

Modelos de previsão de brotação para o cultivar de videira Cabernet Sauvignon na Serra Gaúcha¹

João Felippeto², João Ito Bergonci³, Henrique Pessoa dos Santos⁴, Gilberto Nava⁵

Resumo – Objetivou-se com este trabalho o estudo de diferentes modelos matemáticos para caracterizar as disponibilidades térmicas no período hibernal e prever a data inicial da brotação do cultivar de videira *Vitis vinifera* Cabernet Sauvignon. O trabalho foi realizado a partir de uma série histórica (1984-1993) de dados climáticos e de dados fenológicos do Banco Ativo de Germoplasma, ambos da Embrapa Uva e Vinho, em Bento Gonçalves, RS. Os acúmulos de frio foram quantificados com o uso de nove métodos: horas de frio iguais ou inferiores a 7,2°C e a 10°C; modelo Dinâmico; e modelos de Utah e Carolina do Norte em suas versões originais, modificados para altas temperaturas e adaptados para as condições da Serra Gaúcha. No estudo da série histórica, os melhores resultados (resíduos menores) foram obtidos pelos modelos de Utah e Carolina do Norte adaptados para as condições climáticas da Serra Gaúcha.

Termos para indexação: dormência, videira, clima.

Budburst prediction models for the Cabernet Sauvignon grapevine cultivar in the Serra Gaúcha region, in Rio Grande do Sul, Brazil

Abstract – The objective of this article was to study different mathematical models to characterize thermal availabilities during the winter period and to provide the starting date of the *Vitis vinifera* sprouting vine, Cabernet Sauvignon cultivar. The study was conducted from a historical series (1984-1993) of climate data and phenological data from the Active Germplasm Bank, both from Embrapa Grape and Wine, in Bento Gonçalves, RS. The accumulation of cold was quantified using nine different methods: chilling hours below or equal to 7.2°C and 10°C; Dynamic model; and models of Utah and North Carolina in their original versions, modified for high temperatures and adapted to the conditions of the Serra Gaúcha region. In the study of the historical series, the best results (least waste) were obtained from the models of Utah and North Carolina adapted to the climatic conditions of the Serra Gaúcha region.

Index terms: dormancy, vine, climate.

Introdução

A videira, assim como as demais fruteiras de clima temperado, caracteriza-se pela queda das folhas como consequência da redução de suas atividades metabólicas, entrando em endodormência no final do ciclo, em resposta aos primeiros frios na entrada do inverno. Para que essas plantas

iniciem um novo ciclo vegetativo na primavera, é necessária sua exposição a um período de baixas temperaturas para que ocorra a superação dessa endodormência e a brotação seja efetiva (Petri et al., 1996). Portanto, a temperatura é um fator de alta influência no ciclo biológico da videira, e o requerimento de frio ou calor é evidente ao longo do ano, exercendo

sua ação em todas as fases, inclusive naquelas em que o metabolismo se mostra lento e o crescimento é nulo (basal). Temperaturas elevadas na fase de repouso hibernal, geralmente, repercutem em distúrbios fisiológicos e, por sua vez, comprometem a capacidade de brotação das gemas.

Embora existam recursos químicos para a superação da dormência de ►

Recebido em 13/6/2012. Aceito para publicação em 21/5/2013.

¹ Este artigo é parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, defendida no curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

² Enólogo, M.Sc., Epagri / Estação Experimental de São Joaquim, Rua João Araújo Lima, 102, 88600-000 São Joaquim, SC, fone: (49) 3233-0324, e-mail: joaofelippeto@epagri.sc.gov.br.

³ Biólogo, Dr., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43423, Sala 214, 91501-970 Porto Alegre, RS, fone: (51) 3308-7687, e-mail: joao.bergonci@ufrgs.br.

⁴ Engenheiro-agrônomo, Dr., Embrapa / CNPUV, Rua Livramento 515, C.P. 130, 95700-000 Bento Gonçalves, RS, fone: (54) 3455-8022, e-mail: henrique@cnpuv.embrapa.br.

⁵ Engenheiro-agrônomo, Dr., Epagri / Estação Experimental de São Joaquim, e-mail: nava@epagri.sc.gov.br.

⁶ A série histórica de dados (1984 a 1993) utilizada neste trabalho refere-se ao intervalo de tempo em que foi possível estabelecer a correlação entre os registros climáticos e as observações de campo que compõem os arquivos do BAG, na Embrapa/CNPUV.

cultivares frutíferas de clima temperado, salienta-se a necessidade de avanço em pesquisas nessa área, visto que os insumos disponíveis são tóxicos ao homem e ao meio ambiente (Classe I).

