

Previsão do início de brotação em macieira, cultivar Gala

Augusto Carlos Pola,
Jorge Bleicher e João Bernardi

A macieira (*Malus domestica*, Borkh.) apresenta duas fases que caracterizam o seu ciclo anual: a de repouso invernal (dormência) e a de crescimento vegetativo. A temperatura é o principal fator relacionado com a dormência, onde baixos níveis térmicos são particularmente importantes. As variações fenológicas observadas na fase vegetativa, como início de brotação, plena floração e maturação, além da produtividade e qualidade dos frutos, são influenciadas pelas condições térmicas ocorrentes na fase de dormência.

O método mais utilizado para medir a necessidade de frio invernal das frutíferas de clima temperado é o somatório das horas de frio abaixo de 7,2°C. Este método, no entanto, não considera as temperaturas superiores a este limite.

Modelos de unidades de frio (UF) que relacionam a temperatura do ar com o término do repouso foram propostos por RICHARDSON et al. (1) e SHALTOUT & UNRATH (2), que obtiveram resultados satisfatórios para pessegueiros em Utah e para macieira na Carolina do Norte, respectivamente. Os modelos consistem basicamente na conversão de temperaturas horárias em unidades de frio (UF). Tais unidades são acumuladas diariamente até atingirem um total que teoricamente corresponde ao final da fase de dormência de uma determinada cultivar.

FISHMAN et al. (3) apresentaram um modelo, denominado Dinâmico, em

que as unidades de frio (UF) são acumuladas através de um duplo processo. Em um primeiro momento ocorre a formação e destruição de um precursor das UF, causado, respectivamente, por baixas e altas temperaturas. Posteriormente, o precursor é acumulado de maneira irreversível ao atingir um determinado nível.

O presente trabalho teve por objetivo verificar a viabilidade de utilização de diferentes modelos de unidades de frio para a previsão do início de brotação em macieira, cultivar Gala.

Material e métodos

Os dados meteorológicos foram ob-

tidos na Estação Agrometeorológica da EPAGRI, em Caçador, SC (latitude = 26°46'S; longitude = 51°01'W Grw.; altitude = 960m), em doze anos (1979 a 1990), a saber:

- temperatura mínima e das 21h (abril a setembro);
- temperatura máxima (abril a outubro).

Os dados fenológicos, registrados de 1979 a 1990, foram obtidos no Banco Ativo de Germoplasma de Macieira, situado ao lado da Estação Agrometeorológica. A cultivar utilizada foi a Gala, sobre o porta-enxerto MM-106, plantada em 1977. As observações fenológicas foram feitas duas vezes por semana. As datas de início de



brotação (DIB) foram determinadas visualmente, correspondendo a 10% das gemas abertas.

Foram avaliados seis modelos empíricos para determinação do final da dormência: "horas de frio abaixo de 7,2°C" - HF; modelo de Utah - MU (1); modelo Carolina do Norte - CNO (2); modelo Dinâmico - MD (3); modelos de Utah e Carolina do Norte modificados - MUM e CNM. As "horas de frio" foram cotadas de termogramas. As unidades de frio (UF) foram calculadas através de temperaturas horárias estimadas.

Nos modelos de Utah e Carolina do Norte, originais e modificados, as temperaturas horárias estimadas foram convertidas para unidades de frio de acordo com a Tabela 1. As modificações efetuadas (MUM e CNM) foram no sentido de somente ocorrer anulação do frio (UF positivas) por altas temperaturas (UF negativas) em um ciclo diário (24 horas). Foram considerados, portanto, nos dois modelos modificados, os somatórios diários de unidades de frio que apresentassem valor negativo. Os modelos originais foram utilizados conforme descrito pelos seus respectivos autores.

As temperaturas horárias foram estimadas considerando-se uma variação linear da temperatura entre os horários de ocorrência das temperaturas máxima, mínima e das 21h diárias. Os horários de ocorrência das temperaturas extremas diárias foram fixados às 7h e 15h.

