

Temperatura basal em plantas frutíferas: definições e aplicações

Rafael Anzanello



Pantanal Editora

2025



Rafael Anzanello

**Temperatura basal em plantas
frutíferas:
definições e aplicações**



Pantanal Editora

2025

Copyright© Pantanal Editora

Editor Chefe: Dr. Alan Mario Zuffo

Editores Executivos: Dr. Jorge González Aguilera e Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

Diagramação: A editora. **Diagramação e Arte:** A editora. **Imagens de capa e contracapa:** Canva.com. **Revisão:** O(s) autor(es), organizador(es) e a editora.

Conselho Editorial

Grau acadêmico e Nome

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu
Profa. Dra. Albys Ferrer Dubois
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu
Prof. Dr. Carlos Nick
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos
Prof. MSc. David Chacon Alvarez
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves
Prof. Me. Ernane Rosa Martins
Prof. Dr. Fábio Steiner
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto
Prof. MSc. João Camilo Sevilla
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira
Profa. Dra. Patrícia Maurer
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos
Prof. Dr. Tayronne de Almeida Rodrigues
Prof. Dr. Ugur Azizoglu
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira
Profa. Dra. Yilan Fung Boix
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

Instituição

OAB/PB
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã
UO (Cuba)
IF SUDESTE MG
Facultad de Medicina (Cuba)
ISCM (Cuba)
UFESSPA
UEA
UNEMAT
UFV
AJES
UFGD
UEMS
IFPA
UNICENTRO
IFMT
UFMG
URCA
ISEPAM-FAETEC
IFG
UEMS
UFF
(Colômbia)
UNAM (Peru)
IFRR
UCG (México)
Rede Municipal de Niterói (RJ)
UNMSM (Peru)
UFMT
SED Mato Grosso do Sul
UEMA
IFPR
Tec-NM (México)
Consultório em Santa Maria
UFJF
UEG
FAQ
UNAM (Peru)
SEDUC/PA
IFB
IFPA
UNIPAMPA
IFB
UO (Cuba)
UFMS
UFPI
UFG
UEMA
IFB
Sec. Mun. de Educação, Cultura e Tecnologia de Araripe
Universidade Kayseri, Türkiye
UFPI
FURG
UO (Cuba)
UFT

Conselho Técnico Científico
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior
- Esp. Maurício Amormino Júnior
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Ficha Catalográfica

Catalogação na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

A637t

Anzanello, Rafael

Temperatura basal em plantas frutíferas: definições e aplicações / Rafael Anzanello. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2025.

77p. ; il.

Livro em PDF

ISBN 978-65-85756-59-4

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756594>

1. Fruticultura – Fisiologia vegetal e fatores climáticos. I. Anzanello, Rafael. II. Título.

CDD 634.04

Índice para catálogo sistemático

I. Fruticultura – Fisiologia vegetal e fatores climáticos



Nossos e-books são de acesso público e gratuito e seu download e compartilhamento são permitidos, mas solicitamos que sejam dados os devidos créditos à Pantanal Editora e também aos organizadores e autores. Entretanto, não é permitida a utilização dos e-books para fins comerciais, exceto com autorização expressa dos autores com a concordância da Pantanal Editora.

Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).
<https://www.editorapantanal.com.br>
contato@editorapantanal.com.br

A disponibilidade térmica tem influência direta no crescimento e no desenvolvimento das plantas. Temperaturas elevadas aceleram o metabolismo vegetal, enquanto baixas temperaturas reduzem o crescimento e prolongam o ciclo das plantas. Em regiões com oscilação térmica anual acentuada, como no Sul do Brasil, as espécies frutíferas de clima temperado entram em dormência no outono/inverno, retornando a um ciclo vegetativo na primavera, ao se elevarem as temperaturas do ar.

Para completar cada subperíodo do ciclo vegetativo, as plantas necessitam de uma determinada soma térmica a partir da temperatura-base inferior (T_b). Entretanto, há pouca informação que mostre variação da T_b , considerando espécies e cultivares frutíferas. Dessa forma, esse trabalho objetivou determinar a T_b para genótipos contrastantes em precocidade de pessegueiro, ameixeira, videira, pereira e quivizeiro. O estudo mostrou que a T_b se diferencia entre espécies e cultivares frutíferas, sendo um importante fator a ser considerado para ajustes de modelos de fenologia, como fundamento para melhoria da sua precisão e aplicabilidade na agricultura.

O conhecimento da T_b é crucial para otimizar o planejamento agrícola, entender a influência do clima no desenvolvimento vegetal e desenvolver estratégias para enfrentar desafios como o aumento da frequência de eventos climáticos extremos.

Este material, — que é um relatório de Pós-Doutorado em Produção Vegetal, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. (96p.), Dezembro, 2014 —, é voltado, principalmente, para um público-alvo especializado, formado por pesquisadores, professores e estudantes de graduação e pós-graduação das áreas de agrárias e biológicas. A publicação busca entregar um conjunto de informações e recomendações sobre a definição e os efeitos da temperatura basal sobre plantas frutíferas e seus cultivos, resultantes de experimentação e validadas adequadamente. Com esse trabalho, espera-se contribuir na qualificação dos profissionais a entender melhor a relação clima-planta de cultivos agrícolas.

APRESENTAÇÃO.....	4
RESUMO	6
INTRODUÇÃO	7
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
Fruticultura de Clima Temperado no Brasil.....	13
Fenologia de frutíferas de clima temperado na Região Sul do Brasil	16
Dormência.....	16
Período vegetativo	20
Caracterização e variabilidade climática da região da Serra Gaúcha – Veranópolis e Bento Gonçalves	23
Modelos de relação clima-planta.....	25
Estimativas de acúmulo de frio	25
Estimativas de acúmulo de calor	27
MATERIAL E MÉTODOS	31
Temperatura-base inferior em frutíferas de clima temperado	31
Base de dados fenológicos	34
Base de dados meteorológicos	34
Horas de frio	34
Soma térmica (graus-dia)	35
Simulação do impacto das mudanças climáticas sobre a fenologia de espécies frutíferas de clima temperado.....	35
Análise estatística.....	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
Caracterização climática da região frutícola da Serra Gaúcha	37
Temperatura-base inferior das frutíferas de clima temperado.....	38
Modelagem da fenologia em frutíferas de clima temperado.....	47
Acúmulo de horas frio para a superação da dormência.....	47
Estimativa da fenologia a partir do acúmulo de soma térmica (graus-dia)	49
Estimativa da fenologia sob o impacto das previsões de mudanças climáticas.....	61
CONCLUSÕES.....	66
REFERÊNCIAS.....	67
ÍNDICE REMISSIVO	76
SOBRE O AUTOR.....	77

Para completar cada subperíodo do ciclo vegetativo, as plantas necessitam de uma soma térmica acumulada a partir da temperatura-base inferior (Tb). Há pouca informação que mostre variação da Tb, considerando espécies e cultivares de uma mesma espécie frutífera. O objetivo deste trabalho foi determinar a Tb para genótipos contrastantes em precocidade de pessegueiro, ameixeira, videira, pereira e quivizeiro, para acompanhamento da soma térmica e fenologia do ciclo vegetativo das culturas. Estacas das cultivares Tropic Beauty e Eragil (pessegueiro), Gulf Blaze e Letícia (ameixeira), Chardonnay e Cabernet Sauvignon (videira), Smith e Packham's (pereira) e Golden King e Hayward (quivizeiro) foram coletadas em pomares localizados no município de Veranópolis/RS, em 13/06/2014, com 0 horas de frio $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ (HF) a campo. As estacas intactas foram submetidas a 0°C por 1.008 HF em câmaras incubadoras para a superação da dormência, embaladas em filme plástico preto, e na sequência transferidas para as temperaturas de 2, 4, 6, 8, 10 e 12°C , em estacas de nós-isolados, para a indução e avaliação da brotação das gemas, por um período de 110 dias. Séries históricas de fenologia de 10 anos para as cultivares analisadas e dados meteorológicos dos locais de cultivo foram utilizados para determinação da soma térmica das frutíferas ao longo do ciclo vegetativo. Complementarmente, realizaram-se simulações da fenologia das plantas frutíferas, considerando diferentes cenários de aquecimento global (aumento na temperatura mínima do ar em 1°C , 3°C e $5,8^{\circ}\text{C}$). Os resultados mostraram a Tb se diferiu entre as espécies frutíferas de clima temperado. A Tb foi menor para cultivares precoces e maior para cultivares tardias, para todas as culturas. A Tb das cultivares frutíferas de clima temperado foi condicionada pelo grau de necessidade de frio do genótipo, sendo quanto maior a exigência em frio hibernal, maior a Tb da cultivar. Cultivares pertencentes a uma mesma espécie frutífera apresentaram soma térmica semelhante para finalizar o ciclo vegetativo, independente do seu grau de precocidade. A fenologia das plantas frutíferas respondeu mais ao tempo térmico (graus-dia) do que ao tempo cronológico (dias) para completar o ciclo vegetativo. O aquecimento global, com elevação da temperatura mínima do ar, provocou antecipação das fases fenológicas das plantas, reduzindo o número de dias para o término do ciclo vegetativo. A diferenciação da Tb entre genótipos é um importante fator a ser considerado para ajustes de modelos de fenologia, como fundamento para melhoria da sua precisão e aplicabilidade na agricultura.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade térmica tem influência direta no crescimento e no desenvolvimento das plantas. Temperaturas elevadas aceleram o metabolismo vegetal, enquanto baixas temperaturas reduzem o crescimento e prolongam o ciclo das plantas. Em regiões com oscilação térmica anual acentuada, como no Sul do Brasil, as espécies frutíferas de clima temperado entram em dormência no outono/inverno, retornando a um ciclo vegetativo na primavera, ao se elevarem as temperaturas do ar (Bergamaschi, 2007).

Durante o período vegetativo, as plantas respondem à temperatura do ar na forma de soma térmica, em graus-dia (Souza *et al.*, 2011; Cardoso *et al.*, 2012). Este modelo representa a integração das temperaturas efetivas para o crescimento das plantas, fixadas entre dois limites térmicos: as temperaturas-base inferior (T_b) e superior (T_B) (Bergamaschi, 2007). O limite inferior corresponde à temperatura, a partir da qual, o metabolismo vegetal é acionado e o limite superior corresponde à temperatura máxima permitida para realização da fotossíntese pelas plantas. Embora o modelo de graus-dia atenda ambos limites térmicos (T_b e T_B), desprezando períodos em que a temperatura estiver abaixo de T_b e acima de T_B , a maioria dos modelos considera para o cálculo do tempo térmico somente o limite inferior (T_b) (Arnold, 1959; Villa Nova *et al.*, 1972), quando aplicados às frutíferas nas condições do Sul do Brasil. Isto devido às temperaturas máximas do dia na região sul brasileira dificilmente ultrapassarem a temperatura-base superior das frutíferas temperadas (Lazzari, 2011) não excedendo, portanto, o limite térmico permitido para as plantas realizarem fotossíntese.

O conceito de tempo térmico ou graus-dia, obtido a partir da temperatura-base das culturas, reduz discrepâncias na caracterização do ciclo das plantas sob diferentes regimes térmicos, se comparada a dias de calendário (Day *et al.*, 2008). Para uma mesma espécie ou variedade, a duração das etapas fenológicas e do ciclo varia entre anos e locais, dependendo das condições térmicas do ambiente. A necessidade em graus-dia, por outro lado, tende a ser uniforme para um mesmo genótipo, em diferentes ambientes térmicos. Isto facilita a caracterização do padrão fenológico das plantas para diferentes locais e períodos, a menos que outros fatores possam interferir (Bergamashi, 2007). A soma de graus-dia que a planta necessita para completar parte ou todo o ciclo tem sido utilizada para caracterizar as fases fenológicas e/ou a produção das plantas (Schwartz, 2003). Este parâmetro permite conhecer as exigências térmicas das culturas e contribui para a definição antecipada das datas fenológicas, indicando o potencial climático da região para produção e permitindo o planejamento e manejo das atividades agrícolas (Miller *et al.*, 2001).

A definição da fenologia das plantas tem como principais aplicações: *i)* Subdivisão do ciclo: a localização no tempo das principais fases e subperíodos permite confrontar a ocorrência de eventos importantes com as respectivas condições de ambiente; *ii)* Determinação de exigências ecoclimáticas: em cada fase fenológica as plantas modificam suas exigências ecofisiológicas, em termos hídricos, fotoperiódicos, de calor ou frio; *iii)* Determinação de períodos críticos: ao longo do ciclo das plantas, há momentos (fases ou subperíodos) em que são mais intensas as influências do meio, durante os quais um estresse provoca prejuízos maiores e, às vezes, irreversíveis às plantas. *iv)* Classificação das cultivares segundo a precocidade: as espécies são classificadas de ciclo precoce, médio e tardio, conforme o início e duração do ciclo; *v)* Zoneamentos agroclimáticos: a elaboração dos zoneamentos relaciona a caracterização fenológica das espécies/cultivares e a disponibilidade climática das regiões; *vi)* Manejo de culturas: para o manejo da irrigação, manejo de pragas e doenças e de fertilizantes é necessário que se conheça com precisão as necessidades e sensibilidades das plantas, que variam conforme o seu estágio de desenvolvimento (Bergamaschi, 2007).

Em fruteiras de clima temperado, após ter a necessidade em frio suprida para a superação da dormência no outono-inverno, as gemas entram na fase de exigência em calor (Anzanello, 2012). Para Miller *et al.* (2001) cada subperíodo de desenvolvimento da planta tem seu requerimento total de calor, acima da temperatura-base inferior. A data para início do acúmulo de calor é conhecida como “biofix”. No caso das frutíferas de clima temperado esta data é quando ocorre o término da endodormência (dormência controlada pelo frio), em que as plantas param de contabilizar frio e iniciam a computar calor para o alcance da brotação, fase denominada de ecodormência. A data “biofix” também pode ser a data inicial de um subperíodo (ex.: *floração* à maturação), não importando o quanto de calor foi acumulado nas fases anteriores (Lazzari, 2011).

Os modelos de graus-dia aplicados às frutíferas, baseados na temperatura-base inferior, apresentam algumas limitações. Para a estimativa dos graus-dia considera-se, de modo geral, um único valor de temperatura-base inferior para as fruteiras de clima temperado, que é de 4,5°C, segundo Richardson *et al.* (1975). Para Scarpate (2007) é importante considerar a especificidade, tanto entre espécies, quanto entre cultivares de uma mesma espécie frutífera em relação ao parâmetro de temperatura-base, para ajuste e melhoria dos modelos para predição da fenologia. De acordo com Berlato & Sutilli (1976), modelos matemáticos podem ser falhos ao não discriminar a temperatura-base de cada espécie ou, classe de genótipo (precoce, intermediário e tardio), como fundamento para modelagem precisa da fenologia das plantas.

Putti *et al.* (2003) e Anzanello (2012) relatam a possibilidade de existir diferenças na temperatura mínima basal entre cultivares, contrastantes em exigência térmica, para uma mesma espécie frutífera. Isto porque observaram que cultivares de macieiras contrastantes em necessidade térmica na dormência mostram diferentes intervalos de temperaturas efetivas de frio, sendo maior (3 a 12°C) para genótipos de baixa

demanda de frio hibernal e menor (3 a 6°C) para àqueles com alta necessidade de frio. Com isso, sugerem que a temperatura-base, a partir da qual é computado calor pelas plantas, pode-se diferir entre cultivares com contraste de exigência térmica. Tal distinção resultaria em diferenças na necessidade de calor nos subperíodos fenológicos do ciclo vegetativo entre genótipos, se comparada à soma térmica calculada pela temperatura-base padrão das culturas.

A definição da temperatura-base inferior, aplicada às frutíferas, também está limitada por não considerar as respostas biológicas das plantas. Tal parâmetro deveria ser determinado por cunho experimental, ponderando a tradução biológica das plantas e não reportar-se exclusivamente à modelagem estatística, como àquela sugerida por Richardson *et al.* (1975). Para tais autores, a temperatura-base (4,5°C) foi resultante de uma estimativa, e não, de uma observação real obtida das plantas. Neste caso, a temperatura-base foi definida a partir do resultado de menor desvio-padrão que uma temperatura, escolhida a *priori*, confere à soma térmica de uma série de anos/experimentos avaliados (Arnold, 1959). O uso de métodos biológicos, além de representar as condições intrínsecas das plantas, permite isolar fatores ambientais, como os efeitos da temperatura do ar sobre os vegetais (Anzanello *et al.*, 2014b).

A caracterização da temperatura-base tem importância frente aos cenários de mudanças climáticas. O aquecimento global tende a elevar a temperatura do ar e causar alterações no acúmulo de graus-dia e, conseqüentemente, mudando a época de ocorrência das etapas fenológicas, com implicações no manejo das culturas (Chmielewski *et al.*, 2004). De modo geral, tem ocorrido adiantamento do ciclo devido às culturas acumularem mais soma térmica diária, acima da temperatura-base, pela elevação da temperatura média do ar. Conforme observado por Honjo (2004) a cultivar de pereira Kousui, no Japão, entre o período de 1970 e 2000, apresentou antecipação na floração em cerca de 15 dias. Em damasqueiro, Domergue (2001) observou antecipação na data da plena floração, entre 1984 e 2002, em cerca de 20 dias, na Alemanha. Em macieira, Legave *et al.* (2008) também observaram uma antecipação na data da floração nas últimas décadas na França. A antecipação da floração expõe as plantas a mudanças nas épocas que devam ser realizados os tratamentos culturais, assim como sujeita as plantas a maiores vulnerabilidades climáticas. O aquecimento global também implica em redução no número de horas de frio no período de outono-inverno, o que compromete a superação da dormência e a qualidade das fases fenológicas posteriores, especialmente no que diz respeito ao potencial e uniformidade de brotação e/ou floração das frutíferas (Anzanello, 2012).

No Brasil há poucas pesquisas que quantifiquem a influência da elevação da temperatura do ar na fenologia das fruteiras temperadas (Cardoso, 2011). Para a região Sul do país existem três cenários possíveis de ocorrência até o final do século, em termos de aquecimento do ar: um otimista, um pessimista e um muito pessimista, com previsões de aumento das temperaturas mínimas em 1°C, 3°C e 5,8°C, respectivamente (IPCC, 2007). Modelos ajustados à temperatura-base das frutíferas devem ser aplicados para prever de forma

fidedigna o comportamento dos genótipos cultivados, auxiliando estudos de previsão de cenários futuros, para a sustentabilidade e zoneamento das culturas. Embora inúmeros trabalhos de pesquisa tenham sido realizados associando a temperatura do ar com o desenvolvimento e/ou crescimento vegetal (Berlato & Sutili, 1976; Luchesi *et al.*, 1977; Althoff *et al.*, 1987), poucos se baseiam em prever a fenologia com a temperatura-base da espécie ou genótipo trabalhado, devendo-se esclarecê-la para, com isso, aumentar a precisão dos modelos de estimativa da fenologia.

Na Figura 1 organiza-se um fluxograma especificando a importância da definição da temperatura-base. Verifica-se que a temperatura-base é um importante fator para o cálculo da necessidade térmica que cada cultura/genótipo exige para completar o ciclo vegetativo/produtivo. Portanto, as diferenças que podem ocorrer entre genótipos de uma mesma espécie apresentam-se com grande impacto sobre a fenologia, implicações agronômicas e zoneamento dos cultivos.

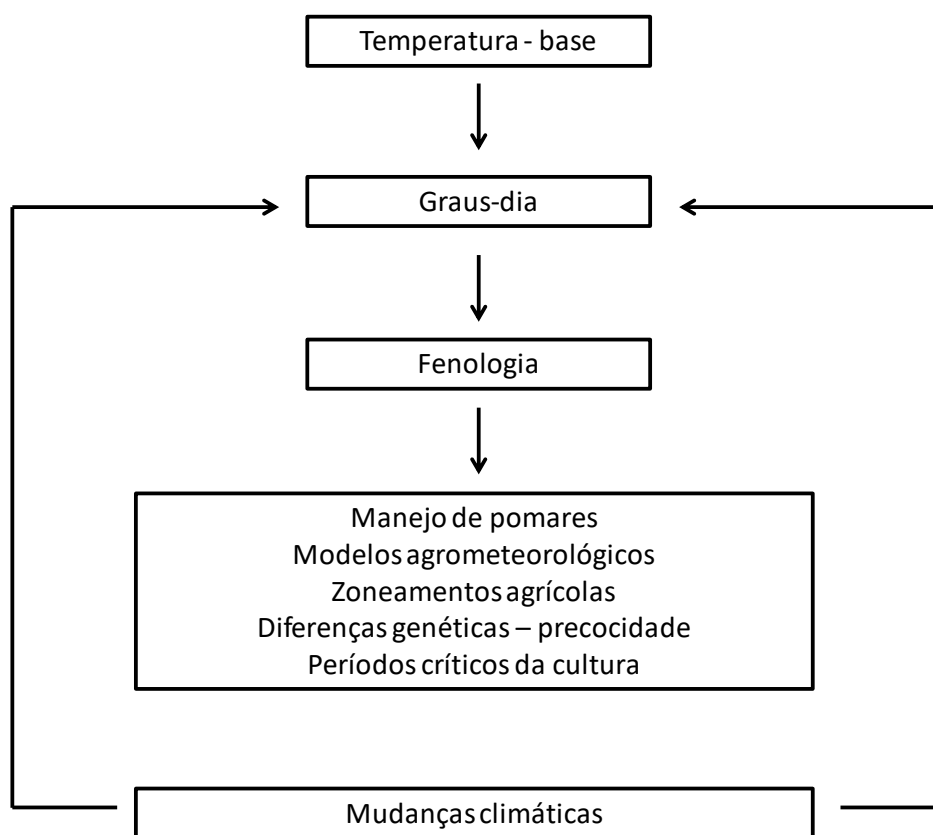


Figura 1. Fluxograma da influência da temperatura-base sobre a soma de graus-dia, fenologia e implicações agronômicas.

As hipóteses estabelecidas para este estudo foram as seguintes:

- A definição da temperatura-base, considerando o contraste de espécies e cultivares, permite definir se o parâmetro é variável apenas entre espécies frutíferas ou se alterna, também, entre cultivares.
- A definição da temperatura-base entre espécies e grupos de cultivares (precoces e tardias) permite desenvolver ou ajustar modelos mais precisos para a predição do ciclo vegetativo anual em frutíferas temperadas.
- A definição da temperatura-base, a partir da tradução biológica permite considerar com real precisão a temperatura que ativa o crescimento das plantas, se comparado aos modelos de estimativa estatística do parâmetro.
- A definição da temperatura-base inferior permite estimar os impactos das mudanças climáticas, considerando o aumento da temperatura do ar, sobre a fenologia, manejo e fisiologia das plantas.

O objetivo principal deste trabalho foi determinar a temperatura-base para genótipos de pessegueiro, ameixeira, videira, pereira e quivizeiro, para acompanhamento da soma térmica e fenologia do ciclo vegetativo das culturas, na região da Encosta Superior da Serra do Nordeste do RS.

Como objetivos específicos buscaram-se:

- Determinar a temperatura-base para cultivares precoces e tardias de pessegueiro, ameixeira, videira, pereira e quivizeiro em condições controladas;
- Tabular e organizar série histórica de dados fenológicos de cultivares de pessegueiro, ameixeira, videira, pereira e quivizeiro obtidas a campo;
- Determinar a duração média das principais fases fenológicas e o somatório térmico, em graus-dia acumulados, dos genótipos estudados;
- Modelar possíveis alterações advindas do aquecimento global sobre a fenologia das culturas frutíferas, com base na temperatura mínima basal e projeções de aumento da temperatura mínima do ar.

Como metas buscou-se:

- Determinar a temperatura-base de, pelo menos, uma cultivar de ciclo precoce e uma cultivar de ciclo tardia de pessegueiro, ameixeira, videira, pereira e quivizeiro em condições controladas;

- Datar as principais etapas fenológicas de, pelo menos, uma cultivar de ciclo precoce e uma cultivar de ciclo tardia de pessegueiro, ameixeira, videira, pereira e quivizeiro na região da Encosta Superior da Serra do Nordeste do RS;
- Determinar a duração média das principais fases fenológicas e a soma térmica de, pelo menos, uma cultivar de ciclo precoce e uma cultivar de ciclo tardia de pessegueiro, ameixeira, videira, pereira e quivizeiro;
- Desenvolver um modelo fenológico para predição da fenologia com base na temperatura mínima basal das culturas/genótipos em estudo e nos aumentos de temperatura do ar previstos para o Sul do Brasil.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

FRUTICULTURA DE CLIMA TEMPERADO NO BRASIL

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com uma produção de 40 milhões de toneladas ao ano, mas participa com apenas 2% do comércio global do setor, o que demonstra o forte consumo interno (Anuário Brasileiro de Fruticultura, 2010). A área plantada com frutas no País é de aproximadamente 1,9 milhão de hectares. As frutas que mais contribuem no volume total da produção brasileira são a Laranja, Banana, Abacaxi, Melancia e Mamão, que, juntas, somam aproximadamente 30 milhões de toneladas. Nesse contexto, a produção de frutas de clima temperado representa apenas 7,5 % (3,02 milhões ton) e 8 % (151.732 ha) da área total cultivada com frutíferas no Brasil (IBGE, 2009). No entanto, tais fruteiras são responsáveis por aproximadamente 37% do valor total das exportações de frutas do País. Esses valores demonstram a grande importância da fruticultura de clima temperado, principalmente nas exportações, as quais são necessárias para manter a balança comercial positiva, ou seja, com mais exportações do que importações.

As frutíferas de clima temperado estão distribuídas em 11 dos 26 estados brasileiros. O Rio Grande do Sul responde por aproximadamente 49,3 % do total produzido no País, seguido de Santa Catarina (23,2 %), São Paulo (10,3 %), Paraná (6,2 %), Pernambuco (5,3 %), Bahia (3,0 %) e Minas Gerais (1,8 %). Além desses, as frutíferas de clima temperado estão presentes no Estado do Rio de Janeiro, Paraíba, Mato Grosso e Goiás (Fachinello *et al.*, 2011).

A fruticultura participa diretamente na economia do País, e destaca-se pela importância da atividade no caráter econômico-social, sendo responsável pela geração de 5,6 milhões de empregos diretos, o equivalente a 27 % do total da mão de obra agrícola do País (Fachinello *et al.*, 2011). O setor de fruticultura está entre os principais geradores de renda, emprego e de desenvolvimento rural do agronegócio nacional. A atividade frutícola possui elevado efeito multiplicador de renda e, portanto, com força suficiente para dinamizar economias locais estagnadas e com poucas alternativas de desenvolvimento (Buainain & Batalha, 2007).

O aumento da área cultivada e da produção de frutas de clima temperado têm crescido no Brasil. Isso ocorreu principalmente devido à modernização e melhor gestão da propriedade rural e de todos os fatores de produção. Além disso, deve-se à adoção de tecnologias de baixo impacto ambiental, visando à qualidade, segurança do produto e preservação do meio ambiente. Deste modo, às exigências do mercado

consumidor brasileiro são atendidas e transpõe-se as rigorosas barreiras fitossanitárias impostas pelos países importadores (Fachinello *et al.*, 2011).