O método mais utilizado para medir a necessidade de frio invernal das fruteiras de clima temperado é o somatório das horas de frio abaixo de 7,2°C. Entretanto, esse método não considera as temperaturas superiores a esse limite. Para relacionar a temperatura do ar com o término do repouso, Richardson et al. (1974) e Shaltout & Unrath (1983) propuseram dois modelos, obtendo bons resultados para macieira, na Carolina do Norte, e pessegueiro, em Utah, respectivamente (Póla et al., 1994). Para que esses modelos pudessem ser funcionais nas condições climáticas do sul do Brasil, Ebert et al. (1986) modificaram sua estrutura, melhorando, assim, suas estimativas nas altas temperaturas, típicas desse local. Erez et al. (1988) apresentaram um modelo em que os acúmulos de frio, as chamadas porções de frio (PF), seriam regidos por uma dinâmica reversível de formação e destruição de um precursor das PFs por meio de efeitos térmicos.

Grande parte dos modelos desenvolvidos para a previsão agrícola limita-se ao local de experimentação, sem possibilidades de generalização. Continuamente, tem-se buscado melhorar suas estimativas através da adaptação desses métodos aos fatores climáticos locais. Além disso, tem sido de fundamental importância a compreensão dos fatores dependentes do tempo, como a definição de uma data-base, ou data "biofix", a partir da qual as estimativas podem ser projetadas com maior segurança e menor erro residual possíveis.

Tendo em vista esses aspectos, o presente trabalho teve como objetivo definir, entre estes modelos (horas de frio iguais ou inferiores a 7,2°C e a 10°C; modelo Dinâmico; modelos de Utah e Carolina do Norte nas suas versões originais, modificados para altas temperaturas e adaptados para as condições da Serra Gaúcha) quais os mais adequados para prever a data

de brotação do cultivar de videira *Vitis vinifera* Cabernet Sauvignon nas condições climáticas da Serra Gaúcha.

Material e métodos

Inicialmente, foi feita a caracterização da data do início da brotação do cv. Cabernet Sauvignon, por um período de anos. Então, o experimento foi realizado a partir de dados fenológicos do cv. Cabernet Sauvignon obtidos no Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa/CNPUV em Bento Gonçalves, RS. O local está situado entre 28°24' e 29°48' latitude sul, entre 50°48' e 52°08' longitude oeste, e em altitudes que variam de 200 a 800 metros. Nessa caracterização utilizou-se uma série histórica de dados entre os anos de 1984 e 1993.

O BAG foi composto por vinhedo com mudas enxertadas sobre o porta-enxerto 101-14, conduzido no sistema espaldeira, poda tipo Guyot duplo, com a manutenção de duas varas arqueadas contendo 12 a 16 gemas e esporões com duas gemas, espaçamento entre plantas de 2,5m x 1,5m. A data do início da brotação foi considerada quando 50% das gemas atingiram o estágio 5, segundo a escala de Eichorn & Lorenz (1984). Os dados de temperatura do ar foram fornecidos pela estação meteorológica da mesma unidade da Embrapa. Os registros térmicos da série histórica (1984-1993) foram obtidos a partir de leituras feitas diretamente em termogramas. Essa série histórica foi utilizada tendo em vista a possibilidade de pareamento entre as informações climáticas e de fenologia das videiras objetos deste estudo. Em cada ano, as leituras horárias foram iniciadas no dia 1º de abril, e seguiram ininterruptamente até o dia 30 de setembro. Essas datas foram definidas em função da evolução do desenvolvimento do ciclo anual da videira, pois, normalmente,

durante esses meses, ocorre o período de repouso hibernal, ou dormência.

1) Modelos agrometeorológicos

Os acúmulos de frio foram quantificados por diferentes métodos. A terminologia usada para os valores térmicos acumulados pelos modelos de Utah e Carolina do Norte, segundo Richardson et al. (1974) e Shaltout & Unrath (1983) respectivamente, é unidades de frio (UF). Tais métodos possuem uma curva de resposta entre as temperaturas observadas e as unidades de frio correspondentes. Esses métodos consistem, basicamente, na aplicação da Tabela 1.

A data definida para o início da contagem dos valores, em cada ano, foi o registro da ocorrência da primeira unidade de frio (UF) positiva ou sua fração a partir do dia 1º de abril, em cada ano da série histórica. O cômputo seguiu de maneira ininterrupta até a data em que foi caracterizado o início da brotação de cada cultivar. Para o mesmo período, foi estimado, também, o número de UFs pelos modelos de Utah e Carolina do Norte, ambos modificados para altas temperaturas de acordo com a metodologia proposta por Ebert et al. (1986).

As modificações foram no sentido de restringir parcialmente o efeito antagônico do calor, de forma que altas temperaturas resultassem em acumulação negativa de frio somente em até 96 horas após a última UF

Tabela 1. Unidades de frio em função de intervalos de temperatura (°C), pelos modelos Utah e Carolina do Norte

Modelo de Utah		Modelo Carolina do Norte	
Temp. do ar (°C)	Unidades de frio	Temp. do ar (°C)	Unidades de frio
≤ 1,4	0	-1,1	0
1,5 a 2,4	0,5	1,6	0,5
2,5 a 9,1	1	7,2	1,0
9,2 a 12,4	0,5	13	0,5
12,5 a 15,9	0	16,5	0
16 a 18	-0,5	20,7	-1
> 18	-1	22,1	-1,5
-	-	23,3	-2

positiva ter sido registrada. Após o transcurso de 96 horas de UFs negativas, o saldo parcial do cômputo foi mantido inalterado até que novas UFs positivas ocorressem.

