo de emissão de nós de uma cultura em função da temperatura, expresso pelo plastocrono (Xue et al., 2004; Streck et al., 2005). A Figura 7 apresenta essa relação, considerando a emissão das sete plantas de lúpulo avaliadas, adotando como temperaturas basais os valores obtidos pelos dois métodos $5,2^\circ\text{C}$ (CV_{gd}) e $5,8^\circ\text{C}$ (SD_d).

Os valores de plastocrono obtidos através das temperaturas basais do método do SD_d e CV_{gd} foram, respectivamente, $92^\circ\text{C dia nó}^{-1}$ e $96^\circ\text{C dia nó}^{-1}$. Os elevados valores do coeficiente de determinação, R^2 , de 0,99, expressam uma garantia de que a estimativa do plastocrono por estes métodos é adequada (Paula & Streck, 2008).

Figura 6. Correlação entre o tempo para a emissão de nós (dias) e a temperatura média do ar (°C).

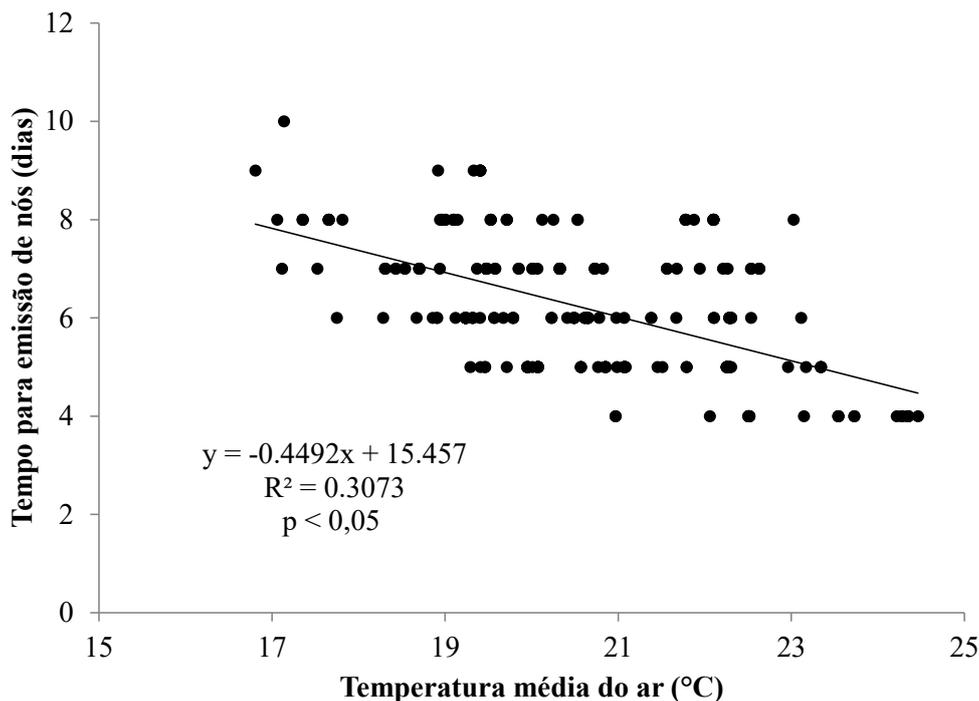
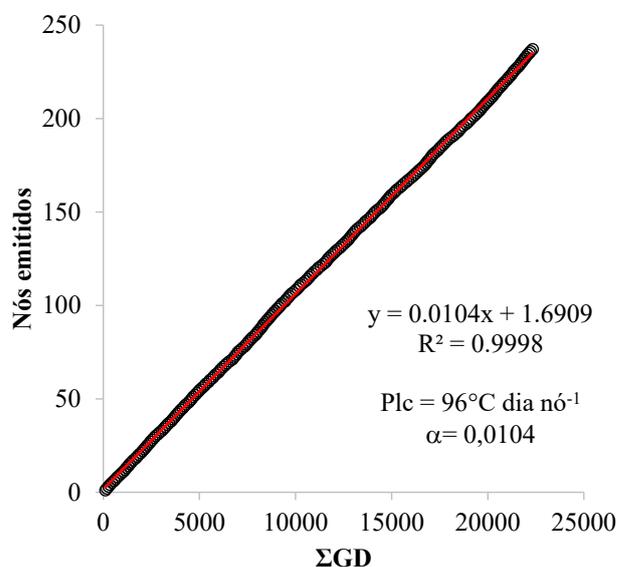
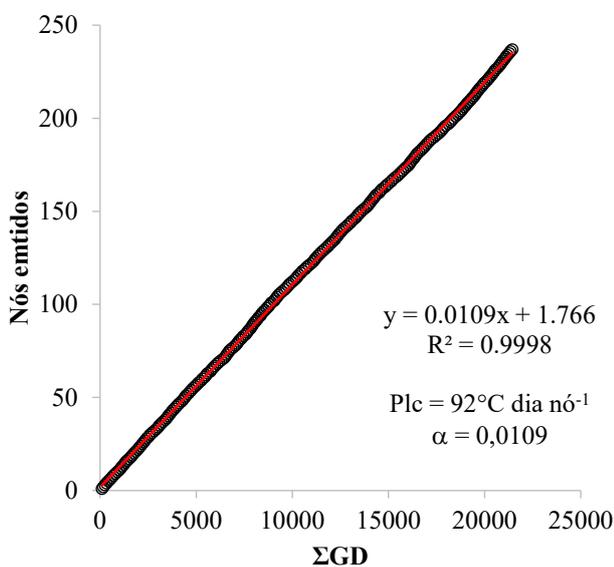


