

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Programa de Pós-Graduação em Agronomia



Dissertação

**Dormência de gemas sob influência da temperatura
durante o período hibernar e resposta produtiva da
macieira pelo uso de indutores de brotação**

Fernando José Hawerroth

Pelotas, 2009.

FERNANDO JOSÉ HAWERROTH

Engenheiro Agrônomo

**Dormência de gemas sob influência da temperatura
durante o período hibernar e resposta produtiva da
macieira pelo uso de indutores de brotação**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área do conhecimento: Fruticultura de Clima Temperado).

Orientador: Flavio Gilberto Herter, Dr.

Co-orientadores: José Luiz Petri, M.Sc.

Gabriel Berenhauser Leite, Dr.

Pelotas, 2009.

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

H392d Hawerth, Fernando José

Dormência de gemas sob influência da temperatura durante o período hibernar e resposta produtiva da macieira pelo uso de indutores de brotação / Fernando José Hawerth. - Pelotas, 2009.

123f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Fruticultura de Clima Temperado. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. - Pelotas, 2009, Flavio Gilberto Herter, Orientador; José Luiz Petri e Gabriel Berenhauser Leite, Co-orientadores.

1. *Malus domestica* Borkh 2. Requerimento em frio 3. Dominância apical 4. Frutificação I. Herter, Flavio Gilberto (orientador) II. Título.

CDD 634.11

Banca examinadora:

Flavio Gilberto Herter, Dr., Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel)

Carlos Augusto Posser Silveira, Dr., Embrapa Clima Temperado (EMBRAPA/CPACT)

Márcia Wulff Schuch, Dra., Universidade Federal de Pelotas (FAEM/UFPel)

“Aos meus pais, José Maria Hawerroth e Laurita Maria Rohling Hawerroth, pela constância e incondicionalidade de seu amor, compreensão, apoio e pelos bons ensinamentos e princípios que alicerçaram meu caráter e oportunizaram o sucesso em importantes momentos de minha vida...”

“Aos meus irmãos e grandes amigos, André Augusto Hawerroth e Mariane Hawerroth, pelo carinho e pelas alegrias que vivenciamos juntos...”

“À minha namorada, Maraisa Crestani, pela sinceridade, amor, ajuda e companheirismo em todos os momentos...”

Dedico

Agradecimentos

Agradeço a Deus por sua proteção ao longo de minha vida, dando-me forças para superar as dificuldades e atingir meus objetivos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Embrapa Clima Temperado e a Estação Experimental de Caçador, da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EECd/EPAGRI), pela disponibilização de sua infra-estrutura para realização deste estudo. Agradeço a todos os estagiários, funcionários e pesquisadores destas instituições que colaboraram para a realização deste trabalho.

Aos professores do programa de Pós-graduação em Agronomia, da Faculdade de Agronomia 'Eliseu Maciel', da Universidade Federal de Pelotas, agradeço pela oportunidade de realização do curso e pelos conhecimentos transmitidos.

Ao engenheiro agrônomo Jânio Seccon, pela disponibilização de parte do material vegetal para realização deste estudo.

À equipe de pesquisadores, funcionários e estagiários do Laboratório de Agrometeorologia: Afonso Costa da Silva, André Vasconcelos Costa, Aline Scheer da Silva, Carlos Reisser Júnior, Denise Duarte dos Santos, Edson Kaster, Fabiano Simões, Gian Carlo Carvalho, Ivan dos Santos Pereira, Ivan Rodrigues de Almeida, Laurício Martini Madaloz, Marcos Wrege, Matheus Fernandes da Silva, Silvio Steinmetz, Viviane Santos Silva Terra; agradeço pela colaboração e amizade.

Aos amigos Anderson Carlos Marafon, Felipe Miozzo e Jeison Furtado Leonetti, pelo apoio na realização dos trabalhos, companheirismo e amizade.

Ao pesquisador Dr. Flavio Gilberto Herter, agradeço pela orientação, pelo apoio, pela liberdade e pela confiança proporcionada na realização dos trabalhos. Aos pesquisadores MSc. José Luiz Petri e Dr. Gabriel Berenhauser Leite, agradeço pela co-orientação, conhecimento transmitido, sugestões e pelo dedicado apoio na realização do trabalho.

“A todos que de alguma forma contribuíram com minha formação, aprimoramento profissional e que me auxiliaram a alcançar meus objetivos, o meu sincero agradecimento...”

“A verdadeira medida de um homem não é como ele se comporta em momentos de conforto e conveniência, mas como ele se mantém em tempos de controvérsia e desafio...”

(Martin Luther King)

Resumo

HAWERROTH, Fernando José. **Dormência de gemas sob influência da temperatura durante o período hibernar e resposta produtiva da macieira pelo uso de indutores de brotação**. 2009, 123f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

A temperatura é o principal fator climático relacionado a indução, manutenção e superação da dormência na macieira (*Malus domestica* Borkh.). O inadequado suprimento em frio para esta espécie determina a ocorrência de problemas relacionados a brotação, repercutindo na diminuição do potencial produtivo. Dessa forma, o conhecimento dos princípios fisiológicos e dos fatores ambientais determinantes no fenômeno da dormência, sobretudo o efeito das temperaturas hibernais, faz-se necessário para a eficiente seleção de cultivares em determinada região produtora, assim como para eficiente elaboração e adequação de práticas culturais para minimização dos problemas oriundos do insuficiente acúmulo de frio hibernar. A aplicação de indutores de brotação é uma das principais estratégias de manejo utilizadas para minimizar os problemas da falta de frio em frutíferas de clima temperado. Em razão da influência dos indutores de brotação sobre a resposta produtiva das plantas, a mensuração de seus efeitos ao longo do ciclo produtivo torna-se importante. Este estudo objetivou avaliar a brotação e profundidade de dormência de cultivares de macieira frente a diferentes condições de exposição ao frio durante o período hibernar, e avaliar a resposta produtiva de macieiras frente à aplicação de indutores de brotação. Para tanto, foram realizados três experimentos. No primeiro experimento, ramos de um ano das cultivares Castel Gala e Royal Gala, enxertadas no porta-enxerto M7, foram submetidos as temperaturas de 5, 10 e 15°C durante diferentes períodos de exposição (168; 336; 672; 1008 e 1344 horas). Após a efetivação dos tratamentos, as plantas foram mantidas em casa de vegetação a 25°C. A brotação foi quantificada quando acumulada soma térmica de 3444, 6888, 10332, 13776, 17220 e 20664 GDH°C após tratamentos térmicos. As cultivares estudadas responderam diferentemente as temperaturas durante o período hibernar. A temperatura de 15°C apresentou maior efetividade na brotação de gemas da cultivar Castel Gala, enquanto as temperaturas de 5 e 10°C apresentaram melhor

desempenho na cultivar Royal Gala. Não foi possível estimar o requerimento em frio das cultivares estudadas através do uso de ramos enxertados no outono, visto os baixos percentuais de brotação obtidos, decorrentes da alta dominância apical apresentada pela macieira neste sistema de avaliação. O objetivo do segundo experimento foi avaliar a dinâmica da dormência em cultivares com diferentes requerimentos em frio. Ramos de um ano das cultivares Castel Gala, Condessa, Daiane, Fuji, Imperatriz e Royal Gala foram expostos a 0, 336, 672, 1008 e 1344 unidades de frio a $4,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Após a exposição ao frio, os ramos foram segmentados em quatro estacas (terminal, axilar superior, axilar mediana e axilar inferior) e colocados em câmara de crescimento à $23 \pm 1^\circ\text{C}$. A profundidade de dormência foi avaliada pelo tempo médio para brotação das gemas (TMB). Através do método utilizado não foi possível agrupar as cultivares segundo o requerimento em frio, indicando que a correlação entre a profundidade de dormência e o requerimento em frio não é válida para todas as cultivares de macieira. No terceiro experimento foram avaliadas diferentes combinações de cianamida hidrogenada e óleo mineral sobre a fenologia, brotação de gemas e produção de frutos em macieiras 'Imperial Gala' e 'Fuji Suprema', durante o ciclo 2007/2008. Foram testados cinco níveis de indutor de brotação (1. testemunha; 2. óleo mineral 3,2%; 3. óleo mineral 3,2% + cianamida hidrogenada 0,20%; 4. óleo mineral 3,2% + cianamida hidrogenada 0,39%; 5. óleo mineral 3,2% + cianamida hidrogenada 0,59%). A aplicação dos indutores de brotação antecipou e reduziu o período de florescimento, aumentando a coincidência de florescimento das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema. Os indutores de brotação uniformizaram e aumentaram a brotação de gemas axilares e terminais, obtendo-se máxima brotação na cultivar Imperial Gala com 0,44% de cianamida hidrogenada e 3,2% de óleo mineral. O aumento da concentração de cianamida hidrogenada apresentou a tendência de diminuir a frutificação efetiva. Observaram-se respostas diferenciadas entre tratamentos quanto à produção e a massa média dos frutos, podendo ser atribuídas ao predomínio da produção de frutos em distintas estruturas de frutificação.

Palavras-chave: *Malus domestica* Borkh., requerimento em frio, dominância apical, frutificação.

Abstract

HAWERROTH, Fernando José. **Bud dormancy under temperature influence during the winter period and apple tree productive response by use of budbreak promoters.** 2009, 123f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS.

Temperature is the main climate factor related to induction, maintenance and dormancy release in apple (*Malus domestica* Borkh.). The inadequate chilling exposure for this species causes the occurrence of budbreak problems, resulting in decrease in yield potential. Thus, the knowledge of physiological principles and environmental factors determining the dormancy phenomenon, especially winter temperature effects, it is necessary for the cultivars efficient selection in a productive region. Similarly cultural practices can be developed and adapted to minimize the problems cause by lack chilling during winter. The budbreak promoters application is one of main management's strategies used to decrease the problems of insufficient winter chilling on temperate fruit trees. Because the influence of budbreak promoters on plant's productive behavior, detecting this effects along of productive season became important. This study aimed to evaluate the budbreak and depth dormancy of apple cultivars exposed to different chilling conditions during the winter, and evaluate the apple productive response by budbreak promoters application. For this, three experiments were carried out in this research. In the first experiment, one-year-old twigs of 'Castel Gala' and 'Royal Gala' cultivars, grafted on M7 rootstock, were submitted to temperatures of 5, 10 and 15 °C for different exposure periods (168, 336, 672, 1008 and 1344 hours). After treatments execution, the plants were kept in a greenhouse at 25°C. Budbreak was quantified when accumulated 3444, 6888, 10332, 13776, 17220 and 20664 GDH°C after temperature treatments. The cultivars responded differently to temperature effect during the winter period. The temperature of 15 °C showed greater effectiveness on Castel Gala budbreak, while temperatures of 5 and 10°C showed better performance in Royal Gala apple trees. It was not possible to estimate chilling requirement of cultivars studied through autumn grafted twigs, because the low budbreak obtained, derived of high apical dominance expressed by apple tree in this evaluation system. The objective of the second

experiment was to evaluate the dormancy progression of apple cultivars with different chilling requirements. One-year-old twigs of 'Castel Gala', 'Condessa', 'Daiane', 'Fuji', 'Imperatriz' and 'Royal Gala' cultivars were exposed to 0, 336, 672, 1008 and 1344 chilling units at 4.5 ± 0.5 ° C. After chilling exposure, the twigs were segmented into four cuttings (terminal, axillary superior, axillary median and axillary basal) and placed in growth chamber at 23 ± 1 °C. The depth dormancy was measured by the mean time of budbreak (MTB). Through the method was not possible to group the cultivars according chilling requirement, indicating that correlation between the depth dormancy and chilling requirement isn't observed for all apple cultivars. In the third experiment were evaluated different hydrogen cyanamide and mineral oil combinations on phenology, budbreak and fruit production of 'Imperial Gala' and 'Suprema's Fuji' apple trees, during 2007/2008 growing season. Five budbreak promoters treatments were tested (1. control; 2. mineral oil 3.2%; 3. mineral oil 3.2% + hydrogen cyanamide 0.20%; 4. mineral oil 3.2% + hydrogen cyanamide 0.39%; 5. mineral oil 3.2% + hydrogen cyanamide 0.59%). The budbreak promoters application anticipated and reduced the blooming period, increasing the blooming overlap between Imperial Gala and Suprema's Fuji cultivars. The budbreak promoters equalized and increased the budbreak in axillary and terminal buds, with the major budbreak level observed in Imperial Gala cultivar with 0.44% of hydrogen cyanamide and 3.2% of mineral oil treatment. The increase of hydrogen cyanamide concentration showed the tendency to decrease the fruit set. It was observed different treatment responses on production and mean fruit weight, probably to be related to fruit production predominance in different fructification structures.

Keywords: *Malus domestica* Borkh., chilling requirement, apical dominance, fructification.