A partir de 1998, foi implantado no Brasil o sistema de produção integrada de frutas (PIF), destacando-se pela credibilidade conferida às frutas produzidas. Esse sistema de produção surgiu com o intuito de atender à necessidade de se obter um sistema de produção agrícola sustentável que pudesse proporcionar segurança ao produtor e ao consumidor, com rentabilidade. Além disso, a adoção de novas tecnologias de manejo cultural e a proteção das plantas possibilitaram incrementos significativos em produtividade das principais frutíferas de clima temperado. Muitas dessas tecnologias foram e são continuamente desenvolvidas, tanto pelas instituições públicas quanto pela iniciativa privada, sempre com o objetivo de propiciar aos fruticultores alternativas e soluções para os principais problemas, fomentando o sucesso de toda a cadeia produtiva da fruticultura de clima temperado (Fachinello *et al.*, 2011). Dentre as frutíferas de clima temperado de expressão no Sul do Brasil, as culturas da videira, pereira, pessegueiro, ameixeira e quivizeiro destacam-se pela importância no setor agrícola regional.

A produção de uvas representa 45 % da produção total e 64 % das exportações das frutas de clima temperado no País. Segundo Fachinello *et al.* (2011), no período de 1999 a 2009, a produção aumentou 433.990 ton (46,59 %) e a área 21.976 ha (37,01 %). A produção de uvas no Brasil é diferenciada de acordo a região de cultivo: no Sul, predomina o cultivo de uvas americanas e híbridas para fabricação de sucos e vinhos, e nas outras regiões, o cultivo de uvas americanas e europeias de mesa, tanto para o mercado interno, como para exportação. Os principais estados produtores de uva e suas respectivas participações na produção total são: RS (54,2 %), SP (13,6 %), PE (11,7 %) e PR (7,5 %). A produtividade média é de 16,9 ton ha⁻¹, variando no máximo em 2 ton ha⁻¹. No entanto, em algumas regiões, a produtividade é significativamente acima da média, como ocorre no Vale do São Francisco, em que a média é de 25 ton ha⁻¹ (IBGE, 2009), explicando deste modo o maior crescimento da produção (46,59 %) em relação ao aumento da área total (37,01 %). Esses resultados são compatíveis com o crescimento na exportação de uvas, representada principalmente pela uva de mesa (Buainain & Batalha, 2007).

O cultivo de pêras no País ainda é pouco expressivo, representando apenas 0,5 % do total de frutas de clima temperado produzido no País. Para Fachinello *et al.* (2011) a produção dessa fruta ao longo dos últimos anos decresceu 9,82 %, e a área colhida, 28,99 %. Além disso, destaca-se como a fruta fresca importada em maior quantidade, ou seja, aproximadamente 90 % da fruta consumida no país é importada, equivalente a 140.000 ton. Os principais exportadores de pêra para o Brasil são a Argentina, Portugal e USA, sendo responsáveis por 113 (82 %), 10 (7 %) e 9 (6,5 %) mil ton, respectivamente (FAO, 2011). É possível constatar que a cultura da pereira representa uma importante oportunidade de mercado. No entanto, problemas relacionados com o vigor das plantas, tipo de porta-enxerto, abortamento floral, insuficiência de

frio hibernal, falta de cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas, dentre outros, impedem a expansão da cultura no País.

A produção brasileira de pêssegos apresenta características diferentes de acordo com a região: no Rio Grande do Sul, predomina o cultivo de frutas para indústria e dupla finalidade, e nas demais regiões, predomina o cultivo de pêssegos para mesa. Para Fachinello *et al.* (2011), no período de 1999 a 2009, a produção de pêssegos aumentou em 64,69 %, e a área colhida diminuiu em 15,39 %. Esses resultados ocorreram principalmente em função do incremento na produtividade média, que passou de 5.833 kg ha⁻¹ em 1999, para 11.355 kg ha⁻¹ em 2009, ou seja, incrementou 94,67 %. Os principais estados produtores de pêssego são, em ordem decrescente, RS (65,1 %); SP (14,0 %); MG (11,8 %); PR (7,5 %) e SC (1,6 %). Os valores das quantidades de importações com frutas de caroço mantiveram-se estáveis para o pêssego nos últimos anos, com média de 10 ton ano⁻¹. As principais ações de pesquisa com frutas de caroço envolvem a criação, adaptação de cultivares que sejam resistentes a doenças, produzam frutas de qualidade e atenda ao gosto do consumidor em relação à coloração da epiderme, equilíbrio acidez/açúcar e tamanho, além de apresentarem resistência ao transporte e armazenamento.

A ameixa ocupa a 3ª posição nas importações de frutas frescas, conforme Fachinello *et al.* (2011). As importações são oriundas da Argentina (47,3 %), Espanha (25 %), Chile (21,3 %), USA (3,3 %), Itália (2,2 %) e Portugal (0,9 %) (Faostat, 2011). A área ocupada com ameixeira no Brasil é de 4.515 ha e uma produção de 63.381 ton ano⁻¹, sendo os principais estados produtores, em ordem decrescente, Santa Catarina, São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul e Minas Gerais, com participação percentual na produção em 23,77; 23,01; 21,86; 21,30 e 10,06 %, respectivamente com ameixas do grupo asiático. Em regiões com maior quantidade de frio, como acontece em São Joaquim-SC, e Vacaria, no Rio Grande do Sul, é possível cultivar ameixas de origem europeia. A perspectiva é que o aumento no cultivo desta espécie ocorra em regiões mais frias do Sudeste, principalmente para substituir as importações que ocorrem com esta espécie.

A cultura do quivi está concentrada principalmente na região Sul do País, porém a produção ainda é bastante restrita, devido a limitações tecnológicas que permitam o avanço da cultura (Fachinello *et al.*, 2011). Dessa forma, torna-se evidente a necessidade de importação dessa fruta para suprir a demanda do mercado interno. As principais regiões de cultivo dessa fruta são o Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná que, juntas, respondem por aproximadamente 80 % da fruta produzida. O avanço dessa cultura vem ocorrendo principalmente pela sua característica de rusticidade, pela adaptação às regiões de cultivo, pela colheita em época distinta as demais frutíferas, pela demanda interna, uma vez que aproximadamente 80 % da fruta consumida no País ainda é importada, e pelo potencial para exportações de frutas de alta qualidade. A ampliação do cultivo e a possibilidade de suprir as importações anuais dependem de políticas públicas de apoio à introdução e adaptação de novas cultivares e da aposta pelos produtores nesta espécie.

FENOLOGIA DE FRUTÍFERAS DE CLIMA TEMPERADO NA REGIÃO SUL DO BRASIL

A fenologia é uma ciência integrativa que estuda os eventos que ocorrem no ciclo de vida das plantas (Schwartz, 2003). Esses eventos são dependentes de condições meteorológicas, especialmente da temperatura. A fenologia de determinada espécie é um instrumento para detectar e medir o impacto das mudanças climáticas locais e globais no tempo e clima da biosfera (Roetzer *et al.*, 2000).

O conhecimento da fenologia desempenha importante função, pois permite a caracterização da duração das etapas de desenvolvimento das culturas ao longo do tempo, especialmente relacionando-as às variações estacionais, sendo uma ferramenta na interpretação da interação da cultura com as condições climáticas vigentes.

Os eventos fenológicos variam entre anos devido à oscilação dos elementos climáticos. Alguns estudos vêm sendo realizados buscando avaliar a fenologia e adaptação de cultivares de frutíferas no Brasil (Putti & Petri, 2002; Soster & Latorre, 2007; Oliveira *et al.*, 2010a; Oliveira *et al.*, 2010b). Em climas temperados e subtropicais, as frutíferas caducifólias se caracterizam por apresentar um repouso hibernar bem definido, denominado dormência, sucedido por um período vegetativo.

DORMÊNCIA

Diferentes tipos de dormência de gemas são observados em espécies frutíferas de clima temperado, sendo classificadas em paradormência, endodormência e ecodormência (Lang *et al.*, 1987). Na paradormência, a inibição da gema é regulada por fatores fisiológicos e externos à estrutura afetada, causada por outra parte da planta. Como exemplo disso, tem-se a dominância apical, em que o meristema apical exerce uma inibição correlativa sobre as gemas axilares, através do fluxo basipetal do fitormônio auxina (Lavee & May, 1997). Neste caso, quando as gemas são isoladas e colocadas em condições adequadas, podem brotar normalmente. A paradormência ocorre quando as plantas estão metabolicamente mais ativas, o que corresponde às fases fenológicas de crescimento e produção, nos meses mais quentes do ano (Figura 2).

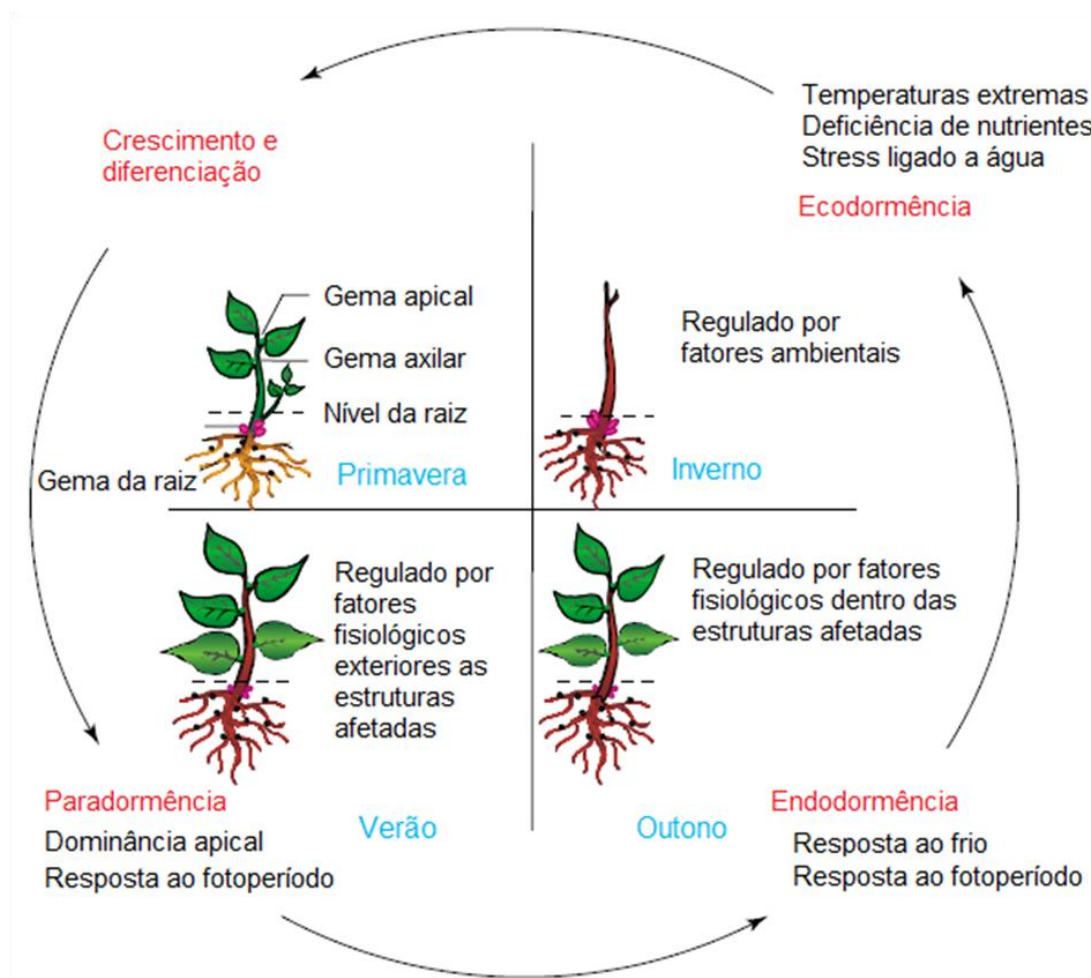


Figura 2. Diagrama dos sinais e estações típicas do ano, correspondentes aos diferentes tipos de dormência vegetal. Adaptado de Horvath *et al.* (2003).

Na endodormência, estabelece-se a percepção de um estímulo ambiental (baixas temperaturas e/ou diminuição na duração do comprimento dos dias), durante o outono e inverno, gerando uma condição fisiológica que paralisa o crescimento da planta (Figura 2). Para Pouget, citado por Martínez de Toda (1991), a entrada da endodormência se expressa quando o crescimento não pode ser induzido, mesmo que removida a inibição correlativa. Portanto, a endodormência plena ocorre quando há uma profunda redução das atividades metabólicas das gemas, e a superação deste processo acontece somente depois de terem sido satisfeitas as necessidades intrínsecas de frio das gemas. Destaca-se que a demanda de frio para superação da endodormência é uma característica genética e variável entre genótipos (Petri *et al.*, 2006).

A quantidade de frio requerida para superar a dormência varia de acordo com a espécie e a cultivar frutífera (Braga & Steckert, 1987; Hauagge & Cummins, 1991; Herter *et al.*, 2001; Citadin *et al.*, 2002; Putti *et al.*, 2006). A definição das exigências térmicas das cultivares frutíferas e a disponibilidade de frio das regiões

produtoras são de suma importância para subsidiar a escolha de genótipos com melhor adaptação climática, bem como para auxiliar os produtores quanto à necessidade de aplicação de insumos químicos para a superação da dormência (Erez, 2000). Desta maneira, foi criado o conceito de “horas de frio”, o qual se entende como o somatório do número de horas iguais ou inferiores a um determinado valor de temperatura, durante o outono e inverno. Este somatório é a quantidade de frio requerida para determinada cultivar sair da endodormência. Durante este período, ocorrem alterações metabólicas específicas (Horvath *et al.*, 2003), que são proporcionais ao tempo de exposição ao frio e atuam como registro das condições ambientais envolvidas nesta fase.

Dentre as espécies frutíferas de clima temperado, a macieira (*Malus* spp.) e a pereira (*Pyrus* spp.) são as de maior necessidade de frio hibernal, para que a brotação e produção ocorram em níveis adequados, seguido do quivizeiro, videira e frutíferas de caroço. Para Simão (1971), a exigência de frio das espécies frutíferas pode alcançar até 1.400 horas de frio no outono e inverno. Para cultivares contrastantes de frio pertencentes a uma espécie frutífera, tem-se o registro de 1.000 HF para ‘Hayward’ e 300 HF para ‘Golden King’ em quivizeiro (Silveira *et al.*, 2012), 150 HF para ‘Chardonnay’ e 450 HF para ‘Cabernet Sauvignon’ em videira (Santos *et al.*, 2011), 400 HF para ‘Smith’ e 840 HF para ‘Packham’s’ (Anzanello, 2014c), 200 HF para ‘Gulf Blaze’ e 600 HF para ‘Letícia’ em ameixeira (Simonetto *et al.*, 2012), 150 HF para ‘Tropic Beauty’ (Dalbó *et al.*, 2012) e 550 HF para ‘Eragil’ em pessegueiro (Frutplan, 2013). Normalmente, busca-se obter genótipos com baixo requerimento de frio hibernal para superar a dormência, mas, ao mesmo tempo, elevada necessidade em horas de calor para o início da brotação/floração, como estratégia de seleção em programas de melhoramento genético (Egea *et al.*, 2003). Essa combinação permitiria desenvolver cultivares adaptadas a invernos amenos, pois contemplaria o atraso do início da brotação, diminuindo os riscos de perdas da produção provocadas por geadas tardias ou primaveris.

Como o frio de outono e inverno influencia diretamente a capacidade de brotação das gemas, é fundamental que se conheça a quantidade de frio que cada cultivar precisa para a superação da endodormência, de forma a garantir a brotação, a floração e a produção de frutos em níveis satisfatórios (Petri *et al.*, 2006). Para Anzanello *et al.* (2010), as temperaturas mais altas (9 e 12°C) são mais efetivas para superação da dormência em cultivares de menor exigência de frio, se comparadas as cultivares de maior demanda de frio hibernal, que requerem temperaturas de 3 a 6°C. Erez & Couvillon (1987), mostram que o frio contínuo a 8°C é mais eficiente na superação da dormência do pessegueiro, enquanto que a 14°C são ineficientes. Segundo Putti *et al.* (2003) a temperatura efetiva para acumular frio varia entre cultivares, podendo chegar até 15°C para cultivares de menor exigência em frio. Isto demonstra que a variabilidade genética entre diferentes cultivares limita a determinação das necessidades de frio, se não forem conhecidas às temperaturas efetivas para superar a dormência em cada cultivar.

Na ecodormência, a ausência de desenvolvimento da gema é provocada por condições ambientais desfavoráveis. Temperaturas extremas, deficiência de nutrientes e estresses hídricos mantêm a gema em estado quiescente, embora a mesma esteja fisiologicamente apta para se desenvolver e iniciar a brotação (Horvath *et al.*, 2003). Esta dormência ocorre no início do ciclo de crescimento (Figura 2), após a superação da endodormência, quando as gemas dependem da disponibilidade de temperaturas altas e hidratação (chuvas) na primavera para retomar o seu ciclo de crescimento (Rohde & Bhalerão, 2007). Normalmente, o início da brotação e/ou floração é dado pelo acúmulo de horas de calor acima da temperatura-base inferior, registradas do final da endodormência ao início do ciclo vegetativo.

Uma planta pode estar, simultaneamente, sob diferentes estádios de dormência, visto que há uma grande diversidade de estado fisiológico na população de gemas das plantas (Faust *et al.*, 1997). Em função disto, não existe um momento fixo que delimita os diferentes tipos de dormência, mas sim uma contínua transição de estado ao longo do tempo que resulta em momentos com maior predomínio de um tipo de dormência sobre os demais (Figura 3). Nos momentos de coexistência entre os tipos de dormência em uma mesma planta, os quais se manifestam principalmente no outono e na primavera, é que podem ocorrer as maiores variações de respostas, pois nestas estações as plantas estão metabolicamente mais ativas, em relação ao período de inverno (Figura 3). Com o acúmulo de frio durante a fase hiberna, a paradormência é reprimida (com a paralisação do crescimento) e a endodormência é elevada até um momento de máxima inibição da brotação, sendo então suprimida pela exposição contínua ao frio e pelo aumento gradual da ecodormência. Neste momento, está indicado o período de retomada da habilidade de crescimento, de forma natural, com a supressão geral da endodormência e da ecodormência (se as condições ambientais favorecerem) ou de forma artificial, respondendo a agentes químicos ou físicos que estimulam a brotação (Figura 3). Nesta representação gráfica fica evidente a necessidade de haver a superação quase que completa da endodormência, para que os tratamentos químicos para a superação da dormência sejam eficazes.

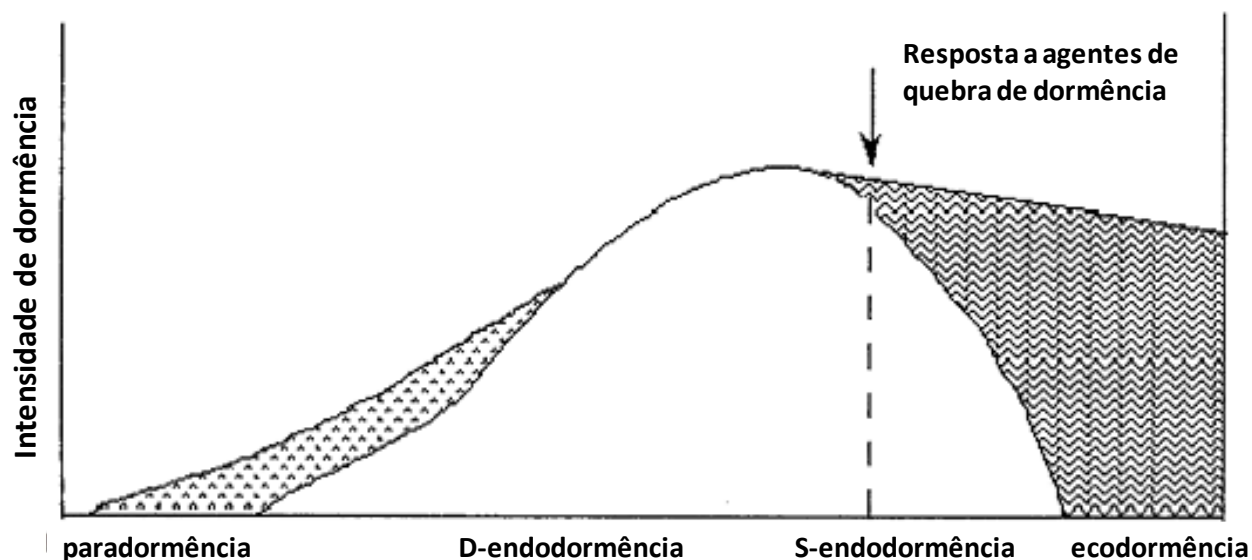


Figura 3. Representação esquemática da progressão da dormência em gemas. Adaptado de Faust *et al.* (1997). Área hachurada acentuada: paradormência; Área não hachurada: endodormência; Área hachurada ondulada: ecodormência.

Período vegetativo

Após satisfeita a exigência de frio da planta durante a endodormência, esta necessita de um acúmulo de calor para iniciar a brotação e completar o ciclo vegetativo. O início do ciclo vegetativo ocorre no final do inverno ou início da primavera, dependendo da cultivar, à medida que ocorre aumento da temperatura do ar. Quando da retomada do crescimento vegetativo, os processos fisiológicos das plantas são acelerados sob condições de temperatura e umidade elevadas. As exigências de calor durante essa fase são medidas em unidades térmicas ou graus- dia (Anzanello, 2012).

Camargo (1984) comenta que o crescimento e desenvolvimento das plantas estão associados às temperaturas basais (ou temperaturas-base), que representam os limites superior e inferior para o crescimento/desenvolvimento dos vegetais. As temperaturas basais podem ser definidas como sendo a temperatura abaixo (temperatura-base inferior) ou acima (temperatura-base superior) da qual a planta não se desenvolve e se o fizer, será abaixo de seu potencial. Scarpare (2007) afirma também que cada espécie e cultivar podem variar em relação ao parâmetro de temperatura-base e que o mesmo pode variar com a fase fenológica da planta, sendo comum, entretanto, a adoção de um valor médio para todo o ciclo da cultura, por ser de fácil aplicação. A temperatura-base superior, normalmente, é desprezível para as frutíferas cultivadas no Sul do Brasil, uma vez que dificilmente as temperaturas do ar superam o limiar térmico das plantas (Lazzari, 2011).

Para Scarpore (2007), há pouca informação que mostrem variação no parâmetro de temperatura-base inferior, considerando contraste de espécies e cultivares de uma mesma espécie frutífera, sendo este um importante fator a ser investigado para ajustes nos modelos de fenologia. O primeiro registro de temperatura-base inferior é datado por Richardson *et al.* (1975), os quais determinaram 50°F ou 4,5°C como a temperatura-base genérica para o cálculo de unidades de calor em frutíferas temperadas. Mais tarde, outros autores se dedicaram à investigação das temperaturas basais, não apenas considerando um valor genérico para as frutíferas, mas sim, discriminando o parâmetro para diferentes espécies.

Hidalgo (1980), Pedro Junior *et al.* (1994) e Nagata *et al.* (2000) definiram a temperatura-base de 10°C como a mais adequada para a caracterização das exigências térmicas do ciclo da videira. Para a pereira *Pyrus communis*, Spiegel-Roy & Alston (1979) definiram a temperatura basal para o crescimento de 4,5°C. Para as frutíferas de caroço, Marra *et al.* (2002) encontram a temperatura-base de 7°C para o ciclo vegetativo do pessegueiro e Souza *et al.* (2011) definiram a temperatura-base inferior por subperíodo fenológico da cultura, sendo: da poda à brotação de 8°C; da brotação ao florescimento de 10°C; do florescimento à frutificação de 12°C e na maturação de 14°C. Para a ameixeira *Prunus salicina*, Rodriguez (1995), definiu a temperatura-base de 5°C, próxima a observada por Bogataj & Bergant (2005) que encontraram 6°C como a temperatura basal da cultura. Para o quivizeiro, Kurker & Salinger (1987) estimaram em 7,5°C a temperatura-base e Green (2007) definiram em 10°C a temperatura abaixo da qual o crescimento da cultura é desprezível ou nulo.

Vários modelos têm sido propostos para estimar o acúmulo de calor necessário para o crescimento das plantas após a dormência considerando a temperatura basal da cultura (Erez & Lavee, 1971; Richardson *et al.*, 1975; Schwartz *et al.*, 1997). Embora os registros existentes de temperatura-base para as diferentes espécies frutíferas, o requerimento de calor é expresso usualmente em graus-dia usando 4,5°C como a temperatura basal mínima. Werner *et al.* (1988) e Gibson & Reighard (2002) recomendam cautela nas comparações e interpretações usando as temperaturas-base registradas em literatura, uma vez que elas não foram obtidas experimentalmente e, sim, de modo estatístico, como descrito no item 2.4.2.

Em relação à caracterização da temperatura basal entre cultivares de uma mesma espécie, Degrand-Hoffman *et al.* (1996) apontam que cultivares de amendoeira que florescem cedo tendem a apresentar temperaturas basais menores que àquelas que florescem mais tarde. Gianfagna & Mehlenbacher (1985) mostram que clones de macieira tardios são menos responsivos a temperatura de 10°C para o crescimento se comparados aos clones precoces, sugerindo que a temperatura basal pode ser mais alta em genótipos que florescem mais tardiamente. Dessa maneira, é importante definir a temperatura-base considerando os graus de precocidades ou maturação dos genótipos.

Para Taiz & Zeiger (2004), a temperatura dos órgãos vegetais tende a seguir a temperatura do ambiente em que a planta se desenvolve. A temperatura das folhas tem estreita relação com as respostas

fotossintéticas, durante o período vegetativo. A curva de resposta fotossintética à temperatura pode ser dividida em três categorias: sub-ótima, ótima e excessiva. Para as frutíferas de clima temperado, em geral, a taxa de fotossíntese em temperaturas abaixo de 20°C é menor do que aquela entre 25 e 30°C, devido tanto à baixa atividade das enzimas carboxilativas quanto à atividade fotoquímica. A fotossíntese cai, de forma mais intensa, a partir de temperaturas acima de 35°C e chega praticamente a zero a 45°C, em plantas C3. Além disso, via de regra, a partir de 35°C podem haver grandes limitações no *turnover* protéico, em função da desnaturação de proteínas. Para Kliewer (1981), altas temperaturas reduzem a assimilação de carbono através da instabilidade térmica de enzimas, dissecação de tecido e fechamento dos poros estomáticos. Além disso, acima de 35°C, a respiração aumenta numa taxa mais rápida do que a fotossíntese (Kliewer, 1981).

Para Mandelli (2002), a brotação, florescimento, polinização e desenvolvimento dos frutos são as fases fenológicas, normalmente, mais críticas para as frutíferas de clima temperado. Nestes períodos são determinados os componentes do rendimento. Para a retomada do ciclo vegetativo - brotação ou floração, conforme a espécie ou cultivar frutífera - a regularidade e o suprimento de frio necessário à demanda do genótipo é essencial para não ocorrer desuniformidade e/ou deficiência dos respectivos eventos fenológicos.