Figura 7. Relação entre o número de nós emitidos e os graus-dia acumulados (GD, °C dia) utilizando a temperatura basal determinada pelo método do desvio padrão em dias (A) e o método do coeficiente de variação em graus dia (B).



Conclusão

A temperatura basal inferior (T_b) determinada pelo método SD_d foi de 5,2 °C e pelo método e CV_{gd} foi de 5,8 °C. O plastocrono do lúpulo, variedade *Cascade*, foi de 92 °C dia nó⁻¹ (T_b de 5,2°C) e/ou 96 °C dia nó⁻¹ se a T_b usada for de 5,8 °C.

Contribuição dos autores

F.G. PILAU concepção e orientação do projeto. I.A.C. BARRETO condução do experimento e coleta dos dados. F.G. PILAU e I.A.C. BARRETO foram responsáveis pela realização das análises de dados, análises estatísticas, redação e revisão do manuscrito.

Referências

- ACOSTA-RANGEL, A.; REHCIGL, J.; BOLLIN, S.; DENG, Z.; AGEHARA, S. Hop (*Humulus lupulus* L.) phenology, growth, and yield under subtropical climatic conditions: Effects of cultivars and crop management. **Australian Journal of Crop Science**, v. 15, n. 5, p. 764-772, 2021. DOI: 10.21475/ajcs.21.15.05.p3192.
- AGEHARA, S.; GALLARDO, M.; ACOSTA-RANGEL, A.; DENG, Z.; REHCIGL, J.; LUO, T.; QIU, Q. Crop Management Practices and Labor Inputs for Hop Production in Florida: HS1409, 3/2021. **EDIS**, v. 2021, n. 2, 2021. DOI: 10.32473/edis-hs1409-2021.
- ALMEIDA, J. M. **Análise do óleo essencial de variedades de lúpulo (*Humulus lupulus* L.) cultivadas no Brasil por cromatografia gasosa uni e bidimensional**. 2020. 67 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n.6, p. 711-728, 2014. DOI 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- AMORIELLO, T. Multi-criteria approach for land suitability assessment of hop cultivation in Italy. **International Journal of Agriculture and Environmental Research**, v.5, n.2, p.277-286, 2019.
- AQUINO, A. M. de; TEIXEIRA, A. J.; FONSECA, M. J. de O.; ASSIS, R. L. de; OZASSA, T. I. **Produção de lúpulo na Região Serrana Fluminense: manual de boas práticas**. Nova Friburgo, RJ: Associação Comercial, Industrial e Agrícola de Nova Friburgo - ACIANF, 2022. 140 p.
- ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.74, p.430-445, 1959.
- BAKER, J. T.; REDDY, V. R. Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. **Annals of Botany**, v. 87, p.605-613, 2001. DOI:10.1006/anbo.2001.1381.
- BAUERLE, W. L. Disentangling photoperiod from hop vernalization and dormancy for global production and speed breeding. **Scientific Reports**, v.9, 16003, 019. DOI: 10.1038/s41598-019-52548-0.
- BIENDL, M.; ENGELHARD, B.; FORSTER, A.; GAHR, A.; LUTZ, A.; MITTER, W.; SCHMIDT, R.; SCHÖNBERGER, C. **Hops: their cultivation, composition and usage**. Fachverlag Hans Carl, 2015.
- BREWERS ASSOCIATION. **National beer sales and production data**, 2020. Disponível em: <https://www.brewersassociation.org/statistics-anddata/national-beer-stats/>. Acesso em: 1 jun. 2022.