Lista de Figuras

Capítulo 2. Brotação de gemas de macieira sob influência de temperaturas durante o período hibernar

- Figura 2.1** Método biológico utilizando ramos enxertados na cultura da macieira: I) ramos coletados para enxertia; II) porta-enxertos clonais de M7 previamente estabelecidos em substrato; III) realização de enxertias de dupla-fenda; e IV) plantas obtidas após a completa soldadura dos enxertos. Embrapa Clima Temperado. Pelotas/RS, 2007.....63
- Figura 2.2** Brotação de gemas em macieiras ‘Castel Gala’ e ‘Royal Gala’ expostas durante períodos diferenciados às temperaturas de 5, 10 e 15°C durante o período hibernar. Embrapa Clima Temperado. Pelotas/RS, 2007.....66
- Figura 2.3** Brotação de gemas de macieiras ‘Castel Gala’ e ‘Royal Gala’ em função de diferentes níveis de exposição ao frio e temperaturas durante o período hibernar. Embrapa Clima Temperado. Pelotas/RS, 2007.....67
- Figura 2.4** Gemas brotadas em macieiras ‘Castel Gala’ e ‘Royal Gala’ em função de diferentes níveis de exposição ao frio e acúmulos de calor. Embrapa Clima Temperado. Pelotas/RS, 2007.....68
- Figura 2.5** Macieiras ‘Castel Gala’ e ‘Royal Gala’ com brotações predominantemente nas porções terminais das plantas. Embrapa Clima Temperado. Pelotas/RS, 2007.70

Capítulo 3. Profundidade de dormência e sua relação com o requerimento em frio em cultivares de macieira

- Figura 3.1** Teste de estacas de nós isolados em macieira: I e II) preparação das estacas nas bandejas com espuma fenólica; III) manutenção das

estacas em câmara de crescimento; e IV) estacas brotadas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.	78
Figura 3.2 Estádios fenológicos de gema dormente (estádio A), ponta verde (estádio C), brotação com aproximadamente 1,3 cm e sem folhas (estádio D) e brotação com aproximadamente 1,3 cm com folhas (estádio D2) em gemas terminais e axilares de macieira. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.	79
Figura 3.3 Tempo médio para brotação à $23\pm 1^{\circ}\text{C}$ em gemas terminais e axilares de seis cultivares de macieira frente a diferentes períodos de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.....	82
Figura 3.4 Variabilidade no tempo médio para brotação de gemas em diferentes cultivares e segmentos de ramo de macieira em função do período de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.....	86
Figura 3.5 Percentagem de gemas terminais que evoluíram até os estádios C (ponta verde), D (brotação com aproximadamente 1,3 cm e sem folhas) e D2 (brotação com aproximadamente 1,3 cm com folhas), em seis cultivares de macieira submetidas a diferentes níveis de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.....	90
Capítulo 4. Fenologia, brotação de gemas e produção de frutos de macieira em resposta a aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral	
Figura 4.1 Período de florescimento de plantas de macieira das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema tratadas com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada (CH) e óleo mineral (OM). Caçador/SC, 2007.	103
Figura 4.2 Efeito de diferentes concentrações de cianamida hidrogenada associado a óleo mineral 3,2% na brotação de gemas axilares, heterogeneidade da brotação de gemas axilares, brotação de gemas terminais e frutificação efetiva de plantas de macieira das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema. Caçador/SC, 2007.	108
Figura 4.3 Efeito de diferentes concentrações de cianamida hidrogenada associado a óleo mineral 3,2% na massa de frutos por área de secção transversal do tronco, número de frutos por área de secção transversal do tronco e massa média dos frutos em plantas de macieira das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema. Caçador/SC, 2007.	112

Lista de Tabelas

Capítulo 2. Brotação de gemas de macieira sob influência de temperaturas durante o período hibernar

Tabela 2.1 Resumo da análise de variância para a variável brotação de gemas em macieiras ‘Castel Gala’ e ‘Royal Gala’ expostas a diferentes condições térmicas durante o período hibernar. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2007.	64
---	----

Capítulo 3. Profundidade de dormência e sua relação com o requerimento em frio em cultivares de macieira

Tabela 3.1 Resumo da análise de variância para as variáveis relacionadas a brotação de gemas e tempo médio para a brotação de gemas em segmentos de ramo de seis cultivares de macieira expostas a diferentes períodos de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.	81
Tabela 3.2 Tempo médio para brotação de gemas em segmentos do ramo de seis cultivares de macieira em resposta a diferentes períodos de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.....	85
Tabela 3.3 Percentagem de gemas que evoluíram até estágio C (ponta verde) em ramos de macieira de seis cultivares de macieira em resposta a diferentes níveis de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.	88
Tabela 3.4 Percentagem de gemas que evoluíram até estágio D (brotação com aproximadamente 1,3 cm e sem folhas) em ramos de macieira de seis cultivares de macieira em resposta a diferentes níveis de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.....	89

Tabela 3.5 Percentagem de gemas que evoluíram até estágio D2 (brotação com aproximadamente 1,3 cm com folhas) em ramos de macieira de seis cultivares de macieira em resposta a diferentes níveis de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.....92

Capítulo 4. Fenologia, brotação de gemas e produção de frutos de macieira em resposta a aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral

Tabela 4.1 Intervalo entre aplicação dos tratamentos e início da floração das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema tratadas com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada (CH) e óleo mineral (OM). Caçador/SC, 2007.....104

Tabela 4.2 Brotação de gemas axilares, heterogeneidade da brotação de gemas axilares, brotação de gemas terminais e frutificação efetiva em macieiras das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema, tratadas com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada (CH) e óleo mineral (OM). Caçador/SC, 2007.....106

Tabela 4.3 Massa de frutos por área de secção transversal de tronco, número frutos por área de secção de tronco e massa média dos frutos em plantas de macieira das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema, tratadas com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada (CH) e óleo mineral (OM). Caçador/SC, 2007.....111

Sumário

Resumo	6
Abstract	8
Lista de Figuras	10
Lista de Tabelas	12
Introdução geral	16
1. Dormência em frutíferas de clima temperado	21
1.1 Introdução	22
1.2 Terminologia	23
1.3 Controle da dormência	24
1.4 A dormência em regiões tropicais e subtropicais	32
1.5 Metodologias para avaliação da dormência	39
1.6 Considerações finais	47
1.7 Referências bibliográficas	48
2. Brotação de gemas de macieira sob influência de temperaturas durante o período hibernal	59
2.1 Introdução	60
2.2 Material e métodos	61
2.3 Resultados e discussão	64
2.4 Conclusões	70
2.5 Referências bibliográficas	71
3. Profundidade de dormência e sua relação com o requerimento em frio em cultivares de macieira	74
3.1. Introdução	75
3.2. Material e métodos	77

3.3.	Resultados e discussão	80
3.4.	Conclusões	93
3.5.	Referências bibliográficas	93
4.	Fenologia, brotação de gemas e produção de frutos de macieira em resposta a aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral	97
4.1	Introdução	98
4.2	Material e métodos	99
4.3	Resultados e discussão.....	102
4.4	Conclusões.....	113
4.5	Referências bibliográficas	114
	Considerações finais	117
	Referências bibliográficas (Introdução e Considerações finais)	120
	Vitae.....	123

Introdução geral

A macieira (*Malus domestica* Borkh.) é uma espécie de clima temperado, pertencente à família Rosaceae, subfamília Pomoideae, assim como a pereira, o marmeleiro e a nespereira (JACKSON, 2003). A cultura da macieira apresenta grande importância econômica no cenário mundial visto o grande volume de frutos produzidos e comercializados. A maçã insere-se como a quinta fruta mais produzida no mundo, cuja produção em 2007 foi estimada em 64,3 milhões de toneladas, sendo superada apenas pela melancia, banana, uva e laranja (FAOSTAT, 2009). O grande consumo de maçãs está relacionado à excelente qualidade gustativa e visual dos frutos, e a alta capacidade de conservação dos frutos em câmaras de armazenamento com atmosfera controlada, que permite estender o período de oferta da fruta para o ano todo. No Brasil, a cultura da macieira é explorada principalmente na região Sul do país, sendo cultivada em cerca de 34 mil hectares, com produção de 900,418 mil toneladas no ciclo 2007/2008 (ABPM, 2008), dos quais 53,8% são produzidos no estado de Santa Catarina e 42,1% no Rio Grande do Sul (SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA, 2008). As principais cultivares produzidas no Brasil são a Gala e a Fuji, e seus clones que respondem por aproximadamente 90% da produção nacional de maçãs (PETRI e LEITE, 2008).

A macieira tem como principal centro de origem a região entre o Cáucaso, cadeia de montanhas da Ásia entre os mares Negro e Cáspio, e o leste da China (BLEICHER, 2006). O desenvolvimento da macieira em tal região foi determinado pela aquisição de mecanismos adaptativos, como a dormência das gemas, que permitiram sua sobrevivência às baixas temperaturas ocorrentes durante o período de outono e inverno, e a sua capacidade de reassumir o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo quando as condições ambientais deixassem de ser limitantes.

Para Saure (1985), a dormência das gemas foi o principal mecanismo adaptativo obtido pela macieira a fim de regular seu desenvolvimento e assegurar sua sobrevivência mediante a sazonalidade do clima. Para que ocorra brotação da macieira de forma satisfatória, faz-se necessário que as plantas sejam expostas a baixas temperaturas durante o período de outono e inverno em quantidade suficiente para atender suas necessidades fisiológicas (RUIZ et al., 2007; OLSEN, 2006). Por essa razão, o cultivo da macieira foi delimitado as regiões de altas latitudes, caracterizadas pela alta ocorrência de frio durante o período hibernar.

Com a crescente demanda da fruta, foi visualizada a rápida expansão da cultura da macieira em regiões não tradicionais no cultivo desta espécie a partir da década de 70, principalmente em regiões de clima temperado-quente, subtropicais e até mesmo regiões tropicais (JACKSON, 2000). Segundo Jackson (2003), a expansão do cultivo da macieira nestas regiões, através da utilização de cultivares adaptadas e de tecnologias para superação da dormência, tem aumentado a importância do entendimento dos mecanismos de controle da dormência, devido a crescente importância econômica da cultura em tais condições climáticas. O Brasil foi um dos países que exibiu aumento mais expressivo na produção da macieira, apresentando uma produção de 1,53 mil toneladas em 1974 (BONETTI et al., 2006) insuficiente para o abastecimento do mercado interno. A partir de 1988, o Brasil começou a exportar maçãs, atingindo auto-suficiência a partir de 1998, quando as exportações ultrapassaram as importações (PETRI e LEITE, 2008).

Apesar da tecnologia empregada, a condução da macieira em regiões fora de sua zona de adaptação climática afeta profundamente a fisiologia das plantas (FAUST, 2000), sendo verificados o atraso e a deficiente brotação das gemas, as quais podem determinar redução da produção e da qualidade dos frutos (ALLAN, 2004). Para Erez (2000), o prolongamento do período em dormência é considerado um dos maiores obstáculos a produção de frutíferas de clima temperado em regiões com insuficiente acúmulo de frio hibernar.

No Brasil, as principais cultivares utilizadas, Gala e Fuji, são caracterizadas pela alta exigência em frio, e em razão da maior parte das regiões de cultivo da macieira apresentarem condições climáticas insuficientes às cultivares utilizadas em relação a ocorrência de frio (PETRI et al., 1996), problemas relacionados a deficiente brotação manifestam-se frequentemente. Segundo Jackson (2000), cultivares de macieira como Granny Smith, Golden Delicious, Red Delicious, e cada

vez mais, Fuji e Gala, apesar de serem classificadas como altamente exigentes em frio tem sido cultivadas em regiões com baixa ocorrência em frio hibernal. As principais causas para tal tendência são a procura do mercado consumidor, especialmente para mercados de exportação, e em razão destas cultivares serem responsivas aos tratamentos com substâncias químicas indutoras de brotação, minimizando os problemas decorrentes da falta de frio, garantindo a regularidade da produção.

Segundo Mahrous e El-Fakhrani (2006), a utilização de substâncias químicas indutoras de brotação tem sido a principal estratégia fitotécnica utilizada na produção de maçãs em regiões caracterizadas pela baixa ocorrência de frio durante o período de outono e inverno. De acordo com Petri et al. (2006), a cianamida hidrogenada e o óleo mineral são utilizados associadamente nos tratamentos para indução da brotação da macieira nas condições brasileiras, sendo as principais substâncias utilizadas para este objetivo. Pelo uso desta técnica, verificam-se, atualmente, tendências de expansão dos plantios de cultivares de macieira de alta necessidade de frio hibernal em regiões marginais, onde estes tratamentos são eficientes somente quando usados em concentrações acima das recomendações para climas mais frios, elevando os custos de produção (DENARDI e SECCON, 2005).

A indução da brotação através do uso de substâncias químicas apresenta elevado custo dentro do sistema produtivo da macieira, além de apresentarem riscos de contaminação ambiental devido a alta toxicidade apresentada por algumas substâncias, como a cianamida hidrogenada. Assim, a racionalização e o uso correto de tais substâncias, por meio da utilização de doses adequadas a situação de cultivo são fundamentais para viabilização da cultura e para redução do impacto ambiental, justificando estudos com tal propósito.

Apesar de ser a principal estratégia utilizada para maximizar a indução da brotação, o sistema de produção de maçãs não pode basear-se unicamente na utilização de produtos químicos indutores de brotação para minimização dos problemas decorrentes da falta de frio, visto que em determinadas condições o desempenho destes é insatisfatório. A necessidade de restringir o uso de substâncias de alta toxicidade na produção de frutas é cada vez mais intensa frente às exigências de mercado (SANHUEZA et al., 2003). Frente a possibilidade de restrição do uso das poucas substâncias registradas para indução da brotação da

macieira, necessita-se o desenvolvimento de outras estratégias fitotécnicas para atenuar os problemas decorrentes da insuficiência em frio hibernal. Para tanto, a realização de estudos visando elucidar a dinâmica da dormência é determinante para adequação de práticas culturais eficientes no controle da ocorrência de anomalias e distúrbios que possam promover redução da qualidade e produtividade.