Na maioria das espécies frutíferas de clima temperado, o período de floração, compreendendo a polinização e fecundação dos órgãos florais, é decisivo para o desempenho produtivo das plantas. Sob condições normais de campo, a fertilização ocorre dois a três dias após a polinização. As temperaturas adequadas para a germinação e crescimento do tubo polínico estão na faixa dos 25 a 30°C. Estes dois processos são inibidos com temperaturas abaixo dos 15°C ou acima dos 35°C (Dokoozlian, 2000). A precipitação também interfere negativamente na polinização, impedindo uma adequada fertilização (Giovanini, 2008). Portanto, durante o período de floração, condições de altas temperaturas e pouca precipitação, são desejáveis para o alcance do potencial de produção.

O desenvolvimento de frutos e outros órgãos das plantas frutíferas estão positivamente relacionados a uma faixa de temperatura ótima, entre 25 e 30°C. Temperaturas acima da faixa ótima podem prejudicar a fotossíntese, reduzir o crescimento da parte aérea e raízes, além de afetar a qualidade dos frutos. Por outro lado, temperaturas extremamente baixas, no período de crescimento, podem limitar a qualidade comercial dos frutos, em longo prazo, dependendo do estágio da planta (Iuchi, 2006). Falta de chuvas no período de desenvolvimento dos frutos também pode comprometer o tamanho dos frutos, por reduzir a divisão e expansão celular vegetal (Taiz & Zeiger, 2004).

As condições climáticas também afetam a maturação, sendo que a radiação solar e a temperatura do ar os elementos mais importantes (Fregoni & Pezzutto, 2000). As baixas temperaturas de primavera e verão retardam a maturação. A exposição à radiação solar aumenta a coloração e o teor de açúcar em frutos (Mullins

et al., 2000). Frutos em partes fortemente sombreadas da planta são menores, com pouca coloração e menor teor de açúcar. Dias ensolarados, com temperaturas moderadas e sem excessos de precipitação pluvial são fundamentais para que a maturação ocorra normalmente e se produzam frutos sadios, com teores de açúcares e acidez equilibrados. A amplitude térmica, diferença entre a temperatura do dia e da noite, também é importante para a formação dos aromas e coloração da epiderme (Leite *et al.* 2002).

No final do ciclo vegetativo, a desfolha é a queda natural das folhas. É um processo gradual, na qual o ácido abscísico é responsável. Gradativamente, as folhas vão perdendo a clorofila e adquirem coloração amarelada. A respiração reduz e a transpiração cessa. Em seguida, as folhas se destacam e caem, sendo o fenômeno acelerado pela ação de patógenos, do vento, da chuva e das geadas (Mandelli, 2002).

CARACTERIZAÇÃO E VARIABILIDADE CLIMÁTICA DA REGIÃO DA SERRA GAÚCHA – VERANÓPOLIS E BENTO GONÇALVES

A região da Serra Gaúcha faz parte da região ecoclimática da Encosta Superior da Serra do Nordeste, no Estado do Rio Grande do Sul. Os principais municípios que compõem a região da Serra Gaúcha são Caxias do Sul, Farroupilha, Bento Gonçalves, Veranópolis, Carlos Barbosa, Garibaldi, Antônio Prado, Flores da Cunha, Gramado e Canela. Sua área de acordo com Fortes (1959) perfaz um total de 7.683 km². A formação geológica é o basalto. O relevo é ondulado a montanhoso. A região é recortada profundamente por rios que formam vales estreitos. As altitudes variam de 300 a 800 metros.

Por estar localizada numa zona temperada do Brasil, seu clima é oceânico, com invernos moderadamente frios, verões amenos e chuvas regularmente distribuídas ao longo do ano. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb - subtropical úmido com verões amenos. A temperatura média no mês mais frio é inferior a 18°C (mesotérmico) e a temperatura média no mês mais quente abaixo de 22°C. As temperaturas, com relativa frequência, ficam negativas e, eventualmente, podem ocorrer precipitações de neve. Fortes geadas, contudo, são frequentes no inverno. A precipitação ocorre em todos os meses do ano, não havendo estação seca definida.

Os municípios de Veranópolis e Bento Gonçalves são o foco para a caracterização das variáveis climáticas na região da Serra Gaúcha, pelo presente estudo relacionar dados meteorológicos e dados fenológicos de plantas frutíferas cultivadas nestes locais. Veranópolis e Bento Gonçalves ficam distanciados a 40 Km, na região da Serra Gaúcha. As condições climáticas dos municípios de Veranópolis e Bento Gonçalves foram descritas por Wrege *et al.* (2011) ao analisarem uma série de 30 anos de variáveis meteorológicas (1976 a 2005). Dentre as variáveis meteorológicas avaliadas, tem-se: temperatura do ar, precipitação pluviométrica, insolação e umidade relativa do ar.

A temperatura média anual de Bento Gonçalves e Veranópolis é de 20,5°C e 17,4°C, respectivamente. Para Bento Gonçalves, a temperatura média mensal varia de 12,7°C em julho a 21,9°C em janeiro, com médias anuais das mínimas e máximas de 13,3°C e 22,7°C, respectivamente. Em Veranópolis, a temperatura média mensal varia de 12,7°C em junho a 21,9°C em janeiro, com médias anuais das mínimas e máximas de 12,3°C e 22,4°C, sequencialmente. As horas de frio abaixo ou iguais a 7,2°C acumuladas de maio a setembro é de 327 para Bento Gonçalves e de 401 para Veranópolis (Wrege *et al.*, 2011).

A faixa de temperatura encontrada nestes municípios é de vital importância para as espécies frutíferas de clima temperado, dividindo seu ciclo em período de repouso, no outono/inverno, e período vegetativo, na primavera/verão. As espécies frutíferas temperadas têm o seu ciclo condicionado a determinados intervalos de temperatura, e são raramente limitadas pelas temperaturas encontradas na região. As horas de frio são compatíveis com a exigência de cultivares de baixo e médio requerimento, ficando abaixo do desejável para cultivares de maior exigência de frio. Para estas últimas, tratamentos para a superação da dormência fazem-se necessários para assegurar índices de brotação e floração satisfatórios.

A média anual de precipitação pluvial é superior a 1.600 mm, com cerca de 115 dias de chuva durante o ano para ambas as cidades. Os períodos mais chuvosos ocorrem no outono e inverno, porém a primavera e o verão apresentam também chuvas bem distribuídas. O regime hídrico atende adequadamente ao desenvolvimento das plantas e frutos, entretanto favorece o aparecimento de problemas fitossanitários e acarreta, muitas vezes, a colheita precoce de frutos, no intuito de evitar perdas ocasionadas por podridões. A sua falta, excesso ou distribuição irregular, embora pouco frequente no Sul do Brasil, é a principal causa de frustração de safras agrícolas, comprometendo a produtividade das plantas (Wrege *et al.*, 2011).

A umidade relativa do ar da região da Veranópolis e Bento Gonçalves é alta, ficando entre 70 a 80% durante o ano. A principal implicação da umidade relativa do ar na fruticultura é a sua interferência sobre a ocorrência de pragas e doenças nas plantas, sendo que quanto maior a umidade do ar, maior a tendência da ocorrência de problemas fitossanitários (Bergamin Filho *et al.*, 1995).

Em relação à radiação solar, a média desta variável para os municípios de Veranópolis e Bento Gonçalves encontra-se entre 13,5 a 14,5 MJ m⁻² dia⁻¹, sendo os períodos com maior insolação no verão, com aproximadamente 17,4 MJ m⁻² dia⁻¹, e menor no inverno com 8,8 MJ m⁻² dia⁻¹. O número de horas de insolação varia de 225 no verão e 163,5 no inverno. Esta variabilidade implica num maior número de dias nublados no inverno, o que é favorável ao período de dormência em fruteiras temperadas (Petri *et al.*, 2006) e uma maior quantidade de dias ensolarados no verão, trazendo melhor coloração aos frutos. Além disso, a maior radiação durante o período vegetativo é benéfica às plantas, já que é a principal variável meteorológica envolvida com a fotossíntese, responsável pelo crescimento e desenvolvimento dos vegetais (Taiz & Zeiger, 2004).

As variáveis meteorológicas, além de implicarem nas especificidades durante o ciclo das culturas frutíferas, é essencial para a adequação de locais e épocas de cultivo. A elaboração e o uso adequado de zoneamentos agroclimáticos consistem na melhor combinação entre as necessidades das plantas e as disponibilidades do ambiente (Bergamaschi, 2007). O zoneamento agroclimático de uma espécie frutífera tem como objetivo identificar regiões onde as necessidades climáticas da cultura são atendidas e, portanto, os riscos de insucesso são baixos. O zoneamento para o cultivo de frutíferas tomam como base, principalmente, o número de horas de frio igual ou abaixo de 7,2°C de maio a agosto para as culturas do pessegueiro, ameixeira e pereira (Herter *et al.*, 2002; Wrege *et al.*, 2006). Para a cultura da videira, além do número de horas de frio, o somatório de graus-dia, risco de geadas e balanço hídrico são considerados para a definição das áreas preferenciais para cultivo (Westphalen & Maluf, 2000). Para a cultura do quiveiro, não há zoneamento agroclimático registrado até o momento.

MODELOS DE RELAÇÃO CLIMA-PLANTA

Modelos agrometeorológicos, biometeorológicos ou bioclimáticos, nada mais são que estudos ou formas de análises qualitativas e quantitativas da ação dos elementos ambientais sobre o desenvolvimento vegetal (Braga, 1995). As condições ambientais que influenciam decisivamente o crescimento e/ou desenvolvimento vegetal são: temperatura (do ar e do solo), fotoperíodo, radiação solar e precipitação pluvial (disponibilidade de água no solo).

Devido ao número elevado de fatores ambientais, aliado à complexidade das interações envolvidas em qualquer estudo clima-planta, a grande maioria dos modelos fenológicos tem sido conduzida a partir da comparação do desenvolvimento vegetal com um simples elemento ambiental, notadamente, a temperatura média do ar (Brunini, 1975). Inúmeros trabalhos de pesquisa têm sido realizados neste sentido, relacionando a temperatura do ar ou do solo, ou o fotoperíodo, com desenvolvimento e/ou crescimento vegetal (Berlato & Sutili, 1976; Luchesi *et al.*, 1977; Althoff *et al.*, 1987).

Estimativas de acúmulo de frio

As pesquisas visando o entendimento matemático dos fatores envolvidos na superação da dormência, de modo direto e indireto, não são recentes. Dentre os métodos usados para estimar o acúmulo de frio necessário para a superação da dormência, o modelo de horas de frio abaixo ou iguais a 7,2°C durante o período de maio a setembro foi o primeiro a surgir (Weinberger, 1950). Este limiar térmico (7,2°C ou 45°F) vem sendo utilizado como um critério genérico, sendo o simples acúmulo aritmético do tempo (em horas) com temperaturas iguais ou inferiores a 7,2°C, amplamente utilizado em zoneamentos agroclimatológicos

para espécies frutíferas de clima temperado (Erez & Lavee, 1971; Angelocci *et al.*, 1979; Buriol *et al.*, 2000; Matzenauer *et al.*, 2005). Para determinadas espécies e/ou cultivares costuma-se, também, utilizar temperaturas iguais ou inferiores a 10°C para o cálculo de frio, especialmente para aquelas com menores necessidades de frio durante o período de dormência, como ‘Chardonnay’ (videira), ‘Eva’ (macieira); Gulf Blaze (ameixeira); ‘Pampeano’, ‘Premier’ e ‘Flor da Prince’ (pessegueiro), conforme descrito por Lazzari (2011).

Para Erez (2000), os princípios de que o requerimento em frio é quantitativo e pode ser mensurado pela exposição a determinado número de horas de frio, e de que existe uma temperatura crítica abaixo da qual o frio é efetivo na dormência, além da sua fácil aplicabilidade, são as principais contribuições estabelecidas pelo modelo de HF. Entretanto, em razão da constatação de que temperaturas acima de 7,2°C exercem influência na superação da dormência, sobretudo em espécies e cultivares de menor necessidade em frio (Couvillon & Erez, 1985), questionou-se a forma com que um processo fisiológico regulado internamente poderia estar relacionado a uma temperatura fixa para a sua superação. Dessa forma, novos métodos foram desenvolvidos com o passar do tempo, com objetivo de prever a superação da dormência em relação a uma faixa de temperatura mais ampla, denominados de modelos de unidades de frio.

Os modelos de unidades de frio se baseiam numa formulação passível de ser aplicada em anos com regimes diferentes de temperatura (Petri *et al.*, 2006). O modelo de Horas de Frio Ponderadas apresentado por Erez & Lavee (1971) estabeleceu que a temperatura mais adequada para acúmulo de frio em pessegueiro fosse de 6°C e que a temperatura de 10°C correspondesse a 0,5 unidade, para todas as espécies frutíferas e cultivares.

Decorrente dos estudos de Erez & Lavee (1971), Richardson *et al.* (1974) desenvolveram um modelo que atribui diferentes pesos às ações do frio em cada temperatura, propondo então o Modelo de Utah (*Utah chill-unit model*), para a cultura do pessegueiro. Esse modelo considera que temperaturas inferiores a 1,4°C e superiores a 12,5°C não são efetivas para a superação da dormência, sendo prejudiciais ao processo quando superiores a 16°C. Sendo assim, as temperaturas efetivamente funcionais estão situadas entre 1,5° e 12,4°C, com uma faixa ótima entre 2,5°C e 9,1°C. O balanço final de “unidades de frio” pode ser constantemente alterado, ora positivamente e ora negativamente, de acordo com a disponibilidade térmica do local.

Shaltout & Unrath (1983) desenvolveram modelo semelhante ao de Utah, denominado Modelo de Carolina do Norte, adaptado para cultivares de macieira. Este modelo possui uma curva de resposta mais suave entre a temperatura observada e o cálculo das “unidades de frio”. A faixa funcional está situada entre 1,6°C e 16,4°C, com pico máximo em 7,2°C. Temperaturas inferiores a 1,6°C não são efetivas e, a partir de 16,5°C, elas passam a anular os efeitos do frio de maneira progressiva até 23,3°C, permanecendo constante neste patamar, mesmo que ocorram valores superiores.

Em uma série de estudos, Ebert *et al.* (1986) adaptaram os modelos de Utah e Carolina do Norte para as condições do Sul do Brasil. Os autores modificaram os dois modelos, de forma que altas temperaturas resultassem em acumulação negativa de frio somente até 96 horas após a última unidade positiva de frio ter sido registrada. Desta forma, as unidades de frio acumuladas foram consideradas constantes até que novas unidades de frio positivas ocorressem. Os modelos foram correlacionados com a brotação da macieira em três locais, durante cinco anos. Para as condições do Planalto Catarinense as melhores correlações para datas e intensidade de brotação foram obtidas com o modelo de Carolina do Norte Modificado (Petri *et al.*, 2006).

Para Anzanello *et al.* (2014a) o efeito negativo das altas temperaturas durante a endodormência depende do tempo de exposição, sendo que o calor anula parcialmente o frio após um período de 36 horas contínuas durante o período de dormência. Estas evidências servem de base para ajustes de modelos matemáticos para predição da brotação, principalmente para regiões com frio hibernal ameno e irregular, como do Sul do Brasil.

Para a validação dos modelos de Utah e Carolina do Norte, Richardson *et al.* (1974) e Shaltout & Unrath (1983) consideraram o estágio de floração das frutíferas de clima temperado (pessegueiro e macieira) como marco fenológico a ser estimado. Para isso, foram comparadas datas de floração observadas a campo com datas de floração estimadas através do requerimento de frio para superação da dormência, baseado no cálculo de unidades de frio, acrescido ao requerimento de calor para ocorrência da floração, baseado no acúmulo de energia horária acima de 4,5°C após o término da dormência. Os modelos foram considerados precisos pelos autores, pelas diferenças encontradas entre as datas observadas e estimadas de floração ter sido próximas.

Estimativas de acúmulo de calor

Após o período de endodormência, o crescimento das frutíferas é diretamente influenciado pelo acúmulo de calor. Estudos nesta área foram iniciados por Réaumur, R. A. F. em 1730, citado por Braga (1995), o qual sugeriu que o somatório da temperatura média para uma etapa do desenvolvimento das plantas é constante, para cada espécie vegetal. Posteriormente, surgiu o conceito de graus-dia, também denominado de unidades térmicas, que considera a existência de uma temperatura-base, abaixo da qual a planta não se desenvolve e, se o fizer, é em escala muito reduzida (Berlato & Sutili, 1976).

Richardson *et al.* (1975) desenvolveram o modelo de estimativa do tempo de desenvolvimento das gemas, da saída de dormência ao pleno florescimento, avaliando o crescimento de pessegueiro em casa de vegetação através de “*Growing Degree Hours Celsius*” (GDH°C). As unidades de calor (GDH°C) foram calculadas subtraindo-se 4,5 de cada temperatura horária entre 4,5°C e 25°C. As temperaturas acima de 25°C

foram consideradas como sendo 25°C e, então, o maior acúmulo para uma hora foi de 20,5 GDH°C, não havendo acúmulo de calor em temperaturas iguais ou inferiores a 4,5°C. Esse estudo demonstrou que, embora o frio seja fundamental para a superação natural da dormência, nas demais etapas do desenvolvimento sua disponibilidade deixa de ser importante, em detrimento do calor, o qual passa a ser o fator que rege o desenvolvimento das plantas.

O conceito de graus-dia (GD) foi introduzido para superar inadequações no calendário para prever eventos fenológicos, bem como para auxiliar o zoneamento agroclimático das culturas. A disponibilidade térmica tem influência direta sobre o desenvolvimento fenológico das plantas, de tal forma que locais ou períodos mais quentes traduzem num desenvolvimento mais rápido das plantas (Bergamaschi, 2007).

Existem vários modelos usados para estimar o acúmulo de calor em plantas. O primeiro modelo a surgir foi o método residual, que consiste na diferença acumulada, durante o ciclo vegetativo ou subperíodo considerado, entre a temperatura média diária e a temperatura-base inferior, excluindo os dias em que a mínima basal for maior que a temperatura média (Arnold, 1959). Este modelo significa que as temperaturas extremas do ar não extrapolam os limites térmicos de adaptação da espécie. Abaixo segue a equação referencial do método residual:

$$GD = \sum_{i=1}^n T_m - T_b$$

onde T_m é a temperatura média do ar (°C), obtida a partir de 24 temperaturas horárias, e T_b é a temperatura-base inferior (°C).

A evolução dos modelos de soma térmica foi dada pelos trabalhos de Villa Nova *et al.* (1972), os quais propuseram a estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura-base inferior em função das temperaturas máxima e mínima, atendendo três situações, como seguem abaixo.

1° Caso: $GD = (T_m - T_b) + (T_M - T_m)/2$, para $T_m > T_b$;

2° Caso: $GD = (T_M - T_b)^2 / 2(T_M - T_m)$, para $T_m < T_b$

3° Caso: $GD = 0$, para $T_b > T_M$.

sendo GD graus-dia; T_M a temperatura máxima diária (°C).

A especificidade das equações para os diferentes casos, ponderando as situações em que a temperatura mínima basal é maior ou menor à temperatura mínima diária, acrescido de sua fácil aplicabilidade, conferem ao modelo proposto por Villa Nova *et al.* (1972) ampla utilização para o acúmulo de calor durante o ciclo vegetativo em plantas frutíferas, como descrito por Pedro Junior *et al.* (1993); Roberto *et al.* (2004) e Cardoso (2011).

Ometto (1981) apresentou as fórmulas para cálculo do somatório diário de graus-dia ou unidades térmicas, considerando duas temperaturas basais: mínima (T_b) e máxima (T_B). O modelo de Ometto é mais complexo, porém limita-se a conhecerem-se as temperaturas basais inferior e superior das plantas. Abaixo seguem as equações propostas por Ometto (1981):

$$1^\circ \text{ Caso: } GD = \left(\frac{T_M - T_m}{2} \right) + (T_m - T_b), \text{ para } T_m > T_b \text{ e } T_B > T_M;$$

$$2^\circ \text{ Caso: } GD = \frac{(T_M - T_b)^2}{2(T_M - T_m)}, \text{ para } T_m \leq T_b < T_M \text{ e } T_B > T_M;$$

$$3^\circ \text{ Caso: } GD = (T_m - T_b) + \frac{1}{2} \left[\frac{(T_M - T_m)^2 - (T_M - T_B)^2}{T_M - T_m} \right], \text{ para } T_m > T_b \text{ e } T_B < T_M;$$

$$4^\circ \text{ Caso: } GD = \left[\frac{(T_M - T_b)^2 - (T_M - T_B)^2}{2(T_M - T_m)} \right], \text{ para } T_m < T_b \text{ e } T_B < T_M;$$

$$5^\circ \text{ Caso: } GD = 0 \text{ para } T_M < T_b \text{ e } T_B > T_M;$$

sendo T_B a temperatura máxima basal ($^\circ\text{C}$).

A temperatura-base inferior e a temperatura-base superior, apresentadas na literatura para as diferentes espécies frutíferas temperadas, citadas no item 2.1.2, não foram obtidas experimentalmente, não levando em consideração a tradução biológica das plantas (Richardson *et al.*, 1975; Spiegel-Roy & Alston, 1979; Hidalgo, 1980; Kurker & Salinger, 1987; Pedro Junior *et al.*, 1994; Rodriguez, 1995; Nagata *et al.*, 2000; Marra *et al.*, 2002; Bogataj & Bergant, 2005; Green, 2007; Souza *et al.*, 2011). Tais determinações basearam-se numa equação proposta por Arnold (1959), o qual define a temperatura-base pelo método estatístico da menor variabilidade, consistindo na seguinte metodologia:

Numa série histórica de dados fenológicos (ex.: de 10 anos para uma determinada cultura) determina-se o somatório das unidades térmicas (graus-dia) para cada ano de cultivo, a partir de valores de temperatura-base escolhidas *a priori*. Por exemplo, valores simulados de Temperatura-base Inferior (T_b) de 1 a 20 $^\circ\text{C}$ e Temperatura-base Superior (T_B) de 30 a 40 $^\circ\text{C}$, de 0,5 em 0,5 $^\circ\text{C}$. A temperatura pré-determinada, dos 1 a 20 $^\circ\text{C}$ para T_b e dos 30 a 40 $^\circ\text{C}$ para T_B , que corresponder ao menor valor do desvio-padrão, em dias, para a série dos 10 anos em avaliação, é considerada a temperatura-base do vegetal em estudo. A fórmula utilizada é a seguinte:

$$S_d = \frac{S_{dd}}{x - t_b}$$

onde S_d é o desvio-padrão em dias; S_{dd} é o desvio-padrão, em graus-dia, para cada valor de temperatura-base, considerando a série dos 10 anos avaliados; x é a temperatura média do ar ($^\circ\text{C}$) para toda a série de dados de cultivo; e t_b é a temperatura-base ($^\circ\text{C}$).

Os impactos das mudanças climáticas globais, tendo como consequência o aumento da temperatura média em diversas regiões do planeta, tem estimulado a utilização e ajuste de modelos experimentais para prever o acúmulo de frio e calor e auxiliar no manejo de pomares comerciais (Chmielewski & Rötzer, 2001). Em países tradicionalmente produtores de frutíferas, a utilização de modelos matemáticos já permitiu comprovar alterações no desenvolvimento fenológico de cultivares, devido ao aumento da temperatura registrado nas últimas décadas (Legave *et al.*, 2008). Na França, os estudos de Legave *et al.* (2008) mostram que houve de 1989 a 2002, uma antecipação da floração em macieiras, em virtude do maior acúmulo térmico proporcionado pela elevação da temperatura, se comparado ao período de 1976 a 1988. Para a região Sul do Brasil, existem três cenários possíveis de ocorrência, até o final do século: aumento das temperaturas mínimas em 1°C, 3°C e 5,8°C (IPCC, 2007). Essas alterações do ciclo sugerem o desenvolvimento e ajuste de modelos para estimar projeções futuras de fenologia, em diferentes cenários de temperatura, advindos das mudanças climáticas.

MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir os objetivos propostos neste trabalho, a metodologia foi estruturada na definição da temperatura-base inferior em genótipos de pessegueiro, ameixeira, videira, pereira e quivizeiro, para subsidiar a modelagem da necessidade térmica durante o ciclo vegetativo das espécies frutíferas. Com o contraste de genótipos, possibilita-se uma maior amplitude de resposta da temperatura basal mínima das plantas em relação ao ambiente, sendo de grande valia como ferramenta da modelagem da fenologia.

TEMPERATURA-BASE INFERIOR EM FRUTÍFERAS DE CLIMA TEMPERADO

Estacas de ano de cultivares precoces (CP) e cultivares tardias (CT) de espécies frutíferas de clima temperado foram coletadas no período hibernar de 2014. As espécies e cultivares selecionadas foram: pessegueiro (CP - Tropic Beauty e CT - Eragil), ameixeira (CP - Gulf Blaze e CT - Letícia), videira (CP - Chardonnay e CT - Cabernet Sauvignon), pereira (CP - Smith e CT - Packham's) e quivizeiro (CP - Golden King e CT - Hayward). As estacas das cultivares de pessegueiro, ameixeira, pereira e quivizeiro foram coletadas em pomares experimentais pertencentes à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária – FEPAGRO Serra, em Veranópolis/RS, e as estacas das cultivares de videira foram coletadas em vinhedos comerciais, localizados no mesmo município.

As plantas de videira encontravam-se a campo conduzidas em sistema Y ou lira, enxertadas sobre porta-enxerto *Paulsen 1103*. As plantas de pereira encontravam-se enxertadas sobre *Pyrus caleriana* e conduzidas em líder central. As plantas de pessegueiro e ameixeira estavam enxertadas sobre *Capdeboscq*, sendo o sistema de condução em vaso ou taça. Já, as plantas de quivizeiro encontravam-se conduzidas em sistema de latada e enxertadas sobre a cultivar *Bruno*.

As estacas foram amostradas com 25 a 35 cm de comprimento, apresentando em média 6 gemas para as cultivares de videira e quivizeiro, 8 gemas para as cultivares de pereira e 30 gemas para as cultivares de pessegueiro e ameixeira. A amostragem foi realizada no dia 13 de junho de 2014 para todas as cultivares, com 0 HF a campo. Na seleção do material para coleta foram consideradas a maturidade das gemas (gemas bem fechadas), a sanidade e o vigor das estacas, priorizando aquelas com crescimento intermediário.

Após coletadas no campo, as estacas foram enroladas em feixes, umedecidas e armazenadas em sacos plásticos até o início do processamento. Em seguida, o material foi desinfestado, passando por um processo de limpeza composto sequencialmente de etanol 70% por 45-60 s, hipoclorito de sódio a 2,5% por 20 min e

três enxágues com água destilada. Após as estacas foram secas à sombra, por aproximadamente 30 min (Anzanello *et al.*, 2014b).

As estacas intactas foram organizadas em feixes de 20-25 unidades cada, embaladas com filme plástico preto de polietileno, e submetidas a um período prolongado de frio (1.008 HF) a 0°C, sem fotoperíodo, para a superação da endodormência, em câmaras incubadoras climatizadas, da marca Eletrolab, modelo EL202.