Tendo em vista a grande variabilidade climática observada na Serra Gaúcha, novas modificações aos modelos originais de Utah e Carolina do Norte foram propostas no presente trabalho. Tais modificações tiveram como objetivo a adaptação de uma metodologia mais ajustada às condições do local do experimento e, possivelmente, extensiva a algumas regiões circunvizinhas, desde que as características climáticas sejam semelhantes. A nova proposta foi no sentido de eliminar completamente os efeitos da reversibilidade das UFs negativas (Tabela 1), quando o balanço parcial de qualquer período esteja anulando o efeito de frios posteriores, ou seja, o balanço final das UFs é sempre positivo ou zero. Se o resultado final de um determinado período fosse zero, o próximo valor somente poderia alterar o cômputo acumulado se ocorressem, subsequentemente, UFs positivas. Sendo assim, quando as somas acumuladas diariamente apresentaram eventuais valores negativos, elas não foram consideradas a fim de evitar a anulação de acúmulos posteriores. Além da mudança na estrutura do cálculo dessa nova proposta, foi mantida a modificação feita por Ebert et al. (1986). As conversões das temperaturas de graus centígrados para UFs seguiram os parâmetros dos modelos originais mostrados na Tabela 1.

A terminologia usada no modelo Dinâmico, segundo Erez et al. (1988), para os valores matemáticos que quantificam os efeitos da temperatura sobre a superação da dormência é porções de frio (PFs). Esse modelo sugere que o efeito da temperatura sobre as gemas de fruteiras de clima temperado tem uma curva de resposta com uma eficiência máxima entre 6 e 8°C e efeito zero em -2°C e 14°C. Além disso, os autores afirmam que a superação da dormência (SD) depende do nível de um determinado fator que desencadeia as reações em dois passos: o primeiro

é o processo reversível de formação e destruição de um precursor a partir de efeitos térmicos. Esse precursor pode ser chamado de fator reversível de superação da dormência (FRSD). O segundo inicia quando uma porção crítica desse precursor é alcançada, sendo transferida irreversivelmente para uma condição estável (FISD) segundo o seguinte esquema:

$$k^{\circ} = A^{\circ} \exp(-E^{\circ}/T) \quad \text{ou} \quad k^1 = A^1 \exp(-E^1/T)$$

sendo:

k° e k^1) as taxas constantes para formação e destruição do FRSD;

$E^{\circ} = 0,4153 \times 10^4$ e $E^1 = 0,1289 \times 10^5$ energias de ativação para formação e destruição dos processos respectivamente em temperaturas absolutas (°K);

$A^{\circ} = 0,1395 \times 10^6$ e $A^1 = 0,2567 \times 10^{19}$ coeficientes independentes de temperatura obtidos experimentalmente pelo autor.

A equação que explica o primeiro passo do modelo é: $\Delta b/\Delta t = k^{\circ} - k^1 b$,

sendo:

b o nível alcançado de FISD; e

t o tempo decorrido.

A equação geral do modelo é: $b = bs - (bs - bo) (-k^1 t)$,

sendo:

bs o nível intermediário de FISD num determinado período; e

bo o valor inicial de b (FISD).

As dinâmicas desse processo determinam a manutenção da dormência em diferentes níveis ou a sua superação de maneira irreversível. Os cálculos que definem essas dinâmicas foram inseridos em um programa de computador para converter as temperaturas horárias, de graus centígrados, para porções de frio. O início da contagem dos valores, da mesma forma que para os demais modelos, foi o registro da ocorrência da primeira porção de frio em cada ano, seguindo ininterruptamente até a data que caracterizou o início da brotação do cv. Cabernet Sauvignon.

2) Definição da data base, ou biofix, e obtenção das equações para previsão do início da brotação do cultivar Cabernet Sauvignon

Estabeleceu-se um biofix para a média dos valores acumulados pelos modelos até uma determinada data, a partir da qual foram projetadas as estimativas da previsão do início da brotação no cultivar objeto deste trabalho. Essa data foi determinada, primeiramente, com base na média dos coeficientes de correlação linear entre os valores acumulados até o fim de cada mês, entre abril e agosto do decênio 1984-1993, pelos modelos e as respectivas datas de brotação em cada ano, observando a variação desses coeficientes ao longo dos meses. A partir dessa informação foram calculados, também, os coeficientes de determinação (R^2), para a mesma base de dados, visando somente ao período compreendido entre 1º de julho e 30 de setembro. Portanto, a data caracterizada como biofix do cultivar foi aquela em que foram encontrados os maiores coeficientes R^2 . Com os valores de frio acumulados até essa data foram feitas regressões lineares entre esses e o número de dias até o início da brotação (DIB) do cultivar, obtendo-se, assim, as equações para a previsão do início de sua brotação.