No modelo Dinâmico, tanto a formação (K_0) como a destruição (K_1) do precursor ao "fator de quebra de dormência" ocorrem de acordo com a lei de Arrhenius (3):

$$K_{0,1} = A_{0,1} \exp(-E_{0,1}/t)$$

onde t é a temperatura (O_k); E_0 e E_1 são energias de ativação para os processos de formação e destruição do precursor, respectivamente (O_k); A_0 e A_1 são coeficientes independentes da temperatura. Os coeficientes empregados foram (3): $E_0 = 0,2874 \cdot 10^4$; $E_1 = 0,1144 \cdot 10^5$; $A_0 = 0,1386 \cdot 10^4$; $A_1 = 0,1275 \cdot 10^{17}$.

A avaliação dos modelos em estudo foi realizada com valores de HF e UF acumulados até as datas de 20/julho,

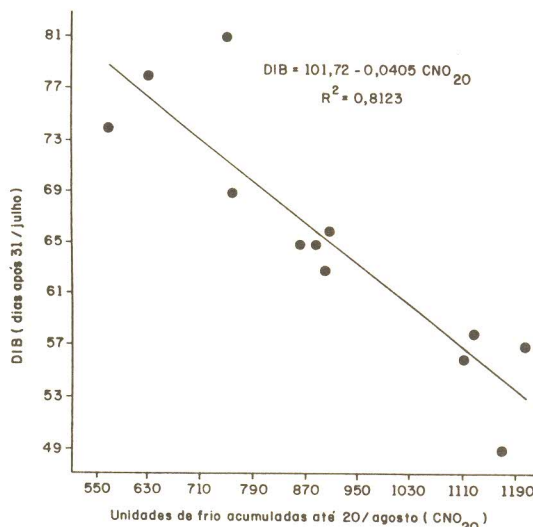


Figura 1 - Relação linear entre a data de início de brotação (DIB) e unidades de frio acumuladas até 20/ agosto segundo o modelo Carolina do Norte (CNO₂₀)

Tabela 1 - Conversão de temperaturas para unidades de frio (UF) conforme utilizado por RICHARDSON et al. (1) para o modelo de Utah e segundo proposto por SHALTOUT & UNRATH (2) no modelo Carolina do Norte

Modelo de Utah		Modelo Carolina do Norte	
Temperatura (°C)	UF	Temperatura (°C)	UF
< 1,4	0,0	< -1,1	0,0
1,5 a 2,4	0,5	1,6	0,5
2,5 a 9,1	1,0	7,2	1,0
9,2 a 12,4	0,5	13,0	0,5
12,5 a 15,9	0,0	16,5	0,0
16,0 a 18,0	-0,5	19,0	-0,5
> 18,0	-1,0	20,7	-1,0
		22,1	-1,5
		23,3	-2,0

Tabela 2 - Coeficientes de determinação (100R²) referentes à relação linear entre horas de frio (HF) e/ou unidades de frio (UF) acumuladas até determinada data e a data de início de brotação (DIB), em doze anos de observações fenológicas, em Caçador, SC

Modelo	R²					
	20/jul.	31/jul.	10/ago.	20/ago.	31/ago.	10/set.
HF < 7,2°C	29,18 ^{ns}	32,86 ^{ns}	36,16*	32,03 ^{ns}	19,97 ^{ns}	14,32 ^{ns}
Utah	60,53**	67,67**	67,02**	72,57**	52,25**	49,29*
Utah modificado	64,03**	73,54**	67,92**	70,52**	53,07**	49,21*
Carolina do Norte	67,96**	76,43**	74,37**	81,23**	63,49**	55,72**
Carolina do Norte modificado	68,34**	81,61**	80,07**	89,37**	79,87**	73,04**
Dinâmico	66,80**	75,94**	73,13**	79,48**	61,99**	66,38**

Nota: *, ** - Significativo, pelo teste t, ao nível de 5 e 1%, respectivamente.
ns - Não significativo, pelo teste t, ao nível de 5%.

31/julho, 10/agosto, 20/agosto, 31/agosto e 10/setembro. Com estes valores foram inicialmente obtidas equações de estimativa da data de início de brotação (DIB; variável dependente), através de

regressão linear simples, com respectivos gráficos, coeficientes de determinação e teste t. Em função dos resultados obtidos, selecionaram-se os melhores modelos e datas finais de acumula-

ção. A influência da temperatura entre as datas selecionadas e o início de brotação foi avaliada posteriormente através da utilização da temperatura média das máximas (TM) no período.