Após o período de frio, as estacas foram processadas pelo método biológico de estacas de nós-isolados (Herter, 1992; Balandier, 1992; Anzanello *et al.*, 2014b). As estacas foram fragmentadas em segmentos de 6 cm de comprimento, contendo apenas uma gema lateral na porção superior. Em seguida, as estacas foram plantadas em espuma fenólica umedecida, acondicionada em potes plásticos.

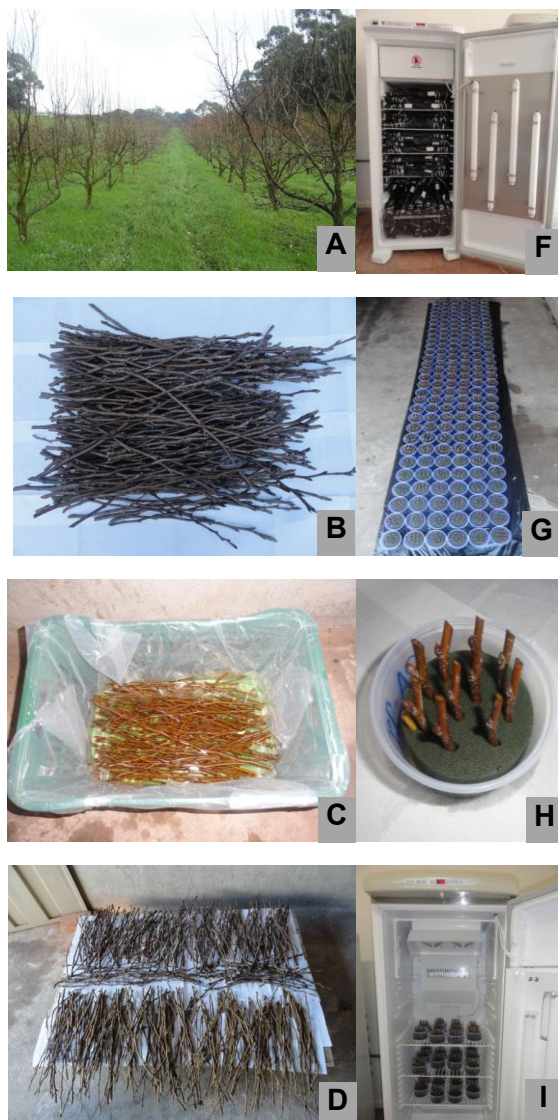




Figura 4. Metodologia para avaliação da temperatura-base. (A) Estacas amostradas de pomares; (B) Estacas coletadas com 25-35 cm de comprimento; (C) Desinfestação das estacas com álcool, hipoclorito de sódio e H₂O destilada; (D) Secagem do material; (E) Estacas embaladas com filme plástico para exposição ao frio de 0°C por 1.008 HF; (F) Estacas submetidas em câmaras incubadoras (0°C) para superação da endodormência; (G) Plantio das estacas (método de nós-isolados) em espuma fenólica; (H) Plantio de 10 estacas por parcela (pote); (I) Estacas submetidas a 2, 4, 6, 8, 10 e 12°C em câmaras incubadoras para definição da temperatura-base; (J) Brotação em estágio de ponta verde, por 110 dias. Veranópolis, RS, 2014.

Os potes com as estacas foram submetidos a seis níveis de calor (2, 4, 6, 8, 10 e 12°C), para determinação da temperatura efetiva de calor, em câmaras incubadoras, por um período de 110 dias, sem a presença de fotoperíodo. Para cada tratamento de calor se dispôs de três repetições (3 potes com 10 estacas). Assim, as câmaras incubadoras foram subdivididas em três prateleiras, sendo uma repetição acondicionada por prateleira. Isto visou controlar o efeito de diferenças na circulação de ar no interior das câmaras incubadoras.

Ao longo do período de avaliação (110 dias), as gemas foram avaliadas a cada 2 a 3 dias, anotando-se a data de brotação das mesmas em estágio de ponta verde (Carvalho *et al.*, 2010). Com os dados de brotação, processaram-se as variáveis de tempo médio para brotação das gemas, que representou o número médio de dias passados entre a instalação do experimento e a detecção do estágio de ponta verde; e a taxa final de brotação, que representou a porcentagem de estacas com gemas que atingiram o estágio de ponta verde (Carvalho & Biasi, 2012). As gemas floríferas do pessegueiro e da ameixeira não foram avaliadas, analisando-se apenas a gema vegetativa (gema central), para padronização com as demais culturas.

A irrigação das estacas nas câmaras incubadoras foi realizada adicionando-se em torno de 20 ml de água por pote a cada 48-72 horas. A reposição de água foi suficiente para saturar a espuma fenólica, evitando-se acúmulo de água livre no pote.

Ainda nas câmaras incubadoras, ao longo do experimento, preveniu-se o surgimento de doenças pela utilização de defensivos químicos a base de pirimetamil e tebuconazol (sistêmicos) e iprodiona e captan (contato), pulverizados na dosagem de 1,5 a 2,0 ml L⁻¹, exceto aquele à base de tebuconazol, cuja dosagem foi de 1,0 ml L⁻¹. A frequência de aplicação foi de 14 a 21 dias, intercalando-se os produtos de contato e sistêmico.

A sequência utilizada para definição da temperatura-base inferior é mostrada na Figura 4, da coleta a avaliação da brotação.

BASE DE DADOS FENOLÓGICOS

Uma base de dados fenológicos das cultivares listadas foi organizada para, associada da temperatura-base dos genótipos e dos dados meteorológicos correspondentes, quantificar a soma térmica (graus-dia) durante o ciclo vegetativo das frutíferas. A base de dados fenológicos foi composta pelas datas de brotação (50% de gemas brotadas), início da floração (10% de flores abertas), final da floração (100% de pétalas caídas), início da maturação (amolecimento da polpa e/ou alteração da cor da epiderme) e final da maturação (final da colheita). Os dados foram extraídos de cadernos de campo, coletados em pomares experimentais (tipo coleções), da FEPAGRO Serra (para as cultivares de pessegueiro, ameixeira, pereira e quivizeiro) e da EMBRAPA Uva e Vinho (para as cultivares de videira). Os registros de fenologia perfizeram um período de dez anos, compreendendo as seguintes faixas temporais: para os pessegueiros ‘Tropic Beauty’ e ‘Eragil’ de 2004 a 2013; para as ameixeiras ‘Gulf Blaze’ e ‘Letícia’ de 2001 a 2010; para as videiras ‘Chardonnay’ e ‘Cabernet Sauvignon’ de 1984 a 1993; para as pereiras ‘Smith’ e ‘Packham’s’ de 1991 a 2000; e para os quivizeiros ‘Golden King’ e ‘Hayward’ de 1997 a 2006.

BASE DE DADOS METEOROLÓGICOS

Para computar as horas de frio (item 3.3.1) e a soma térmica (graus-dia) (item 3.3.2) durante o ciclo vegetativo dos genótipos foram utilizados dados diários de temperatura mínima (T_m), média (T_{med}) e máxima do ar (T_M), registrados pela Estação Meteorológica da FEPAGRO Serra - Veranópolis e da EMBRAPA Uva e Vinho - Bento Gonçalves. O local e o período de coleta dos dados meteorológicos variaram conforme a espécie frutífera trabalhada, sendo utilizados os dados meteorológicos da Estação de Veranópolis para confrontar com os dados fenológicos de pereira, pessegueiro, ameixeira e quivizeiro e os dados meteorológicos da Estação de Bento Gonçalves para confrontar com os dados fenológicos de videira. Isto para poder relacionar o dado fenológico ao dado meteorológico do local de cultivo correspondente.

Horas de frio

A partir de temperaturas horárias sequenciais completas, foram calculadas as horas de frio abaixo ou iguais a $7,2^{\circ}\text{C}$ (Weinberger, 1950), de abril ao início da brotação de cada genótipo, para inferir o número aproximado de horas de frio que as cultivares necessitaram para a superação da dormência hiberna.

Soma térmica (graus-dia)

Considerando as fases fenológicas datadas no item 3.2, para o cálculo dos graus-dia atenderam-se os seguintes subperíodos fenológicos, para as culturas da videira, pereira e quivizeiro: da brotação ao início da floração; do início da floração ao final da floração; do final da floração ao início da maturação (colheita); do início da maturação ao final da maturação; da brotação ao final da maturação. Para as culturas do pessegueiro e ameixeira, pela floração anteceder à brotação, alterou-se os dois primeiros e o último subperíodo fenológico analisado, computando-se a soma térmica do início da floração à brotação; da brotação ao final da floração; e do início da floração ao final da maturação, sendo os demais subperíodos mantidos iguais. Os respectivos intervalos tiveram um acompanhamento com base no acúmulo de graus-dia, segundo metodologia proposta por Villa Nova et al. (1972).

$$GD = (T_m - T_b) + (T_M - T_m)/2, \text{ para } T_m > T_b;$$

$$GD = (T_M - T_b)^2 / 2(T_M - T_m), \text{ para } T_m < T_b$$

$$GD = 0, \text{ para } T_b > T_M.$$

sendo *GD* graus-dia; T_M a temperatura máxima diária (°C); T_m a temperatura mínima diária (°C) e T_b a temperatura-base (°C).

A soma térmica, em graus-dia, necessária para o alcance dos subperíodos fenológicos foi relacionada com a duração média das respectivas etapas, em dias, para comparar medidas distintas de acompanhamento do ciclo fenológico das espécies frutíferas.

SIMULAÇÃO DO IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOBRE A FENOLOGIA DE ESPÉCIES FRUTÍFERAS DE CLIMA TEMPERADO

A partir da base de dados meteorológicos e fenológicos (brotação, início da floração, final da floração, início da maturação e final da maturação) foi determinada a data média das respectivas fases fenológicas, acompanhadas da soma térmica média para o alcance das etapas e/ou subperíodos fenológicos correspondentes (tomando-se como referência a temperatura-base dos genótipos - item 3.1). Pelas projeções de aquecimento global para o Sul do Brasil (IPCC, 2007), foram geradas previsões futuras da época de ocorrência das etapas/subperíodos fenológicos das cultivares em estudo. A projeção de aumento das temperaturas mínimas em 1°C (otimista), 3°C (pessimista) e 5,8°C (muito pessimista) foi contabilizada a partir da data média da poda de frutificação (momento hipotético de final da endodormência das plantas), realizada nas frutíferas trabalhadas, em suas coleções presentes na FEPAGRO Serra e EMBRAPA Uva e Vinho.

Com tais previsões de mudanças climáticas, é possível gerar mapas com estimativas das alterações fenológicas das espécies frutíferas, permitindo analisar e discutir, inclusive, o impacto das mudanças climáticas nos zoneamentos agrícolas e as possíveis implicações futuras sobre o manejo das plantas.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados referentes à taxa de brotação final, referente à atividade 3.1, foram submetidos à análise de variância. Os resultados com diferenças significativas, pelo teste "F", tiveram suas médias submetidas ao teste de Tukey, ao nível de significância de 5 % de probabilidade. Os dados do inverso do número de dias para brotação (1/dias para brotação) foram inseridos em curvas de regressão, para definição da temperatura-base inferior das cultivares frutíferas. Para as variáveis relacionadas às horas de frio, graus-dia e duração, em dias, computadas durante as fases e/ou subperíodos fenológicos do ciclo das frutíferas (referentes às atividades 3.3.1 e 3.3.2), foi submetida à análise pela estatística descritiva, considerando medidas de tendência central (média) e medidas de dispersão (desvio-padrão e coeficiente de variação).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA REGIÃO FRUTÍCOLA DA SERRA GAÚCHA

A caracterização climática da região da Serra Gaúcha, incluindo os municípios de Veranópolis e Bento Gonçalves, para o período correlato à avaliação fenológica das frutíferas (1984 a 2013) é mostrada na Figura 5. A temperatura média, mínima e máxima, por constituírem-se nas variáveis analisadas para o estudo em questão (atividades 3.3 e 3.4), foram consideradas para o levantamento temporal.

Verificou-se que as temperaturas médias, mínimas e máximas para o período de 1984 a 2014 foram de 17,4°C, 13,3°C e 22,7°C. Em apenas 0,1% dos casos os valores absolutos das temperaturas máximas superaram a barreira dos 35°C, temperatura a partir da qual se começa a ter limitação mais intensa do crescimento das plantas C3, pela redução da atividade fotossintética (Taiz & Zeiger, 2004). Segundo Bergamaschi (2007), a temperatura-base superior das frutíferas encontra-se, geralmente, acima de 35°C, o que mostra que as condições de temperaturas máximas da Serra Gaúcha não são limitantes ao crescimento das plantas. O baixo percentual de temperaturas excessivamente altas na região da Serra Gaúcha, mostra também que o cálculo da exigência térmica das culturas (item 3.3) é referenciado corretamente, ao tomar-se como base apenas a temperatura-base inferior, como balizador do seu crescimento, conforme sugerido por Lazzari (2011).

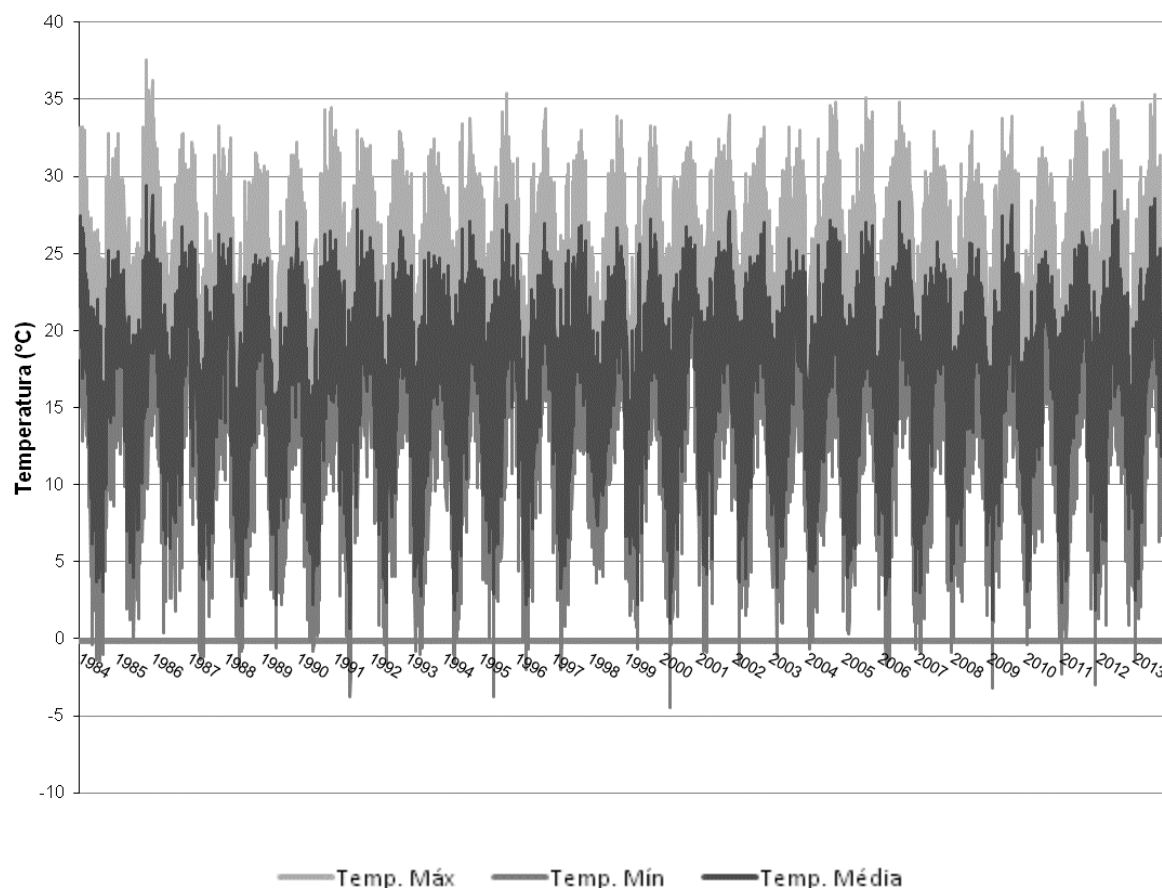


Figura 5. Distribuição temporal das temperaturas médias, máximas e mínimas durante o período de 1984 e 2013 na região da Serra Gaúcha, compreendendo os municípios de Veranópolis/RS e Bento Gonçalves/RS.

A distribuição das temperaturas ao longo do ano seguiu um comportamento sazonal, sendo os valores menores nas estações do outono/inverno e maiores nas estações da primavera/verão. As frutíferas de clima temperado apresentam, de modo geral, sua estação de crescimento diferenciada conforme a precocidade das cultivares. As cultivares precoces tendem a apanhar médias de temperaturas mais baixas ao longo do seu ciclo, se comparadas às cultivares tardias. Isto se deve as cultivares precoces, normalmente, terem seu ciclo iniciado ainda no período hibernal (inverno), com término ocorrendo na primavera ou no início do verão. Tal fato implica em diferenças no cálculo de acúmulo de graus-dia, acima da temperatura-base inferior, durante o ciclo dos cultivares, como será abordado adiante.

TEMPERATURA-BASE INFERIOR DAS FRUTÍFERAS DE CLIMA TEMPERADO

Para a avaliação da temperatura-base das cultivares frutíferas de clima temperado, são mostrados nas Figuras 6, 7, 8, 9 e 10 os resultados de porcentagem de brotação e do inverso do número de dias para brotação

das gemas quando submetidas às temperaturas de 2, 4, 6, 8, 10 e 12°C, após um período prolongado de frio de 1.008 HF a 0°C. Nas temperaturas que induziram a brotação das gemas, os percentuais obtidos foram acima de 80% para todas as cultivares (Figuras 6, 7, 8, 9 e 10, à esquerda). Para as temperaturas, consideradas abaixo do limiar de indução do crescimento das gemas, a brotação foi nula, mesmo após 110 dias de exposição. O inverso do número de dias para brotação (1/dias) integrada às diferentes temperaturas, resultou em gráficos de regressão linear para todas as cultivares (Figuras 6, 7, 8, 9 e 10, à direita), sendo a temperatura-base inferior dos genótipos definida na interseção da reta ao eixo x. Pela equação da reta, para o inverso do número de dias para brotação igual a zero, obteve-se a temperatura-base inferior, conforme metodologia adotada por Putti *et al.* (2000). Para tais autores, o inverso do número de dias para brotação igual a zero está relacionado ao marco inicial, a partir do qual, as plantas retomam o índice de desenvolvimento.

Para Law & Kelton (2000), fenômenos naturais, aplicados a uma variável dependente de escala achatada, se ajustam adequadamente às funções lineares. Diante disso, a regressão linear é um bom modelo para ajuste aos dados de brotação obtidos no presente estudo, cujos resultados foram alcançados numa faixa comprimida, de 2 a 12°C. Entretanto, tal regressão não deve ser extrapolada para uso com temperaturas extremas (acima ou abaixo do intervalo de estudo), uma vez que normalmente os processos biológicos não seguem funções lineares. Suas respostas às condições do ambiente e a própria evolução dos fenômenos, no tempo, são tipicamente não lineares. Assim sendo, em geral, os modelos lineares representam apenas simplificações dos processos biológicos (Bonhomme, 2000).

Para as cultivares de pessegueiro, a porcentagem de brotação obtida nas diferentes temperaturas (Figura 6, à esquerda) mostrou que a temperatura-base dos genótipos encontra-se na faixa de 2 a 4°C para a CP - Tropic Beauty e na faixa de 6 a 8°C para a CT - Eragil. Isto porque ocorreu brotação na temperatura superior, mas não na temperatura inferior, nas faixas consideradas, o que sugere que a temperatura-base que aciona o crescimento das plantas esteja situada dentro dos intervalos apontados. Pela equação da reta, da regressão linear, estimou-se a temperatura-base de 2,2°C para a cultivar Tropic Beauty e de 6,3°C para a cultivar Eragil (Figuras 6, à direita). Para a ameixeira, as respostas foram idênticas ao pessegueiro, sendo a temperatura-base encontrada na faixa de 2 a 4°C para a CP - Gulf Blaze e de 6 a 8°C para a CT - Letícia (Figura 7, à esquerda).

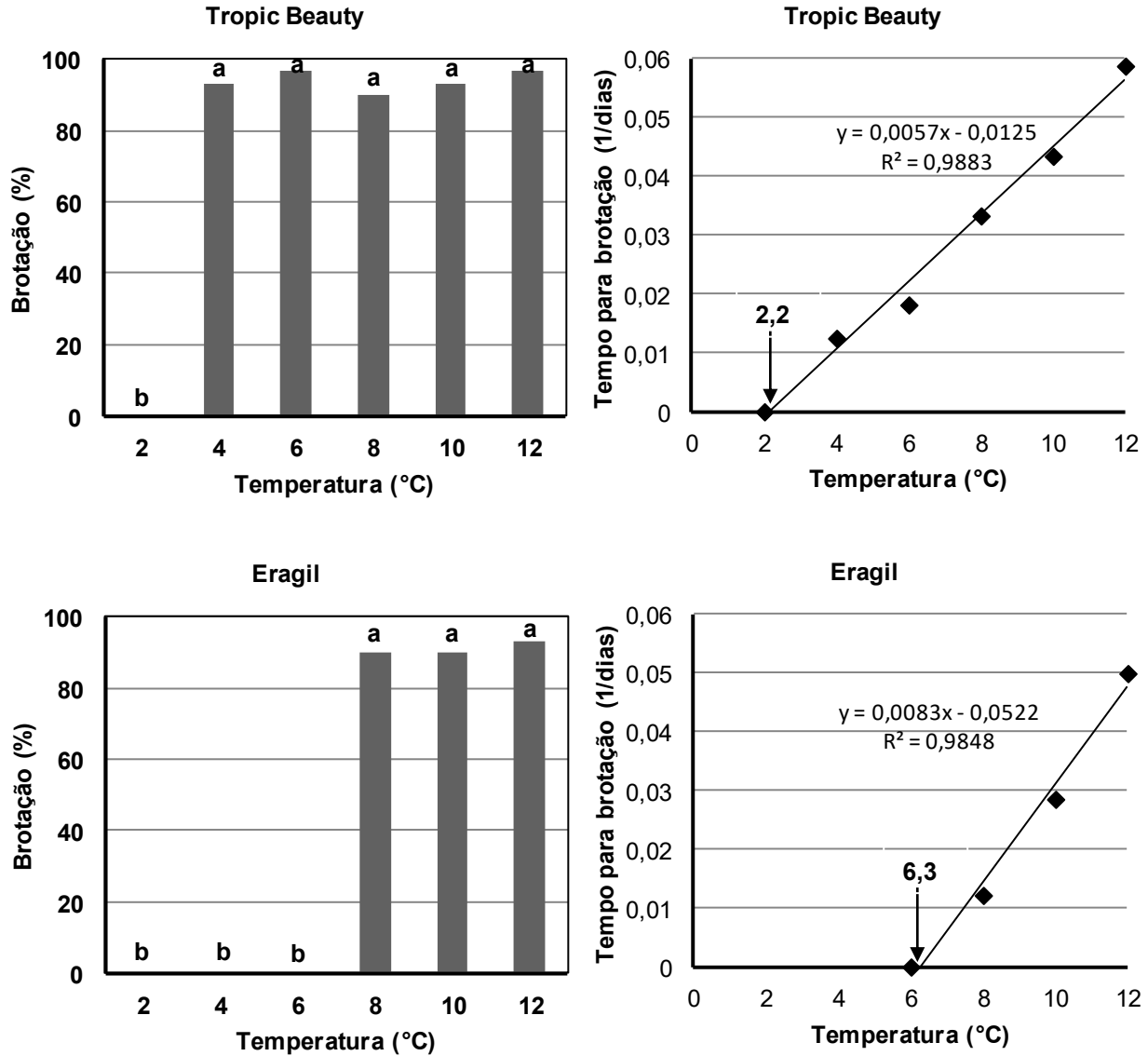


Figura 6. Brotação total (E) e curvas de regressão lineares (D) utilizadas para definição da temperatura-base inferior dos pessegueiros ‘Tropic Beauty’ e ‘Eragil’. As gemas foram submetidas às temperaturas de 2, 4, 6, 8, 10 e 12°C por 110 dias, após 1008 HF a temperatura de 0°C. Veranópolis, RS, 2014. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Neste caso, pela equação da reta, da regressão linear, atribui-se a temperatura-base de 2,2°C para ‘Gulf Blaze’ e de 6,2°C para ‘Letícia’ (Figura 7, à direita). Nota-se que para estas espécies frutíferas, a temperatura-base foi menor para as cultivares precoces e maior para as cultivares tardias, o que confere uma tendência diferencial a este parâmetro, imposta pelo grau de precocidade da cultivar frutífera. A temperatura basal encontrada para as cultivares tardias de pessegueiro e ameixeira de 6,3°C e 6,2°C, respectivamente,

aproxima-se dos resultados obtidos por Rodriguez (1995), Bogataj & Bergant (2005) e Marra *et al.* (2002), que obtiveram valores de temperatura-base inferior entre 5 e 7°C para frutíferas de caroço, de ciclo intermediário a tardio. Porém, são contrárias àquela sugerida por Richardson *et al.* (1975), que atribuem a 4,5°C o valor genérico da temperatura-base para as fruteiras de clima temperado.