Para a análise de dados, os cálculos que geraram os parâmetros e as fórmulas dos modelos matemáticos foram realizados através do programa R Development Core Team, versão 2007. Em seguida, os dados foram ordenados com o auxílio de planilhas Excel, tendo sido calculadas a média, o desvio-padrão e os ajustes das equações através de análises de regressão. Nessas planilhas também foram feitos os cálculos para a obtenção das estimativas e dos valores residuais de cada modelo.

Resultados e discussão

A média dos coeficientes de correlação entre os DIBs e os acúmulos de frio no final de cada mês, em todos os modelos propostos neste trabalho, durante o período entre 1º de abril e 31 de agosto do decênio 1984-1993, mostrou valores maiores no final de julho e início de agosto e, em seguida, observou-se uma tendência de redução desses coeficientes. Portanto, as ►

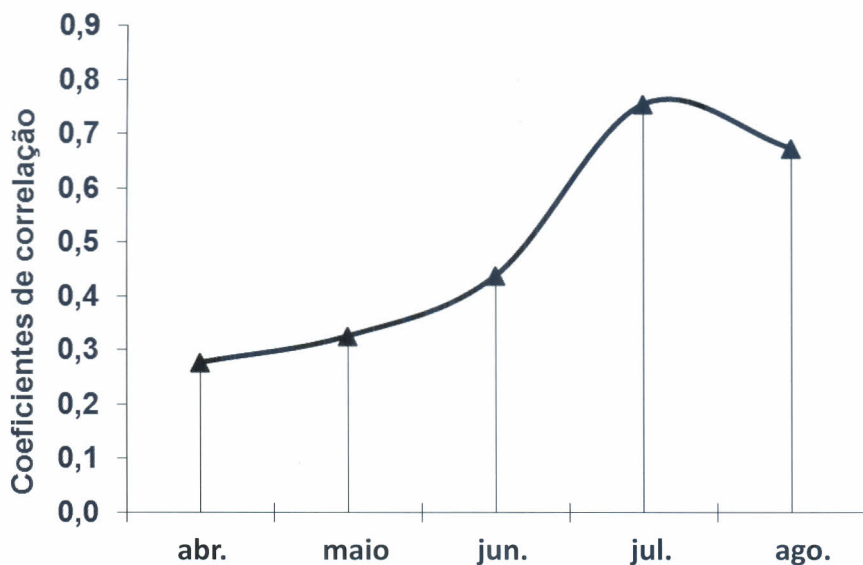


Figura 1. Média dos coeficientes de correlação linear entre datas de brotação do cultivar Cabernet Sauvignon e os valores de frio (horas, unidades e porções) acumulados em todos os modelos no fim de cada mês, no período compreendido entre 1º de abril e 31 de agosto. Bento Gonçalves, RS, período de 1984 a 1993

variações térmicas (acúmulos de frio) que ocorrem até o final de julho e início de agosto são as que mais explicam as variações de datas de brotação do cultivar (Figura 1).

Os maiores coeficientes de determinação (R^2) foram obtidos no dia 4 de agosto, sendo, portanto, considerada como data biofix. Nos dias subsequentes, observa-se uma tendência de declínio (Figura 2). Considerando-se a relação de causa e efeito (intrínseca ao significado desse coeficiente), é possível inferir que essa é a data mais adequada para projetar as estimativas de cada modelo, visando a uma maior precisão na previsão da data inicial de brotação do cultivar em estudo.

Desempenho dos modelos

Os modelos de Utah (UT) e Carolina do Norte (CN) foram os que apresentaram as menores correlações com os DIBs do cultivar. Tais modelos foram desenvolvidos especialmente para a previsão de eventos fenológicos em cultivos de maçã e pêssigo nas condições climáticas dos estados americanos de Utah (Richardson et al., 1974) e Carolina do Norte (Shaltout & Unrath, 1983). Portanto, sua eficácia

depende de condições climáticas semelhantes a esses locais e de culturas cujas características fisiológicas de brotação sejam igualmente semelhantes àquelas para as quais foram criados. O modelo UT considera mais eficazes, para a superação da dormência, as temperaturas entre 2,5 e 9,1°C, enquanto pelo CN as maiores

contribuições estão na faixa entre 1,6 e 7,2°C (Tabela 1). Segundo Shaltout & Unrath (1983), o Modelo CN se diferencia do UT por três motivos: 1) registra maior acúmulo de frio para as temperaturas mais baixas, desde 1,6°C até o limite de -1,1°C; 2) registra maior efeito negativo para temperaturas acima de 21°C, atingindo -2 UFs para temperaturas iguais ou superiores a 23,3°C; 3) registra contribuições próximas a zero para temperaturas entre 16,5 e 19°C. Isso resulta em um considerável acúmulo de UFs negativas nas condições particulares da Serra Gaúcha. Elas promovem a anulação das UFs positivas posteriores e, dessa maneira, interferem excessivamente no balanço de acúmulo de frio hibernal, reduzindo, assim, a precisão das estimativas de previsão do início da brotação do cultivar e o valor dos coeficientes. A significância estatística dos acúmulos de frio até a data biofix, pelo teste t, ao nível de 5%, somente foi obtida para o CN (Figura 3).