Resultados e discussão

O modelo "horas de frio" foi o que apresentou menor correlação com o início de brotação, com significância estatística, pelo teste t, ao nível de 5%, somente para o total de unidades acumuladas até o dia 10/agosto (Tabela 2). Isto deve-se a simplicidade deste modelo, o qual desconsidera as temperaturas superiores a 7,2°C. Os outros modelos testados correlacionaram-se significativamente com o início de brotação em todas as datas de acumulação das UF (Tabela 2).

Todos os modelos apresentaram maiores correlações com o início de brotação para os totais de unidades acumuladas entre 31/julho e 20/agosto (Tabela 2). De maneira geral, os maiores valores de R² foram obtidos com os totais acumulados em 20/agosto. A partir desta data todos os modelos apresentaram uma diminuição relativamente acentuada nos coeficientes de determinação.

As Figuras 1 a 3 mostram a possibilidade de obter-se a previsão da data de início de brotação a partir das UF acumuladas até 20/agosto pelos modelos Carolina do Norte (Figura 1), Carolina do Norte modificado (Figura 2) e Dinâmico (Figura 3).

A temperatura média (TM) ocorrente após 31/julho, para os diversos modelos, não mostrou influência estatisticamente significativa sobre a DIB (Tabela 3). Considerando os totais de UF acumulados até 10/agosto, entretanto, a temperatura média das máximas que ocorre posteriormente é significativa para todos os modelos (Tabela 4).

Para as UF acumuladas até 20/agosto (Tabela 5), a temperatura (TM) posterior à citada data mostrou significância apenas para os modelos Utah modificado (R² = 0,8332), Carolina do Norte modificado (R² = 0,9354) e Dinâmico (R² = 0,8865).

Através das Tabelas 2 a 5 verifica-

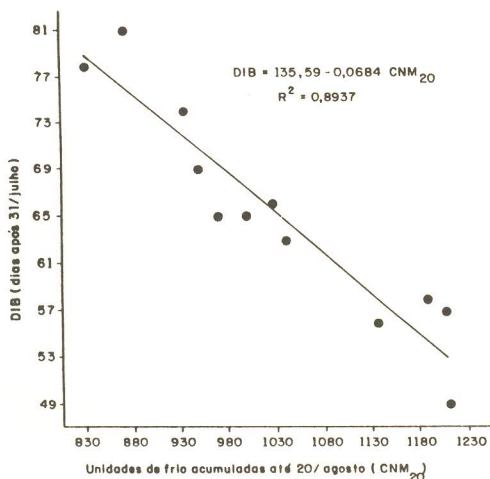


Figura 2 - Relação linear entre a data de início de brotação (DIB) e unidades de frio acumuladas até 20/agosto segundo o modelo Carolina do Norte modificado (CNM₂₀)

Tabela 3 - Equações de regressão que representam a relação linear entre unidades de frio acumuladas até 31/julho (UF₃₁), temperatura média das máximas de 01/agosto à brotação (TM₁) e a data de início de brotação (DIB; dias após 31/julho)

Modelo	Equação	R ²
Utah	DIB = 129,13 - 0,0409** MU ₃₁ - 2,2232 ^{ns} TM ₁	0,7244
Utah modificado	DIB = 159,64 - 0,0547** MUM ₃₁ - 3,1224 ^{ns} TM ₁	0,8297
Carolina do Norte	DIB = 134,23 - 0,0389** CNO ₃₁ - 1,9198 ^{ns} TM ₁	0,7996
Carolina do Norte modificado	DIB = 145,11 - 0,0574** CNM ₃₁ - 1,4825 ^{ns} TM ₁	0,8370
Dinâmico	DIB = 151,94 - 1,1972** MD ₃₁ - 1,6815 ^{ns} TM ₁	0,7864

Nota: ** - Significativo, pelo teste t, ao nível de 1%.

ns - Não significativo, pelo teste t, ao nível de 5%.