Em razão da grande influência da dormência sobre a produção e qualidade de frutos em fruteiras de clima temperado, estudos relacionados a compreensão dos mecanismos envolvidos na expressão deste fenômeno são imprescindíveis ao sistema de produção frutícola, sobretudo em regiões de clima temperado quente e subtropical, com insuficiência de frio hibernal, a exemplo das condições climáticas do Sul do Brasil.

Com o intuito de desenvolver e adequar estratégias fitotécnicas eficientes na diminuição dos distúrbios ocasionadas pelo insuficiente acúmulo de frio durante o período de inverno, o conhecimento dos fatores relacionados à dormência na cultura da macieira, bem como a inter-relação entre esses fatores é imprescindível para tal objetivo. Dentre os fatores ambientais, a temperatura é reconhecidamente o fator mais relevante na indução e na superação da dormência em frutíferas de clima temperado (RICHARDSON et al., 1974; COUVILLON e EREZ, 1985). Por essa razão, a avaliação da brotação de gemas e a profundidade de dormência em diferentes cultivares de macieira submetidas a diferentes condições térmicas durante o período hibernal pode contribuir para o entendimento dos mecanismos relacionados a expressão da dormência. Além disso, o conhecimento da resposta de cultivares de macieira frente a diferentes condições térmicas no período de outono e inverno pode possibilitar antever a resposta produtiva de cultivares quanto a brotação de gemas em regiões com distintos acúmulos de frio durante o período hibernal.

O objetivo geral desta dissertação foi avaliar o efeito de diferentes condições de exposição ao frio durante o período hibernal na brotação e profundidade de dormência de cultivares de macieira, e avaliar o desempenho produtivo de macieiras frente à aplicação de indutores de brotação. Os objetivos específicos deste trabalho foram: (1) abordar informações relacionadas às terminologias empregadas nos estudos relacionados à dormência de frutíferas de clima temperado, elencando os fatores ambientais e relativos à planta atuantes no controle deste fenômeno, e principais metodologias utilizadas em estudos dessa natureza, além de abordar

particularidades no desenvolvimento e no manejo de espécies frutíferas temperadas quando cultivadas em regiões tropicais e subtropicais; (2) avaliar a brotação de gemas de macieira frente a diferentes temperaturas durante o período hibernar; (3) avaliar a resposta de cultivares de macieira com distintos requerimentos em frio sobre a dinâmica da dormência, quando expostas a diferentes acúmulos de frio durante o período hibernar; e (4) avaliar o desempenho de diferentes combinações de cianamida hidrogenada e óleo mineral sobre a fenologia, brotação de gemas e produção de frutos das cultivares de macieira Imperial Gala e Fuji Suprema.

1. Dormência em frutíferas de clima temperado
(Revisão Bibliográfica)

1.1 Introdução

Adaptação é um conceito relacionado à forma que as plantas podem sobreviver e reproduzir em um ambiente específico, e reflete na sincronização entre os estágios de desenvolvimento e o clima (RUIZ et al., 2007). O desenvolvimento de várias estratégias adaptativas, como a dormência, permitiu a sobrevivência das frutíferas de clima temperado em suas regiões de origem, caracterizadas pelas baixas temperaturas durante o período de outono e inverno. A dormência é uma fase de desenvolvimento de ocorrência anual resultante da adaptação das plantas as condições ambientais e, devido à alta resistência dos órgãos vegetais dormentes, a parada do crescimento e o estabelecimento da dormência antes do início da estação desfavorável, asseguram a sobrevivência das plantas (SAURE, 1985)

A dormência não é um mecanismo rapidamente adquirido pelas plantas, mas um processo de desenvolvimento progressivo que tem início durante o outono, aumentando sua intensidade até alcançar a chamada dormência profunda ou endodormência (LANG et al., 1987; POWELL, 1987; RUIZ et al., 2007) conferindo a capacidade de sobrevivência em temperaturas inadequadas ao desenvolvimento vegetal.

A dormência das gemas é governada por condições ambientais que, por sua vez, afetam o nível de substâncias reguladoras de crescimento, as quais controlam as mudanças metabólicas da entrada e da saída da dormência (PETRI et al., 2006). As condições ambientais são determinantes na indução da dormência, repercutindo na capacidade de sobrevivência das plantas, além de influir no seu desenvolvimento vegetativo e na sua capacidade produtiva.

Para Fennel (1999), a intensidade e a forma que o fenômeno da dormência manifesta-se nas frutíferas de clima temperado, em diferenciados ambientes de cultivo, tem importante impacto sobre o controle, a manutenção e a produção de tais espécies. Assim, o profundo conhecimento do comportamento fenológico das culturas, principalmente em relação ao fenômeno da dormência, assim como a caracterização do ambiente de cultivo são, segundo Valentini et al. (2001), importantes para obtenção de produções satisfatórias e para determinar as mais adequadas técnicas agronômicas para maximização da produção.

Apesar da dormência ser extensivamente estudada, o conhecimento dos mecanismos fisiológicos envolvidos neste processo ainda são limitados (OLSEN,

2006), devido a complexidade e ao grande número de fatores, ambientais e relativos a planta, envolvidos no processo e as dificuldades metodológicas em estudos dessa natureza.

Nesta revisão são abordadas informações relacionadas à terminologia empregada nos estudos da dormência, fatores atuantes no controle deste fenômeno, aspectos sobre a dormência de frutíferas de clima temperado em regiões tropicais e subtropicais, além de abordar algumas das principais metodologias utilizadas nos estudos sobre a dormência.

1.2 Terminologia

Frente a grande quantidade de conceitos e definições das fases da dormência em frutíferas de clima temperado, que muitas vezes tornava confusa a interpretação e discussão dos resultados, Lang et al. (1985), numa tentativa de uniformizar a terminologia empregada para designar o fenômeno da dormência, propuseram o uso de uma terminologia atualizada e universal para abordar os vários tipos de dormência que ocorrem na natureza, classificando-a em paradormência, endodormência e ecodormência. Lang et al. (1987) definiram a dormência como um processo de desenvolvimento envolvendo a suspensão temporária do crescimento de alguma estrutura vegetal contendo um meristema, caracterizado pelo controle do crescimento e aquisição da resistência ao frio.

De acordo com Lang et al. (1985), a paradormência, também chamada de inibição correlativa, é resultante da influência de outro órgão do vegetal sobre a gema, causando a inativação do meristema floral ou vegetativo, onde sua ocorrência antecede a endodormência. A dominância apical, em que não é visualizado o desenvolvimento das gemas axilares situadas abaixo de gemas terminais, é um exemplo característico de paradormência, onde as gemas axilares permanecem dormentes mesmo em condições favoráveis, e só retomam o crescimento se a fonte de inibição atuante sobre a mesma for removida.

A endodormência consiste na paralisação do desenvolvimento da gema como forma de sobrevivência em condições ambientais desfavoráveis ao crescimento, como as baixas temperaturas e o déficit hídrico. Quando as gemas encontram-se em endodormência, a exposição a condições ótimas de desenvolvimento não é

suficientemente capaz de induzir sua brotação, devendo as gemas serem expostas previamente a condições ambientais que estimulem a superação do estado endodormiente para que então reassumam a sua capacidade de brotação.

A ecodormência ocorre após a superação da endodormência, sendo caracterizada pela não brotação das gemas, advinda de fatores extrínsecos à planta limitantes do desenvolvimento, como as baixas temperaturas. Após a suspensão dos fatores limitantes sobre a planta ocorre a brotação das gemas.

1.3 Controle da dormência

A dormência é um fenômeno biológico complexo, em que são verificadas grandes modificações no metabolismo vegetal a fim de adquirir resistência a condições ambientais desfavoráveis ao desenvolvimento das plantas. A modificação de processos fisiológicos específicos, que determinam a paralisação do crescimento vegetal e a aquisição de tolerância ao frio na dormência, são reflexo da sincronização do desenvolvimento vegetal às condições ambientais existentes. Os fatores ambientais, os fatores relacionados às plantas e a interação entre estes são determinantes na expressão e no controle da dormência em frutíferas de clima temperado.

1.3.1 Fatores ambientais

Temperatura

A temperatura é considerada o principal elemento climático relacionado a indução da dormência em frutíferas de clima temperado (EREZ e COUVILLON, 1987; FAUST et al., 1997; EREZ, 2000). As variações de temperatura influenciam nos processos fisiológicos internos envolvidos na entrada e saída da endodormência que podem estar relacionados com fatores diversos ligados à anatomia, fisiologia ou metabolismo da planta (BONHOMME et al., 2000; STAFSTROM, 2000).

Balandier (1992) relata que a diminuição da temperatura ambiente associada ou não ao fotoperíodo, pode conduzir inicialmente à paralisação do crescimento, e num segundo momento, a entrada em dormência das mesmas, sendo que essa

influência difere entre espécies. Estando as plantas em dormência, a ação contínua de baixas temperaturas por determinado período permite a superação da dormência (PETRI et al., 2006). Assim, as baixas temperaturas agem em duplo processo, onde inicialmente contribuem para a paralisação do crescimento, aclimação ao frio e indução a dormência e, posteriormente, atuam na superação da dormência.

Frente ao conhecimento da influência do fator temperatura sobre o fenômeno da dormência, vários trabalhos foram desenvolvidos visando determinar as condições térmicas preferenciais à indução e superação da dormência. Richardson et al. (1974) observaram que temperaturas compreendidas entre 2 e 9°C foram as mais efetivas na superação da dormência de gemas de pessegueiro, sendo o máximo efeito observado entre 6 e 8°C (EREZ e COUVILLON, 1987). Para Richardson et al. (1974), para pessegueiros 'Elberta' e 'Redhaven', o limite superior de efetividade das temperaturas na dormência é de 12,5°C, e de 16,5°C para macieiras 'Starkrimson Delicious' (SHALTOUT e UNRATH, 1983).

Segundo Fuchigami e Wisniewski (1997), a temperatura ótima para a superação da dormência da maioria das frutíferas de clima temperado é próxima de 3,5°C, porém a temperatura ótima para o desenvolvimento da endodormência não é claramente definida em função das diferenças observadas na interação genótipo X temperatura.

A regularidade e a intensidade das baixas temperaturas após a indução da dormência são fundamentais, pois oscilações térmicas durante o período de dormência podem fazer com que a planta permaneça por um tempo maior em dormência e que ocorram brotação e floração desuniformes (PETRI et al., 1996). As variações entre as temperaturas diurnas e noturnas durante o período hibernar são maiores em regiões com clima subtropical do que em regiões de clima temperado, visto que tipicamente os dias e noites não apresentam nuvens, ocorrendo maior perda de calor radiante durante a noite (ALLAN, 2004).

Erez (1995) aborda que temperaturas superiores a 18°C anulam a acumulação de frio ocorrida anteriormente, sendo seu efeito dependente da duração e do nível das altas temperaturas. Segundo Richardson et al. (1974), Couvillon e Erez (1985) e Allan e Burnett (1995), temperaturas altas durante o dia, superiores a 16°C apresentam efeito adverso na acumulação de frio, enquanto as temperaturas noturnas são suficientemente frias e efetivas na dormência de gemas.

A quantidade de frio ocorrida desde a indução até a superação da endodormência é denominada requerimento em frio, sendo este variável entre as diferentes espécies e cultivares. Após o completo atendimento do requerimento em frio de determinada espécie/cultivar para superação da endodormência há a necessidade de ocorrência de temperaturas superiores às efetivas para acumulação em frio, a fim de acelerarem as atividades metabólicas nos tecidos meristemáticos das gemas e assim desencadearem a brotação das mesmas. A quantidade de calor necessária para a brotação após a exposição às baixas temperaturas é denominada necessidade de calor.

Fotoperíodo

O fotoperíodo, juntamente ao fator temperatura, é tido como determinante a entrada em dormência das frutíferas de clima temperado. Para Fennel et al. (2005), a dormência na maioria das frutíferas temperadas é induzida por baixas temperaturas e por respostas fotoperiódicas, onde o crescimento das plantas é paralisado no final do verão antes de entrarem em dormência no outono, possivelmente associado ao declínio do fotoperíodo nesta época. O primeiro sinal determinante da época de indução da endodormência é a redução do fotoperíodo (FENNEL et al., 2005), sendo este fator responsável por importantes modificações de ordem fisiológica e bioquímica na planta relacionadas à aclimação ao frio e obtenção de tolerância ao congelamento durante a dormência (LI et al., 2004). Segundo Olsen (2006), temperaturas noturnas inferiores as temperaturas diurnas podem ser indutivas à paralisação do crescimento e a dormência sobre condições fotoperiódicas de dias curtos.

Garner e Allard (1923) indicaram que macieiras (*Malus pumilla* Mill.) mostravam-se uma exceção aos dias-curtos quanto ao controle da dormência, não sendo afetadas pelo fotoperíodo. Posteriormente, Nitsch (1957) confirmaram que as considerações efetuadas por estes autores poderiam ser estendidas para outras espécies pertencentes à família Rosaceae. Heide e Prestrud (2005), em estudos com porta-enxertos de macieira e pereira, confirmaram que a suspensão do crescimento e indução da dormência nestas espécies não está relacionada ao fotoperíodo, sendo as baixas temperaturas determinantes em ambos os processos, independentemente das condições fotoperiódicas.