Os efeitos adversos da livre anulação das UFs efetivamente funcionais (positivas) foram parcialmente contornados nesses dois modelos com as modificações propostas por Ebert et al. (1986), especialmente para as

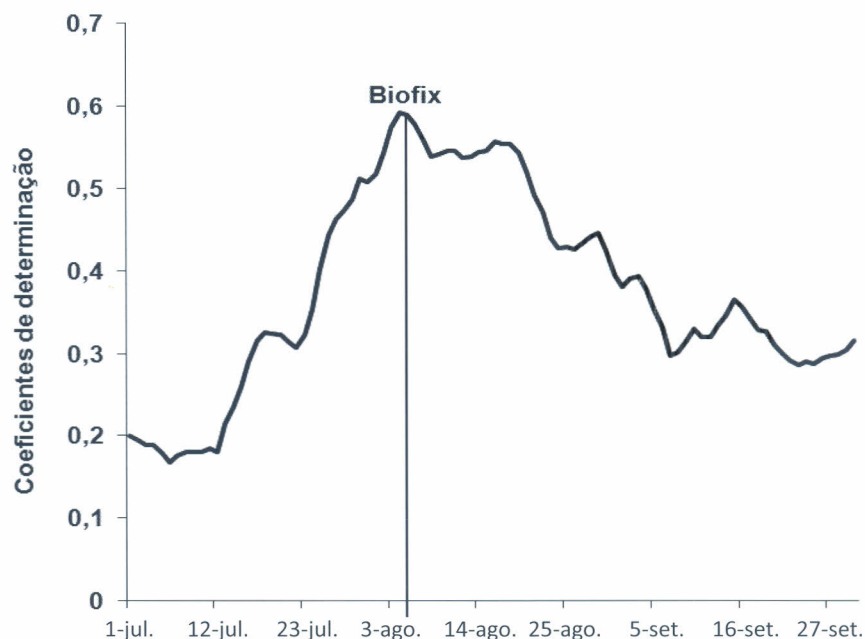


Figura 2. Valores médios dos coeficientes de determinação obtidos entre os valores acumulados pelos modelos e as datas de brotação do cultivar Cabernet Sauvignon no período de 1º de julho a 30 de setembro. Bento Gonçalves, RS, período de 1984 a 1993

condições climáticas do sul do Brasil. Essa região é geograficamente localizada numa zona de grande instabilidade nas temperaturas durante o inverno, e as oscilações térmicas repercutem fortemente nos cálculos. Segundo Erez & Lavee (1971), Erez et al. (1979 a,b) e Erez & Couvillon (1987), a acumulação de frio é suscetível a um efeito antagônico de altas temperaturas somente por poucos dias. Nesse sentido, as modificações propostas nesses métodos visaram restringir parcialmente as UFs negativas e, assim, evitar que as ações de frio de um determinado período fossem completamente anuladas por altas temperaturas subsequentes.

É possível observar um aumento nos coeficientes de determinação em ambos os métodos em relação aos originais, o que demonstra que as modificações inseridas nesses modelos tornam as estimativas mais adequadas às condições térmicas do local do experimento, melhorando a possibilidade de previsão dos DIBs do cultivar (Figura 4).

Os modelos de Utah e Carolina do norte adaptados para a Serra Gaúcha, UTSG e CNSG respectivamente, são novas propostas de modificação para os métodos originais de Utah e Carolina do Norte. No comparativo entre os coeficientes de determinação obtidos pelo ajuste entre as variáveis, é possível observar consideráveis aumentos desses valores em relação aos demais, chegando a aproximadamente 0,78 para ambos os modelos (Figuras 5A e 5B). Existe, portanto, maior associação entre os valores calculados até a data biofix e os DIBs nesses modelos em relação aos demais. As estimativas e seus resíduos também podem ser considerados mais precisos e, portanto, as modificações inseridas nesses métodos tornaram as estimativas mais adequadas para as condições térmicas do local do experimento (Tabela 2).

Apesar da simplicidade do método, o somatório das temperaturas iguais ou inferiores a 7,2 e 10°C apresentou coeficientes de determinação de 0,71 e 0,72 respectivamente, o que demonstra que existe um grau relativamente alto de associação entre os valores