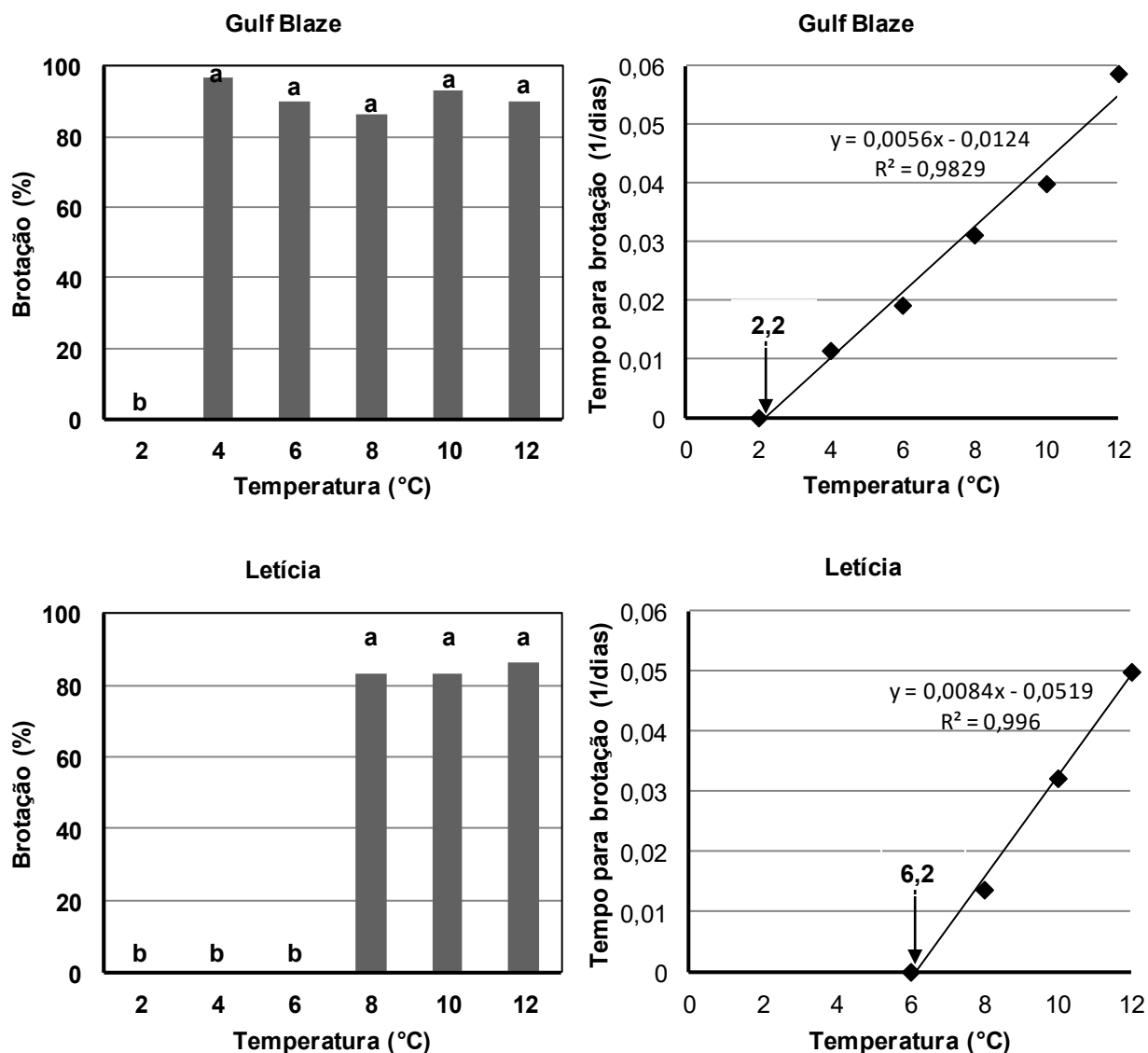


Figura 7. Brotação total (E) e curvas de regressão lineares (D) utilizadas para definição da temperatura-base inferior das ameixeiras ‘Gulf Blaze’ e ‘Letícia’. As gemas foram submetidas às temperaturas de 2, 4, 6, 8, 10 e 12°C por 110 dias, após 1008 HF a temperatura de 0°C. Veranópolis, RS, 2014. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

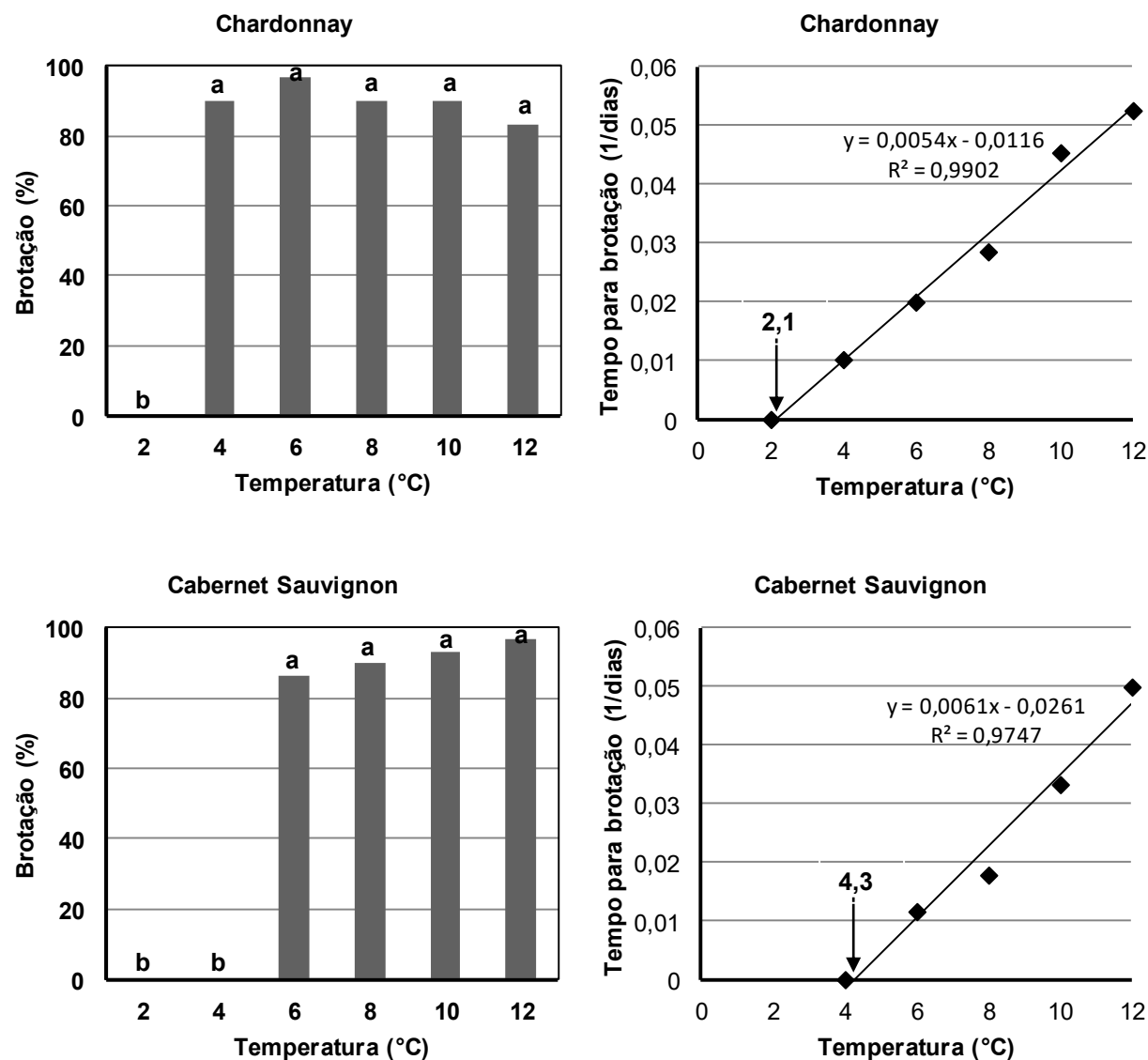


Figura 8. Brotação total (E) e curvas de regressão lineares (D) utilizadas para definição da temperatura-base inferior das videiras ‘Chardonnay’ e ‘Cabernet Sauvignon’. As gemas foram submetidas às temperaturas de 2, 4, 6, 8, 10 e 12°C por 110 dias, após 1008 HF a temperatura de 0°C. Veranópolis, RS, 2014. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

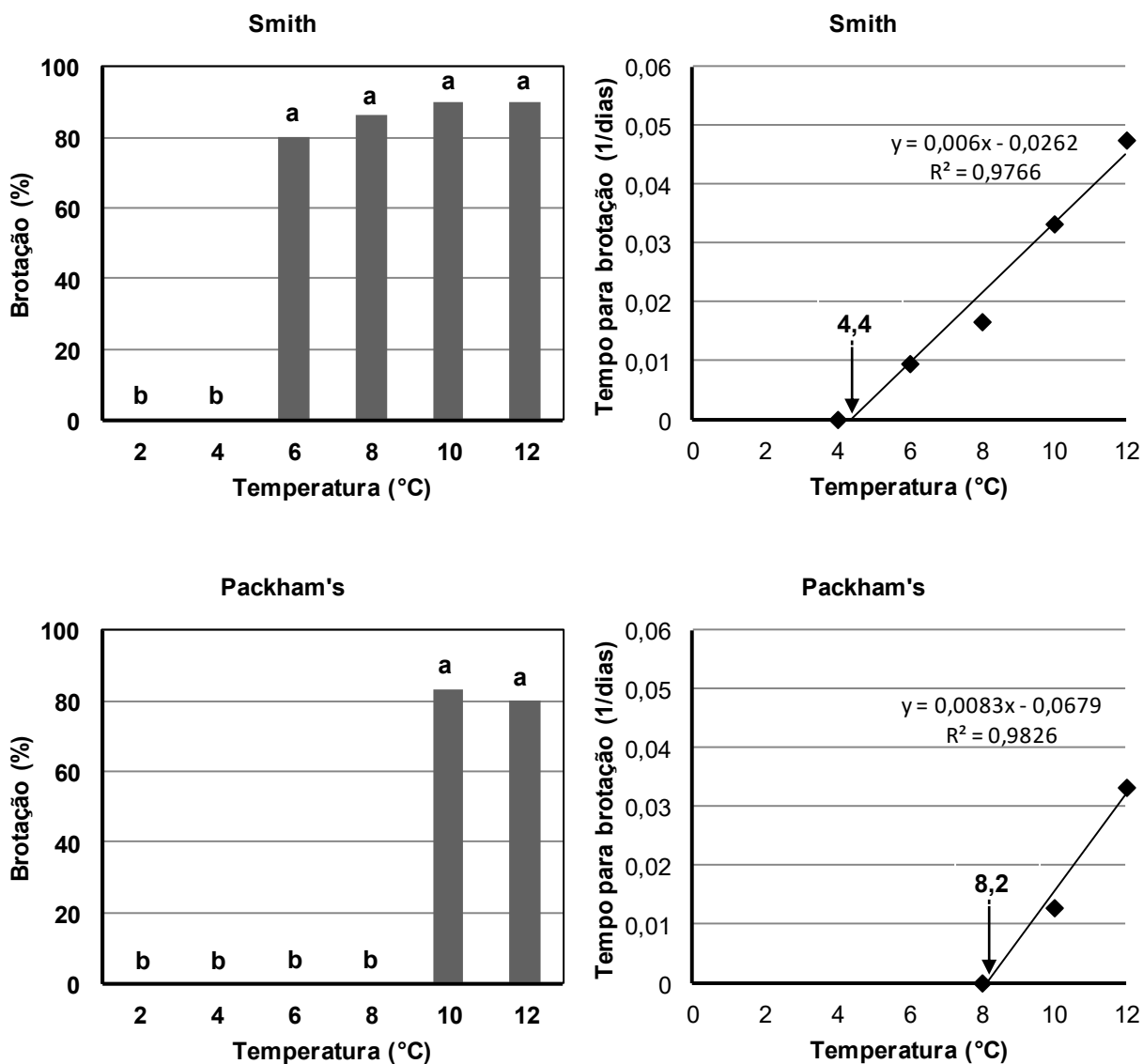


Figura 9. Brotação total (E) e curvas de regressão lineares (D) utilizadas para definição da temperatura-base inferior das pereiras ‘Smith’ e ‘Packham’s’. As gemas foram submetidas às temperaturas de 2, 4, 6, 8, 10 e 12°C por 110 dias, após 1008 HF a temperatura de 0°C. Veranópolis, RS, 2014. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

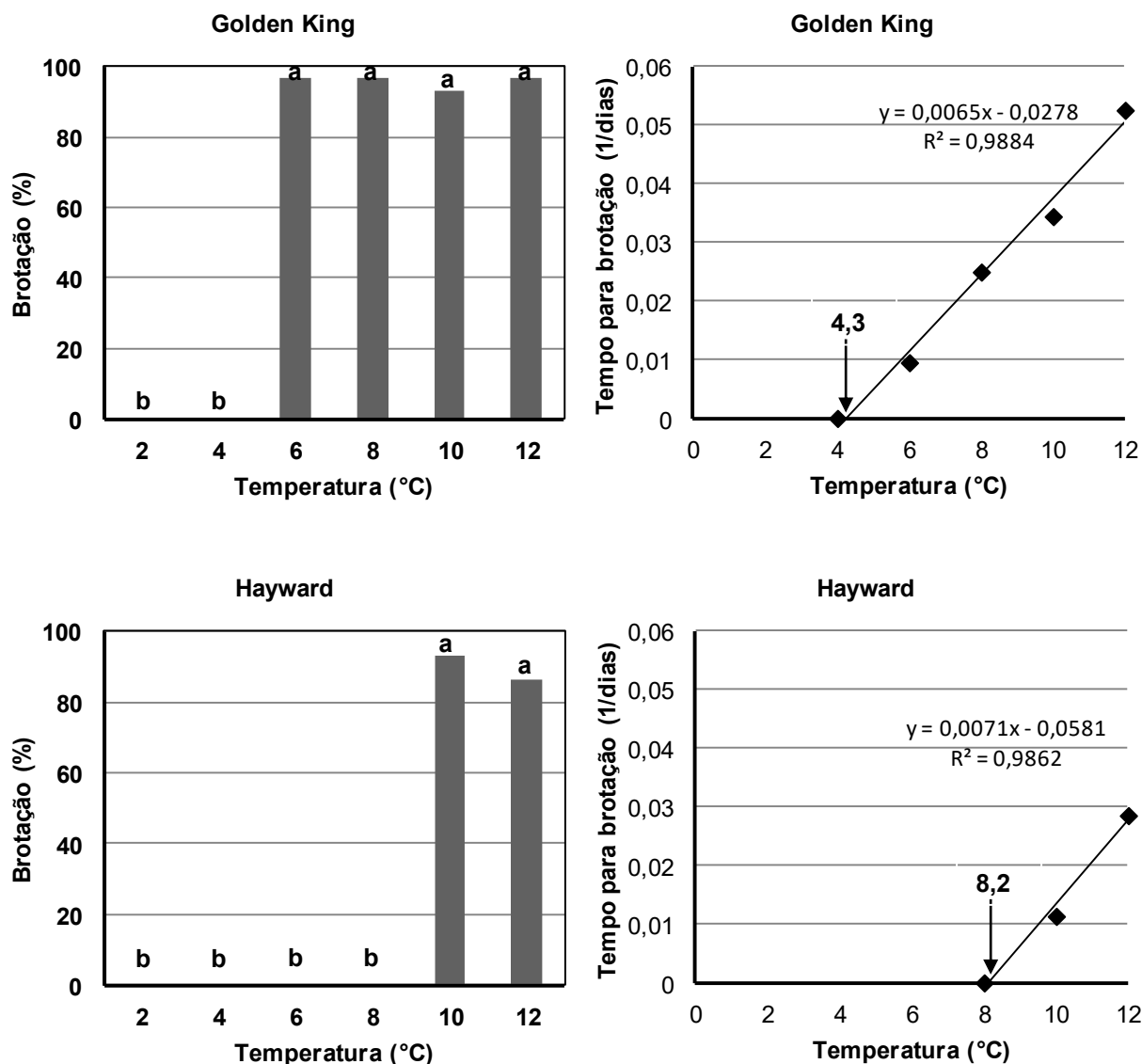


Figura 10. Brotação total (E) e curvas de regressão lineares (D) utilizadas para definição da temperatura-base inferior dos quivizeiros ‘Golden King’ e ‘Hayward’. As gemas foram submetidas às temperaturas de 2, 4, 6, 8, 10 e 12°C por 110 dias, após 1008 HF a temperatura de 0°C. Veranópolis, RS, 2014. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5%.

Para a videira, a CP - Chardonnay apresentou a temperatura-base inferior na faixa de 2 a 4°C (Figura 8, à esquerda). Por sua vez, a CT - Cabernet Sauvignon exibiu a temperatura-base entre 4 a 6°C. Pela equação da reta, da regressão linear, obteve-se o valor de temperatura mínima basal de 2,1°C para ‘Chardonnay’ e de 4,3°C para ‘Cabernet Sauvignon’ (Figura 8, à direita). Percebe-se semelhanças destes resultados aos observados para as frutíferas de caroço, com diferenças na temperatura-base entre grupos de cultivares, sendo a temperatura-base igualmente menor para a cultivar precoce e maior para a cultivar tardia. Os

resultados de temperatura base de 2,1°C para ‘Chardonnay’ e de 4,3°C para ‘Cabernet Sauvignon’ contrariam não só aqueles obtidos por Richardson *et al.* (1975) de 4,5°C (especialmente para a CP - Chardonnay), mas também os alcançados por Hidalgo (1980), Pedro Junior *et al.* (1994) e Nagata *et al.* (2000), que definem a temperatura basal mínima de 10°C para a cultura da videira.

Para as cultivares de pereira e quivizeiro, as respostas foram semelhantes às diferentes temperaturas testadas (Figuras 9 e 10). Para as cultivares precoces (pereira ‘Smith’ e quivizeiro ‘Golden King’), a temperatura-base enquadrou-se na faixa entre 4 a 6°C (Figuras 9 e 10, à esquerda). Já, para as cultivares tardias (pereira ‘Packham’s’ e quivizeiro ‘Hayward’) a temperatura-base ficou entre 8 a 10°C (Figuras 9 e 10, à esquerda). Pela equação da reta, da regressão linear, atribuiu-se a temperatura-base de 4,4°C e 4,3°C para as cultivares Smith e Golden King, respectivamente (Figuras 9 e 10, à direita). Para as cultivares tardias, a temperatura-base foi de 8,2°C para a pereira ‘Packham’s’ e para o quivizeiro ‘Hayward’ (Figuras 9 e 10, à esquerda). Para ambas as espécies, manteve-se a diferença do parâmetro de temperatura-base com base na precocidade do genótipo, como anotado para as demais culturas. Para a pereira *Pyrus communis*, Spiegel-Roy & Alston (1979) definiram a temperatura basal para o crescimento da cultura de 4,5°C, próxima àquela encontrada para a cultivar precoce Smith e igual a sugerida por Richardson *et al.* (1975). Para o quivizeiro, Kurker e Salinger (1987) estimaram em 7,5°C a temperatura mínima basal e Green (2007) definiram em 10°C a temperatura abaixo da qual o crescimento da cultura é desprezível ou nulo, valores que se encontram na faixa obtida para a cultivar tardia de quivizeiro Hayward, mas que se opõem ao dado referencial de 4,5°C proposto por Richardson *et al.* (1975).

Os resultados de temperatura-base apresentaram notável destaque, dentre eles: a temperatura-base difere entre espécies frutíferas, configurando a inexistência de um único limiar térmico inferior para o crescimento das frutíferas de clima temperado, como a defendida de 4,5°C e amplamente empregada para as fruteiras temperadas (RICHARDSON *et al.*, 1975; BERGAMASCHI, 2007; CARDOSO *et al.*, 2012). Ademais, os dados de temperatura-base, discriminados pelo grau de precocidade dos genótipos, acusaram diferenças antes não consideradas na literatura. Assim, sugere-se propor uma classificação da temperatura efetiva de calor com base nos diferentes grupos de cultivares (precoces, intermediárias e tardias) e não, ter-se um único valor para a cultura.

Outra informação relevante e, abordada previamente, é que cultivares precoces possuem temperaturas basais mais baixas se comparadas as cultivares tardias, independente da espécie frutífera. Assim sendo, o mecanismo de cômputo de calor para o desenvolvimento vegetativo difere-se entre genótipos. A taxa de acúmulo de calor será maior para uma cultivar precoce se comparada a uma cultivar tardia, sob análise de uma mesma temperatura do ar. Este resultado é importante para fundamentar estudos de modelagem, por servir para a predição de estádios fenológicos, ao considerar diferentes taxas de acúmulo de calor acima

de uma temperatura limiar, variável conforme a precocidade do genótipo. Degrand-Hoffman *et al.* (1996) e Gianfagna & Mehlenbacher (1985) apontam que cultivares frutíferas (amendoeira e macieira) que florescem cedo tendem a apresentar temperaturas basais menores que àquelas que florescem mais tarde, para o cômputo de calor durante o ciclo vegetativo, informação validada no presente estudo.

Tabela 1. Relação entre Horas de Frio $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ e temperatura-base inferior para diferentes cultivares frutíferas de clima temperado. Veranópolis, 2014.

Cultura - Cultivar	Horas de Frio $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$	Temperatura-base
Videira - Chardonnay	150	2,1
Pessegueiro – Tropic Beauty	150	2,2
Ameixeira – Gulf Blaze	200	2,2
Quivizeiro – Golden King	300	4,3
Pereira - Smith	400	4,4
Videira – Cabernet Sauvignon	450	4,3
Pessegueiro – Eragil	550	6,3
Ameixeira - Leticia	600	6,2
Pereira – Packham's	840	8,2
Quivizeiro - Hayward	1000	8,2

Para Hawerroth *et al.* (2010), o uso de métodos biológicos é imprescindível para possibilitar o teste isolado de fatores ambientais. Em condições de campo, pela restrição de controle (ex.: radiação, precipitação e temperatura), não há possibilidade de se determinar com precisão a temperatura-base das espécies frutíferas, devido à complexidade de interações entre o ambiente e a planta. Por tomar dados obtidos a partir de um teste biológico, conduzido em condições controladas, os resultados do presente trabalho representam fielmente as respostas das plantas à variável de temperatura do ar, isolando os demais fatores. Os resultados contrapõem-se àqueles descritos por Richardson *et al.* (1975); Spiegel-Roy & Alston (1979); Hidalgo (1980); Kurker & Salinger (1987); Pedro Junior *et al.* (1994); Rodriguez (1995); Nagata *et al.* (2000); Marra *et al.* (2002); Bogataj & Bergant (2005); Green (2007) e Souza *et al.* (2011), que determinaram a temperatura-base por simulação usando, unicamente, da modelagem estatística proposta por Arnold (1959). Outra contribuição do trabalho é apresentada na Tabela 1. A temperatura-base das cultivares frutíferas de clima temperado se relacionou diretamente com a necessidade de frio do genótipo durante a dormência. Verificou-se que quanto maior a exigência em frio hibernar, maior foi a temperatura-base da cultivar. Este resultado

apresenta caráter inovador para a subdivisão, por genótipo contrastante em exigência de frio, da taxa de acúmulo de graus-dia para o crescimento das plantas.

A variável tempo médio para brotação se diferenciou entre as cultivares frutíferas, com contraste de precocidade. As gemas das cultivares precoces necessitaram menos tempo de calor para brotarem, em comparação as cultivares tardias (Figuras 6, 7, 8, 9 e 10), para as diferentes temperaturas testadas. Este resultado é evidenciado de modo inverso nas Figuras 6, 7, 8, 9 e 10, à direita, sendo que quando maior o valor no eixo y, menor o tempo para brotação. O tempo para brotação também variou com a intensidade de calor testada, diminuindo à medida que a temperatura se elevou. Isto se deve às temperaturas mais altas alcançarem antes a soma térmica para a indução da brotação, se comparadas às temperaturas inferiores, como também observado por Putti *et al.* (2000).

MODELAGEM DA FENOLOGIA EM FRUTÍFERAS DE CLIMA TEMPERADO

A modelagem da fenologia consistiu na estimativa de acúmulo de horas de frio para a superação da dormência e de graus-dia durante o ciclo vegetativo das cultivares, a partir da definição da temperatura-base inferior de cada genótipo. Além disso, foram feitas simulações da fenologia das frutíferas, considerando os diferentes cenários de elevação da temperatura do ar prevista para a região Sul do Brasil, segundo o IPCC (2007).

Acúmulo de horas frio para a superação da dormência

Na Figura 11 é mostrado o número de horas de frio abaixo ou iguais a 7,2°C ocorridas de abril até o início do ciclo vegetativo para as diferentes cultivares frutíferas trabalhadas. Na média dos dez anos de avaliação fenológica, as cultivares precoces apresentaram menor exigência de frio para retomarem o ciclo vegetativo se comparadas às cultivares tardias, independentemente da cultura.

Para as frutíferas de caroço, o início do ciclo vegetativo ocorreu após 200 HF para as cultivares precoces (Tropic Beauty e Gulf Blaze), o que está de acordo com demanda de frio dos genótipos, apontada por Simonetto *et al.* (2010) e Dalbó *et al.* (2012). Para as cultivares tardias (Eragil e Letícia), os registros do início do ciclo vegetativo deram-se com 433 HF para ‘Eragil’ e 528 HF para ‘Letícia’, um pouco abaixo da exigência descrita em literatura. Tal fato pode ter acarretado em uma insuficiente e/ou desuniforme brotação e/ou floração, uma vez que tais plantas não foram submetidas a tratamentos químicos para a quebra de dormência.

Para a cultura da pereira, o comportamento apresentado foi semelhante às frutíferas de caroço. Enquanto para a cultivar precoce Smith o ambiente supriu a exigência de frio do genótipo de 400 HF

(Anzanello, 2014c), para a cultivar tardia o ambiente não atendeu sua demanda, a qual é de aproximadamente 840 HF, acarretando, provavelmente, numa fraca brotação e uniformidade no pomar. Para Carvalho & Zanette (2006), em um sistema produtivo, a má brotação ou brotação desuniforme pode comprometer tanto a produção quanto a distribuição dos ramos na planta, e a má floração e sua desuniformidade podem acarretar prejuízos à polinização e, por consequência, à eficiência de frutificação.

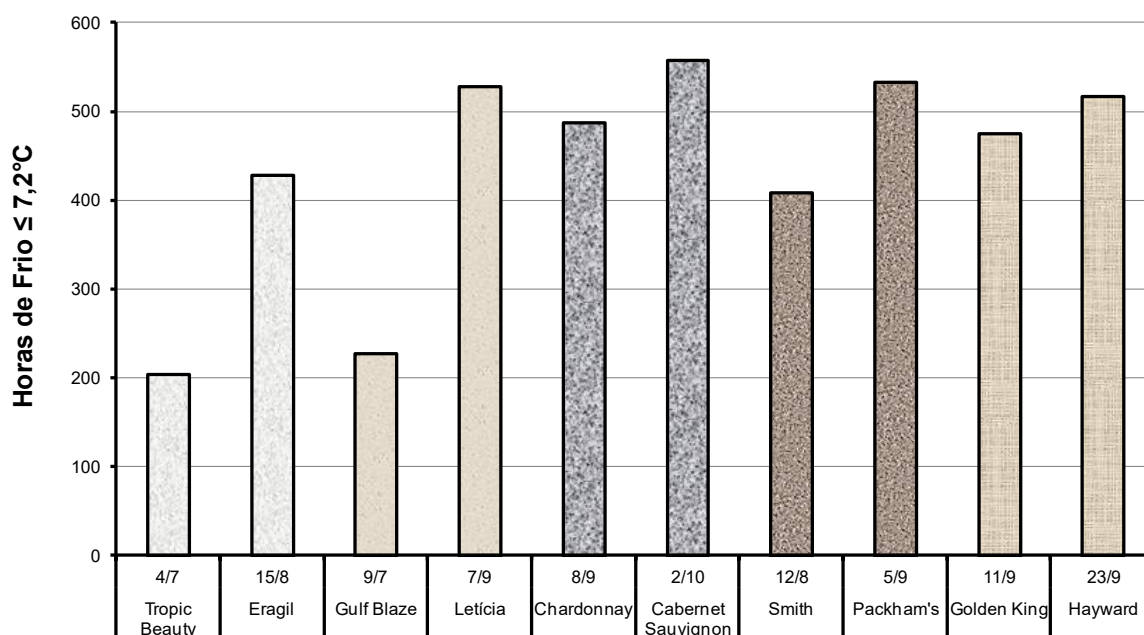


Figura 11. Número de horas de frio $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ ocorridos até o início do ciclo vegetativo, relacionadas com duas variáveis no eixo x: 1° - data de início do ciclo vegetativo; 2° - cultivar frutífera. As culturas estão separadas por cores diferentes. Bento Gonçalves e Veranópolis, RS.