Tabela 4 - Equações de regressão que representam a relação linear entre unidades de frio acumuladas até 10/agosto (UF₁₀), temperatura média das máximas de 11/agosto à brotação (TM₁₁) e a data de início de brotação (DIB, dias após 31/julho)

Modelo	Equação	R ²
Utah	DIB = 174,41 - 0,0492** MU ₁₀ - 4,1880* TM ₁₁	0,8161
Utah modificado	DIB = 195,56 - 0,0617** MUM ₁₀ - 4,5307* TM ₁₁	0,8471
Carolina do Norte	DIB = 170,49 - 0,0433** CNO ₁₀ - 3,4003* TM ₁₁	0,8437
Carolina do Norte modificado	DIB = 185,10 - 0,0640** CNM ₁₀ - 2,9292* TM ₁₁	0,8762
Dinâmico	DIB = 199,91 - 1,3022** MD ₁₀ - 3,5730* TM ₁₁	0,8409

Nota: *,** - Significativo, pelo teste t, ao nível de 5 e 1%, respectivamente.

Brotação da macieira

-se que o modelo Carolina do Norte apresenta possibilidades de uma previsão mais precisa da DIB em relação ao modelo de Utah. As UF acumuladas até 20/agosto pelos modelos Carolina do Norte modificado e Dinâmico, associadas à temperatura média das máximas anterior à brotação (TM), foram as variáveis que possibilitaram a obtenção das melhores equações para a estimativa da DIB (Tabela 5).

As equações nas Tabelas 2 a 5 mostram a correlação negativa existente entre UF e DIB e entre TM e DIB. A data de plena floração é dependente tanto de suas exigências de frio invernal como de suas exigências em calor no período compreendido entre a saída do repouso e a floração (4). Durante a pós-dormência, as gemas podem crescer em uma ampla faixa térmica, mais rápido quanto mais alta for a temperatura (5).

O nível de significância estatística dos coeficientes das equações representadas nas Tabelas 4 e 5 indica que a variação da DIB está relacionada, principalmente, ao frio (UF) durante a dormência. São apresentadas na Tabela 6 as estimativas da DIB considerando somente as UF acumuladas até 20/agosto (modelo Carolina do Norte modificado, Figura 2) e estimativas através da equação 4 (Tabela 5), que considera as temperaturas na pós-dormência (TM). Após a acumulação das unidades de frio, a temperatura, representada por TM, tem pequena influência sobre a DIB (Tabela 6).

Observando-se a Figura 4 verifica-se que as unidades de frio

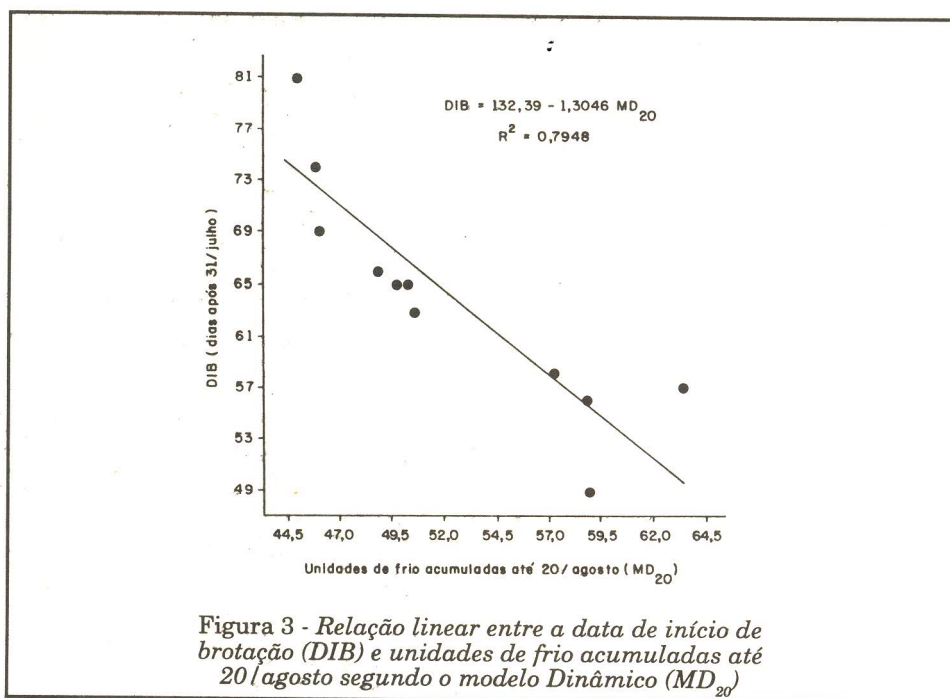


Tabela 5 - Equações de regressão que representam a relação linear entre unidades de frio acumuladas até 20/agosto (UF₂₀), temperatura média das máximas de 21/agosto à brotação (TM₂₁) e a data de início de brotação (DIB; dias após 31/julho)

