

## ADAPTAÇÃO DE UMA ESCALA FENOLÓGICA PARA DESCREVER O DESENVOLVIMENTO VEGETATIVO DA ESPÉCIE FLORESTAL NATIVA *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz

Gabriela Taynara da Silva Ribeiro<sup>1</sup> (IC), Fabrina Bolzan Martins (PQ)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Itajubá, IRN, Itajubá-MG.

**Palavras-chave:** BBCH. Desenvolvimento vegetativo. Espécies Florestais. Soma Térmica.

### Introdução

O estudo dos eventos periódicos das plantas e sua interação com o ambiente é denominado fenologia. Portanto, a fenologia baseia-se no monitoramento do desenvolvimento das plantas, realizado à campo, através da caracterização e duração dos estágios de desenvolvimento (De MARCO *et al.*, 2021). Logo, o estudo da fenologia é fundamental para conhecer as necessidades térmicas das plantas, assim como planejar a aplicação de práticas culturais mais sustentáveis no campo.

Muitos são os esforços feitos para observar e documentar os fenômenos fenológicos das plantas, utilizando-se escalas fenológicas, em especial a escala BBCH (Biologische Bundesantalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie). A escala BBCH é um sistema com código decimal uniforme aplicado para descrever cada fase fenológica de espécies de plantas monocotiledôneas e dicotiledôneas (CARDOSO *et al.*, 2021; JACINTO *et al.*, 2022), o que possibilita a padronização dos estudos fenológicos.

Apesar de usual, a aplicação da escala BBCH é realizada majoritariamente para a descrição das fases de culturas agrícolas e ornamentais, como: pepino (HERRAIZ *et al.*, 2015), avelã (TAGHAVI; RAHEMI; SUAREZ, 2022); sapoti (KISHORE; MAHANTI, 2016), quinoa (SOSA-ZUNIGA *et al.*, 2017), manga (DELGADO *et al.*, 2011), feijão comum (CAVALCANTE *et al.*, 2020), gladiolo (SCHWAB *et al.*, 2015), sendo escassos em espécies florestais, principalmente nativas.

As fases fenológicas (e a duração) são dependentes da temperatura do ar e das temperaturas cardinais, que são dependentes de cada espécie (CAVALCANTE *et al.*, 2020; FAGUNDES *et al.*, 2021). Ou seja, cada fase fenológica é atingida após o acúmulo de energia, denominado soma térmica (ST, °Cdia<sup>-1</sup>). Dessa forma, a aplicação da escala BBCH associada com a ST informa de forma correta a necessidade energética da espécie em cada fase e/ou estágio

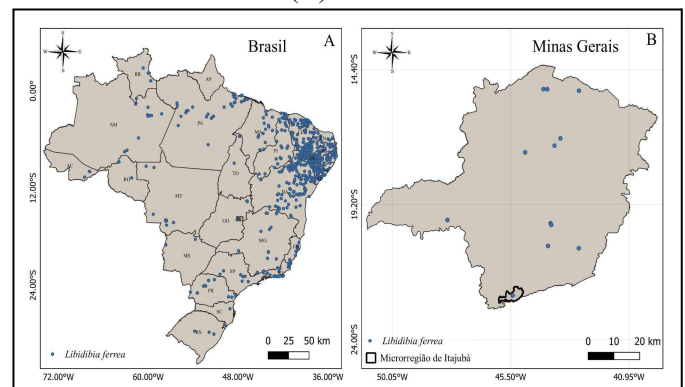
fenológico. Tal associação é um parâmetro relevante no processo de otimização e redução de riscos climáticos, uma vez que o conhecimento das exigências térmicas de uma espécie em cada estágio fenológico contribui para a previsão da duração do ciclo e redução dos riscos climáticos. (BARBANO *et al.* 2001; CAVALCANTE *et al.*, 2020)

Nesse contexto, a descrição da escala fenológica e a necessidade térmica para o desenvolvimento inicial da espécie florestal *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz, tendo como base a escala BBCH, é relevante para a otimização das práticas de manejo, apresentando usos múltiplos.