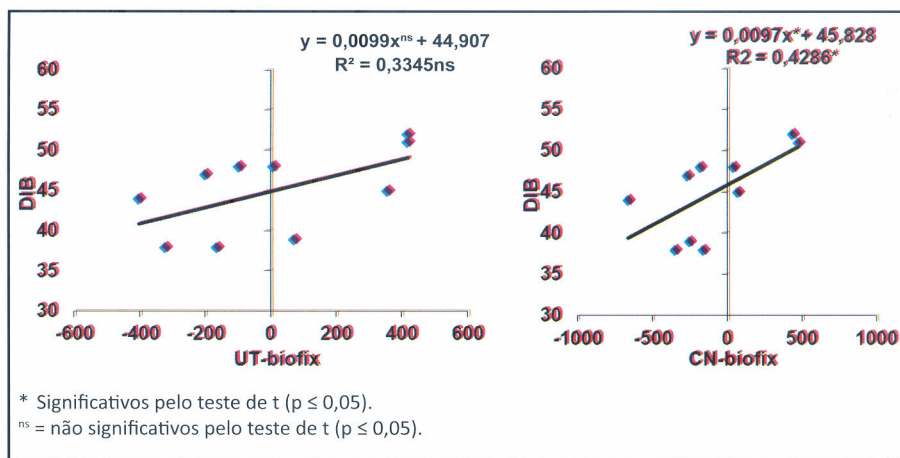


Figura 3. Relações lineares entre o número de dias até o início da brotação (DIB) e as unidades de frio acumuladas até a data biofix (4 de agosto), obtidas através dos modelos de (A) Utah e (B) Carolina do Norte, durante a série histórica entre 1984 e 1993. Bento Gonçalves, RS

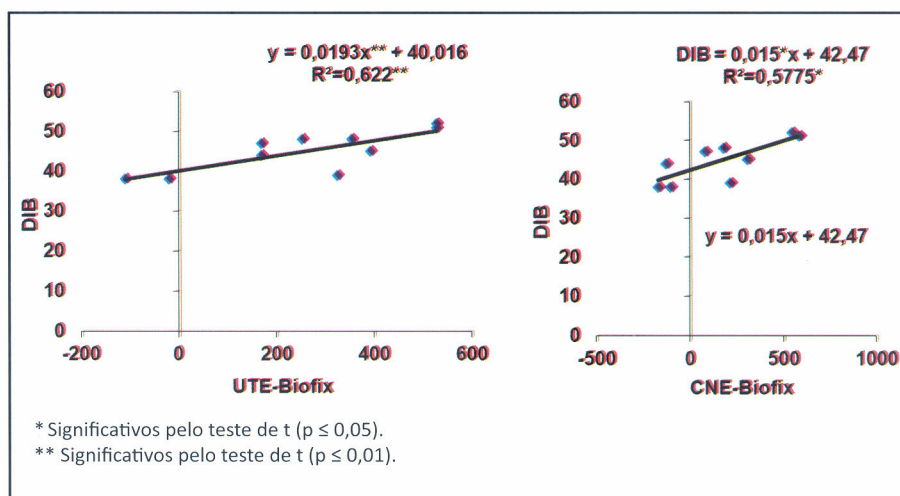


Figura 4. Relações lineares entre o número de dias até o início da brotação (DIB) e as unidades de frio acumuladas até a data biofix (4 de agosto), obtidas através dos modelos de (A) Utah modificado e (B) Carolina do Norte modificado, durante a série histórica entre 1984 e 1993. Bento Gonçalves, RS

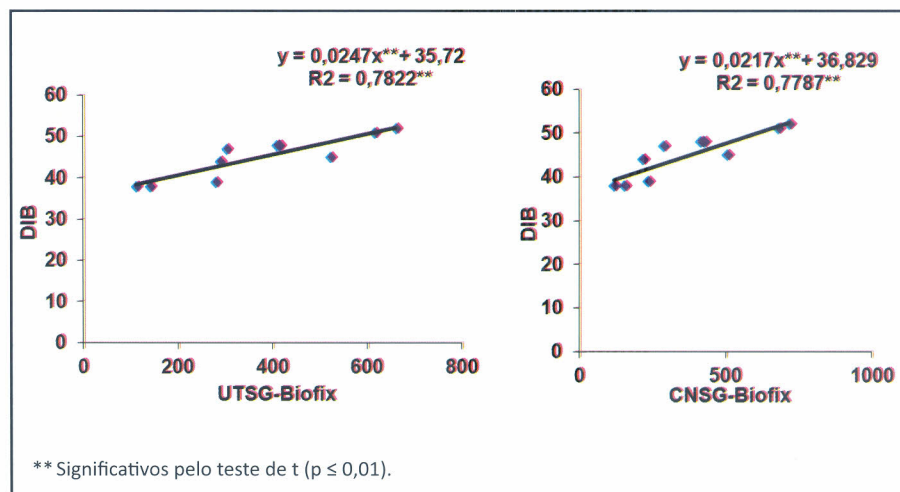


Figura 5. Relações lineares entre o número de dias até o início da brotação (DIB) e as unidades de frio acumuladas até a data biofix (4 de agosto), obtidas através dos modelos de (A) Utah adaptado para a Serra Gaúcha e (B) Carolina do Norte adaptado para a Serra Gaúcha, durante a série histórica entre 1984 e 1993. Bento Gonçalves, RS.