Heide (2008) estudando a interação entre o fotoperíodo e temperaturas no controle do crescimento e na dormência em espécies do gênero *Prunus*, verificou que o efeito do fotoperíodo é variável com a temperatura. Em temperaturas superiores a 21°C, as plantas apresentavam crescimento contínuo independente da condição fotoperiódica, porém em temperaturas intermediárias, entre 12 e 15°C, as espécies de *Prunus* mostraram ser sensíveis ao comprimento do dia, paralisando seu crescimento rapidamente em fotoperíodos curtos. Assim, em regiões com temperaturas em torno de 15°C durante o período de outono e inverno pode haver indução à entrada em dormência em função da redução do fotoperíodo.

Heide (2008) verificou que as espécies de *Prunus*, quando mantidas em temperaturas baixas próximas a 9°C, apresentavam respostas diferenciadas ao fotoperíodo nesta condição térmica. *Prunus avium* e *P. cerasus* cv. 'Gisela 5' requerem a combinação de baixas temperaturas com dias curtos para paralisação do crescimento e formação das gemas, enquanto os demais *Prunus* avaliados paralisam o crescimento e formam gemas a 9°C, indiferentemente do fotoperíodo, mostrando a mesma resposta obtida por Heide e Prestud (2005) com espécies do gênero *Malus* e *Pyrus*.

Luminosidade e precipitação pluviométrica

A exploração de espécies frutíferas temperadas em regiões subtropicais tem indicado que os fatores intensidade de luz e precipitação pluviométrica podem prejudicar ou contribuir na superação da dormência, dependendo de como se manifestam durante o ciclo de desenvolvimento destas espécies (Finetto, 2004b). A magnitude destes fatores sobre a dormência ainda não é devidamente quantificada pela pequena disponibilidade de dados a este respeito, embora existam evidências de que este fator é atuante neste processo.

Para Petri et al. (1996), a radiação solar direta durante o período de outono e inverno apresenta efeitos negativos na superação da dormência, em função do aumento da temperatura nos tecidos da planta. Além disso, de acordo com Pasqual e Petri (1985), períodos de outono e inverno com grande ocorrência de dias frios e nublados durante o dia são favoráveis a superação da dormência em frutíferas de clima temperado.

Segundo Erez (2000), invernos com limitação de luz ou condições de completa escuridão apresentam incremento na brotação das gemas na primavera quando submetidas a luz, porém este efeito foi demonstrado em poucas espécies e além da resposta parecer diferir entre espécies (EREZ et al., 1988). Clapham et al. (1998) e Clapham et al. (2002) em estudos preliminares com as espécies lenhosas *Picea*, *Pinus*, *Betula* e *Salix* verificaram que tais espécies apresentaram requerimento em qualidade de luz para manutenção do crescimento vegetativo, apresentando maior demanda pelo comprimento de onda correspondente ao vermelho distante com o aumento das latitudes. Embora existam evidências da qualidade da luz sobre o controle da dormência de algumas espécies oriundas de regiões temperadas, ainda não existem informações a respeito em relação as principais frutíferas de clima temperado.

O efeito da precipitação pluviométrica sobre a superação da dormência não está bem elucidada, porém, algumas hipóteses são sugeridas a partir dos resultados obtidos por Erez e Couvillon (1983), Nir et al. (1988) e Westwood e Bjornstad (1978), em que foi constatado que o aumento da precipitação maximizou a brotação das gemas. Através da aspersão de água intermitentemente durante o inverno, Erez e Couvillon (1983) mostraram que o resfriamento da superfície das gemas através da água é efetivo em estimular a brotação, visto que a redução e a manutenção da temperatura das gemas durante a dormência reduziram os efeitos negativos promovidos pela elevação da temperatura.

Nir et al. (1988) observaram que o umedecimento de gemas de videiras antecipou e aumentou o número de gemas brotadas em decorrência da redução da temperatura nas gemas, onde a diferença entre a temperatura média das gemas umedecidas e das gemas não umedecidas apresentava-se, em média, em torno de 13°C. Westwood e Bjornstad (1978) observaram que ramos de pereiras (*Pyrus communis* L.) 'Bartlett' imersos em água apresentaram antecipação da brotação, sugerindo que a água promove a remoção de substâncias inibidoras, de modo a promover o desenvolvimento dos tecidos meristemáticos da gema. Em razão desta observação, Westwood e Bjornstad (1978) indicaram que chuvas durante o período de inverno podem remover substâncias inibidoras presentes nas gemas, antecipando e aumentando o número de gemas brotadas. Outra hipótese sugerida em relação aos efeitos da precipitação pluviométrica na dormência, citada em Petri

et al. (2006), é a possível condição anaeróbica estabelecida nas gemas mediante a ocorrência de chuvas, a qual pode contribuir na superação da dormência.

Finetto (2004b) estudou os fatores temperatura, luz e precipitação sobre a dormência de cultivares de macieira com médio e alto requerimento em frio, onde através do uso de procedimentos de análise multivariada, verificou a interação entre os três fatores estudados, sobretudo em condições de alta precipitação pluviométrica, moderada intensidade de luz e baixo acúmulo de frio durante o período hibernar. Por essa razão, esse autor sugere que a intensidade luminosa e a precipitação devem ser considerados, juntamente ao fator temperatura, em estudos relacionados a dormência.

1.3.2 Fatores relacionados à planta

Genótipo

A resposta das plantas em relação a dormência difere entre espécies e entre cultivares pertencentes a mesma espécie. A ampla variabilidade existente nas cultivares da mesma espécie quanto ao requerimento em frio permite a adaptação e exploração de uma mesma espécie em locais com características climáticas diferenciadas. Frente a ampla variabilidade genética encontrada nas principais frutíferas de interesse agrônomo, a realização de hibridações e posterior seleção dos genótipos obtidos possibilita obter cultivares com maior grau de adaptação às determinadas condições ambientais.

Para Raseira e Nakasu (2002), o requerimento em frio parece ser um caráter poligênico, sendo controlado por vários genes responsáveis pelos processos fisiológicos relacionados à endodormência. Hauagge e Cummins (1991), em estudos genéticos de progênies de macieira com baixo requerimento em frio derivadas da cultivar Anna, mostraram evidências de que o baixo requerimento desta cultivar é controlado pelo menos por um gene maior dominante, existindo genes menores que controlam seu efeito. De acordo com Jackson (2003b), os mecanismos regulatórios da época de brotação são altamente herdáveis em espécies lenhosas, como a macieira e a pereira. Hauagge e Bruckner (2002) afirmam que cultivares de macieira com alta exigência em frio segregam para classes de menor exigência em suas progênies, embora existam poucos trabalhos relatando a herdabilidade do

requerimento em frio nestas espécies. Citadin et al. (2003), estudando a necessidade de calor para antese e brotação em pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch) em 16 cultivares e seleções de baixa, média e alta necessidade de calor e 11 progênies oriundas de hibridações entre elas, observaram valores de herdabilidade média de 45 a 57% para gemas florais e de 30% para gemas vegetativas.

Segundo Erez (2000), em relação ao fator genótipo, existem dúvidas se cultivares de baixo e alto requerimento em frio diferem entre si qualitativa ou quantitativamente frente às temperaturas durante o período de dormência. Resultados obtidos por Erez e Couvillon (1987) indicam que as maiores diferenças observadas em cultivares de pessegueiro com distintas exigências em frio parecem ser quantitativas e os efeitos específicos das temperaturas parecem ser os mesmos independentemente da exigência em frio das cultivares. Em contrapartida, Putti et al. (2003b) através do uso do teste biológico de estacas de nós isolados, observaram que cultivares de macieira de menor exigência em frio, têm as temperaturas efetivas mais altas que as cultivares de maior exigência em frio.

Localização e tipo de gema

Existem grandes variações entre gemas axilares e terminais, bem como entre gemas vegetativas e floríferas em relação a sua resposta as condições ambientais (EREZ, 2000). De acordo com Faust et al. (1995) e Naor et al. (2003) gemas axilares e gemas vegetativas apresentam maior requerimento em frio quando comparadas a gemas terminais e gemas floríferas.

O desenvolvimento da dormência em gemas axilares é gradual (EREZ, 2000). O processo inicia com a paradormência, mais especificamente com a dominância apical que impede a brotação das gemas axilares. O nível de dominância apical é variável entre espécies, com forte polaridade ou acrotonia em pomáceas e cerejeiras do que em pessegueiros ou ameixeiras. Como as gemas axilares são formadas sucessivamente com o crescimento do ramo, as gemas entram em endodormência consecutivamente. A ação de fatores climáticos como a ocorrência de baixas temperaturas e/ou redução do fotoperíodo podem acarretar maior uniformidade na profundidade de dormência das gemas, porém em condições de clima ameno o comportamento diferenciado das gemas quanto a profundidade de dormência é

mantido. As primeiras gemas a se formar são as gemas basais e consequentemente são as primeiras a entrar em dormência. Assim, gemas formadas tardiamente podem permanecer paradormentes lado a lado com gemas basais endodormentes (EREZ, 2000).

As gemas terminais reagem diferentemente das gemas axilares, e podem continuar a se desenvolver mais tardiamente no ano, sendo muito mais afetadas pelas condições ambientais que retardam sua entrada em dormência. Tipicamente, sobre condições de clima ameno, na ausência de condições limitantes de crescimento, ocorre acentuado desenvolvimento das gemas terminais o qual pode acentuar a inibição correlativa das gemas axilares e afetar o seu requerimento em frio (EREZ, 2000).

Porta-enxertos

Na maioria das espécies frutíferas temperadas exploradas economicamente, a utilização de porta-enxertos é uma prática usual nos sistemas de produção destas espécies, onde seu uso é atribuído a benefícios relacionados ao controle do vigor das plantas, rápida entrada em frutificação e a melhoria de atributos relacionados a qualidade dos frutos produzidos (JACKSON, 2003a). O uso de diferentes porta-enxertos determina diferenciadas respostas quanto ao desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas, sendo também verificados indícios de que os mesmos exerçam influência na dormência da copa (EREZ, 2000).

Young e Werner (1985) expõem raízes de macieiras de seis porta-enxertos a condições de privação de frio, quando a copa foi anteriormente exposta ao frio, verificaram desenvolvimento deficiente das brotações da cultivar copa. Erez (2000) não verificou a mesma resposta na cultura do pessegueiro em condições experimentais similares as testadas por Young e Werner (1985). Para Finetto (2004b), os porta-enxertos podem ter contribuição significativa na determinação da resposta na brotação de cultivares de macieira quando submetidas a condições de insuficiente acúmulo de frio hibernal. Este autor, avaliando macieiras 'Golden Delicious' sobre diferentes porta-enxertos na Itália, observou que os porta-enxertos influenciam o requerimento em frio da cultivar copa, quando as condições não foram suficientes para suprir a necessidade da copa. Couvillon et al. (1984) verificaram, nas condições brasileiras, que macieiras de alto requerimento em frio como a cultivar

Rome Beauty podem se desenvolver apresentando o requerimento em frio do porta-enxerto utilizado. De acordo com Hauagge e Cummins (2000), o requerimento em frio de porta-enxertos de macieira é um importante fator que afeta a brotação de macieiras 'Gala', onde o uso dos porta-enxertos MM111, M9 e M26 determina atraso na brotação, quando comparados ao MM106 e M7, enquanto o uso de *seedlings* da cultivar Anna tendem a antecipá-la.

O principal efeito dos porta-enxertos em relação a dormência seria que as raízes por constituírem uma importante fonte de reguladores de crescimento, principalmente citocininas, que tem efeito reconhecido na indução da brotação, tendo sua atividade antecipada nas raízes poderia elevar os níveis destes fitohormônios na copa e assim promover antecipação da brotação (EREZ, 2000). Embora existam evidências da influência dos porta-enxertos sobre a dormência da copa das plantas, sobretudo na cultura da macieira, poucas são as informações existentes sobre os mecanismos que regem tal influência.

1.4A dormência em regiões tropicais e subtropicais

Uma das maiores limitações de produção de fruteiras de clima temperado em regiões com insuficiente acúmulo de frio hibernal é a superação do período de dormência (EREZ, 2000). As frutíferas temperadas necessitam ser expostas ao frio durante o período de dormência para suas gemas brotarem uniformemente, e para apresentarem florescimento e frutificação efetiva adequados durante a primavera (ALLAN, 2004).

Para Erez (2000), a incompleta superação da dormência decorrente do insuficiente acúmulo de frio durante o período hibernal determina atraso na brotação de gemas vegetativas e floríferas, baixos índices de brotação de gemas e falta de uniformidade no enfolhamento e na floração das plantas. O requerimento em frio de gemas florais e vegetativas raramente são totalmente satisfeitos em condições de baixa ocorrência de frio, determinando atraso na brotação e no desenvolvimento da superfície foliar (JACOBS et al., 2002), e por consequência determina redução da produção e da qualidade dos frutos (ALLAN, 2004). Cronjé et al. (2004) associam o menor calibre de maçãs 'Royal Gala' observado nas condições climáticas da África do Sul ao longo período de crescimento, combinada ao reduzido e insuficiente

período de exposição ao frio, que interrompe a progressão da dormência, influenciando negativamente a ramificação e formação da estrutura das plantas, como abordado por Cook e Jacobs (2000). Petri et al. (2006) abordam que em condições de insuficiência em frio, as gemas terminais apresentam brotação e floração desuniformes por um longo período, sendo que uma percentagem das gemas permanece dormente durante todo o período vegetativo. A falta de brotação das gemas axilares antecipa a brotação de gemas terminais no ciclo vegetativo seguinte, estabelecendo forte dominância apical a qual limita a brotação das gemas axilares, comprometendo a formação de novas estruturas de frutificação.