### Metodologia

Os dados utilizados referem-se as datas de início e fim de cada estágio fenológico (Tabela 1) coletados de um experimento conduzido na área experimental da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) (22°24'46,4"S; 45°26'48,94"W; 850 m de altitude), em Itajubá, no estado de Minas Gerais, durante os anos de 2017 e 2018. Dentre as inúmeras espécies florestais existentes destaca-se a espécie *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz, com alta distribuição espacial no Brasil (Figura 1).

Figura 1 – Distribuição geográfica da espécie *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz no Brasil (A) e no estado de Minas Gerais (B).



As sementes foram coletadas em quatro períodos distintos de dispersão ao longo de 2016 e 2017, em Itajubá (MG). Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, organizado em esquema fatorial (1x12) e cultivado em vasos de 11L, em doze datas de semeadura (DS) (Tabela 1) instaladas em intervalos de aproximadamente 30 dias em cinco repetições, totalizando 60 unidades experimentais (UE). As diferentes DS foram instaladas para que as plantas se desenvolvessem em diferentes condições meteorológicas, especialmente temperatura do ar.

Tabela 1 – Data de semeadura, emergência e término do desenvolvimento inicial da espécie *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz. Itajubá 2017/2018.

<i>Libidibia ferrea</i>		
Data de semeadura (dia/mês/ano)	Data de emergência <sup>1</sup> (dia/mês/ano)	Data do fim da fase de muda <sup>2</sup> (dia/mês/ano)
20/01/2017	27/01/2017	02/06/2017
20/02/2017	03/03/2017	18/08/2017
20/03/2017	31/03/2017	17/11/2017
20/04/2017	28/04/2017	20/10/2017
19/05/2017	02/06/2017	03/11/2017
20/06/2017	07/07/2017	15/12/2017
20/07/2017	04/08/2017	01/12/2017
29/08/2017	01/09/2017	29/12/2017
20/09/2017	06/10/2017	23/03/2018
20/10/2017	03/11/2017	19/01/2018
20/11/2017	01/12/2017	23/02/2018
20/12/2017	29/12/2017	30/03/2018

<sup>1</sup>A emergência foi considerada quando 36% das sementes estavam germinadas e visíveis acima do solo. <sup>2</sup>O término do desenvolvimento inicial foi considerado quando *Libidibia ferrea* atingiu 20 folhas.

Os estágios de desenvolvimento inicial da espécie foram quantificados pelo número de folhas acumuladas na haste principal (NFa) durante a fase de

muda (FM). A FM para o *L. ferrea* foi definida pela contabilização do NFa desde a emergência até, em média, 20 NFa.

Os dados, referentes às variáveis: temperatura média, mínima e máxima, precipitação e radiação, foram obtidos por meio de uma estação meteorológica automática localizada próxima as UE. Essa etapa foi significativa para o prosseguimento do estudo, uma vez que tais valores foram empregados nos cálculos da STd.

Com base na escala BBCH adaptada por Cavalcante *et al.*, (2020), foi desenvolvido um código de dois a três dígitos para classificar os estágios de desenvolvimento inicial da *L. ferrea* com base no NFa (Tabela 2).

Tabela 2 – Adaptação da escala fenológica BBCH para os estágios de desenvolvimento inicial da espécie *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz.

Código Adaptado	Descrição
00 - 09/10	Emergência
11	Primeira folha visível
12	Segunda folha visível
13	Terceira folha visível
14	Quarta folha visível
15	Quinta folha visível
16	Sexta folha visível
17	Sétima folha visível
18	Oitava folha visível
19	Nona folha visível
110	Décima folha visível
111	Décima primeira folha visível
112	Décima segunda folha visível
113	Décima terceira folha visível
114	Décima quarta folha visível
115	Décima quinta folha visível
116	Décima sexta folha visível
117	Décima sétima folha visível
118	Décima oitava folha visível
119	Décima nona folha visível
120	Vigésima folha visível

Nota: Adaptado de Cavalcante *et al.* (2020). \* Códigos aplicados à espécie *L. ferrea*.