Em relação às culturas da videira e quiveiro, mesmo que as cultivares precoces necessitem de baixa exigência de frio, o somatório de frio registrado foi alto até o início do ciclo vegetativo. Tal comportamento deve-se a ambas culturas terem sido podadas tardiamente, o que indica que além do suprimento de frio do genótipo, a poda é outro fator estimulante para a retomada do crescimento da planta. Provavelmente, nestes casos, a brotação já tenha ocorrido na extremidade dos ramos após satisfeita sua exigência de frio. Com a poda de frutificação, removeu-se os ramos com brotação parcial, e induziu-se que as demais gemas ainda “fechadas” brotassem. Diante disso, o registro da brotação ocorreu somente após a poda. Para a cultivar tardia Cabernet Sauvignon a resposta ficou dentro do esperado, com brotação ocorrida após 450 HF. Já para a cultivar Hayward, sua alta exigência de frio dificilmente é atendida nas condições do Sul do Brasil (Silveira *et al.*, 2012), resultando em distúrbios fenológicos no início da nova estação de crescimento da planta.

Estimativa da fenologia a partir do acúmulo de soma térmica (graus-dia)

A partir da série de 10 anos de dados fenológicos das frutíferas de clima temperado (Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6) estimou-se, para os diferentes subperíodos fenológicos, a soma térmica para o alcance dos respectivos subperíodos (Tabelas 7, 8, 9, 10 e 11). Associado a soma de graus-dias, contabilizou-se a duração em dias para cada subperíodo fenológico, para fins de comparação.

Com base nas tabelas de fenologia, comprovou-se a diferença de precocidade entre as cultivares frutíferas (Tabelas 2, 3, 4, 5 e 6). Verificou-se que as cultivares precoces iniciaram o ciclo vegetativo mais cedo, através da brotação e/ou floração, e encerraram o mesmo igualmente mais cedo, se comparadas as cultivares tardias, para todos os anos avaliados.

A soma térmica, em graus-dia, foi semelhante para cada subperíodo fenológico, dentro de uma mesma cultura, independente do grau de precocidade da cultivar (Tabelas 7, 8, 9, 10 e 11). Ao analisar o subperíodo fenológico compreendido entre o início do ciclo vegetativo ao final da maturação das culturas, ou seja, do início da floração ao final da maturação para as frutíferas de caroço e da brotação ao final da maturação para as demais frutíferas, verificou-se que o somatório total de graus-dia para o pessegueiro foi de 1720,9 para ‘Tropic Beauty’ e de 1801,5 para ‘Eragil’ (Tabela 7), para a ameixeira de 1680,3 para ‘Gulf Blaze’ e de 1718,4 para ‘Letícia’ (Tabela 8), para a videira de 2310,0 para ‘Chardonnay’ e de 2369,6 para ‘Cabernet Sauvignon’ (Tabela 9), para a pereira de 2096,4 para ‘Smith’ e de 2003,1 para ‘Packham’s’ (Tabela 10) e para o quivizeiro de 2775,0 para ‘Golden King’ e de 2691,9 para ‘Hayward’ (Tabela 11).

Tabela 2. Fenologia das cultivares de pessegueiro Tropic Beauty e Eragil durante um período de 10 anos de avaliação em pomares experimentais da Fepagro Serra. Veranópolis, RS.

Cultivar	Ano	Poda	Brotação	Floração			Maturação	
				Início	Plena	Fim	Início	Fim
Tropic Beauty	2004/2005	07/06/2004	26/06/2004	15/06/2004	10/07/2004	17/07/2004	09/10/2004	30/10/2004
	2005/2006	13/06/2005	18/07/2005	11/07/2005	02/08/2005	14/08/2005	07/11/2005	23/11/2005
	2006/2007	08/06/2006	27/06/2006	17/06/2006	13/07/2006	20/07/2006	11/10/2006	29/10/2006
	2007/2008	14/06/2007	10/07/2007	04/07/2007	11/07/2007	01/08/2007	18/10/2007	02/11/2007
	2008/2009	06/06/2008	25/06/2008	16/06/2008	12/07/2008	19/07/2008	10/10/2008	31/10/2008
	2009/2010	15/06/2009	17/07/2009	12/07/2009	03/08/2009	16/08/2009	08/11/2009	24/11/2009
	2010/2011	09/06/2010	05/07/2010	27/06/2010	11/07/2010	22/07/2010	26/10/2010	10/11/2010
	2011/2012	16/06/2011	24/07/2011	17/07/2011	15/07/2011	05/08/2011	22/10/2011	08/11/2011
	2012/2013	11/06/2012	13/07/2012	04/07/2012	12/07/2012	06/08/2012	10/10/2012	30/10/2012
	2013/2014	10/06/2013	10/07/2013	01/07/2013	08/07/2013	25/07/2013	15/10/2013	31/10/2013
Cultivar	Ano	Poda	Brotação	Floração			Maturação	
				Início	Plena	Fim	Início	Fim
Eragil	2004/2005	07/06/2004	21/08/2004	01/08/2004	29/08/2004	17/09/2004	11/01/2005	29/01/2005
	2005/2006	13/06/2005	31/08/2005	21/08/2005	30/08/2005	22/09/2005	16/01/2006	31/01/2006
	2006/2007	08/06/2006	30/08/2006	14/08/2006	01/09/2006	19/09/2006	17/01/2007	01/02/2007
	2007/2008	14/06/2007	13/09/2007	30/08/2007	06/09/2007	30/09/2007	15/01/2008	28/01/2008
	2008/2009	06/06/2008	22/08/2008	01/08/2008	30/08/2008	18/09/2008	12/01/2009	27/01/2009
	2009/2010	15/06/2009	31/08/2009	20/08/2009	31/08/2009	20/09/2009	17/01/2010	07/02/2010
	2010/2011	09/06/2010	27/08/2010	13/08/2010	31/08/2010	19/09/2010	15/01/2011	07/02/2011
	2011/2012	16/06/2011	20/08/2011	08/08/2011	23/08/2011	15/09/2011	04/01/2012	26/01/2012
	2012/2013	11/06/2012	24/08/2012	13/08/2012	24/08/2012	20/09/2012	13/01/2013	31/01/2013
	2013/2014	10/06/2013	10/09/2013	29/08/2013	05/09/2013	29/09/2013	14/01/2014	29/01/2014

Tabela 3. Fenologia das cultivares de ameixeira Gulf Blaze e Letícia durante um período de 10 anos de avaliação em pomares experimentais da Fepagro Serra. Veranópolis, RS.

Cultivar	Ano	Poda	Brotação	Floração			Maturação	
				Início	Plena	Fim	Início	Fim
Gulf Blaze	2001/2002	24/06/2001	12/07/2001	03/07/2001	16/07/2001	09/08/2001	30/10/2001	15/11/2001
	2002/2003	11/07/2002	31/07/2002	21/07/2002	31/07/2002	19/08/2002	04/11/2002	18/11/2002
	2003/2004	29/06/2003	18/07/2003	04/07/2003	18/07/2003	14/08/2003	06/11/2003	22/11/2003
	2004/2005	25/06/2004	14/07/2004	02/07/2004	08/07/2004	30/07/2004	27/10/2004	16/11/2004
	2005/2006	09/07/2005	05/08/2005	18/07/2005	31/07/2005	19/08/2005	08/11/2005	25/11/2005
	2006/2007	23/06/2006	14/07/2006	02/07/2006	10/07/2006	26/07/2006	27/10/2006	16/11/2006
	2007/2008	04/07/2007	22/07/2007	10/07/2007	26/07/2007	17/08/2007	27/10/2007	16/11/2007
	2008/2009	01/07/2008	18/07/2008	08/07/2008	18/07/2008	04/08/2008	25/10/2008	14/11/2008
	2009/2010	15/07/2009	02/08/2009	24/07/2009	03/08/2009	18/08/2009	05/11/2009	21/11/2009
	2010/2011	22/06/2010	15/07/2010	01/07/2010	15/07/2010	11/08/2010	01/11/2010	15/11/2010
Cultivar	Ano	Poda	Brotação	Floração			Maturação	
				Início	Plena	Fim	Início	Fim
Letícia	2001/2002	24/06/2001	21/09/2001	01/09/2001	09/09/2001	08/10/2001	06/01/2002	21/01/2002
	2002/2003	11/07/2002	16/09/2002	03/09/2002	16/09/2002	07/10/2002	10/01/2003	27/01/2003
	2003/2004	29/06/2003	12/10/2003	27/09/2003	11/09/2003	25/10/2003	27/01/2004	09/02/2004
	2004/2005	25/06/2004	15/09/2004	02/09/2004	12/09/2004	05/10/2004	15/01/2005	26/01/2005
	2005/2006	09/07/2005	27/09/2005	08/09/2005	08/10/2005	19/10/2005	18/01/2006	29/01/2006
	2006/2007	23/06/2006	09/10/2006	23/09/2006	10/10/2006	28/10/2006	28/01/2007	09/02/2007
	2007/2008	04/07/2007	17/09/2007	07/09/2007	11/09/2007	04/10/2007	14/01/2008	29/01/2008
	2008/2009	01/07/2008	20/09/2008	08/09/2008	16/09/2008	06/10/2008	08/01/2009	26/01/2009
	2009/2010	15/07/2009	06/09/2009	23/08/2009	06/09/2009	25/09/2009	08/01/2010	19/01/2010
	2010/2011	22/06/2010	10/09/2010	30/08/2010	13/09/2010	27/09/2010	06/01/2011	22/01/2011

Tabela 4. Fenologia das cultivares de videira Chardonnay e Cabernet Sauvignon durante um período de 10 anos de avaliação em vinhedos experimentais da Embrapa Uva e Vinho. Bento Gonçalves, RS.

Cultivar	Ano	Poda	Brotação	Floração		Maturação	
				Início	Fim	Início	Fim
Chardonnay	1984/1985	27/08/1984	18/09/1984	21/10/1984	02/11/1984	24/12/1984	31/01/1985
	1985/1986	16/08/1985	29/08/1985	02/10/1985	20/10/1985	12/12/1985	10/01/1986
	1986/1987	20/08/1986	04/09/1986	06/10/1986	02/11/1986	23/12/1986	13/01/1987
	1987/1988	14/08/1987	30/08/1987	25/10/1987	07/11/1987	27/12/1987	29/01/1988
	1988/1989	18/08/1988	07/09/1988	20/10/1988	07/11/1988	21/12/1988	25/01/1989
	1989/1990	23/08/1989	08/09/1989	19/10/1989	07/11/1989	29/12/1989	31/01/1990
	1990/1991	16/08/1990	07/09/1990	17/10/1990	30/10/1990	23/12/1990	24/01/1991
	1991/1992	20/08/1991	21/09/1991	18/10/1991	06/11/1991	20/12/1991	22/01/1992
	1992/1993	26/08/1992	10/09/1992	18/10/1992	03/11/1992	21/12/1992	20/01/1993
	1993/1994	18/08/1993	10/09/1993	11/10/1993	30/10/1993	23/12/1993	26/01/1994

Cultivar	Ano	Poda	Brotação	Floração		Maturação	
				Início	Fim	Início	Fim
Cabernet Sauvignon	1984/1985	27/08/1984	30/09/1984	27/10/1984	12/11/1984	24/12/1984	20/02/1985
	1985/1986	16/08/1985	24/09/1985	25/10/1985	06/11/1985	30/12/1985	18/02/1986
	1986/1987	20/08/1986	25/09/1986	26/10/1986	18/11/1986	07/01/1987	18/02/1987
	1987/1988	14/08/1987	28/09/1987	06/11/1987	19/11/1987	14/01/1988	04/03/1988
	1988/1989	18/08/1988	09/10/1988	08/11/1988	26/11/1988	17/01/1989	28/02/1989
	1989/1990	23/08/1989	04/09/1989	09/11/1989	25/11/1989	16/01/1990	01/03/1990
	1990/1991	16/08/1990	09/10/1990	06/11/1990	18/11/1990	06/01/1991	21/02/1991
	1991/1992	20/08/1991	05/10/1991	27/10/1991	17/11/1991	06/01/1992	18/02/1992
	1992/1993	26/08/1992	04/10/1992	04/11/1992	30/11/1992	14/01/1993	16/02/1993
	1993/1994	18/08/1993	06/10/1993	01/11/1993	15/11/1993	08/01/1994	24/02/1994

Tabela 5. Fenologia das cultivares de pereira Smith e Packham's durante um período de 10 anos de avaliação em pomares experimentais da Fepagro Serra. Veranópolis, RS.

Cultivar	Ano	Poda	Brotação	Floração			Maturação	
				Início	Plena	Fim	Início	Fim
Smith	1991/1992	14/08/1991	17/08/1991	23/08/1991	03/09/1991	17/09/1991	07/01/1992	17/01/1992
	1992/1993	12/08/1992	16/08/1992	25/08/1992	18/09/1992	25/09/1992	19/01/1993	01/02/1993
	1993/1994	06/08/1993	11/08/1993	16/08/1993	06/09/1993	25/09/1993	14/01/1994	27/01/1994
	1994/1995	13/08/1994	18/08/1994	22/08/1994	02/09/1994	16/09/1994	06/01/1995	16/01/1995
	1995/1996	02/08/1995	06/08/1995	14/08/1995	30/08/1995	16/09/1995	08/01/1996	22/01/1996
	1996/1997	10/08/1996	14/08/1996	20/08/1996	28/08/1996	09/09/1996	03/01/1997	14/01/1997
	1997/1998	01/08/1997	03/08/1997	10/08/1997	28/08/1997	08/09/1997	08/01/1998	19/01/1998
	1998/1999	05/08/1998	12/08/1998	17/08/1998	25/08/1998	11/09/1998	03/01/1999	17/01/1999
	1999/2000	25/07/1999	26/07/1999	29/07/1999	09/08/1999	30/08/1999	02/01/2000	13/01/2000
	2000/2001	15/08/2000	22/08/2000	29/08/2000	15/09/2000	23/09/2000	05/01/2001	15/01/2001

Cultivar	Ano	Poda	Brotação	Floração			Maturação	
				Início	Plena	Fim	Início	Fim
Packham's	1991/1992	14/08/1991	06/09/1991	16/09/1991	28/09/1991	08/10/1991	02/02/1992	15/02/1992
	1992/1993	12/08/1992	16/09/1992	28/09/1992	06/09/1992	12/10/1992	05/02/1993	16/02/1993
	1993/1994	06/08/1993	21/09/1993	01/10/1993	15/10/1993	22/10/1993	27/01/1994	07/02/1994
	1994/1995	13/08/1994	07/09/1994	16/09/1994	26/09/1994	03/10/1994	27/01/1995	10/02/1995
	1995/1996	02/08/1995	01/09/1995	11/09/1995	23/09/1995	02/10/1995	26/01/1996	10/02/1996
	1996/1997	10/08/1996	02/09/1996	09/09/1996	22/09/1996	01/10/1996	25/01/1997	08/02/1997
	1997/1998	01/08/1997	26/08/1997	05/09/1997	20/09/1997	30/09/1997	27/01/1998	11/02/1998
	1998/1999	05/08/1998	31/08/1998	11/09/1998	24/09/1998	02/10/1998	28/01/1999	13/02/1999
	1999/2000	25/07/1999	29/08/1999	05/09/1999	19/09/1999	29/09/1999	26/01/2000	10/02/2000
	2000/2001	15/08/2000	03/09/2000	13/09/2000	25/09/2000	04/10/2000	29/01/2001	12/02/2001

Tabela 6. Fenologia das cultivares de quiveiro Golden King e Hayward durante um período de 10 anos de avaliação em pomares experimentais da Fepagro Serra. Veranópolis, RS.

Cultivar	Ano	Poda	Brotação	Floração		Maturação	
				Início	Fim	Início	Fim
Golden King	1997/1998	20/08/1997	12/09/1997	03/10/1997	03/11/1997	10/03/1998	20/03/1998
	1998/1999	25/08/1998	14/09/1998	07/10/1998	23/10/1998	20/03/1999	30/03/1999
	1999/2000	15/08/1999	01/09/1999	04/10/1999	31/10/1999	25/02/2000	05/03/2000
	2000/2001	22/08/2000	12/09/2000	13/10/2000	01/11/2000	18/03/2001	28/03/2001
	2001/2002	26/08/2001	16/09/2001	05/10/2001	28/10/2001	19/03/2002	29/03/2002
	2002/2003	23/08/2002	14/09/2002	15/10/2002	02/11/2002	21/03/2003	31/03/2003
	2003/2004	29/08/2003	15/09/2003	04/10/2003	29/10/2003	10/03/2004	20/03/2004
	2004/2005	18/08/2004	10/09/2004	01/10/2004	02/11/2004	12/03/2005	24/03/2005
	2005/2006	23/08/2005	13/09/2005	06/10/2005	22/10/2005	15/03/2006	25/03/2006
	2006/2007	16/08/2006	01/09/2006	05/10/2006	01/11/2006	18/03/2007	27/03/2007

Cultivar	Ano	Poda	Brotação	Floração		Maturação	
				Início	Fim	Início	Fim
Hayward	1997/1998	20/08/1997	19/09/1997	24/10/1997	11/11/1997	25/04/1998	15/05/1998
	1998/1999	25/08/1998	21/09/1998	07/11/1998	23/11/1998	25/04/1999	15/05/1999
	1999/2000	15/08/1999	16/09/1999	30/10/1999	14/11/1999	01/05/2000	15/05/2000
	2000/2001	22/08/2000	30/09/2000	01/11/2000	16/11/2000	26/04/2001	12/05/2001
	2001/2002	26/08/2001	27/09/2001	11/11/2001	24/11/2001	22/04/2002	12/05/2002
	2002/2003	23/08/2002	29/09/2002	31/10/2002	15/11/2002	25/04/2003	10/05/2003
	2003/2004	29/08/2003	30/09/2003	14/11/2003	27/11/2003	25/04/2004	15/05/2004
	2004/2005	18/08/2004	20/09/2004	25/10/2004	12/11/2004	27/04/2005	17/05/2005
	2005/2006	23/08/2005	23/09/2005	07/11/2005	24/11/2005	26/04/2006	16/05/2006
	2006/2007	16/08/2006	18/09/2006	02/11/2006	16/11/2006	03/05/2007	18/05/2007

Tabela 7. Soma térmica, em graus-dia, e duração, em dias, de diferentes subperíodos fenológicos durante o ciclo vegetativo das cultivares de pessegueiro Tropic Beauty e Eragil ao longo de 10 anos de avaliação. Veranópolis, RS.

Cultivar	Ano	Superíodos fenológicos									
		IF-B		B-FF		FF-IM		IM-FM		IF-FM	
		Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia
Tropic Beauty	2004/2005	11	105,9	21	213,2	84	1181,2	21	303,5	137	1803,8
	2005/2006	7	72,2	27	371,2	85	1203,6	16	294,1	135	1941,1
	2006/2007	10	112,1	23	240,2	83	1135,2	18	304,4	134	1791,9
	2007/2008	6	68,4	22	224,5	78	1004,5	15	223,4	121	1520,8
	2008/2009	9	95,4	24	235,1	83	1167,5	21	308,0	137	1806,0
	2009/2010	5	67,8	30	291,0	84	1152,6	16	246,8	135	1758,2
	2010/2011	8	85,6	17	202,1	96	1230,5	15	246,0	136	1764,2
	2011/2012	7	74,5	12	181,3	78	1067,2	17	257,0	114	1580,0
	2012/2013	9	111,7	24	301,4	65	940,3	20	274,8	118	1628,2
	2013/2014	9	107,6	15	222,2	82	1037,5	16	247,9	122	1615,2
	Média	8,1	90,1	21,5	248,2	81,8	1112,0	17,5	270,6	128,9	1720,9
	Desvio padrão	1,85	18,52	5,48	56,85	7,71	94,92	2,37	30,36	9,02	129,34
	CV (%)	22,88	20,55	25,50	22,90	9,43	8,54	13,54	11,22	7,00	7,52
Cultivar	Ano	Superíodos fenológicos									
		IF-B		B-FF		FF-IM		IM-FM		IF-FM	
		Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia
Eragil	2004/2005	20	132,0	27	274,8	116	1203,4	18	235,0	181	1845,2
	2005/2006	10	82,7	22	193,3	116	1226,2	15	235,7	163	1737,9
	2006/2007	16	94,5	20	184,4	120	1309,4	15	216,0	171	1804,3
	2007/2008	14	90,5	17	150,5	107	1160,3	13	207,4	151	1608,7
	2008/2009	21	138,3	27	266,3	116	1203,7	15	232,8	179	1841,1
	2009/2010	11	80,5	20	190,4	119	1289,3	21	285,2	171	1845,4
	2010/2011	14	95,3	23	201,2	118	1227,4	23	303,4	178	1827,3
	2011/2012	12	122,7	26	245,2	111	1203,1	22	296,0	171	1867,0
	2012/2013	11	104,2	27	280,5	115	1260,2	18	273,1	171	1918,0
	2013/2014	12	118,5	19	183,4	107	1178,3	15	240,3	153	1720,5
	Média	14,1	105,9	22,8	217,0	114,5	1226,1	17,5	252,5	168,9	1801,5
	Desvio padrão	3,81	20,65	3,77	45,62	4,65	47,44	3,47	34,11	10,31	89,27
	CV (%)	27,05	19,50	16,51	21,02	4,06	3,87	19,84	13,51	6,10	4,96

Legenda: B – Brotação; IF – Início da Floração; FF – Final da Floração; IM – Início da Maturação; FM – Final da Maturação.

Tabela 8. Soma térmica, em graus-dia, e duração, em dias, de diferentes subperíodos fenológicos durante o ciclo vegetativo das cultivares de ameixeira Gulf Blaze e Letícia ao longo de 10 anos de avaliação. Veranópolis, RS.

Cultivar	Ano	Superíodos fenológicos									
		IF-B		B-FF		FF-IM		IM-FM		IF-FM	
		Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia
Gulf Blaze	2001/2002	9	123,8	28	258,6	82	1083,3	16	271,7	135	1737,4
	2002/2003	10	115,7	19	216,6	77	1043,1	14	257,7	120	1633,1
	2003/2004	14	121,5	27	282,9	84	1030,6	16	271,0	141	1706,0
	2004/2005	12	136,6	16	217,5	89	1136,5	20	267,2	137	1757,8
	2005/2006	18	165,5	14	198,5	81	1066,5	17	220,5	130	1651,0
	2006/2007	12	134,7	12	190,4	93	1203,8	20	281,5	137	1810,4
	2007/2008	12	132,6	26	273,4	71	950,3	20	278,3	129	1634,6
	2008/2009	10	121,4	17	205,6	82	993,4	20	285,5	129	1605,9
	2009/2010	9	113,6	16	214,6	79	996,1	16	214,3	120	1538,6
	2010/2011	14	153,3	27	267,9	82	1068,3	14	238,3	137	1727,8
	Média	12,0	131,9	20,2	232,6	82,0	1057,2	17,3	258,6	131,5	1680,3
	Desvio padrão	2,79	16,66	6,14	34,31	6,06	73,64	2,50	25,52	7,25	81,58
	CV (%)	23,24	12,64	30,41	14,75	7,38	6,97	14,43	9,87	5,51	4,86
Cultivar	Ano	Superíodos fenológicos									
		IF-B		B-FF		FF-IM		IM-FM		IF-FM	
		Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia
Letícia	2001/2002	20	208,8	17	169,7	90	1127,6	15	239,5	142	1745,6
	2002/2003	13	101,6	21	217,3	95	1235,2	17	250,4	146	1804,5
	2003/2004	15	148,5	13	175,6	94	1106,6	13	210,6	135	1641,3
	2004/2005	13	110,4	20	210,4	102	1212,4	11	204,6	146	1737,8
	2005/2006	19	188,8	22	219,5	91	1135,4	11	206,4	143	1750,1
	2006/2007	16	145,5	19	199,5	92	1102,4	12	217,6	139	1665,0
	2007/2008	10	97,5	17	174,5	102	1181,4	15	231,2	144	1684,6
	2008/2009	12	119,5	16	161,7	94	1126,2	18	261,3	140	1668,7
	2009/2010	14	143,3	19	203,6	105	1278,5	11	205,7	149	1831,1
	2010/2011	11	108,4	17	171,2	101	1129,5	16	246,5	145	1655,6
	Média	14,3	137,2	18,1	190,3	96,6	1163,5	13,9	227,4	142,9	1718,4
	Desvio padrão	3,27	37,61	2,64	21,91	5,38	60,25	2,64	21,12	4,07	65,48
	CV (%)	22,85	27,40	14,61	11,51	5,57	5,18	19,02	9,29	2,85	3,81

Legenda: B – Brotação; IF – Início da Floração; FF – Final da Floração; IM – Início da Maturação; FM – Final da Maturação.

Tabela 9. Soma térmica, em graus-dia, e duração, em dias, de diferentes subperíodos fenológicos durante o ciclo vegetativo das cultivares de videira Chardonnay e Cabernet Sauvignon ao longo de 10 anos de avaliação. Veranópolis, RS.

Cultivar	Ano	Superíodos fenológicos									
		B-IF		IF-FF		FF-IM		IM-FM		B-FM	
		Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia
Chardonnay	1984/1985	33	466,9	12	212,6	52	825,4	38	730,2	135	2235,1
	1985/1986	34	448,2	18	285,5	53	986,5	29	562,6	134	2282,8
	1986/1987	32	464,6	27	290,1	51	919,4	21	697,4	131	2371,5
	1987/1988	56	504,3	13	203,4	50	907,8	33	702,5	152	2318
	1988/1989	43	467,5	18	266,4	44	818	35	704,2	140	2256,1
	1989/1990	41	421,9	19	258,2	52	974,3	33	687,3	145	2341,7
	1990/1991	40	456,6	13	231,5	54	958,2	32	846,9	139	2493,2
	1991/1992	27	393,2	19	255,8	44	858,7	33	693,2	123	2200,9
	1992/1993	38	432,7	16	253,9	48	945,3	30	567,9	132	2199,8
	1993/1994	31	421,5	19	243,9	54	1001,2	34	734,7	138	2401,3
	Média	37,5	447,7	17,4	250,1	50,2	919,5	31,8	692,7	136,9	2310,0
	Desvio padrão	8,21	31,41	4,35	28,29	3,74	66,10	4,54	81,46	7,98	94,31
	CV (%)	21,89	7,01	25,01	11,31	7,44	7,19	14,28	11,76	5,83	4,08
Cultivar	Ano	Superíodos fenológicos									
		B-IF		IF-FF		FF-IM		IM-FM		B-FM	
		Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia
Cabernet Sauvignon	1984/1985	27	465,2	16	216,1	42	855	54	824,4	139	2360,7
	1985/1986	31	377,2	12	238,1	54	936,4	54	823,1	151	2374,8
	1986/1987	31	441,2	23	242,4	50	841,2	42	739,5	146	2264,3
	1987/1988	39	468,8	13	256,9	56	888,7	50	820,3	158	2434,7
	1988/1989	30	401,5	18	248,6	52	893,5	42	771,7	142	2315,3
	1989/1990	66	570,8	16	244,5	52	869,9	44	786,9	178	2472,1
	1990/1991	28	455,4	12	222,7	49	855,3	46	875,9	135	2409,3
	1991/1992	22	377,2	21	234,7	50	893,1	43	785,2	136	2290,2
	1992/1993	31	456,4	26	345,8	45	882,6	33	697,9	135	2382,7
	1993/1994	26	424,3	14	214,6	54	881,2	47	872,1	141	2392,2
	Média	33,1	443,8	17,1	246,4	50,4	879,7	45,5	799,7	146,1	2369,6
	Desvio padrão	12,37	56,33	4,84	37,58	4,27	26,79	6,29	55,55	13,44	64,51
	CV (%)	37,37	12,69	28,31	15,25	8,48	3,05	13,83	6,95	9,20	2,72

Legenda: B – Brotação; IF – Início da Floração; FF – Final da Floração; IM – Início da Maturação; FM – Final da Maturação.