Em condições de inverno ameno, onde as exigências em frio não são completamente satisfeitas, cultivares com distintos requerimentos em frio apresentam grande variabilidade no período de florescimento, de um ano para outro (PETRI et al., 2008). Petri e Leite (2004) descrevem os principais problemas relacionados a não satisfação do requerimento em frio em cultivares de macieira durante a brotação das gemas e durante o desenvolvimento vegetativo e produtivo das plantas. Segundo estes autores, um dos grandes problemas associados a não satisfação do requerimento em frio é a não coincidência do florescimento de cultivares produtoras e suas respectivas polinizadoras, limitando a efetividade da polinização cruzada e reduzindo os índices de frutificação efetiva em espécies/cultivares autoincompatíveis.

Quando o requerimento de determinadas frutíferas temperadas não é satisfeito, sobretudo quando cultivadas em regiões subtropicais, as plantas exibem elevada heterogeneidade na brotação e no florescimento, manifestada temporalmente e espacialmente (LEITE, 2004). Segundo Leite (2004) e Leite (2005), a heterogeneidade temporal é caracterizada pela presença de gemas em diferentes estádios de desenvolvimento no mesmo momento, enquanto que a heterogeneidade espacial refere-se à formação de gradiente anormal de brotação e floração ao longo de um mesmo ramo. Condições de baixa ocorrência de frio durante o período hibernar tendem a maximizar a heterogeneidade da brotação, prejudicando a realização de intervenções fitotécnicas como controle de doenças e insetos, raleio e colheita em decorrência da ocorrência simultânea de vários estádios fenológicos em uma mesma planta.

Em condições de invernos amenos, a brotação deficiente é associada a necrose de gemas florais em algumas espécies frutíferas. George e Erez (2000)

abordam que várias espécies prunóideas apresentam morte ou abscisão das gemas florais que não brotam durante a primavera enquanto as gemas de macieira permanecem viáveis por até um ano. Bonhomme (1998) verificou a morte de todos os primórdios florais de pessegueiros quando mantidos em condições de privação de baixas temperaturas. Legave et al. (1982) indicou que a não satisfação do requerimento em frio induziu a queda de gemas de damasqueiro (*Prunus armeniaca* L.), embora Albuquerque et al. (2006) não tenham constatado tal correlação.

Para Armas-Reyes et al. (2006), os altos índices de queda de gemas florais observados em damasqueiros podem ser associados a ocorrência de períodos com temperaturas elevadas ou flutuações térmicas durante o inverno, momento em que ocorre a diferenciação das anteras. Bonhomme et al. (2005), consideram que a necrose das gemas floríferas de pessegueiro pode ser consequente de forte desvio de nutrientes pelos tecidos adjacentes a gema, impedindo a suficiente importação de carboidratos nas gemas florais, resultando no esgotamento das reservas de carboidratos dos primórdios florais e, eventualmente, na morte dos primórdios florais. Diante dos resultados obtidos, estes autores afirmaram que a necrose de primórdios florais não parece ser diretamente relacionada a exaustão das reservas, mas sim devido a incapacidade dos primórdios utilizarem as reservas disponíveis.

1.4.1 Intervenções fitotécnicas para melhoria da brotação

Escolha de cultivares

As anormalidades de comportamento exibidas pelas frutíferas temperadas conduzidas em regiões com invernos amenos são o resultado de sua baixa adaptação para este tipo de clima (MAUGET e RAGEAU, 1988). Problemas relacionados à seleção de cultivares com requerimento em frio inadequado para determinada região, podem afetar o potencial produtivo das plantas, sobretudo em condições climáticas com invernos amenos (RUIZ et al., 2007). Assim, a obtenção e escolha de cultivares adaptadas as condições climáticas de determinada região de cultivo é fundamental para minimização dos problemas decorrentes do insuficiente acúmulo de frio durante o período hibernar. Para Hauagge e Cummins (2000), a capacidade de determinada espécie/cultivar quanto à brotação de gemas, florescimento, frutificação, e crescimento de forma satisfatória, naturalmente ou sob

adequadas práticas culturais, e a capacidade de produzir frutos de qualidade em temperaturas durante o crescimento e amadurecimento mais elevados do que o melhor para a maioria das cultivares, são os principais fatores determinantes à adaptação de frutíferas em regiões com baixo acúmulo de frio. Segundo Jackson (2000), os fatores determinantes na escolha de cultivares em regiões subtropicais são o requerimento em frio das cultivares e a demanda do mercado consumidor.

Em regiões com insuficiente acumulação de frio, a escolha de cultivares de baixo requerimento em frio tem sido preconizada. Por outro lado, quando cultivares com baixo requerimento em frio são conduzidas em áreas caracterizadas pelo elevado acúmulo de frio durante o período hibernar o florescimento ocorre antecipadamente devido à rápida satisfação do requerimento em frio, e as baixas temperaturas podem acarretar significativas perdas na produção pelo efeito das geadas (SCORZA e OKIE, 1990). Nas regiões caracterizadas por oscilações de temperatura durante o inverno, com riscos de ocorrência de geadas tardias tem ocorrido redução da produtividade das espécies frutíferas, sobretudo cultivares de baixa necessidade de frio e de florescimento precoce. Citadin et al. (2006) citam a seleção de cultivares de florescimento tardio como alternativa para o cultivo de pessegueiros em tais condições, porém tal característica está estreitamente ligada à necessidade de frio da cultivar, ou seja, quanto maior a necessidade de frio, maior a profundidade da dormência e mais tardiamente ocorrerá a brotação e a floração, reduzindo os riscos de danos por geadas no final de inverno e início de primavera.

Egea et al. (2003) elencam a obtenção de cultivares com florescimento tardio objetivando evitar danos por geadas no final do inverno e início da primavera como um dos principais objetivos em programas de melhoramento genético de frutíferas temperadas em regiões com insuficiente acúmulo de frio durante o período hibernar. Dessa forma, estudos relacionados ao requerimento em frio e em calor são de profundo interesse nestas espécies, sendo muito importante para a escolha de parentais em programas de melhoramento visando a obtenção de cultivares com florescimento tardio (SPIEGEL-ROY e ALSTON, 1979).

Em regiões com médio acúmulo de frio em que se verificam oscilações térmicas durante o período hibernar, a utilização de cultivares com médio requerimento em frio podem constituir uma alternativa visando reduzir a possibilidade de danos advindos de geadas, além de minimizar os problemas relacionados a não satisfação do requerimento em frio quando comparadas a

cultivares de alta exigência. No entanto, são necessárias intervenções fitotécnicas complementares no manejo de tais cultivares para regularização e viabilização da produção.

Uso de indutores de brotação

Em muitos locais e anos, a superação da dormência das plantas não ocorre efetivamente devido a insuficiente acumulação de frio durante o período hibernar. Existem várias práticas culturais que podem ser utilizadas para aumentar a brotação de gemas nestas condições. Segundo Petri et al. (1996), a exposição ao frio artificial para induzir a brotação em mudas, a incisão anelar, o arqueamento de ramos, a poda e a desfolha, são práticas culturais que maximizam a brotação das gemas, embora a mais usual seja a utilização de agentes químicos denominados indutores da brotação. Quando as condições climáticas de uma determinada região não são suficientes para atender o requerimento em frio de certas cultivares, o uso de agentes químicos para indução da brotação torna-se um tratamento essencial para obtenção de adequada brotação (MAHROUS e EL-FAKHRANI, 2006), sendo prática comum na viabilização dos cultivos de frutíferas de clima temperado (NUNES et al, 2001).

Segundo George et al. (2002) substâncias indutoras de brotação podem ser utilizadas para reduzir o requerimento em frio de cultivares de baixo e médio exigência permitindo seu cultivo em áreas que não apresentam acúmulo de frio suficiente, para modular a época de brotação, floração e maturação dos frutos de espécies frutíferas temperadas, mesmo em regiões onde a dormência é superada normalmente, de modo a captar as épocas preferenciais de mercado, e para aumentar o número das gemas brotadas em espécies com forte dominância apical, aumentando sua floração e rendimento.

Petri et al. (1996) e Petri et al. (2006) citam várias substâncias químicas efetivas na indução da brotação, tais como óleo mineral, cálcio cianamida, nitrato de potássio, cianamida hidrogenada, dinitro-ortho-cresol (DNOC), dinitro-ortho-butil-fenol (DNOPB), dinitro-butil-fenol (DNBP), thioruéia, pentaclorofenolato de sódio, TCMTB (2-tiocitiometiltio) benzotiazol 30%), thiadizuron (TDZ) e ácido giberélico. Dentre as opções disponíveis no mercado, a cianamida hidrogenada é a principal substância utilizada comercialmente na indução da brotação de várias espécies

frutíferas como o caquizeiro (CHANG e LIN, 1989), o damasqueiro (MAHROUS e EL-FAKHRANI, 2006), a macieira (JACKSON e BEPETE, 1995; PETRI et al., 1996), o mirtilheiro (WILLIAMSON et al., 2002); o pessegueiro (NUNES et al., 2001; CITADIN et al., 2006) e a videira (ZELLEKE e KLIEWER, 1989; DOKOOZLIAN et al., 1995; LOMBARD et al., 2006).

A aplicação associada de duas ou mais substâncias pode apresentar benefícios na indução da brotação de espécies frutíferas, sobretudo na redução dos custos de aplicação. Petri e Pola (1992) abordam a eficiência da cianamida hidrogenada associada ao óleo mineral na cultura macieira, onde o uso do óleo mineral permite a redução das doses de cianamida hidrogenada, sendo esta a principal combinação de produtos utilizados na indução da brotação da macieira no Sul do Brasil (PETRI et al., 2006). Segundo Erez et al. (1980), o efeito do óleo mineral deve-se a condição anaeróbica temporária nas gemas, resultantes da privação de oxigênio pela cobertura de óleo que leva à produção de etanol, que é responsável pela superação da dormência. O modo de ação da cianamida hidrogenada não é devidamente elucidado, sendo sugerido por Nir e Shulman (1984) e Shulman et al. (1984) que a indução da brotação é promovida pela elevação na concentração celular de peróxido de hidrogênio nos tecidos da gema, a qual induz processos bioquímicos de destruição do peróxido de hidrogênio produzido, culminado com a ativação do ciclo das pentoses.

Estudos desenvolvidos por Kuroda et al. (2002) mostraram que o conteúdo endógeno de peróxido de hidrogênio em gemas floríferas de pereira japonesa aumentaram gradualmente com o avanço da superação da endodormência, não sendo verificada alteração dos níveis de peróxido de hidrogênio em gemas não expostas ao frio. Estes autores também observaram que aplicações de cianamida hidrogenada promoveram rápida brotação das gemas floríferas de pereira associado ao aumento do conteúdo de peróxido de hidrogênio, sugerindo que aplicações exógenas de peróxido de hidrogênio podem aumentar o conteúdo endógeno desta substância e assim promover a indução da brotação das gemas. Kuroda et al. (2005), avaliaram a eficiência de diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio aplicadas em gemas de pereiras 'Kosui' e constaram aumento da brotação de gemas devido a aplicação exógena de peróxido de hidrogênio.

Em determinadas condições, a utilização de agentes químicos indutores de brotação é insatisfatória na maximização e uniformização da brotação, visto que

somente parte do requerimento em frio das cultivares pode ser substituído por outros meios, como o uso de agentes químicos (FAUST et al., 1997). O conhecimento profundo do requerimento em frio, do momento de superação da dormência das cultivares e da ocorrência de frio na região de cultivo são requeridos para otimização do momento da aplicação de indutores de brotação (JACKSON, 2000), onde os mesmos devem ser aplicados quando aproximadamente dois terços do requerimento em frio tiverem sido superados (EREZ, 2000). Em função da resposta diferenciada aos indutores de brotação ao longo do período de endodormência, Faust et al. (1997) a divide em d-endodormência e s-endodormência. A d-endodormência refere-se ao período em que as gemas não apresentam a capacidade de brotar frente a estímulos externos, não sendo verificada resposta de indutores de brotação nesta fase. A s-endodormência é o estágio em que agentes químicos podem substituir o efeito do frio e assim induzir a brotação de gemas.

A época de aplicação dos indutores de brotação é um dos principais fatores a ser considerado para obtenção de índices de brotação satisfatórios. Segundo Erez (1995), aplicações de cianamida hidrogenada realizadas precocemente podem não promover os benefícios desejados na maximização da brotação, enquanto aplicações tardias podem provocar fitotoxicidade às plantas, podendo estimular a queda de gemas. Em razão de algumas substâncias indutoras de brotação quando aplicados tardiamente promoverem a queda de gemas, tais substâncias tem sido utilizados como raleantes químicos, como abordado por Rodrigues et al. (1999) e Fallahi e Willemsen (2002).

Para Erez (2000), as principais características desejáveis em substâncias químicas são possuir grande eficiência na indução da brotação, baixo custo de utilização e mínima toxidade as plantas e ao ambiente. Apesar da existência de grande número de substâncias efetivas na indução da brotação, poucas são aceitas e utilizadas comercialmente, sendo o alto custo de utilização e a elevada toxicidade dos compostos os principais fatores restritivos. A necessidade de restringir cada vez mais o uso de substâncias sintéticas na condução dos pomares, preconizada pelos programas de Produção Integrada de Frutas, torna a questão da quebra de dormência química de plantas frutíferas um fator limitante para a atividade no Brasil (SANHUEZA et al., 2003). Frente a necessidade de se dispor de produtos com menor toxicidade e agressão ao meio ambiente, o desenvolvimento de novos

compostos que possuam tais características aliadas a eficiência na indução da brotação é almejado (HAWERROTH et al., 2008).