Para o cálculo da STd foi utilizado o método que considera a temperatura média do ar e as

temperaturas cardinais (STRECK *et al.*, 2011; FAGUNDES *et al.*, 2021):

$$STd = T_{med} - T_b \cdot 1 \text{ dia} \therefore \text{Quando } T_b < T_{med} \leq T_{ot}$$

e se:  $T_{med} < T_b$  então:  $T_{med} = T_b$  (1)

$$STd = (T_{ot} - T_b) \cdot \frac{(T_b - T_{med})}{(T_b - T_{ot})} \cdot 1 \text{ dia} \therefore \text{Quando } T_{ot} < T_{med} \leq T_b$$

e se:  $T_{med} > T_b$  então:  $T_{med} = T_b$  (2)

Em que:  $T_{med}$  = temperatura média diária do ar (°C), dada pelas leituras horárias da temperatura do ar da estação meteorológica automática,  $T_b$  = temperatura basal inferior,  $T_{ot}$  = temperatura ótima e  $T_b$  = temperatura basal superior. As temperaturas cardinais da *L. ferrea* foram:  $T_b = 12,8^\circ\text{C}$ ,  $T_{ot} = 20,7^\circ\text{C}$  e  $T_b = 46,3^\circ\text{C}$  (SILVA, *et al.*, 2020).

A partir da  $STd$  foram calculadas a soma térmica acumulada ( $STac$ , °C dia<sup>-1</sup>), para cada estágio fenológico em cada DS:

$$STac = \sum_i^n Std \quad (3)$$

Os valores de  $STac$  foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk ( $\alpha=0,05$ ) e posterior análise de variância (ANOVA), seguido da comparação de médias pelo teste Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Todos os testes foram realizados no software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2019).

## Resultados e discussão

Os estágios de desenvolvimento inicial da *L. ferrea*, considerando a escala BBCH, e a  $STac$  ao longo das doze datas de semeadura, podem ser visualizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Comparação de médias para a variável soma térmica acumulada ( $Stac$ ) considerando cada estágio da escala BBCH adaptada para a espécie *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz.

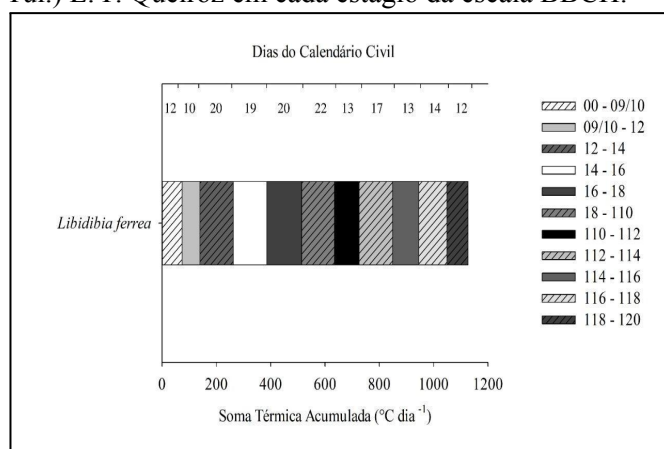
<i>Libidibia ferrea</i>		
Código	Estágio	$STac$ (°C dia <sup>-1</sup> )
00 - 09/10	Semeadura - Emergência	73,7 a
09/10 - 12	Emergência - 2° folha visível	66,0 a
12 - 14	2° folha visível - 4° folha visível	122,6 a
14 - 16	4° folha visível - 6° folha visível	123,7 a
16 - 18	6° folha visível - 8° folha visível	127,8 a