Modelo	Equação	R ²
Utah (1)	$DIB = 135,94 - 0,0469^{**} MU_{20} - 2,2576^{ns} TM_{21}$	0,8246
Utah modificado (2)	$DIB = 161,54 - 0,0634^{**} MUM_{20} - 2,5913^{*} TM_{21}$	0,8332
Carolina do Norte (3)	$DIB = 140,25 - 0,0416^{**} CNO_{20} - 1,8246^{ns} TM_{21}$	0,8781
Carolina do Norte modificado (4)	$DIB = 165,90 - 0,0689^{**} CNM_{20} - 1,4472^{*} TM_{21}$	0,9354
Dinâmico (5)	$DIB = 180,28 - 1,3683^{**} MD_{20} - 2,1658^{*} TM_{21}$	0,8865

Nota: *, ** - Significativo, pelo teste t, ao nível de 5 e 1%, respectivamente.
ns - Não significativo, pelo teste t, ao nível de 5%.

Tabela 6 - Data de início de brotação (DIB; dias após 31/julho), estimativa da DIB considerando somente as unidades de frio acumuladas até 20/agosto, pelo modelo Carolina do Norte modificado (CNM₂₀; Figura 2) e considerando, também, as temperaturas máximas diárias ocorrentes de 21/agosto à brotação (TM₂₁; equação 4; Tabela 5)

DIB	Estimativa CNM ₂₀	Erro (dias)	Estimativa CNM ₂₀ + TM ₂₁	Erro (dias)
58	54,3	-3,7	55,4	-2,6
81	76,1	-4,9	78,1	-2,9
65	67,1	2,1	65,2	0,2
63	64,2	1,2	61,5	-1,5
66	65,4	-0,6	66,8	0,8
78	78,9	0,9	78,5	0,5
65	69,0	4,0	68,4	3,4
69	70,7	1,7	69,6	0,6
74	71,7	-2,3	72,5	-1,5
49	52,7	3,7	49,7	0,7
57	53,0	-4,0	54,4	-2,6
56	58,0	2,0	60,8	4,8



Midas Distribuidora e Representações Ltda.
Rua Dr. João Colin, 572
Fones (0474) 33-0536 e
33-0198, Fax 33-2927
89204-000 - Joinville, SC

correlacionam-se negativamente com a exigência em calor para a brotação. O conceito alternativo de que não existe um limite fixo na sequência de eventos do início da dormência à brotação ou floração é citado em literatura (6). Em determinado momento durante a dormência, as gemas têm uma capacidade potencial para responder a temperaturas quentes com desenvolvimento morfológico, crescimento ou atividade fisiológica (6).

Os modelos modificados (MUM e CNM) apresentaram maiores valores de R^2 que os respectivos originais (Tabelas 3 a 5). Pesquisadores observaram em gemas de pessegueiro que o frio (4 a 6°C) acumulado de 20 a 40 horas antes do início da ocorrência de altas temperaturas (24°C) teve seu efeito antagonizado (7). Modificações nos modelos de Utah e Carolina do Norte, relativas à anulação do frio pela influência de altas temperaturas, são importantes em locais onde períodos frios são freqüentemente interrompidos por períodos com temperaturas mais elevadas, como é o caso da região de Caçador, SC (8).

Na Estação Experimental de Caçador a previsão do início de brotação, que pode ser obtida com até dois meses de

antecedência, é utilizada como auxílio técnico para orientação dos produtores com relação a tratos culturais como a quebra de dormência e previsão da intensidade de ocorrência de sarna no ciclo.

Conclusões

- As unidades de frio acumuladas até 31/julho, 10/agosto e 20/agosto, pelos diversos modelos em estudo, apresentaram as maiores correlações com a data de início de brotação (DIB).