Tabela 2. Dias até o início da brotação (DIB), estimativas das datas de brotação (Est) e seus respectivos resíduos (Res.) para o cultivar Cabernet Sauvignon obtidos através dos diferentes modelos. Bento Gonçalves, RS, período de 1984 a 1993

Ano	DIB	UT		CN		UTE		CNE		UTSG	
		Est.	Res.	Est.	Res.	Est.	Res.	Est.	Res.	Est.	Res.
1984	47	42,9	4,1	43,2	3,8	43,3	3,7	43,7	3,3	43,2	3,8
1985	38	43,3	-5,3	44,3	-6,3	39,6	-1,6	40,9	-2,9	39,2	-1,2
1986	38	41,7	-3,7	42,4	-4,4	37,9	0,1	39,9	-1,9	38,5	-0,5
1987	39	45,6	-6,6	43,4	-4,4	46,3	-7,3	45,7	-6,7	42,6	-3,6
1988	52	49,1	2,9	50,1	1,9	50,2	1,8	50,6	1,4	52,0	0
1989	45	48,4	-3,4	46,5	-1,5	47,6	-2,6	47,1	-2,1	48,6	-3,6
1990	51	49,0	2,0	50,4	0,6	50,2	0,8	51,2	-0,2	50,9	0,1
1991	44	40,9	3,1	39,4	4,6	43,3	0,7	40,5	3,5	42,9	1,1
1992	48	45,0	3,0	46,2	1,8	46,8	1,2	45,2	2,8	46,0	2,0
1993	48	44,0	4,0	44,1	3,9	44,9	3,1	45,2	2,8	45,8	2,2
DS ⁽¹⁾	5,19	2,99	4,23	3,4	3,93	4,1	3,19	3,94	3,37	4,57	2,41

Ano	DIB	CNSG		HF-7		HF-10		DIN	
		Est.	Res.	Est.	Res.	Est.	Res.	Est.	Res.
1984	47	43,1	3,9	44,5	2,5	44,7	2,3	45,2	1,8
1985	38	40,2	-2,2	41,1	-3,1	41,7	-3,7	38,0	0
1986	38	39,4	-1,4	37,2	0,8	36,6	1,4	38,0	0
1987	39	41,9	-2,9	45,4	-6,4	44,8	-5,8	45,4	-6,4
1988	52	52,4	-0,4	51,8	0,2	53,1	-1,1	52,7	-0,7
1989	45	47,8	-2,8	41,8	3,2	44,4	0,6	45,8	-0,8
1990	51	51,6	-0,6	49,8	1,2	49,4	1,6	48,8	2,2
1991	44	41,5	2,5	43,4	0,6	43,2	0,8	42,8	1,2
1992	48	45,8	2,2	47,3	0,7	46,3	1,7	45,6	2,4
1993	48	46,1	1,9	47,9	0,1	45,5	2,5	47,6	0,4
DS ⁽¹⁾	5,19	4,57	2,44	4,37	2,79	4,37	2,76	4,53	2,53

⁽¹⁾ Desvios-padrão amostrais.

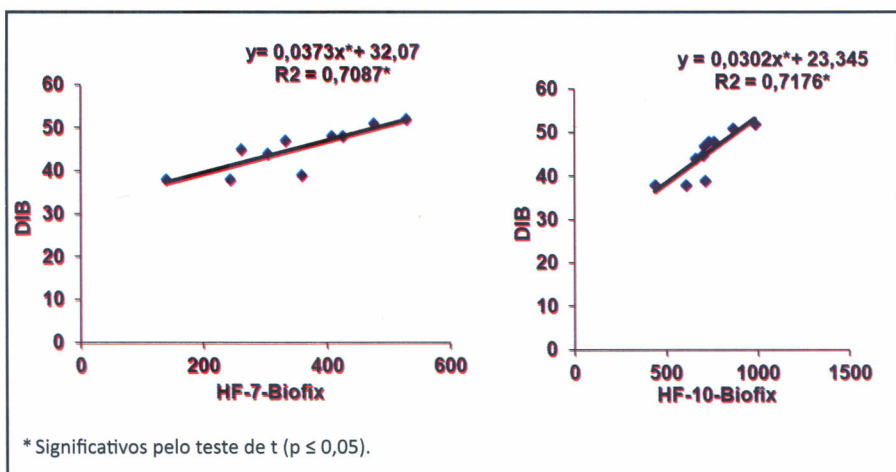


Figura 6. Relações lineares entre o número de dias até o início da brotação (DIB) e as unidades de frio acumuladas até a data biofix (4 de agosto), obtidas através dos modelos horas de frio (A) $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ e (B) $\leq 10^{\circ}\text{C}$, durante a série histórica entre 1984 e 1993. Bento Gonçalves, RS.

calculados até a data biofix e os DIBs desse cultivar por esses modelos (Figura 6). Os desvios-padrão entre os valores residuais foram de 2,79 e 2,76 dias respectivamente para HF-10 e HF-7. A análise comparativa entre esses métodos revela que são bastante similares para estimar os DIBs do cultivar (Tabela 2).

Analisando-se a relação linear entre os valores calculados pelo modelo Dinâmico e os DIBs foi obtido um coeficiente de determinação de 0,76 (Figura 7). No comparativo desse método com os demais, somente foram obtidos melhores resultados (resíduos menores) pelo modelos UTSG e CNSG.