- DELLAI, J.; TRENTIN, G.; BISOGNIN, D. A.; STRECK, N. A. Filocrono em diferentes densidades de plantas de batata. **Ciência Rural**, v. 35, n.6, p. 1269-1274, 2005. DOI: 10.1590/S0103-84782005000600007.
- DE-SOUZA, R.; ADAMS, C. R.; DE-MELO, R. C.; GUIDOLIN, A. F.; MICHEL, A.; COIMBRA, J. L. M. Growth regulators and their reflection on different hop genotypes cultivated under in vitro conditions. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, e242596, 2022. DOI: 10.1590/1519-6984.242596.
- DODDS, K. **Hops: a guide for new growers**. Development Officer Temperate Fruits, NSW DPI, Tumut, 2017.
- DURELLO, R. S.; SILVA, L. M.; BOGUSZ JR. S. Química do lúpulo. **Química Nova**, v.42, n.8, p. 900-919, 2019. DOI: 10.21577/0100-4042.20170412.
- EMBRAPA - Solos. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 5ª ed., Brasília: EMBRAPA Solos, 356p, 2018.
- ERIKSEN, R. L.; RUTTO, L. K.; DOMBROWSKI, J. E.; HENNING, J. A. Photosynthetic activity of six hop (*Humulus lupulus* L.) cultivars under different temperature treatments. **HortScience**, v. 55, n. 4, p. 403-409, 2020. DOI: 10.21273/HORTSCI14580-19.
- FAGHERAZZI, M. M. **Adaptabilidade de Cultivares de Lúpulo na Região do Planalto Sul Catarinense**. 2020. 116p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Santa Catarina, Lages, Brasil.
- FERNANDEZ, P. S. de C. **Ácaros e insetos associados a diferentes variedades de lúpulo em quatro municípios do Estado do Rio de Janeiro**. 2020.117 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Agricultura Orgânica) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.
- FERREIRA, M. DE C.; MARTINS, F. B.; FLORÊNCIO, G. W. L.; SILVA, J. P. G. C.; PASIN, L. A. A. P. Cardinal temperatures and thermal requirements for the initial development of two Brazilian native species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e00525, 2019. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab2019.v54.00525.
- GRUBERT, D. A. da V.. **Consortiação de cana-de-açúcar e canola: desempenho agrônômico e bases para simulação**. 2018. 87p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GUIMARÃES, B. P.; EVARISTO, R. B. W.; GHESTI, G. F. Prospecção Tecnológica do Lúpulo (*Humulus lupulus* L.) e suas Aplicações com Ênfase no Mercado Cervejeiro Brasileiro. **Cadernos de Prospecção**, v. 14, n. 3, p. 858-858, 2021. DOI: <https://doi.org/10.9771/cp.v14i3.33059>.
- HOP GROWERS of AMERICA. **Overview of the hop industry**. 2019. Disponível em: <https://www.usahops.org/enthusiasts/> Acesso em: 21 mai. 2022.
- JASTROMBEK, J. M.; FAGUERAZZI, M. M.; PIEREZAN, H. DE C.; RUFATO, L.; SATO, A. J.; RICCE, W. DA S.; MARQUES, V. V.; LELES, N. R.; ROBERTO, S. R. Hop: An Emerging Crop in Subtropical Areas in Brazil. **Horticulturae**, v. 8, n. 5, p. 393, 2022. DOI: 10.3390/horticulturae8050393.