Tabela 10. Soma térmica, em graus-dia, e duração, em dias, de diferentes subperíodos fenológicos durante o ciclo vegetativo das cultivares de pereira Smith e Packham's ao longo de 10 anos de avaliação. Veranópolis, RS.

Cultivar	Ano	Superíodos fenológicos									
		B-IF		IF-FF		FF-IM		IM-FM		B-FM	
		Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia
Smith	1991/1992	6	65,2	25	249,4	112	1603,2	10	133,8	153	2051,6
	1992/1993	7	78,2	31	271,0	116	1507,9	13	235,5	167	2092,6
	1993/1994	5	49,9	40	291,5	108	1487,9	13	212,3	166	2041,6
	1994/1995	4	43,6	25	256,7	112	1612,6	10	148,2	151	2061,1
	1995/1996	8	52,4	33	246,4	124	1534,9	14	214,5	179	2048,2
	1996/1997	6	58,9	20	265,5	116	1656,5	11	206,7	153	2187,6
	1997/1998	7	66,8	29	246,8	122	1779,3	11	204,2	169	2297,1
	1998/1999	5	58,7	25	251,4	114	1604,5	14	216,2	158	2130,8
	1999/2000	6	50,8	32	276,0	95	1479,6	11	193,6	144	2000,0
	2000/2001	7	62,8	25	241,3	104	1511,4	10	238,0	146	2053,5
	Média	6,1	58,7	28,5	259,6	112,3	1577,8	11,7	200,3	158,6	2096,4
	Desvio padrão	1,20	10,07	5,70	16,00	8,49	93,23	1,64	34,15	11,27	87,88
	CV (%)	19,63	17,14	20,00	6,16	7,56	5,91	13,99	17,05	7,10	4,19
Cultivar	Ano	Superíodos fenológicos									
		B-IF		IF-FF		FF-IM		IM-FM		B-FM	
		Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia
Packham's	1991/1992	10	71,0	22	185,3	117	1455,1	13	150,9	162	1862,3
	1992/1993	12	72,2	14	168,2	116	1415,6	11	193,8	153	1849,8
	1993/1994	10	70,9	21	238,4	98	1377,6	11	203,9	140	1890,8
	1994/1995	9	68,9	17	169,6	116	1575,7	14	210,4	156	2024,6
	1995/1996	10	67,4	21	202,7	116	1545,7	15	229,1	162	2044,9
	1996/1997	7	62,9	22	181,4	116	1615,2	14	212,0	159	2071,5
	1997/1998	10	85,8	25	230,7	119	1567,9	15	189,9	169	2074,3
	1998/1999	11	77,9	21	191,2	118	1535,9	16	208,2	166	2013,2
	1999/2000	7	74,0	24	255,2	119	1695,2	15	198,7	165	2223,1
	2000/2001	10	71,5	21	203,0	117	1479,5	14	222,4	162	1976,4
	Média	9,6	72,3	20,8	202,6	115,2	1526,3	13,8	201,9	159,4	2003,1
	Desvio padrão	1,58	6,19	3,19	29,79	6,16	95,86	1,69	21,60	8,28	114,07
	CV (%)	16,43	8,57	15,34	14,71	5,35	6,28	12,22	10,70	5,19	5,69

Legenda: B – Brotação; IF – Início da Floração; FF – Final da Floração; IM – Início da Maturação; FM – Final da Maturação.

Tabela 11. Soma térmica, em graus-dia, e duração, em dias, de diferentes subperíodos fenológicos durante o ciclo vegetativo das cultivares de quiveiro Golden King e Hayward ao longo de 10 anos de avaliação. Veranópolis, RS.

Cultivar	Ano	Superíodos fenológicos									
		B-IF		IF-FF		FF-IM		IM-FM		B-FM	
		Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia
Golden King	1997/1998	21	229,3	31	302,5	127	2020,4	10	122,0	189	2674,2
	1998/1999	23	259,7	16	199,3	148	2241,8	10	158,4	197	2859,2
	1999/2000	33	342,2	27	240,7	117	1964,6	9	140,5	186	2688,0
	2000/2001	31	354,5	19	179,8	137	2284,3	10	118,4	197	2937,0
	2001/2002	19	226,4	23	212,8	142	2199,5	10	113,9	194	2752,6
	2002/2003	31	345,3	18	167,9	139	2211,6	10	111,8	198	2836,6
	2003/2004	19	211,2	25	256,8	133	2166,4	10	141,9	187	2776,3
	2004/2005	21	245,6	32	293,3	130	2102,2	12	148,1	195	2789,2
	2005/2006	23	288,7	16	188,0	144	2134,2	10	133,9	193	2744,8
	2006/2007	34	326,8	27	250,4	137	2004,6	9	110,7	207	2692,5
	Média	25,5	283,0	23,4	229,2	135,4	2133,0	10,0	130,0	194,3	2775,0
	Desvio padrão	6,02	55,41	5,95	47,00	9,06	107,97	0,82	16,87	6,17	83,85
	CV (%)	23,62	19,58	25,42	20,51	6,69	5,06	8,16	12,98	3,17	3,02
Cultivar	Ano	Superíodos fenológicos									
		B-IF		IF-FF		FF-IM		IM-FM		B-FM	
		Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia	Duração (dias)	Graus-dia
Hayward	1997/1998	35	275,4	18	192,7	165	2118,6	20	141,9	238	2728,6
	1998/1999	47	370,1	16	168,8	153	1904,6	20	165,3	236	2608,8
	1999/2000	44	323,6	15	143,2	169	2022,5	14	111,5	242	2600,8
	2000/2001	32	317,7	15	165,7	161	2126,7	16	122,3	224	2732,4
	2001/2002	45	356,8	13	143,8	149	1973	20	143,9	227	2617,5
	2002/2003	32	288,7	15	167,9	161	2126,5	15	131	223	2714,1
	2003/2004	45	333,8	13	156,9	150	1987,8	20	165,7	228	2644,2
	2004/2005	35	285,6	18	187,8	166	2107,8	20	207,3	239	2788,5
	2005/2006	45	300,8	17	202,8	153	2008,8	20	151,2	235	2663,6
	2006/2007	45	302,4	14	180,5	168	2216,6	15	121,3	242	2820,8
	Média	40,5	315,5	15,4	171,0	159,5	2059,3	18,0	146,1	233,4	2691,9
	Desvio padrão	6,15	31,09	1,84	20,02	7,63	94,32	2,62	28,19	7,28	76,91
	CV (%)	15,19	9,85	11,93	11,71	4,79	4,58	14,58	19,29	3,12	2,86

Legenda: B – Brotação; IF – Início da Floração; FF – Final da Floração; IM – Início da Maturação; FM – Final da Maturação.

A soma térmica, em graus-dia, semelhante entre as cultivares pertencentes a uma mesma cultura justifica-se, provavelmente, pela diferença da temperatura-base encontrada para cada genótipo, associada à duração e temperatura média do ar ao longo do ciclo da planta. Cultivares tardias, por apresentarem temperatura-base superior, acumulam menos graus-dia e se igualam as cultivares precoces em soma térmica nos diferentes subperíodos fenológicos, pela maior duração e/ou período mais quente compreendido durante os seus intervalos fenológicos. Desse modo, pelos resultados obtidos é possível concluir que cultivares de uma mesma espécie frutífera apresentam igual somatório de calor durante o ciclo vegetativo, diferindo, de um modo geral, pela temperatura-base que regula e/ou aciona o seu crescimento. Trabalhos comparativos entre cultivares e espécies frutíferas, com a definição da temperatura-base por método biológico, aliada à interação com uma série de dados fenológicos e meteorológicos não são relatados em literatura, o que imprime a importância dos resultados do presente estudo, para o entendimento e caracterização da fenologia das plantas frutíferas.

Na comparação entre dias de calendário *versus* soma térmica (graus-dia) durante os subperíodos fenológicos das cultivares estudadas, observou-se, em 82% dos casos, que a soma térmica (graus-dia) conferiu um menor coeficiente de variação em relação aos dias de calendário (Tabelas 7, 8, 9, 10 e 11). Pela redução na variabilidade observada, sob análise da série histórica de 10 anos, reforça-se a hipótese de que a fenologia das plantas responde mais ao “tempo térmico” (graus-dia) do que ao tempo cronológico (dias), para o acompanhamento do ciclo vegetativo das plantas.

Brunini (1998) mostra que o conceito de tempo térmico ou graus-dia reduz discrepâncias na caracterização do ciclo das plantas sob diferentes regimes térmicos, se comparado aos dias de calendário. Para uma mesma espécie ou variedade, a duração das etapas fenológicas e do ciclo varia entre anos e locais, dependendo das condições térmicas do ambiente. Já, a necessidade em graus-dia, por outro lado, tende a ser uniforme para um mesmo genótipo, em diferentes ambientes térmicos. Isto facilita a caracterização do padrão fenológico das plantas para diferentes locais e períodos, a menos que outros fatores possam interferir (Bergamaschi, 2007). Segundo Fina & Ravelo (1973), a interação com outros fatores, como água, nitrogênio e o próprio fotoperíodo, pode provocar pequenas margens de erro, sob diferentes ambientes, mas o somatório de graus-dia tem sido um adequado parâmetro para estimar eventos fenológicos. Para Monteiro *et al.* (2009), o acúmulo de graus-dia permite estimar com precisão a duração do ciclo e a ocorrência de fases ou eventos importantes ao longo da evolução fenológica das plantas, o que corrobora com os resultados obtidos no presente estudo.

Para Bergamaschi (2007), o uso do número de dias do calendário como variável independente, ao invés do critério de tempo térmico (graus-dia), restringe a validade dos modelos de simulação a ambientes semelhantes àqueles em que os dados foram gerados. Haverá discrepâncias de estimativas sempre que o modelo for utilizado em locais ou épocas com condições térmicas diferentes. Para Gibson & Reighard (2002) o uso da soma de graus-dia, baseada no acúmulo energético acima de determinada

temperatura-base, é de uso abrangente na simulação do desenvolvimento fenológico e do crescimento das plantas. Embora a água e o fotoperíodo também possam influenciar a fenologia das plantas, na maioria das culturas a soma de graus-dia tem relação direta com o desenvolvimento das plantas (Miller *et al.*, 2001). A predição de períodos críticos, as exigências ecoclimáticas das culturas, a programação de práticas de manejo importantes e o emprego da modelagem em zoneamentos agroclimáticos são alguns exemplos de aplicações da soma de graus-dia em cultivos agrícolas (Day *et al.*, 2008; Souza *et al.*, 2011).

A classificação de genótipos pela precocidade, pelo uso de denominações do tipo precoce, intermediário e tardio, é imprecisa para uso em grande escala (Bergamaschi, 2007). Ela depende de características genéticas, porém as interações genótipo-ambiente se alteram sempre que as condições do meio se modificam. Assim, ela só é válida para determinadas condições de cada ambiente. Por este motivo, o ciclo de cada genótipo deveria ser caracterizado segundo suas particularidades em termos de necessidades térmicas, mas isto nem sempre ocorre. Para Berlato & Sutili (1976), as estimativas de graus-dia deveriam considerar as diferenças nas temperaturas cardeais entre os grupos de maturação ou precocidade, variando seus índices de acordo com o genótipo. A diferenciação na temperatura-base e a igual soma térmica obtida entre materiais de ciclos diferentes para cada cultura (Tabelas 7, 8, 9, 10 e 11), atende a proposição sugerida e configura-se como um importante ponto na evolução do conhecimento da fenologia e da relação clima-planta das espécies frutíferas.

Estimativa da fenologia sob o impacto das previsões de mudanças climáticas

A fenologia das espécies frutíferas temperadas, considerando o cenário atual e de previsão de aumento da temperatura mínima do ar em 1°C, 3°C e 5,8°C, conforme o IPCC (2007) para a região Sul do Brasil, é mostrada na Figura 12. A estimativa de predição dos eventos fenológicos, acrescendo a temperatura do ar em 1°C, 3°C e 5,8°C, foi realizada a partir da data da poda de frutificação e considerou apenas um grupo de cultivar.

A previsão da fenologia foi realizada somente para as cultivares de ciclo precoce. Nestas se supôs que a data de poda atual corresponda ao término da endodormência natural das plantas, o que equivalerá nos cenários futuros, a data da poda + a aplicação dos produtos para a superação artificial da endodormência. Assim, a soma térmica considerada para o alcance da brotação foi computada a partir do final da endodormência, tanto no cenário atual como nos cenários futuros. Para as cultivares tardias, desconsiderou-se tais previsões, uma vez que a data de poda foi realizada muito cedo, juntamente com as variedades precoces. Isto distanciou substancialmente tal trato cultural ao início do ciclo das cultivares, não possibilitando atribuir o final da endodormência à data de realização da poda de frutificação. Nos cenários de aquecimento global, principalmente nos casos de elevação da temperatura mínima em 3°C e 5,8°C, a aplicação de produtos químicos não solucionaria o problema das cultivares tardias, pois supõe-

se que o baixo acúmulo de frio a ocorrer até a data da poda, não supra a exigência mínima necessária de frio dos genótipos, para os produtos agirem eficazmente.

Para Petri *et al.* (2006), os produtos indutores de brotação, utilizados para compensar a falta de frio, terão efeito na medida em que forem acumulados 50 % ou mais do frio necessário para a espécie e/ou cultivar ou 2/3 da necessidade de frio do genótipo, conforme Erez (2000). Nestes locais em que o acúmulo de frio é significativamente inferior à necessidade da planta, é essencial o emprego de cultivares com baixa necessidade de frio para viabilizar uma produção sustentável. Com o aquecimento global, a redução do número de horas de frio provavelmente manterá a planta em dormência, não sendo possível prever a fenologia em cenários futuros.

A Figura 12 mostrou, para as cultivares precoces, que o ciclo vegetativo se encurtará com a elevação da temperatura do ar, com redução do número de dias para o término das diferentes fases fenológicas. Isto se deve às culturas acumularem mais soma térmica diária, acima da temperatura-base, pela elevação da temperatura média do ar, resultando no adiantamento do ciclo vegetativo. Tal aquecimento global implicará necessariamente em alterações no manejo das culturas. A antecipação do ciclo vegetativo e de suas fenológicas, expõe as plantas a mudanças nas épocas que devam ser realizados os tratos culturais, assim como sujeita as plantas a diferenciadas vulnerabilidades climáticas. O aquecimento global também implica em diminuição da disponibilidade de frio no período de outono-inverno, comprometendo a superação da dormência e a qualidade das fases fenológicas, como brotação e/ou floração das frutíferas (Anzanello, 2012).

Para Bergamaschi (2007), uma mesma espécie ou genótipo pode alterar a época de ocorrência de fases importantes ou a própria duração do ciclo, dependendo, sobretudo, do regime térmico. Um mesmo genótipo pode alongar ou reduzir o ciclo, dependendo da combinação nas alterações de temperatura entre regiões. Séries históricas de dados analisadas demonstram que a principal alteração, em decorrência das mudanças climáticas, será o aumento das temperaturas mínimas, ou seja, no regime térmico noturno (IPCC, 2007; Steinmetz *et al.*, 2005). A persistir o ritmo atual de aumento dos gases de estufa, estima-se que, em cerca de 20 anos, a temperatura mínima do ar possa aumentar em 3°C, segundo o IPCC (2007). No Brasil, Wrege *et al.* (2007) verificaram um aumento consistente de 1°C nas temperaturas mínimas em Pelotas-RS, a partir de 1970.

O aumento das temperaturas noturnas tende a acelerar o ciclo das plantas, em função do maior acúmulo de graus-dia. Por outro lado, o aumento da respiração noturna provoca redução na assimilação líquida das plantas. Assim, a produção das plantas (biomassa e frutos) tende a reduzir-se pelo encurtamento do ciclo e pelo aumento das perdas por respiração. Por outro lado, mais carbono poderá ser fixado pela fotossíntese devido ao aumento na concentração de CO₂ atmosférico. Mas, o ciclo das plantas será acelerado e a condutância estomática tende a diminuir, podendo resultar em redução do total de CO₂ fixado na biomassa. A cada ano, a assimilação fotossintética remove cerca de um sétimo do CO₂

atmosférico, enquanto a respiração libera uma quantidade equivalente de CO₂ no ar. Este equilíbrio é um ponto básico para a pesquisa em biologia do CO₂ (Körner, 2006). Há discrepâncias, porém, entre resultados provenientes de estudos em ambientes controlados em comparação a dados obtidos em ambientes naturais, o que torna limitada sua aplicação em projeções futuras (Long *et al.*, 2006).

O aumento nas temperaturas noturnas também afeta a fenologia das espécies que necessitam tratamento de frio hibernal. A redução do número de horas de frio já vem sendo observada no Brasil, o que deverá afetar o padrão fenológico e a produtividade das espécies de clima temperado. Ao mesmo tempo em que a disponibilidade de frio poderá prejudicar as culturas de clima frio, espera-se que haja redução nos riscos de geadas, o que favorecerá as culturas sensíveis a este fenômeno. Uma readequação nos zoneamentos e no padrão genético dessas espécies será necessária diante do aquecimento global (Wrege *et al.*, 2007). Fala-se em alterações na distribuição geográfica das espécies, em decorrência das mudanças climáticas, com transferência das frutíferas temperadas para regiões de maior altitude ou latitude e com o lançamento de cultivares com menor exigência de frio (Pandolfo *et al.*, 2007; Wrege *et al.*, 2007).

Em plantas cultivadas algumas técnicas de manejo poderão reduzir os impactos das mudanças climáticas. Alterações no zoneamento e no escalonamento de espécies, o uso crescente de técnicas de cultivo protegido, sistemas consorciados, irrigação, práticas conservacionistas de um modo geral, dentre outras, são alternativas que tendem a reduzir o impacto do aquecimento global, caso forem adequadamente empregadas nos respectivos agroecossistemas.

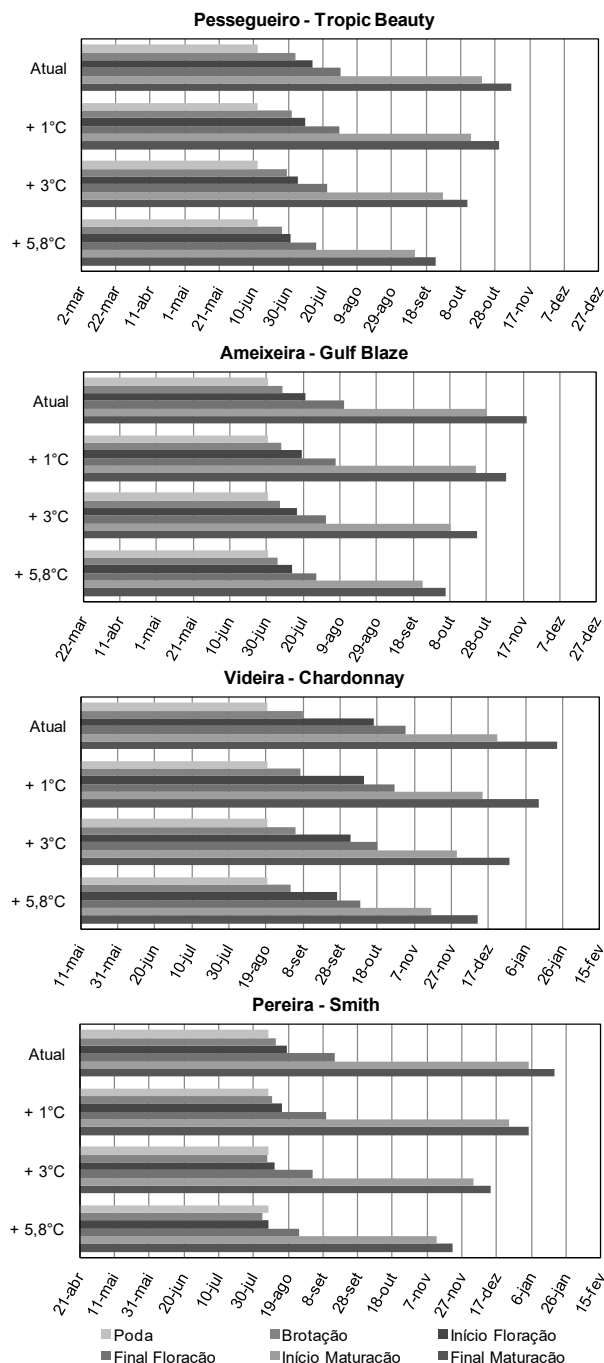
Alterações nas relações genótipo-ambiente, visando melhor adaptação de variedades através do melhoramento genético, também poderão reduzir o impacto de condições adversas decorrentes das mudanças climáticas (Bergamaschi, 2009).

Os efeitos das mudanças climáticas sobre a fenologia das plantas e suas consequências, enfocando a necessidade de adaptação das espécies frutíferas, é um tema de relevada importância atualmente. Isto conduz a uma necessidade maior de novas pesquisas e estudos, buscando reduzir o impacto por riscos climáticos.

Não basta avaliar futuros cenários climáticos e tentar apenas quantificar suas alterações. Torna-se cada vez mais importante caracterizar os padrões de impacto que essas mudanças tendem a produzir e quantificar seus efeitos sobre os organismos vivos, com base científica e experimental. Feito isto, torna-se necessário formular novos conhecimentos e estratégias que possibilitem mitigar ou minimizar os efeitos das futuras adversidades. Talvez, o problema maior esteja no fato de que pouca pesquisa de campo vem sendo feita neste sentido.

Atualmente, modelos estão sendo aplicados na simulação de futuros cenários físicos e físico-biológicos, na tentativa de estimar padrões futuros de mudanças climáticas e de seus impactos sobre as espécies. Entretanto, tratando-se de fenômenos biológicos, nota-se grande carência de parâmetros

confiáveis para ajuste desses modelos, capazes de refletir a realidade de campo e as especificidades regionais. Além disso, a preocupação maior reside na rapidez das mudanças e na complexidade com que os processos ocorrem. No caso de plantas, haverá alterações nos padrões de produção, distribuição espacial e fenologia, como mostrado neste estudo. Quantificar esses impactos e formular medidas capazes de minimizá-los representam grandes desafios para a pesquisa nas próximas décadas.



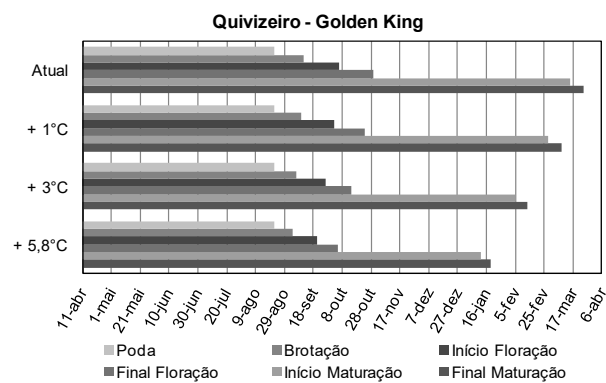


Figura 12. Estimativa de datas fenológicas de diferentes cultivares precoces de pessegueiro, ameixeira, videira, pereira e quivizeiro quando submetidas ao cenário atual e previsão futura de elevação da temperatura mínima do ar em 1, 3 e 5,8°C (IPCC, 2007).

CONCLUSÕES

A temperatura-base inferior difere entre as espécies frutíferas de clima temperado.

A temperatura-base inferior é menor para cultivares precoces e maior para cultivares tardias, para as culturas do pessegueiro, ameixeira, videira, pereira e quivizeiro.

A temperatura-base inferior das cultivares frutíferas de clima temperado é condicionada pelo grau de necessidade de frio do genótipo, sendo quanto maior a exigência em frio hiberna, maior a temperatura-base da cultivar.

Cultivares pertencentes a uma mesma espécie frutífera apresentam soma térmica semelhante para o término do ciclo vegetativo, independente do grau de precocidade ou maturação do genótipo.

A fenologia das plantas frutíferas responde mais ao tempo térmico do que ao tempo cronológico, ou seja, é mais dependente da soma térmica (graus-dia) do que a dias de calendário para completar o ciclo vegetativo.

O aquecimento global, com elevação da temperatura mínima do ar, provoca antecipação das fases fenológicas das plantas, reduzindo o número de dias para o término do ciclo vegetativo.

A diferenciação da temperatura-base inferior entre genótipos é um importante fator a ser considerado para ajustes de modelos de fenologia, como fundamento para melhoria da sua precisão e aplicabilidade na agricultura.

REFERÊNCIAS

- Althoff, D. A; Braga, H. J; Vieira H. J. Determinação das melhores épocas de plantio do milho precoce e tardio para a região oeste de Santa Catarina. Florianópolis: EMPASC, 1987. 37 p. (Documentos, 88).
- Angelocci, L. R.; De Camargo, M. B. P.; Pedro Junior, M. J.; Ortolani, E.R. Estimativa do total de horas abaixo de determinada temperatura-base através das medidas diárias da temperatura do ar. *Bragantia*, v. 38, n. 4, p. 27-36, 1979.
- Anuário Brasileiro De Fruticultura 2010. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2010. 129 p.
- Anzanello, R. Efeito do frio na brotação de gemas de pereira cv. Packham's. *Synergismus Scyentifica UFTPR*, v. 09, p. 1-4, 2014c.
- Anzanello, R. Fisiologia e modelagem da dormência de gemas em macieira. 2012. 281f. Tese (Doutorado em Fitotecnia – Fisiologia e Manejo Vegetal), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2012.
- Anzanello, R.; Fialho, F.B.; Santos, H.P.; Marodin, G.A.B.; Bergamaschi, H. Bud dormancy in apple trees after thermal fluctuation. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, n.6, p.457-464, 2014a.
- Anzanello, R.; Fialho, F.B.; Santos, H.P.; Marodin, G.A.B.; Bergamaschi, H. Métodos biológicos para avaliação da brotação de gemas em macieira para modelagem da dormência. *Revista Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n.3, p. 1163-1176, 2014b.
- Anzanello, R.; Perini, P.; Fialho, F. B.; Santos, H. P.; Revers, L. F.; Marodin, G. A. B.; Bergamaschi, H. Temperatura e tempo de frio para indução e superação de dormência em gemas de macieira. In: XXI Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2010, Natal, RN. Anais... Natal, RN: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010.
- Arnold, C.Y. The determination and significance of the base temperature in linear heat unit system. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.74, n.1, p.430-445, 1959.
- Balandier, P. Étude dynamique de la croissance et du développement des bourgeons de quelques cultivars de pêcher cultivés à diverses altitudes sous le climat tropical de île de la Reunion. 1992. 82 f. Thèse (Doctorat Physiologie Végétale) – Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, 1992.
- Bergamaschi, H. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: Rego, G.M.; Negrelle, R.R.B.; Morelato, L.P.C.. (Org.). *Fenologia ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos*. 1 ed. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2007, v. 1, p. 291-310 (CD-ROM).