18 - 110	8° folha visível - 10° folha visível	121,0 a
110 - 112	10° folha visível - 12° folha visível	90,9 a
112 - 114	12° folha visível - 14° folha visível	123,4 a
114 - 116	14° folha visível - 16° folha visível	96,8 a
116 - 118	16° folha visível - 18° folha visível	102,7 a
118 - 120	18° folha visível - 20° folha visível	78,4 a

\* Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

De maneira geral, não houve diferença significativa entre o acúmulo de energia, dado pela  $STac$ , para a espécie atingir todos os estágios de desenvolvimento inicial. Apesar da amplitude de  $66,0^\circ\text{C dia}^{-1}$  a  $127,8^\circ\text{C dia}^{-1}$  entre os estágios, em média, a *L. ferrea*, necessita acumular  $56,9^\circ\text{C dia}$  (SILVA, *et al.*, 2020). Houve variação na emissão de folhas entre as UE de um mesmo estágio em uma mesma DS, que repercutiu nos valores de  $STac$ .

Figura 2 – Soma térmica acumulada (°C dia<sup>-1</sup>) e dias do calendário civil (dias) para *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz em cada estágio da escala BBCH.



Para atingir todo o desenvolvimento inicial, a *L. ferrea* necessita acumular  $1127^\circ\text{C dia}^{-1}$ . O acúmulo térmico da *L. ferrea* foi maior que o encontrado para outras espécies como *Citharexylum myrianthum* ( $697^\circ\text{C dia}^{-1}$ ) e *Bixa orellana* ( $940^\circ\text{C dia}^{-1}$ ) (MARTINS *et al.*, 2022), porém foi menor que o da espécie *Anadenanthera peregrina* ( $2058^\circ\text{C dia}^{-1}$ ) (FAGUNDES *et al.*, 2021).

Além disso, o valor de  $STac$  foi superior ao encontrado para espécies anuais considerando o desenvolvimento inicial, como *Phaseolus vulgaris* L. ( $279,7^\circ\text{C dia}^{-1}$ ) (CAVALCANTE *et al.*, 2020) e *Citrullus lanatus* (Thumb). Mansf ( $417,3^\circ\text{C dia}^{-1}$ ) (TRENTIN *et al.*, 2008).

Portanto, o uso da escala BBCH adaptada associada com a necessidade térmica (STac) para cada estágio do desenvolvimento inicial, permite identificar visualmente os estágios fenológicos, assim como conhecer as exigências térmicas da *L. ferrea*.

### Conclusões

A escala fenológica BBCH adaptada para *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz permite a identificação exata dos estágios fenológicos durante o desenvolvimento inicial. Apesar de não haver diferença estatisticamente significativa, o estágio que mais demanda acúmulo de energia é o 16-18, que refere-se a soma térmica necessária de 127,8°C dia<sup>-1</sup>.

### Agradecimento

Ao Programa Institucional de Bolsas PIBIC/PIBITI e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa de estudos.