- KOŘEN, J. Influence of plantation row spacing on quality and yield of hops. **Plant, Soil and Environment**, v.53, n.6, p.276-282, 2007. DOI: 10.17221/2219-PSE.
- KORPELAINEN, H.; PIETILÄINEN, M. Hop (*Humulus lupulus* L.): Traditional and present use, and future potential. **Economic Botany**, v.75, p.302-322, 2021. DOI: 10.1007/s12231-021-09528-1.
- KRALJ D. **Influence of temperature and rainfall on the growth of Savinja Golding**. Proceedings of I Yugoslavian symposium of hop production, Velenje, Slovenia; p.7-20. 1962.
- LIMA, E. P.; SILVA, E. L. DA. Temperatura base, coeficientes de cultura e graus-dia para cafeeiro arábica em fase de implantação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n.3, p. 266-273, 2008. DOI: 10.1590/S1415-43662008000300007.
- LOURENÇO, L. F. **O efeito da deficiência hídrica em plantas de soja**. 2020. 84p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MACKEGARD, I. **A hopeful study of hop – agronomic performance historically cultivated hop varieties grown in Uppsala**. Swedish University of Agricultural Sciences, SLU Faculty/Department: Soil and Environment Agricultural science – soil/plants. 2021.
- MARCEDDU, R.; CARRUBBA, A.; SARNO, M. Cultivation trials of hop (*Humulus lupulus* L.) in semi-arid environments. **Heliyon** v.6, n.10, e05114, 2020. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05114.
- MUTTONI, M.; ALBERTO, C. M.; BARTZ, A. C.; UHLMAN, L. O.; TARTAGLIA, V. DE L.; STRECK, N. A. Cardinal temperatures for planting-emergence phase in gladiolus. **Ciência Rural**, v.47, n.10, e20160824, 2017. DOI: 10.1590/0103-8478cr20160824.
- NEVES, C. S. **Desempenho ecofisiológico e produtivo de variedades de lúpulo cultivadas em Botucatu, São Paulo, Brasil**. 2022. 62 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.
- PAULA, G. M. DE; STRECK, N. A. Temperatura base para emissão de folhas e nós, filocrono e plastocrono das plantas daninhas papua e coriola. **Ciência Rural**, v.38, n.9, p. 2457-2463, 2008. DOI: 10.1590/S0103-84782008005000032.
- RITCHIE, J. T. Genetic specific data for crop modeling. In: Penning de Vries FWT, Teng PS, Metselaar K, eds. **Systems approaches for agricultural development**. Dordrecht, Netherlands: Kluwer, 77-93, 1993.
- ROSSINI, F.; LORETI, P.; PROVENZANO, M. E.; SANTIS, D. DE; RUGGERI, R. Agronomic performance and beer quality assessment of twenty hop cultivars grown in Central Italy. **Italian Journal of Agronomy**, v.11, n.3, p.180-187, 2016. DOI: 10.4081/ija.2016.746.
- SCHMIDT, D.; CARON, B. O.; VALERA, O.; MEIRA, D.; FONTANA, D. C.; ZANATTA, T. P.; WERNER, C. J.; BREZOLIN, P. Base temperature, thermal time and phyllochron of escarole cultivation. **Horticultura Brasileira**, v. 36, n.4, p.466-472, 2018. DOI: 10.1590/S0102-053620180407.