Segundo Kubota et al. (1999), compostos voláteis contendo enxofre e com um grupo alil, como o dialil dissulfeto, presente no alho (*Allium sativum*), apresentam efetividade na indução da brotação de gemas. Botelho (2007), avaliando diferentes indutores de brotação em região com baixo acúmulo de frio durante o período hibernar, verificou que a aplicação de extrato de alho promoveu aumento da brotação das gemas de macieiras 'Fuji' em relação às plantas não tratadas, porém apresentou resultados inferiores aos obtidos com a aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral. Quando aplicado associadamente ao óleo mineral, o extrato de alho apresentou desempenho similar ao tratamento convencional de cianamida hidrogenada e óleo mineral na brotação de gemas de macieiras 'Fuji Kiku' e 'Royal Gala' (BOTELHO e MULLER, 2007a; BOTELHO e MULLER, 2007b), tendo a vantagem da menor toxicidade apresentada pelo extrato de alho quando comparado a cianamida hidrogenada.

Trabalhos conduzidos por Petri (2005), Petri et al. (2008) e Hawerth et al. (2008) apontam a combinação de Erger, composto a base de nitrogênio, e nitrato de cálcio como eficiente na indução da brotação de gemas de macieiras 'Fuji' e 'Gala', apresentado eficiência similar ao tratamento padrão com óleo mineral e cianamida hidrogenada utilizado no manejo da cultura da macieira.

1.5 Metodologias para avaliação da dormência

O conhecimento da dinâmica da indução, manutenção e superação da dormência de frutíferas temperadas conduzidas em regiões com clima tipicamente temperado é limitado, sendo ainda mais limitado em se tratando de regiões caracterizadas pela menor acumulação em frio. A importância dos estudos relacionados a dormência em frutíferas de clima temperado começou a intensificar-se com a exploração comercial destas espécies em regiões com menor disponibilidade de frio durante o período hibernar (JACKSON, 2003b), onde os problemas da não satisfação do requerimento em frio começaram a se manifestar com maior frequência.

Apesar dos estudos desenvolvidos em vários aspectos fisiológicos da dormência, a caracterização da complexa rede de processos bioquímicos e celulares responsáveis pela regulação e expressão da superação dormência ainda não foi atingida (BORCHERT, 2000). O conhecimento dos mecanismos biológicos envolvidos na superação da dormência é crucial para manipulação da época de brotação (KEILIN et al., 2007), podendo contribuir para elaboração e melhoria de práticas culturais de modo a atenuar os problemas decorrentes da falta de frio. Da mesma forma, o entendimento da interação entre fatores atuantes no fenômeno da dormência amplia a possibilidade de antever a época de término da dormência, o que segundo Cesaraccio et al. (2004), é fundamental para avaliar a capacidade produtiva das plantas e para avaliar os possíveis efeitos de mudanças climáticas.

Em função da necessidade de elucidar os mecanismos fisiológicos que regem a dormência em frutíferas de clima temperado, assim como avaliar a influência de fatores ambientais sobre este processo, sobretudo para determinação da necessidade de frio de cultivares, vários métodos foram desenvolvidos no estudo da dormência. Dentre os métodos utilizados em estudos de dormência em frutíferas de clima temperado podem ser destacados os métodos empíricos e biológicos.

1.5.1 Métodos empíricos

Problemas relacionados à seleção de cultivares com requerimento em frio inadequado para determinada região, podem afetar o potencial produtivo das plantas, sobretudo em condições climáticas com invernos amenos (RUIZ et al., 2007). Assim, o conhecimento do requerimento em frio das cultivares e do acúmulo de frio disponível em determinada região são imprescindíveis para minimização dos problemas decorrentes da escolha inadequada de cultivares, sendo a quantificação do frio necessária para tal (EREZ, 2000).

Os métodos empíricos consistem da elaboração de modelos climáticos que relacionam o comportamento fenológico das plantas quanto ao nível de brotação com os dados climáticos de determinada região em estudo. Partindo deste princípio, diferentes modelos foram propostos para explicar a progressão da dormência, desde sua indução até a sua completa superação (FUCHIGAMI e WISNIEWISKI, 1997; FAUST et al., 1995). Diversas contribuições tem sido estabelecidas por modelos para explicar as relações existentes entre a superação da dormência e a

temperatura hibernal, sendo a temperatura o fator climático de maior relevância neste processo (RUIZ et al., 2007), considerado nos modelos.

Um dos métodos mais utilizados para quantificar o requerimento em frio das frutíferas de clima temperado e para contabilização do acúmulo de frio durante o período hibernal é o somatório de horas abaixo de 7,2°C (WEINBERGER, 1950), não considerando as temperaturas superiores a este limite. Eggert (1951) efetuou pequenas modificações no modelo de Weinberger (1950), contabilizando apenas as temperaturas compreendidas no intervalo entre 0 e 7,2 °C. O método de Weinberger (1950) ainda é amplamente utilizado em razão da facilidade de cálculo, principalmente na caracterização de cultivares nos programas de melhoramento, embora seja um método de baixa precisão quando aplicado em regiões com baixa ocorrência de frio (LINSLEY-NOAKES et al., 1994). Segundo 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, são as principais contribuições estabelecidas pelo método de Weinberger (1950).

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 exigência em frio (Couvillon e Erez, 1985), começou-se a questionar como um processo regulado por mudanças bioquímicas pode estar relacionado a uma temperatura fixa. Assim, foram desenvolvidos modelos que relacionam a temperatura do ar com o término da dormência, os chamados modelos de unidades de frio (UF), propostos por Richardson et al. (1974) e Shaltout e Unrath (1983), que obtiveram desempenhos satisfatórios nos Estados Unidos da América para pessegueiros e macieiras nas regiões de Utah e Carolina do Norte, respectivamente. Estes modelos consistem basicamente da conversão de temperaturas horárias em unidades de frio (UF), sendo que as unidades são acumuladas diariamente até atingirem um total que teoricamente corresponde ao final da fase de dormência de uma determinada cultivar.

Fishman et al. (1987) desenvolveram em Israel o modelo dinâmico, tendo como hipótese que a superação da dormência depende do nível de certos fatores indutivos à brotação que são acumulados através de duplo processo. A primeira parte do processo consiste na formação e destruição reversível do produto térmico intermediário, onde temperaturas baixas promovem a reação enquanto altas

temperaturas favorecem a reversão da reação. Quando um nível crítico do produto intermediário é atingido, este é transferido irreversivelmente para a segunda porção do modelo onde ocorre a acumulação de fatores para indução da brotação, não sendo degradado ou reduzido pelo efeito de temperaturas elevadas subsequentes (ALLAN, 2004)

Apesar da existência de um grande número de métodos para modelagem da dormência em espécies frutíferas, não existem modelos universais capazes de prever com precisão o momento de superação da dormência para várias espécies e para diversas condições ambientais (CESARACCIO et al., 2004). Segundo Finetto (2004a), a maioria dos modelos elaborados consideram apenas o fator temperatura, embora existam evidências que os fatores luz e precipitação também são efetivas na superação da dormência, sendo esta uma das razões para a divergência nos resultados de caracterização do requerimento em frio de cultivares. Para Petri (1986), a utilização de modelos matemáticos propicia entender mais precisamente como o frio afeta a superação da dormência, porém os mesmos devem ser adaptados para as particularidades de cada região.

Nas condições climáticas do Sul do Brasil, Ebert et al. (1986) avaliaram os modelos horas de frio abaixo de 7,2 °C, os modelos de Utah (RICHARDSON et al., 1974) e Carolina do Norte (SHALTOUT e UNRATH, 1983), e não observaram desempenho satisfatório destes modelos, visto que, em determinados anos, modelos de unidades de frio apresentavam valores negativos para o acúmulo de frio durante o período hibernar. Linsley-Noakes et al. (1994) e Allan e Burnett (1995) avaliando o modelo de Utah nas condições sul-africanas verificaram baixa precisão deste modelo em função da ocorrência de acúmulo negativo, principalmente em áreas com temperaturas superiores a 20°C durante o inverno. Segundo Erez (2000), os modelos de unidades de frio apresentam desempenho satisfatório em condições tipicamente temperadas, porém estes métodos apresentam-se falhos quando utilizados na predição do fim da dormência sob condições subtropicais. Em função disso, Ebert et al. (1986) realizaram modificações nos modelos de Utah (RICHARDSON et al., 1974) e Carolina do Norte (SHALTOUT e UNRATH, 1983), indicando o modelo Carolina do Norte Modificado como o mais ajustado às condições sul brasileiras.

Linsley-Noakes et al. (1995) sugeriram modificações no modelo proposto por Fishman et al. (1987) após avaliá-lo na África do Sul, resultando no modelo

denominado 'unidades de frio positivas'. Segundo Linsley-Noakes et al. (1995), longos períodos com altas temperaturas durante o inverno não limitam somente a formação do produto intermediário como sugerido por Fishman et al. (1987), mas também podem ter efeito negativo sobre os fatores indutivos a brotação acumulados. Partindo desta hipótese, o modelo 'unidades de frio positivas' somente efetua a contabilização dos fatores indutivos a brotação no modelo quando verificado acúmulo positivo em cada ciclo diário.

O desenvolvimento vegetativo, produção e atributos relacionados à qualidade dos frutos são geralmente bem descritos, porém as informações relacionadas ao comportamento fenológico das plantas, o requerimento em frio e calor são geralmente escassas (VALENTINI et al., 2004). Além da pequena disponibilidade de informações relacionadas ao requerimento em frio das espécies e/ou cultivares, as informações existentes são muitas vezes contrastantes, visto que o requerimento em frio é frequentemente expresso em diferentes medidas, como horas de frio abaixo de 7,2C (WEINBERGER, 1950), unidades de frio (RICHARDSON et al., 1974; SHALTOUT e UNRATH, 1983) entre outros, tornando difícil sua utilização. Por esta razão, a introdução de novas cultivares em regiões com condições climáticas diferentes de onde as cultivares foram originadas pode acarretar em problemas causados pela não satisfação do requerimento em frio ou decorrentes da antecipação do florescimento (VALENTINI et al., 2004).

Segundo Fuchigami e Wisniewski (1997), um dos principais problemas relacionados a elaboração dos modelos de unidades de frio é o seu caráter não realista, em razão de não considerar os processos fisiológicos das plantas em relação a dormência, determinando precisão para os modelos somente em condições climáticas similares as que foram desenvolvidos. Segundo esses autores, apesar dos avanços nas técnicas para identificação dos estádios de desenvolvimento e melhoria nos processos para elaboração de modelos aplicados a dormência, os métodos disponíveis para quantificação da dormência das gemas são escassos e pouco eficientes, justificado pela dificuldade de quantificar os eventos fisiológicos relacionados a dormência. Com o crescente interesse nos mecanismos de controle da dormência, o conhecimento dos padrões de resposta das plantas as temperaturas pode contribuir para o esclarecimento dos mecanismos da dormência frente às diferentes condições ambientais (EREZ, 2000), possibilitando a elaboração de modelos precisos que consideram os processos fisiológicos. Para Fuchigami e

Wisniewski (1997), a dormência das gemas pode ser alterada pelas práticas culturais e pelo ambiente de cultivo, onde o equivocado entendimento da forma que estes fatores influenciam a dormência aplicada nos modelos pode reduzir a acurácia destes modelos.

1.5.2 Métodos biológicos

Segundo Dennis Junior (2003), a precisa determinação do requerimento em frio de espécies frutíferas para a superação em condições de campo é dificultada pelo grande número de fatores que interagem conjuntamente na dormência, como as variações diurnas de temperatura, a radiação solar e outros fatores que não podem ser controlados. Como forma de estudar a influência de cada fator ambiental atuante sobre a dormência de forma individualizada, os estudos em condições controladas foram preconizados, sobretudo nos estudos envolvendo o fator temperatura.

Os métodos biológicos são caracterizados pelo uso de material vegetal nas avaliações objetivando a elucidação dos vários mecanismos relacionados a dormência. A utilização de material vegetal é imprescindível em estudos visando estimar com maior nível de precisão o fenômeno da dormência, exigindo assim que o material vegetativo em avaliação represente com fidelidade a situação em campo. Existem muitas variações dos métodos biológicos, podendo-se utilizar plantas inteiras ou apenas partes destas, sendo as diferenças entre os métodos determinada pelos objetivos específicos de pesquisa. Entre os métodos biológicos podem ser destacados o uso de ramos destacados, o teste de estacas de nós isolados, uso de plantas em vaso e uso de ramos enxertados.

Dennis Junior (2003) aborda dificuldades na compreensão da dormência associadas a não padronização de metodologias utilizadas em estudos dessa natureza, resultando em informações muitas vezes contraditórias. Neste contexto, o autor sugere a realização de mais estudos de âmbito metodológico com subsequente padronização de metodologias, principalmente as relacionadas a determinação do requerimento em frio de espécies/cultivares.