### Referências

- Barbano, M.T., Duarte, A.P., Brunini, O., Reco, P.C., Paterniani, M.E.A.G.Z., Kanthack, R.A.D., 2001. Temperatura-base e acúmulo térmico no subperíodo semeadura-florescimento masculino em cultivares de milho no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, 9(2), 261-268.
- Cardoso, E.F., Lopes, A.R., Dotto, M., Pirola, K., Giarola, C.M., 2021. Phenological growth stages of Gaúcho tomato based on the BBCH scale. *Comunicata Scientiae*, 12, e3490-e3490. <https://doi.org/10.14295/cs.v12.3490>.
- Cavalcante, A.G., Lemos, L.B., Meirelles, F.C., Cavalcante, A.C.P., de Aquino, L.A., 2020. Thermal sum and phenological descriptions of growth stages of the common bean according to the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, v. 176, n. 3, p. 342-349. <https://doi.org/10.1111/aab.12571>.
- Delgado, P.H., Aranguren, M., Reig, C., Galvan, D.F., Mesejo, C., Fuentes, A.M., ... & Agustí, M., 2011. Phenological growth stages of mango (*Mangifera indica* L.) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 130(3), 536-540. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.027>.
- Fagundes, F. F. A., da Silva Reis, F. Y., & Martins, F. B., 2021. A model for predicting the initial development of two native forest species under current and future climates. *Environmental and Experimental Botany*, 192, 104662. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104662>.
- Ferreira, D.F., 2019. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria*, [S.l.], v. 37, n. 4, p. 529-535. doi: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>.
- Herráiz, F.J., Vilanova, S., Plazas, M., Gramazio, P., Andújar, I., Rodríguez-Burruezo, A., ... Prohens, J., 2015. Phenological growth stages of pepino (*Solanum muricatum*) according to the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 183, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.12.008>.
- Jacinto, J., Magalhães, T., Oliveira, P.B., Oliveira, C., Luz, F., Trindade, C.S., Valdivieso, T., 2022. Corema album (L.) D. Don Phenological Growth Stages according to Extended BBCH Scale. *International Journal of Fruit Science*, v. 22, n. 1, p. 317-328. <https://doi.org/10.1080/15538362.2022.2041149>.
- Kishore, K., & Mahanti, K. K. (2016). Codification and description of phenological growth stages of sapota (*Manilkara zapota*) according to the extended BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 211, 431-439. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.034>.
- Marco, R.D., Martins, C.R., Herter, F.G., Crosa, C.F.R., & Nava, G.A., 2021. Ciclo de desenvolvimento da nogueira-pecã-Escala fenológica. <https://doi.org/10.5965/223811712042021260>.
- Martins, F. B., de Cássia Ferreira, M., Fagundes, F. F. A., & Florêncio, G. W. L., 2022. Thermal and photoperiodic requirements of the seedling stage of three tropical forest species. *Journal of Forestry Research*, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s11676-022-01530-0>.
- Schwab, N.T., Streck, N.A., Becker, C.C., Langner, J.A., Uhlmann, L.O., Ribeiro, B.S.M.R., 2015. A phenological scale for the development of Gladiolus. *Annals of Applied Biology*, 166(3), 496-507. <https://doi.org/10.1111/aab.12198>.
- Silva, L. V. D., Reis, F. Y. D. S., Martins, F. B., & Cassemiro, J. M., 2020. Desenvolvimento Vegetativo de *Cesalpinia ferrea* e *Anadenanthera macrocarpa*: I-Estimativa das Temperaturas Cardinais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 35, 23-33. <https://doi.org/10.1590/0102-7786351006>.
- Sosa-Zuniga, V., Brito, V., Fuentes, F., Steinfort, U., 2017. Phenological growth stages of quinoa (*Chenopodium quinoa*) based on the BBCH scale. *Annals of Applied Biology*, 171(1), 117-124. <https://doi.org/10.1111/aab.12358>.
- Streck, N.A., Lago, I., Oliveira, F.B., Heldwein, A.B., Avila, L.A., Bosco, L.C., 2011. Modeling the development of cultivated rice and weedy red rice. *Transactions of the ASAE (Cessou em 2005. Cont. Transactions of the ASABE)*, v. 54, p. 371-384.v. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.36234>.
- Taghavi, T., Rahemi, A., Suarez, E., 2022. Development of a uniform phenology scale (BBCH) in hazelnuts. *Scientia Horticulturae*, v. 296, p. 110837. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110837>.
- Trentin, R., Schreiber, F., Streck, N. A., & Buriol, G. A. (2008). Soma térmica de subperíodos do desenvolvimento da planta de melancia. *Ciência Rural*, 38, 2464-2470. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008005000016>.