Os desvios-padrão dos resíduos

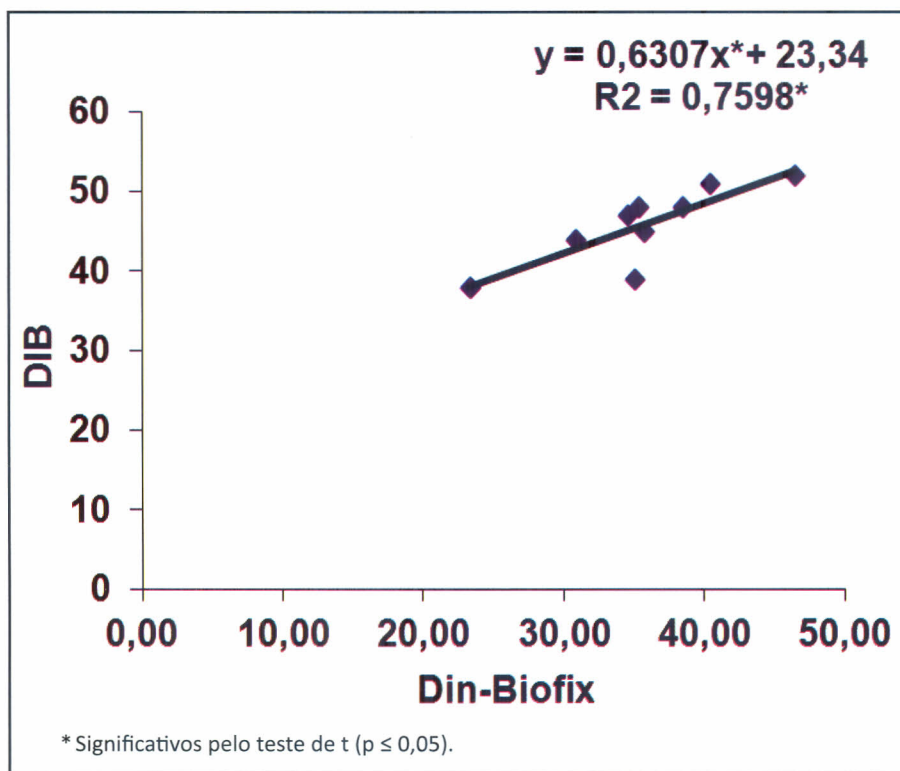


Figura 7. Relação linear entre o número de dias até o início da brotação (DIB) e as unidades de frio acumuladas até a data biofix (4 de agosto), obtidas através do modelo Dinâmico, durante a série histórica entre 1984 e 1993. Bento Gonçalves, RS.

entre os DIBs observados e os estimados pelas equações indicam o desempenho funcional de cada método para prever a brotação do cultivar. Existem diferenças marcantes entre os valores médios obtidos, que se devem ao comportamento individual das plantas em resposta ao ambiente, nesse caso, a temperatura do ar. A análise dos resultados mostra também que para o 'Cabernet Sauvignon' os melhores resultados foram obtidos pelos modelos UTSG e CNSG (2,41 e 8,67 dias) (Tabela 2).

Conclusões

Os modelos de Utah e da Carolina do Norte, adaptados para as condições climáticas da Serra Gaúcha, são os que estabelecem as estimativas mais acuradas para prever o início da brotação do cultivar Cabernet Sauvignon durante a série histórica entre 1984 e 1993. Entretanto, os modelos HF-7 e HF-10 tiveram desempenhos semelhantes aos primeiros e, em função da simplicidade destes, também se constituem como modelos adequados

para futuras pesquisas que buscam melhor entendimento da influência da temperatura sobre a fenologia dessas plantas.

Literatura citada

- EBERT, A. et al. First experiences with chill-unit models in Southern Brazil: Modelling in Fruit Research. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.184, p.74-86, 1986.
- EICHORN, K.W.; LORENZ, D.H. Phaenologische Entwicklungsstadien der Rebe. **European and Mediterranean Plant Protection Organization**, Paris, v.4, n.2, p.295-298, 1984.
- EREZ, A.; LAVEE, S. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v.96, n.6, p.711-714, 1971.
- EREZ, A. et al. Quantitative chilling enhancement and negation in peach

buds by high temperatures in a daily cycle. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v.104, n.4, p.536-540, 1979a.

- EREZ, A. et al. The effect of cycle length chilling negation by high temperatures in dormant peach leaf buds. **Journal American Society Horticulture Science**, Alexandria, v.104, p.573-576, 1979b.
- EREZ, A.; COUVILLON, G.A. Characterization of the influence of moderate temperatures on rest completion in peach. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.112, n.4, p.677-680, 1987.
- EREZ A. et al., Evaluation of winter climate for breaking bud rest using the Dynamic model. **Acta Horticulturae**, The Hague, n.232, p.76-89, 1988.
- PETRI, J.L. et al. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 1996. 110p. (Epagri. Boletim Técnico, 75).
- POLA A. C. et al. Previsão do início da brotação em macieira, cultivar Gala. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.7, n.4, p.24-28, 1994.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: set. 2007.
- RICHARDSON, E.A.; SEELEY, S.D.; WALKER, D.R. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. **HortScience**, Alexandria, v.1, p.331-332, 1974.
- SHALTOU, A. D; UNRATH, C. R. Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.108, p.957-961, 1983. ■