SILVA, L. V. DA; REIS, F. Y. DA S.; MARTINS, F. B.; CASSEMIRO, J. M. Desenvolvimento vegetativo de *Cesalpinia ferrea* e *Anadenanthera macrocarpa*: I-Estimativa das temperaturas cardinais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.35, n.1, p.23-33, 2020. DOI: 10.1590/0102-7786351006.

SINCLAIR, T. R.; GILBERT, R. A.; PERDOMO, R. E.; SHINE JR., J. M.; POWELL, G. MONTES, G. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. **Field Crops Research**, v.88, n. 2-3, p. 171-178, 2004. DOI: 10.1016/j.fcr.2003.12.005.

SOUSA, F. G. G. de. **Determinação da evapotranspiração da cultura e coeficiente de cultivo do lúpulo em diferentes texturas de solo**. 2021. 103p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias, Botucatu.

SPÓSITO, M. B.; ISMAEL R. V.; BARBOSA, C. M. DE A.; TAGLIAFERRO, A. L. A cultura do lúpulo. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca, 2019 81p. : il. (Série Produtor Rural, no. 68).

SREČEC, S.; KVATERNJAK, I.; KAUČIČ, D.; ŠPOLJAR, A.; ERHATIČ, R. Influence of climatic conditions on accumulation of α -acids in hop clones. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v.73, n.3, p.161-166, 2008.

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, n.6, p.1275-1280, 2005. DOI: 10.1590/S0103-84782005000600008.

XUE, Q.; WEISS, A.; BAENZIGER, P. S. Predicting leaf appearance in field-grown winter wheat: evaluating linear and non-linear models. **Ecological Modelling**, v.175, n.3, p.261-270, 2004. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2003.10.018.

YANG, S.; LOGAN, J.; COFFEY, D. L. Mathematical formulae for calculating the base temperature for growing degree days. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.74, n.1-2, p.61-74, 1995. DOI: 10.1016/0168-1923(94)02185-M.

ZMRZLAK M., KAJFEŽ-BOGATAJ L. Phenological modeling of growth stages of the hop (*Humulus lupulus* L.). **Biometeorology**, Proc. of the 14th Int. Con. of Biometeorology, Ljubljana, Slovenia, 1996.

ZMRZLAK, M. **Dynamics of phenological development of hops (cv. Savinjski Golding, Aurora) related to air temperature in lower Savinja valley**. Graduation Thesis. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Agronomija: p. 11-59. 1991.

REFERENCIAÇÃO

BARRETO, I.A.C.; PILAU, F. G. Temperatura base e plastocrono de uma variedade de lúpulo. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.31, e027116, 2023.



Basal temperature and plastochron of a hop variety

Igor Augusto Campos Barreto¹ and Felipe Gustavo Pilau^{1(*)}

¹Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Av. Pádua Dias, 11, CEP 13418-900 Piracicaba, SP.

E-mails igbarreto.ib@gmail.com and fgpilau@usp.br

(*)Corresponding author.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 16 August 2022

Accepted 5 February 2023

Index terms:

Humulus lupulus L

air temperature

plant growth

ABSTRACT

In view of the increasing area expansion and hop production in Brazil, the objective of this study was to estimate the basal temperature (T_b) for node appearance, characterizing hop growth in a tropical climate region. It was carried out in an experimental field of the Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, in Piracicaba, SP, Brazil. Seven hop plants (var. Cascade) were grown in pots under a low trellis system. Node appearance was measuring from 05/17/2021 to 07/20/2021. Air temperature, global solar radiation and rainfall data were also measured. To determine the basal temperature, the following methods were used: standard deviation in days (SD_d) and coefficient of variation in degree-day (CV_{gd}). The basal temperature (T_b) was 5.2 °C (SD_d) and 5.8 °C (CV_{gd}). Thermal time between successive nodes appearance (plastochron) was 92°C day node⁻¹ (SD_d) and 96 °C day node⁻¹ (CV_{gd}).

© 2023 SBAgro. Todos os direitos reservados.

CITATION

BARRETO, I.A.C.; PILAU, F. G. Temperatura base e plastocrono de uma variedade de lúpulo. *Agrometeoros*, Passo Fundo, v.31, e027116, 2023.