O método biológico mais utilizado é o uso de ramos destacados, no qual utiliza ramos com aproximadamente 15 cm destacados das plantas, o qual, após a exposição às condições experimentais, submete-se o material vegetal a condições ideais ao desenvolvimento das gemas, quantificando a brotação. O uso de ramos

destacados é utilizado principalmente em estudos para quantificação do requerimento em frio de cultivares, assim como utilizado por Weinberger (1950) e Citadin et al. (2002). Um dos principais problemas relacionados ao uso de ramos destacados refere-se a limitação do tempo de avaliação decorrente da curta longevidade dos ramos. Citadin et al. (1998), utilizando ramos destacados de cultivares de pessegueiro, observaram problemas de conservação dos ramos, mesmo quando submetidos a diferentes substratos, mascarando o verdadeiro potencial de floração e brotação.

O teste de estacas de nós isolados (CHAMPAGNAT, 1983) utiliza porções dos ramos, contendo apenas um nó com gemas, eliminando, assim, grande parte das inibições correlativas, submetendo-os a condições adequadas de crescimento (CITADIN et al., 2002), obtendo a profundidade de dormência das gemas expressa pelo tempo médio para brotação. Segundo Balandier (1992), o teste de estacas de nós isolados é o único teste capaz de avaliar a profundidade de dormência intrínseca a gema em razão de eliminar grande parte das inibições correlativas que atuam sobre a mesma, embora não consiga eliminar a inibição existente no eixo da gema que a une ao ramo. Champagnat (1983), Mauget e Rageau (1988) e Balandier (1992) fazem várias considerações em relação ao teste de estacas de nós isolados, expondo como principais limitações do método a impossibilidade de avaliar o crescimento e desenvolvimento das brotações. Os percentuais de brotação obtidos no teste de estacas de nós isolados muitas vezes apresentam valores superiores aos obtidos em outras metodologias, sobretudo em gemas axilares, o que é justificado pela eliminação de grande parte das inibições correlativas. Por essas razões, Champagnat (1983) não recomendam o teste de estacas de nós isolados em estudos para mensuração da necessidade de frio, embora tenha sido utilizado com tal propósito por Herter et al. (2001), Putti et al. (2003a), Faquin et al. (2007). Putti et al. (2003a) utilizando o teste de estacas de nós isolada para determinação da necessidade de frio de cultivares de macieira, obtiveram baixos percentuais de brotação de gemas mesmo com alta exposição ao frio, indicando a necessidade de mais estudos referentes à metodologia para avaliação da exigência em frio.

A utilização de plantas conduzidas em vasos em estudos sobre a dormência, como realizado por Camelatto et al. (2000) e Silveira (2003), é limitada pela demanda de grande espaço para sua realização, elevando os custos para sua realização em função da necessidade de grandes câmaras de crescimento

climatizadas. Aliado a isso, as plantas em início de desenvolvimento, quando ainda no período de juvenilidade, não exibem a formação de gemas florais assim como observado em plantas adultas, demandando muito tempo para que as plantas superem o período de juvenilidade.

Trabalhos relacionados à dormência da cultura do pessegueiro utilizando a metodologia 'ramos enxertados' (SILVEIRA, 2003; CHAVARRIA, 2005), indicam que o método empregado é promissor em estudos de dormência. O método consiste em enxertar ramos produtivos da espécie de interesse em porta-enxertos previamente estabelecidos em solo ou substrato, podendo ser efetuada a submissão das plantas aos tratamentos de interesse após a completa soldadura no ponto de enxertia. Inserem-se como vantagens do método utilizando ramos enxertados, a capacidade de manter o material vegetativo em períodos mais longos de avaliação devido a menor desidratação dos ramos quando comparado aos ramos destacados, e a menor necessidade de espaço em relação as plantas conduzidas em vaso, que permite, em ambientes controlados, maximizar o número de tratamentos com a mesma área utilizada. Além disso, o uso de ramos produtivos permite avaliar com maior precisão a resposta de plantas adultas na dormência, demandando menor tempo para preparar as plantas para posterior submissão aos tratamentos por não necessitar a superação do período de juvenilidade.

Wagner Júnior et al. (2006), objetivando avaliar o requerimento em frio de diferentes cultivares de pessegueiro, utilizou ramos produtivos enxertados no outono, obtendo resultados satisfatórios com a metodologia empregada. Dada à necessidade de métodos de fácil aplicabilidade, representatividade das condições naturais e de rápida execução, a metodologia utilizando ramos enxertados pode constituir-se numa importante ferramenta em estudos de dormência em frutíferas de clima temperado. Porém, para aperfeiçoar essa metodologia, há a necessidade da realização de estudos específicos para cada espécie frutífera, como sugerido por Marafon (2008), levando em consideração a uniformidade e tipo de material vegetativo a ser utilizado, de forma a considerar o hábito de desenvolvimento vegetativo e de frutificação representativo de cada espécie ou cultivar em estudo.

1.6 Considerações finais

A dormência nas frutíferas de clima temperado tem impacto substancial na sobrevivência destas espécies em regiões tipicamente frias, afetando drasticamente o comportamento produtivo das plantas, sobretudo em regiões que não suprem suas necessidades fisiológicas em relação ao requerimento em frio. A temperatura insere-se como principal elemento climático relacionado a indução e superação da dormência, enquanto a ação do fotoperíodo é referida como variável entre espécies. Os fatores luminosidade e precipitação pluviométrica são relevantes na dormência, porém a magnitude de seus efeitos ainda não são devidamente quantificados.

A regularidade de baixas temperaturas durante o período hibernar é fundamental para indução e adequada superação da dormência, onde o não suprimento adequado em frio para espécies de clima temperado determina a ocorrência de problemas relacionados a brotação, afetando o potencial produtivo destas espécies. Dentre as principais estratégias utilizadas para minimização dos problemas decorrentes do insuficiente acúmulo de frio destaca-se a seleção e uso de cultivares de menor requerimento em frio e o uso de substâncias químicas indutoras de brotação.

Neste sentido, o conhecimento dos princípios fisiológicos e dos fatores ambientais determinantes no fenômeno da dormência faz-se necessário para a eficiente seleção de cultivares para determinada região produtora, assim como para eficiente elaboração e adequação de práticas culturais para minimização dos problemas oriundos do insuficiente acúmulo de frio hibernar. Para tanto, o desenvolvimento de metodologias eficientes, que representem fielmente às condições de campo, torna-se imprescindível para compreensão da dormência. Dentre as metodologias utilizadas em estudos para dormência, destacam-se os métodos empíricos e biológicos, existindo variações destes métodos em função dos objetivos de cada estudo, podendo resultar em informações contraditórias em razão da não padronização de metodologias (DENNIS JUNIOR, 2003).

Apesar dos grandes avanços obtidos nos estudos até então realizados, os mecanismos fisiológicos relacionados a dormência ainda não são claramente conhecidos. Para Arora et al. (2003), o profundo entendimento dos mecanismos de indução e superação da dormência só será atingido com a realização de estudos multidisciplinares envolvendo as áreas de horticultura, fisiologia vegetal, bioquímica

e genética, abrangendo conjuntamente estudos a campo, em níveis de planta, célula e molecular.

1.7 Referências bibliográficas

- ALBUQUERQUE, N.; BURGOS, L.; EGEA, J. Apricot flower bud development and abscission related to chilling, irrigation and type of shoots. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 98, p. 265-276, 2006.
- ALLAN, P. Winter chilling in areas with mild winters: Its measurement and supplementation. **Acta Horticulturae**, Nauni, v. 662, p. 47-52, 2004.
- ALLAN, P; BURNETT, M.J. Peach production in an area with low winter chilling. **Journal of Southern African Society for Horticultural Sciences**, v. 5, n.1, p.15-18, 1995.
- ARMAS-REYES, R.; CÁRDENAS-SOLORIO, E.; RODRIGUEZ-ALCÁZAR, J. Conexión vascular y otros factores que influyen en la caída de yemas florales de chacabano. **Revista Chapingo**, Chapingo, v.12, n. 1, p. 33-39, 2006.
- ARORA, R.; ROWLAND, L.J.; TANINO, K. Induction and release of bud dormancy in wood perennials: a science comes of age. **HortScience**, Alexandria, v.38, n.5, p.911-921, 2003.
- 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 l'île de la Réunion**. 1992. 82f, Thèse (Doctorat Physiologie Végétale) - Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, 1992.
- BONHOMME, M. **Physiologie des bourgeons végétatifs et floraux de pêcher dans deux situations thermiques contrastées pendant la dormance: capacité de croissance, force de puits et répartition des glucides**. Clermont-Ferrand - France, 2004, 114 p. Thèse. Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II, 1998.
- BONHOMME, M.; RAGEAU, R.; GENDRAUD, M. ATP, ADP and NTP contents in vegetative and floral peach buds during winter: are they useful for characterizing the type of dormancy? In: VIÉMONT, J.-D.; CRABBÉ, J. (Ed.) **Dormancy in plants: from whole plant behaviour to cellular control**. Cambridge: University Press, 2000. p.245-257.

- BONHOMME, M.; RAGEAU, R.; LACOINTE, A.; GENDRAUD, M. Influences of cold deprivation during dormancy on carbohydrate contents of vegetative and floral primordia and nearby structures of peach buds (*Prunus persica* L. Batsch). **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.105, p. 223-240, 2005.
- BORCHERT, R. **Organismic and environmental controls of bud growth in tropical trees**. In: VIEMONT, J.D.; CRABBE, J. (Eds.) Dormancy in plants: from whole plant behavior to cellular control, CABI Publishing, New York, 2000, p.87-108.
- BOTELHO, R.V.; MULLER, M.M.L. Evaluation of garlic extract on bud dormancy release of Royal Gala apple trees. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 47, n. 6, p. 738-741, 2007a.
- BOTELHO, R.V.; MULLER, M.M.L. Extrato de alho como alternativa na quebra de dormência de gemas em macieiras. cv. Fuji Kiku. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 37-41, 2007b.
- BOTELHO, R. V. Efeito do extrato de alho na quebra de dormência de macieiras. **Revista Brasileira de Fruticultura**, , Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 403-405, 2007.
- CAMELATTO, D.; NACHTIGALL, G.R.; ARRUDA, J.J.P.; HERTER, F.G. Efeito de flutuações de temperatura, horas de frio hibernal e reguladores de crescimento no abortamento floral de gemas de pereira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 22, p. 111-117, 2000.
- CAMPOS, C.G.C.; BRAGA, H.J.; PANDOLFO, C. Mudanças climáticas e seu impacto na agricultura catarinense. In: Encontro Nacional sobre Fruticultura de Clima Temperado, **Anais...** Caçador: Epagri, vol 1 (Palestras) p. 297-303, 2007.
- CHANG, H.; LIN, C. The application of cyanamide for termination of dormancy in 'Shyjou' persimmon with in vitro cutting test and field test. **Gartenbauwissenschaft**, Stuttgart, v. 54, n. 1, p. 30-33, 1989.
- CHAVARRIA, G. **Efeito de temperaturas de 10°C e 15°C na floração e brotação de pessegueiro avaliado através de enxertos de ramos produtivos no outono**. 2005, 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2005.
- CITADIN, I.; BASSANI, M.H; DANNER, M.A.; MAZARO, S.M.; GOUVÊA, A. Uso de cianamida hidrogenada e óleo mineral na floração, brotação e produção do

- pessegueiro 'Chiripá'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 32-35, 2006.
- CITADIN, I.; RASEIRA, M.C.B.; QUEZADA, A. C. Substrato para conservação de ramos destacados de pessegueiro, (*Prunus persica* L. Batsch.). **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 61-66, 1998.
- CITADIN, I.; RASEIRA, M.C.B.; HERTER, F.G.; SILVEIRA, C.A.P. Avaliação da necessidade de frio em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 703-706, 2002.
- CITADIN, I.; RASEIRA, M.C.B.; QUEZADA, A.C.; SILVA, J.B. Herdabilidade da necessidade de calor para a antese e brotação em pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n. 1, p. 119-123, 2003.
- CLAPHAM, D.; DORMLING, I.; EKBERG, I.; ERIKSSON, G.; QAMARUDDIN, M.; VINCE-PRUE, D. Latitudinal cline of requirement for far-red light for the periodic control of bud set and extension growth in *Picea abies* (Norway spruce). **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 102, p. 71-78, 1998.
- CLAPHAM, D.; EKBERG, I.; ERIKSSON, G.; NORELL, L.; VINCE-PRUE, D. Requirement for far-red light to maintain secondary needle extension in northern, but not southern populations in *Pinus sylvestris* (Scots pine). **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 114, p. 207-212, 2002.
- COOK, N.; JACOBS, G. Progression of apple (*Malus x domestica* Borkh.) bud dormancy in two mild winter climates. **Journal of Horticultural Science e Biotechnology**, Ashford, v.275, p. 233-236, 2000.
- 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**, Mount Vernon, v.110, p. 579-581, 1985.
- COUVILLON, G.A.; FINARDI, N.; MAGNANI, M.; FREIRE, C. Rootstock influences the chilling requirement of 'Rome Beauty' apple in Brazil. **HortScience**, Alexandria, v. 19, n. 2, p. 255-256, 1984.
- CRONJÉ, P.J.R.; JACOBS, G.; COOK, N. Pruning affects the development of correlative phenomena among lateral shoots in dormant two-year-old 'Royal Gala' apple branches. **HortScience**, Alexandria, v.39, n.5, p. 965-968, 2004.
- DENNIS JUNIOR, F. G. Problems in standardizing methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in buds of woody plants. **HortScience**, Alexandria, v.38, n.3, p. 347-350, 2003.