- O modelo "horas de frio abaixo de 7,2°C" apresentou baixas correlações com a DIB.

- O modelo Carolina do Norte apresentou maior correlação com a DIB em relação ao modelo de Utah.

- As unidades de frio acumuladas e as temperaturas ocorrentes após a acumulação (TM) apresentaram correlação negativa com a DIB.

- As unidades de frio acumuladas até 20/agosto pelo modelo Carolina do Norte modificado foi o fator que melhor explicou as variações na DIB.

Literatura citada

1. RICHARDSON, E.A.; SEELEY, S.D.;

WALKER, D.R. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *Hortscience*, Mount Vernon, v.9, n.4, p.331-332, 1974.

2. SHALTOUT, A.D.; UNRATH, C.R. Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.108, n.6, p.957-961, 1983.

3. FISHMAN, S.; EREZ, A.; COUVILLON, G.A. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: mathematical analysis of a two-step model involving a cooperative transition. *Journal of Theoretical Biology*, v.124, p.473-483, 1987.

4. TABUENCA, M.C. Influencia de la temperatura en la época de floración de dos variedades de manzano. *Anales de la Estación Experimental de Aula Dei*, Zaragoza, v.16, n.3/4, p. 341-346, 1983.

5. MAUGET, J.C.; RAGEAU, R. Bud dormancy and adaptation of apple tree to mild winter climates. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n.232, p.101-108, 1987.

6. CANNEL, M.G.R. Chilling, thermal time and the date of flowering of trees. In: WRIGHT, C.J. (Ed.). *Manipulation of fruiting*. London: Butterworths, 1989. p.99-113.

7. EREZ, A.; COUVILLON, G.A.; HENDERSHOTT, C.H. The effect of cycle length on chilling negation by high temperatures in dormant peach leaf buds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v. 104, n.4, p.573-576, 1979.

8. EBERT, A.; BENDER, R.J.; PETRI, J.L.; BRAGA, H.J. First experiences with chill-unit models in southern Brazil. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 184, p.79-86, 1986.

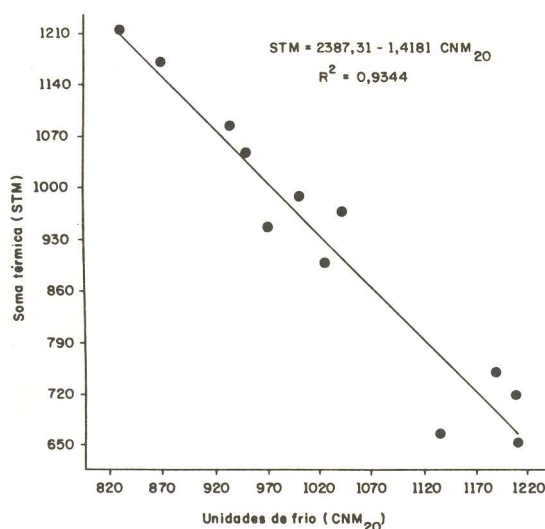


Figura 4 - Relação linear entre unidades de frio acumuladas até 20/agosto segundo o modelo Carolina do Norte modificado (CNM20) e o somatório das temperaturas máximas diárias (STM) de 21/agosto até brotação

Augusto Carlos Pola, Eng.-agr., M.Sc., Cart. Prof. nº 6.917-D, CREA-SC, EPAGRI, CTA do Alto Vale do Rio do Peixe, Estação Experimental de Caçador, C.P. 591, Fone (0496) 62-1211, Fax (0496) 62-1142, Telex 492 330, 89500-000 - Caçador, SC, Jorge Bleicher, Eng.-agr., Ph.D., Cart. Prof. nº 886-D, CREA-SC, EPAGRI, CTA do Alto Vale do Rio do Peixe, Estação Experimental de Caçador, C.P. 591, Fone (0496) 62-1211, Fax (0496) 62-1142, Telex 492 330, 89500-000 - Caçador, SC e João Bernardi, Eng.-agr., M. Sc., EMBRAPA, Campo Experimental de Vacaria, C. P. 177, 95200-000 - Vacaria, RS.