- Bergamaschi, H.. As influências das mudanças climáticas na fruticultura. In: Instituto Frutal. (Org.). Frutal Cone Sul: Frutas, flores e agroindústria. Bento Gonçalves, RS: Instituto Frutal, 2009, p. 1-9.
- Bergamin Filho, A.; Kimati, H.; Amorin, L. Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos. Ed. 1, Ceres: São Paulo, 1995. 919p.
- Berlato, M. A; Sutilli, V. R. Determinação das temperaturas-base dos subperíodos emergência-
pendoamento e emergência-espigamento de três cultivares de milho (*Zea mays* L.). In: Reunião
Técnica Do Milho E Sorgo, 21, 1976, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre, 1976. p. 523-527.
- Bogataj, L.K.; Bergant, K. Simple models for prediction of flowering of fruit trees (*Pyrus communis* L., *Malus domestica* borkh and *Prunus domestica* L.) Center of Biometeorology, University of Ljubljana, Slovenia, 2005.
- Bonhomme, R. Bases and limits to using "degree.day" units. European Journal of Agronomy, v.13, p.1-10, 2000.
- Braga, H. J. Previsão agrícola: uma nova abordagem - Uso de scanner aerotransportável e redes neurais. 1995. 150 f Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Centro Tecnológico – Universidade Federal De Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1995.
- Braga, H. J; Steckert, R. Estimativa de horas de frio abaixo de 7,2 °C e 13°C para 10 localidades do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: EMPASC, 1987. 42 p. (Documentos, 90).
- Brunini, O. Elementos meteorológicos e comportamento vegetal. Campinas: IAC, 1998. 46 p. (Boletim Técnico).
- Buainain, A. M.; Batalha, M. O. Cadeia produtiva de frutas. Brasília: IICA/MAPA/SPA, 2007. v.7, 102 p.
- Bunker, M.J.M.; Salinger, M.J. Kiwifruit development the effect of temperature on budburst and flowering, Weather and Climate, v.7, p.26-30, 1987.
- Buriol, G.A.B; Heldwein, A.B.; Schneider, F.M.; Estefanel, V.; Oliveira, H.T.; Didoné, M.A. Disponibilidade de horas de frio na região central do Rio Grande do Sul: 2 - Distribuição geográfica. Ciência Rural, v. 30, n. 5, p. 755-759, 2000.
- Camargo, M.B.P. Exigências bioclimáticas e estimativas da produtividade para quatro cultivares de soja no Estado de São Paulo. 1984. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 1984.
- Cardoso, L. S.; Bergamaschi, H.; Bosco, L. C.; Paula, V. A.; Marodin, G. A. B.; Casamali, B.; Nachtigall, G. R. Disponibilidades climáticas para macieira na região de Vacaria, RS. Ciência Rural, v. 42, n. 11, p. 1960-1967, 2012.
- Carvalho, R. I. N.; Zanette, F. Dinâmica da dormência de gemas de macieira “Imperial Gala” durante o outono e inverno em região de baixa ocorrência de frio. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 26, n. 1, p. 65-68, 2004.

- Carvalho, R.I.N.; Biasi, L.A. Índice para a avaliação da intensidade de dormência de gemas de fruteiras de clima temperado, *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 34, n. 3, p. 936-940, 2012.
- Carvalho, R.I.N.; Biasi, L.A.; Zanette, F.; Santos, J.M.; Pereira, G.P. Estádios de brotação de gemas de fruteiras de clima temperado para o teste biológico de avaliação de dormência. *Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais*, v. 8, n. 1, p. 93-100, 2010.
- Chmielewski, F. M.; Rötzer, T. Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural Forest Meteorology*, v. 108, n. 2, p. 101-112, 2001.
- Chmielewski, F.; Muller, A.; Bruns, E. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. *Agriculture and Forest Meteorology*, v. 121, n.1, p. 69-78, 2004.
- Citadin, I.; Raseira, M.Doc.B.; Herter, F.G.; Silveira, C.A.P. Avaliação da necessidade de frio em pessegueiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 24, n. 3, p. 703-706, 2002.
- Couvillon, G. A.; Erez, A. Effect of level and duration of high-temperatures on rest in the peach. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 110, n.4, p. 579-581, 1985.
- Dalbó, M.A.; Souza, E.L.; Bruna, E.D.; Moter, I.V.; Loro, L. Pêssego e Nectarina. Disponível em: [content/uploads/2013/10/Avaliacao_de_cultivares_de_pessego_e_nectarina-2014-15.pdf](content/uploads/2013/10/Avaliacao_de_cultivares_de_pessego_e_nectarina-2014-15.pdf). Acesso em: 08 de agosto de 2014.
- Day, K.; Lopez, G.; Dejong, T. Using growing degree hours accumulated thirty days after bloom to predict peach and nectarine harvest date. *Acta Horticulturae*, n. 803, p.163-166, 2008.
- Degrandi-Hoffman, G., Thorp, R., Loper, G., Eisikowitch, D. Describing the progression of almond using accumulated heat units. *Journal. Applied Ecology*, v 33, p.812-/818, 1996.
- Dokoozlian, N.K. Grape Berry Growth and Development. p.30-37 In: Christensen, L.P. Raisin production manual. ANR Publications, 2000, 295 p.
- Domergue, M. Impact du réchauffement climatique sur le parcours phénologique d'espèce/variétés fruitières dans la vallée du Rhône. 2001. 60 p. (Memoire de fin d'études) - Ecole Supérieure d'Ingenieurs et de Techniciens pour l'Agriculture, Val de Reuil, 2001.
- Ebadi, A.; May, P.; Sedgley, M.; Coombe, B. C. Effect of low temperature near flowering time on ovule development and pollen tube growth in the grapevine (*Vitis vinifera* L.) cvs Chardonnay and Shiraz. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v. 1, p. 11-18, 1995.
- Ebert, A.; Petri, J.L.; Bender, R.J.; Braga, H.J. First experiences with chill-unit models in Southern Brazil: Modelling in Fruit Research. *Acta Horticulturae*, n. 184, p. 74-86, 1986.
- Egea, J.; Ortega, E.; Martinez-Gomez, P.; Dicenta, F. Chilling and heat requirements of almond cultivars for flowering. *Environmental and Experimental Botany*, v. 50, n. 3, p. 79-85, 2003.
- Erez, A. Bud dormancy: phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: *TEMPERATE fruit crops in warm climates*. London: Kluwer Academic, 2000. p. 17-48.

- 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*, v. 112, n. 4, p. 677-680, 1987.
- Erez, A.; Lavee, S. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 96, n. 6, p. 711-714, 1971.
- Fachinello, J.C., Pasa, M.S. Schmtiz, J.D., Betemps, D.L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, volume especial, p.109-120, 2011.
- FAO. FAOSTAT: production-crops. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 06 jun. 2014.
- Faust, M.; Erez, A.; Rawland, L. J.; Wang, S.Y.; Norman, H. A. Bud dormancy in perennial fruit trees: Physiological basis for dormancy induction, maintenance and release. *HortScience*, Alexandria, v. 32, n. 4, p. 623-629, 1997.
- Fortes, A. B. Geografia física do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Livraria do Globo, 1959.
- Fregoni, C., Pezzuto, S. Principes et premières approches de l'indice bioclimatique de qualité de Fregoni. *Progres Agricole et Viticole*, v.18, p. 390-396, 2000.
- FRUTPLAN. Descrição de cultivares de pessegueiro. Disponível em: http://frutplan.com.br/site/index.php?route=product/product&product_id=170 Acesso em: 08 de agosto de 2014.
- Gianfagna, T.J., Mehlenbacher, S.A. Importance of heat requirement for bud break and time of flowering in apple. *HortScience*, v. 20, n.4, p.909-/911, 1985.
- Gibson, P.G.; Reighard, G.L. Chilling requeriment and postrest heat accumulation in peach trees inoculated with peach latent mosaic viroid. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.127, n.3, p.333-336, 2002.
- Gibson, P.G.; Reighard, G.L. Chilling requirement and postrest heat accumulation in peach trees inoculated with peach latent mosaic viroid. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.127, n.3, p.333-336, 2002.
- Giovaninni, E. Produção de uvas para vinhos, suco e mesa. 3. ed. Porto Alegre: Renascença, 2008. 362p.
- Green, S.R. Kiwifruit dry matter platform - exploiting water stress using summer deficit irrigation, *HortResearch*, v.1, p.1-2, 2007.
- Hauagge, R.; Cummins, J. N. Season variation in intensity of bud dormancy in apple cultivars and related *Malus* species. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 116, n. 1, p. 107-115, 1991.
- Hawerroth, F. J. Herter, F. G.; Petri, J. L.; Leite, G. B.; Pereira, J. F. M. Dormência em frutíferas de clima temperado. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 56 p. (Documentos, 310).

- Herter, F. G. Dormance des bourgeons et phenologie des quelques cultivars de pommier: effet de la température em interaction avec le génotype. 1992. 82 f. Tese (Doutorado), Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, 1992.
- Herter, F.G.; Machado, L.B.; Oliveira, M.F. Efeito do frio na brotação de gemas de pereira (*Pyrus communis* l.) cv. Carrick, em Pelotas, RS. Revista Brasileira de Fruticultura, v. 23, n. 2, p. 261-264, 2001.
- Herter, F.G.; Wrege, M.S.; Raseira, M.C.B.; Pereira, I.S.; Steinmetz, S. Zoneamento agroclimático do pessegueiro e da nectarineira para o Rio Grande do Sul. Série Documentos, 91. 27p. 2002.
- Hidalgo, L. Caracterización microfísica del ecosistema médio-planta em los viñedos españoles. Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrárias, 1980. 255p.
- Honjo, H.; Fukui, R.; Aono, Y.; Sugiura, T. The DTS accumulation model for predicting the flowering date in Japanese pear tree in Japan. In: International Symposium On Computer Modeling In Fruit Research And Orchard Management, 7, 2004, Copenhagen. Abstracts... Copenhagen: ISHS, 2004. p. 23.
- Horvath, D.P., Anderson, J.V., Chao, W.S., And Foley, M.E. Knowing when to grow: signals regulating bud dormancy. Trends in Plant Science, v. 8, n.11, p. 534-540, 2003.
- IBGE. Censo agropecuário 2009: lavoura permanente e temporária. Disponível em: <[http:// www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=rs](http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=rs)>. Acesso em: 6 jun. 2014.
- Intergovernmental Panel On Climate Change - IPCC. Climate change 2007: the physical science. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. 996 p. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Iuchi, V. L. Botânica e fisiologia. In: EPAGRI. A cultura da macieira. Florianópolis, p. 59-104. 2006.
- Kliewer, W. M. Grapevine physiology: how does a grapevine make sugar? Berkeley: University of California, 1981. 13p.
- Korner, C. Forests, biodiversity and CO₂: surprises are certain. Biologist, v. 53, n. 2. p. 82-90, 2006.
- Lang, G. A.; Early, J. D.; Martin, G. C.; Darnell, R. L. Endo-, para- and ecodormancy: physiological terminology and classification for dormancy research. Hortscience, v. 22, n. 3, p. 371-178, 1987.
- Lavee, S; May, P. Dormancy of grapevine buds: facts and speculation. Australian Journal of Grape and Wine Research, v. 3, n.1, p. 31-46, 1997.
- Law, M.L.; Kelton, W.D. Simulation Modeling & Analysis. Third Edition, McGraw-Hill: 2000, 759p.
- Lazzari, M. Cima e fenologia de cultivares de pessegueiro (*Prunus persica*) na região do Alto e Médio Vale do Uruguai, RS. 2011. 169 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- Legave, J. M.; Farrera, I.; Almeras, T.; Santamaria, P.; Calleja, M. Selecting models of apple flowering time and understanding how global warming has had an impact on this trait. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, v. 83, n. 1, p. 76-84, 2008.

- Leite, G. B.; Petri, J. L.; Mondardo, M. Efeito da tela antigranizo em algumas características dos frutos de macieira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 24, p. 714-716, 2002.
- Long, S.P.; Ainsworth, E.A.; Leahey, A.D.B.; Nosberger, J.; Ort, D.R. Food for thought: lowerthan-expected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. *Science*, v. 312, n.1, 1918-1921, 2006.
- Luchesi, A. A.; Montenegro, H. W. S.; Villa Nova, N. A. Estimativa de graus-dia acumuladas no ciclo de frutificação de cultivares de abacateiros (*Persea americana*, M.). *Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”*, v. 34, p. 317-325. 1977.
- Mandelli, F.; Tonietto, J. Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003. Disponível em: <<http://www.cnpv.embrapa.br/publica/sprod/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/BentoGoncalves>>. Acesso em: 12 ago. 2014.
- Manelli, F. Relações entre variáveis meteorológicas, fenologia e qualidade da uva na Serra Gaúcha. 2002. 217f. Tese (Doutorado em Fitotecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, 2002.
- Marra, F.P.; Inglese, P.; Calabria, R.; Dejong, T.M.; Johnson, R.S. Thermal Time Requirement and Harvest Time Forecast for Peach Cultivars With Different Fruit Development Periods, *Acta Horticulturae*, n. 592, p. 523-529, 2002.
- Martínez De Toda, F. *Biología de la vid: fundamentos biológicos de La viticultura*. Madrid: Mundi-Prensa, 1991. 346 p.
- Matzenauer, R.; Bueno, A. C.; Cargnelutti Filho, A.; Didoné, I. A.; Maluf, J. R. T.; Hofmann, G.; Trindade, J. K.; Stolz, A.; Sawasato, J. T.; Viana, D. R. Regime de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha*, v. 11, n. 1-2, p. 63, 2005.
- Mauget, J. C. Dormance des bourgeons chez les arbres fruitiers de climat tempéré. In: Guayader H. *Le développement des végétaux: aspects théoriques et synthétiques*. Paris: Masson, 1987. p. 133-150.
- Miller, P.; Lanier, W.; Brandt, S. Using growing degree days to predict plant stages. Bozeman: State University Montana, Extension Service, 2001. 8p.
- Monteith, J. L.; Elston, J. Climatic constraints on crop production. In: Fowden, L.; Mansfield, T.; Stoddart, J. (Eds). *Plant adaptation to environmental stress*. London: Chapman & Hall, 1996. p. 3-18.
- Mullins, M.G.; Bouquet, A.; Williams, L.E. *Biology of the grapevine*. Cambridge: University Press, 2000. 239p.
- Nagata, R. K.; Scarpere Filho, J. A.; Kluge, R. A.; Nova, N. A. V. Temperatura-base e soma térmica (graus-dia) para videiras ‘Brasil’ e ‘Benitaka’. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.22, n.3, p.329-333, 2000.

- Oliveira, I. V. De M.; Lopes, P. R. C.; Oliveira, J. E. De M.; Silva, R. R. S. Da; Cavalcante, I. H. L. Caracterização fenológica, pegamento e produção de macieiras da variedade 'Eva' em Petrolina – PE. In: Congresso Brasileiro De Fruticultura, 21., 2010, Natal. Anais... Natal: SBF, 2010a.
- Oliveira, I. V. De M.; Lopes, P. R. C.; Oliveira, J. E. De M.; Silva, R. R. S. Da; Cavalcante, I. H. L. Caracterização fenológica, pegamento e produção de macieiras da variedade 'Princesa' em Petrolina - PE. In: Congresso Brasileiro De Fruticultura, 21., 2010, Natal. Anais... Natal: SBF, 2010b.
- Ometto, J. C. Bioclimatologia Vegetal. São Paulo, Editora Agronômica Ceres Ltda., 1981: 425p.
- Pandolfo, C.; Hammes, L.A.; Camargo, C.; Massignam, A. M.; Pinto, E.S.P.; Lima, M. Possíveis impactos das mudanças climáticas na distribuição de áreas potenciais de cultivo da cultura da banana e da maçã no Estado de Santa Catarina. In: Congr. Bras. Agrometeor., 15. Anais... Aracaju: Embrapa/SB Agro, 2007.
- Pedro Jr, M.J.; Paulo Cesar Sentelhas, P.C.; Pommer, C.V.; Martins, F.P.; Gallo, P.B.; Santos, R.R.; Bovi, V.; Sabino, J.C. Caracterização fenológica da videira 'Niagara Rosada' em diferentes regiões paulistas, *Bragantia*, v.52, n.2, p. 153-160, 1993.
- Pedro Junior, M.J.; Sentelhas, P.C.; Pommer, C.V., Martins, F.P. Determinação da temperatura-base, graus-dia e índice biometeorológico para a videira 'Niagara Rosada'. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 2, n.1, p. 51-56, 1994.
- Petri, J. L.; Palladini, L. A.; Pola, A. C. Dormência e indução da brotação da macieira. In: A CULTURA da macieira. Florianópolis: EPAGRI, 2006. 743 p.
- Putti, G. L.; Petri, J. L. Estádios fenológicos da macieira nas cultivares Gala, Fuji e Golden Delicious. *Revista Agropecuária Catarinense*, v. 15, n. 3, p.24-28, 2002.
- Putti, G. L.; Petri, J. L.; Mendez, M. E. Temperaturas efetivas para a dormência da macieira (*Malus domestica* B.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 2, p. 210-212. 2003.
- Putti, G. L.; Mendez, M. E. G.; Petri, J. L. Unidades de frio e de calor para a brotação de macieira (*Malus domestica*, Borck), "GALA" E "FUJI". *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 6, n. 3, p. 194-196, 2000.
- Putti, G.L.; Petri, J.L. Mendez, M.H.; Leite, G.B. Necessidades térmicas para indução da brotação de diferentes cultivares de macieira. *Agropecuária Catarinense*, v. 19, n. 2, p. 71-74, 2006.
- Richardson, E. A.; Seeley, S.D.; Walker, D.R.; Anderson, J.L.M.; Ashcroft, G.L. Pheno-crimatography of spring peach bud development. *Hortscience*, v.10, n.3, p.236-237, 1975.
- Richardson, E. A.; Seeley, S. D; Walker, D. R. A model for estimating the completion of rest for 'Redhaven' and 'Elberta' peach trees. *HortScience*, v. 9, n. 4, p. 331-332, 1974.
- Roberto, S.R.; Sato, L.F.; Brenner, E.A.; Santos, C.E.; Genta, W. Fenologia e soma térmica (graus-dia) para a videira 'Isabel' (*Vitis labrusca*) cultivada no Noroeste do Paraná, *Semina: Ciências Agrárias*, v. 25, n. 4, p. 273-280, 2004.

- Rodríguez, A.R. Multiple Regression Models for the Analysis of Potential Cultivation Areas for Japanese Plums, *Hortscience*, v.30, n.3, p. 605–610, 1995.
- Rohde, A.; Bhalerao, R. P. Plant dormancy in the perennial context. *Trends in Plant Science*, v. 12, n. 5, p. 217-23, 2007.
- Santos, C.E.; Roberto, S.R.; Sato, A.J.; Jubileu, B.S. Caracterização da fenologia e da demanda térmica das videiras 'Cabernet Sauvignon' e 'Tannat' para a região norte do Paraná. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 29, n. 3, p. 361-366, 2007.
- Santos, H. P.; Anzanello, R.; Fialho, F. B.; Gasperin, A. C.; Tonietto, J.; Bergamaschi, H.; Marodin, G. A. B. Necessidades de frio hibernar para evolução da dormência de gemas de videira. In: XIII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal e XIV Reunião Latino-Americana de Fisiologia Vegetal, 2011, Búzios - RJ. Resumos... XIII Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal e XIV Reunião Latino-Americana de Fisiologia Vegetal. Campos dos Goytacazes - RJ: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 2011. v. 23. p. 255-255.
- Scarpate, F.V. Determinação de índices biometeorológicos da videira 'Niagara Rosada' (*Vitis labrusca* L.) podada em diferentes épocas e fases do ciclo vegetativo. 2007. 77f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Agronomia, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2007.
- Schwartz, M. D. Phenology: An Integrative Environmental Science. Hardcover: Tasks for Vegetation Science, 2003. 592 p.
- Schwartz, M.D., G.J. Carbone, G.L. Reighard, W.R. Okie. A model to predict peach phenology and maturity using meteorological variables, *HortScience*, v. 32, p.213–216, 1997.
- Shaltout, A. D; Unrath, C. R. Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 108, n. 6, p. 957-961, 1983.
- Silveira, S. V.; Anzanello, R.; Simonetto, P. R.; Gava, R.; Garrido, L. R.; Santos, R. S. S.; Girardi, C. L. Aspectos Técnicos da Produção de Quivi. Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 2012 (Documentos Série EMBRAPA).
- Simonetto, P. R ; Anzanello, R.; Fogaca, C. M. ; Junges, A. H. Potential for Japanese plum (*Prunus salicina* L.) cultivation in southern Brazil. *Acta Horticulturae*, n. 985, p. 229-233, 2013.
- Soster, M. T. B.; Latorre, A. F. Avaliação da fenologia das cultivares de macieira Imperatriz, Imperatriz Gala e Fuji em pomar em Bom Retiro, SC. *Biotemas*, v. 20, n. 4, p. 35-40, 2007.
- Souza, A.P.; Leonel, S.; Silva, A.C. Basal temperature and thermal sum in phonological phases of nectarine and peach cultivars. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.12, p.1588-1596, 2011.
- Spiegel-Roy, P. Alston, F.M.. Chilling and post-dormant heat requirement as selection criteria for late flowering pears. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.54, n.2, p.115–120, 1979.

- Steinmetz, S.; Siqueira, O.J.W. De; Wrege, M.S.; Herter, F.G.; Reisser Jr., C. 2005. Aumento da temperatura mínima do ar na região de Pelotas, sua relação com o aquecimento global e possíveis impactos no arroz irrigado no Rio Grande do Sul. In: Congr. Bras. Agrometeor., 14. Anais... Campinas: Embrapa/Unicamp/SB Agro, 2005.
- Taiz, L.; Zeiger, E. Fisiologia vegetal. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- Villa Nova, N. A.; Pedro Júnior, M. J.; Pereira, A. R.; Ometto, J. C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura-base em função das temperaturas máxima e mínima. Ciência da Terra, n. 30, p.1-8, 1972.
- Wagner Junior, A.; Bruckner, C. H.; Pimentel, L. D.; Raseira, M. C. B. Evaluation of chilling requirement in peach through grafted twigs. Acta Horticulturae, Hague, v. 713, n. 1, p. 243-246, 2006.
- Weinberger, J.H. Chilling requirements of peach varieties. Proceedings of the American Society for Horticultural Science, v. 56, n.1, p. 122-128, 1950.
- Werner, D.J., B.D. Mowrey, And E. Young. Chilling requirement and post-rest heat accumulation as related to difference in time of bloom between peach and western sand cherry. . Journal of the American Society for Horticultural Science, v.113, n.5, p.775–778, 1988.
- Westphalen, S. L.; Maluf, J. R. T. Caracterização das áreas bioclimáticas para o cultivo de vitis vinífera L. em regiões da Serra do Nordeste e Planalto do Estado do Rio Grande do Sul. EMBRAPA, Brasília, 98 p., 2000.
- Wrege, M. S. Herter, F. G. Camelatto, D. Reisser Júnior, C. Garrastazu, M. C. Flores, C. A. Iuchi, T. Bernardi, J. Veríssimo, V. Matzenauer, R. Zoneamento agroclimático para pereira no Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 29 p. (Série Embrapa Clima Temperado. Documentos, 182).
- Wrege, M. S.; Steinmetz, S.; Reisser Júnior, C.; Almeida, I. R. de. Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 333 p.
- Wrege, M.S.; Herter, F.G.; Steinmetz, S.; Reisser Jr., C.; Garrastazu, M.C.; Caramori, P.H.; Matzenauer, R.; Braga, H.J. 2007a. Influência do aquecimento global sobre a fruticultura de clima temperado na Região Sul do Brasil, diante de alguns cenários de mudanças climáticas. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 15. Anais... Aracaju: Embrapa/SB Agro, 2007.

ÍNDICE REMISSIVO

A

ameixeira, 4, 6, 11, 12, 14, 15, 18, 21, 25, 26, 31, 33, 34, 35, 39, 40, 49, 51, 56, 65, 66
aquecimento global, 6, 9, 11, 35, 61, 62, 63, 66

B

brotação, 6, 8, 9, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 27, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 47, 48, 49, 61, 62

C

ciclo vegetativo, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 19, 20, 21, 22, 23, 28, 31, 34, 46, 47, 48, 49, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 62, 66
clima, 4, 6, 7, 8, 13, 14, 16, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 35, 38, 41, 45, 46, 47, 49, 61, 63, 66
crescimento vegetal, 10, 25

D

dados meteorológicos, 6, 23, 34, 35
dias de calendário, 7, 60, 66
dormência, 4, 6, 7, 8, 9, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 34, 46, 47, 62

E

exigências térmicas, 7, 17, 21

F

fenologia, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 21, 30, 31, 34, 35, 47, 49, 60, 61, 62, 63, 64, 66
floração, 8, 9, 18, 19, 22, 24, 27, 30, 34, 35, 47, 48, 49, 62
fruticultura, 13, 14, 24

G

grau de precocidade, 6, 40, 45, 49, 66

graus-dia, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 21, 25, 27, 28, 29, 34, 35, 36, 38, 47, 49, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 66

M

manejo cultural, 14
maturação, 8, 21, 22, 34, 35, 49, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 66
modelagem, 8, 9, 31, 45, 46, 47, 61
mudanças climáticas, 9, 11, 16, 30, 35, 36, 61, 62, 63

P

pereira, 4, 6, 9, 11, 12, 14, 18, 21, 25, 31, 34, 35, 45, 47, 49, 53, 58, 65, 66
pessegueiro, 4, 6, 11, 12, 14, 18, 21, 25, 26, 27, 31, 33, 34, 35, 39, 40, 49, 50, 55, 65, 66

Q

quivizeiro, 4, 6, 11, 12, 14, 18, 21, 25, 31, 34, 35, 45, 48, 49, 54, 59, 65, 66

S

soma térmica, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 28, 34, 35, 47, 49, 60, 61, 62, 66

T

temperatura do ar, 7, 9, 11, 12, 20, 22, 23, 25, 45, 46, 47, 61, 62
temperatura mínima basal, 8, 11, 12, 28, 44, 45
Temperatura-base, 28, 29, 31, 35, 38, 46
temperaturas cardeais, 61

V

videira, 4, 6, 11, 12, 14, 18, 21, 25, 26, 31, 34, 35, 44, 48, 49, 52, 57, 65, 66

SOBRE O AUTOR



Rafael Anzanello. Possui graduação em Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em 2007, mestrado em Fitotecnia pela UFRGS, em 2009, doutorado em Fitotecnia pela UFRGS, em 2012, e pós-doutorado pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), em 2014. Atualmente é pesquisador do Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA), da Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação (SEAPI) do Estado do Rio Grande do Sul (RS), em Veranópolis-RS, atuando na área de Fruticultura de Clima Temperado. Tem experiência em recursos genéticos e melhoramento vegetal, fisiologia e manejo de plantas cultivadas e relação clima-planta de cultivos. Atua principalmente com as culturas da videira, frutíferas de caroço, pomáceas e pequenas frutas. Contato: (54) 3441-1374, e-mail: rafael-anzanello@agricultura.rs.gov.br



9786585756594



Pantanal Editora

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000

Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil

Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)

<https://www.editorapantanal.com.br>

contato@editorapantanal.com.br