- DOKOOZLIAN, N.K.; WILLIAMS, L.E.; NEJA, R.A. Chilling exposure and hydrogen cyanamide interact in breaking dormancy of grape buds. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 6, p. 1244-1247, 1995.
- EBERT, A.; PETRI, J.L.; BENDER, R.J.; BRAGA, H.J. First experiences with chill units models in southern Brazil. **Acta Horticulturae**, Hague, v. 184, p. 89-96, 1986.
- EGEA, J. ORTEGA, E. MARTÍNEZ-GOMES, P. DICENTA, F. Chilling and heat requirements of almond cultivars for flowering. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 50, n. 3, p. 79-85, 2003.
- EGGERT, F.P. A study of rest varieties of apple and in other fruit species grown in New York State. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 51, p. 169-178, 1951.
- EREZ, A. Means to compensate for insufficient chilling to improve leafing and blooming. **Acta Horticulturae**, Kyoto, v. 395, p. 81-95, 1995.
- EREZ, A. **Bud dormancy; phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics**. In: Erez, A. Temperate Fruit Crops in Warm Climates. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 2000. p. 17-48.
- EREZ, A.; COUVILLON, G.A. Evaporative cooling to improve rest breaking of nectarine buds by counteracting high daytime temperatures. **HortScience**, Alexandria, v. 18, p. 480-481, 1983.
- 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**, Mount Vernon, v. 112, p. 677-680, 1987.
- EREZ, A.; COUVILLON, G.A.; KAYS, S.J. The effect of oxygen concentration on the release of peach leaf buds from rest. **HortScience**, Alexandria, v. 15, p. 39-41, 1980.
- EREZ, A.; FISHMAN, S.; GAT, Z.; COUVILLON, G.A. Evaluation of winter climate for break bud rest using the dynamic model. **Acta Horticulturae**, Florianopolis, v. 232, p. 76-89, 1988.
- FALLAHI, E.; WILLEMSSEN, K.M. Blossom thinning of pome and stone fruit. **HortScience**, Alexandria, v. 37, n. 3, p. 474-476, 2002.
- FAUST, M.; LIU, D.; WANG, S.Y.; STUTTE, G.W. Involvement of apical dominance in winter dormancy of apple buds. **Acta Horticulturae**, Kyoto, v. 395, p. 47-56, 1995.

- FAUST, M.; EREZ, A.; ROWLAND, 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.
- FENNELL, A. Systems and approaches to studying dormancy: introduction to the workshop. **HortScience**, Alexandria, v. 34, p. 1172-1173, 1999.
- FINETTO, G.A. Investigation of the effects of light and rain on overcoming of dormancy in some apple cultivars. **Acta Horticulturae**, Nauni, v. 662, p. 93-100, 2004a.
- FINETTO, G.A. The behavior of some apple rootstocks in relation to the chilling requirement. **Acta Horticulturae**, Nauni, v. 662, p. 245-251, 2004b.
- FISHMAN, S.; EREZ, A.; COUVILLON, G.A. The temperature dependence of dormancy breaking in plants: Two-step model involving a co-operative transition. **Journal of Theoretical Biology**, London, v. 124, p. 473-483, 1987.
- FUCHIGAMI, L.H.; WISNIEWSKI, M. Quantifying bud dormancy: physiological approaches. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 4, p. 618-623, 1997.
- GARNER, W.W.; ALLARD, H.A. Further studies in photoperiodism, the response of the relative length of day and night. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 23, p. 871-920, 1923.
- GEORGE, A.P.; BROADLEY, R.H.; NISSEN, R.J.; WARD, G. Effects of new rest-breaking chemicals on flowering, shoot production and yield of subtropical tree crops. **Acta Horticulturae**, Cairns, v. 575, p. 835-840, 2002.
- GEORGE, A.P.; EREZ, A. **Stone fruit species under warm subtropical and tropical climates**. In: Erez, A. Temperate Fruit Crops in Warm Climates. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 2000. p. 231-266.
- HAUAGGE, R.; BRUCKNER, C.H. Macieira In: Bruckner, C.H. **Melhoramento de fruteiras de clima temperado**. Viçosa: UFV, 2002, p. 27-88.
- HAUAGGE, R.; CUMMINS, J.N. Genetics of length of dormancy period in *Malus* vegetative buds. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 116, p. 121-126, 1991.
- HAUAGGE, R.; CUMMINS, J.N. **Pome fruit genetic pool for production in warm climates**. In: Erez, A. Temperate Fruit Crops in Warm Climates. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 2000. p. 267-303.
- HAWERROTH, F.J.; PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; HERTER, F.G. Erger e nitrato de cálcio na brotação de gemas de macieira. Disponível em:

<http://200.137.78.15/cd_XXCBF/paginas/ManejoCulturalFitotecnia/20080731_224_842.pdf> Acesso em: 20 nov. 2008.

- HEIDE, O.M. Interaction of photoperiod and temperature in the control of growth and dormancy of *Prunus* species. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 115, p. 309-314, 2008.
- HEIDE, O.M.; PRESTUD, A.K. Low temperature, but not photoperiod, controls growth cessation and dormancy induction and release in apple and pear. **Tree Physiology**, Victoria, v. 25, p.109-114, 2005.
- HERTER, F. G.; MACHADO, L. B.; OLIVEIRA, M.F.; SILVA, J.B. Efeito do frio na brotação de gemas de pereira (*Pyrus communis* L.) cv. Carrick, em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 261-264, 2001.
- JACKSON, J.E. **Apple production at low latitudes**. In: Erez, A. Temperate Fruit Crops in Warm Climates. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 2000. p 305-342.
- JACKSON. J.E. Mechanisms of rootstocks and interstock effects on scion vigour. In: JACKSON, J.E. **Biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003a. p. 141-156.
- JACKSON. J.E. The shoot system. In: JACKSON, J.E. **Biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003b. p. 157-211.
- JACKSON, J.E.; BEPETE, M. The effect of hydrogen cyanamide (Dormex) on flowering and cropping of different apple cultivars under tropical conditions of sub-optimal winter chilling. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 60, p. 293-304, 1995.
- JACOBS, J.N.; JACOBS, G.; COOK, N. Chilling period influences the progression of bud dormancy more than does chilling temperature in apple and pear shoots. **Journal of Horticultural Science e Biotechnology**, Ashford, v. 77, p. 333-339, 2002.
- KEILIN, T.; PANG, X.; VENKATESWARI, J.; HALALY, T.; CRANE, O.; KEREN, A.; OGRODOVITCH, A.; OPHIR, R.; VOLPIN, H.; GALBRAITH, D.; OR, E. Digital expression profiling of a grape-bud EST collection leads to new insight into molecular events during grape-bud dormancy release. **Plant Science**, Limerick, v. 173, p. 446-457, 2007.
- KUBOTA, N.; YASUSHI, Y.; KOJI, T.; KAZUYOSHI, K.; TESUO, H.; SHOJI, N. Identification of active substances in garlic responsible for breaking bud dormancy

- in grapevines. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Kyoto, v. 68, p. 1111-1117, 1999.
- LANG, G.A; EARLY, J.A.; ARROAYVE, N.J.; DARNELL, R.L.; MARTIN, G.C.; STUTTE, G.W. Dormancy: toward a reduced universal terminology. **HortScience**, Alexandria, v.20, p. 809-811, 1985.
- LANG, G.A; EARLY, J.A.; MARTIN, G.C.; DARNELL, R.L. Endo-, para-, ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. **HortScience**, Alexandria, v.22, n.3, p. 371-377, 1987.
- LEGAVE, J.M.; GARCÍA, G.; MARCO, F. Some descriptive aspects of drops process of flower buds, or young flowers observed on apricot tree in south of France. **Acta Horticulturae**, Bucharest, v. 121, p. 75-83, 1982.
- LEITE, G.B. **Evolution des Etats des Bourgeons et de leur heterogeneite Le Long Du Rameau d'un de pecher sous differents regimes de temperatures apres l'instalation de l'endodormance**. Clermont-Ferrand - France, 2004, 168 p. Thèse. Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II, 2004.
- LEITE, G. B. Evolução da dormência e heterogeneidade da brotação In: Encontro Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado, Fraiburgo, 8. **Anais...Caçador: Epagri**, v.1 (Palestras), p. 269-275, 2005.
- LI, C.; JUNTILA, O.; PALVA, E.T. Environmental regulation and physiological basis of freezing tolerance in woody plants. **Acta Physiologiae Plantarum**, Berlin, v. 26, p. 213-222, 2004.
- LINSLEY-NOAKES, G.C.; ALLAN, P.; MATTHEE, G. Modification of rest completion models for improved accuracy in South African stone fruit orchards. **Journal of Southern African Society for Horticultural Sciences**, v. 4, n.1, p. 13-15, 1994.
- LINSLEY-NOAKES, G.C.; LOUW, M.; ALLAN, P. Estimating daily positive Utah chill units using daily maximum and minimum temperatures. **Journal of Southern African Society for Horticultural Sciences**, v. 5, n.1, p. 19-22, 1995.
- LOMBARD, .P.J.; COOK, N.C.; BELLSTEDT, D.U. Endogenous cytokinin levels of table grape vines during spring budburst as influenced by hydrogen cyanamide application and pruning. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 109, p. 92-96, 2006.
- MAHROUS, H.A.H.; EL-FAKHRANI, E.M.M. Effect of some dormancy breaking agents on productivity, fruit quality and powdery mildew severity of apricot. **Acta Horticulturae**, v.701, p.659-664, 2006.

- MARAFON, A.C. **Metabolismo de carboidratos, conteúdo de água e necrose floral em pereira (*Pyrus* sp.) em condições de falta de frio.** 2003, 82p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal), Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas, 2008.
- MAUGET, J.C. RAGEAU, R. Bud dormancy and adaptation of apple tree to mild winter climates. **Acta Horticulturae**, Florianopolis, v. 232, p.101-108, 1988.
- MCPHERSON, H.G.; RICHARDSON, A.C.; SNELGAR, W.P.; CURRIE, M.B. Effects of hydrogen cyanamide on budbreak and flowering in kiwifruit (*Actinidia deliciosa* 'Hayward'). **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 29, p. 277-285, 2001.
- NAOR, A.; FLAISHMAN, M.; STERN, R.; MOSHE, A.; EREZ, A. Temperature effects on dormancy completion of vegetative buds in apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 128, n. 5, p. 636-641, 2003.
- NIR, G.; KLEIN, I.; LAVEE, S. Improving grapevine budbreak and yields by evaporative cooling. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.103, n.4, p.512-517, 1988.
- NIR, G.; SHULMAN, Y. The involvement of catalase in the dormancy of grapevine buds. In: **Bud dormancy in grapevines: potential and practical uses of hydrogen cyanamide on grapevines.** Davids: University of California, 1984. p. 40-43.
- NITSCH, J.P. Photoperiodism in woody plants. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 70, p. 526-544, 1957.
- NUNES, J.L.S.; MARODIN, G.A.B.; SARTORI, I.A. Cianamida hidrogenada, thidiazuron e óleo mineral na quebra de dormência e na produção do pessegueiro cv. Chiripá. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n.3, p. 493-496, 2001.
- OLSEN, J.E. Mechanisms of dormancy regulation. **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 157-166, 2006.
- PASQUAL, M.; PETRI, J.L. Quebra de dormência em frutíferas de clima temperado. **Informativo Agropecuário**, Belo Horizonte, v.11, n. 124, p.56-62, 1985.
- PETRI, J.L.; HAWERROTH, F.J.; LEITE, G.B. Fenologia de espécies silvestres de macieira como polinizadoras das cultivares Gala e Fuji. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 868-874, 2008.

- PETRI, J.L. Alternativas para quebra de dormência em fruteiras de clima temperado. In: Encontro Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado, Fraiburgo, 8. **Anais...Caçador: Epagri**, vol.1(Palestras), 2005. p.125-133.
- PETRI, J.L.; LEITE, G.B. Consequences of Insufficient Winter Chilling on Apple Tree Bud-break. **Acta Horticulturae**, Brugge, v. 662, p. 53-60, 2004.
- PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; PUTTI, G.L. Apple tree budbreak promoters in mild winter conditions. **Acta Horticulturae**, Seoul, v. 774, p. 291-296, 2008.
- PETRI J.L.; PALLADINI, L.A.; SCHUCK, E.; DUCROQUET, J.P.H.J.; MATOS, C.S.; POLA, A.C. **Dormência e indução da brotação em fruteiras de clima temperado**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 110p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 75)
- PETRI, J.L.; PALLADINI, L.A.; POLA, A.C. Dormência e indução a brotação em macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 261-297.
- PETRI, J. L.; POLA, A. C. Influência de temperaturas baixas e altas na eficiência do óleo mineral mais cianamida hidrogenada na quebra de dormência da macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 14, n. 1, p. 133-136, 1992.
- POWELL, L.E. Hormonal aspects of bud and seed dormancy in temperate zone woody plants. **HortScience**, Alexandria, v. 22, p. 845-850, 1987.
- PUTTI, G.L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M.E. Efeito da intensidade de frio no tempo e percentagem de gemas brotadas em macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 199-202, 2003a.
- PUTTI, G.L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M.E. Temperaturas efetivas para a dormência da macieira (*Malus domestica*, Borkh). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 210-212, 2003b.
- RASEIRA, M.C.B; NAKASU, B.H. Pessequeiro. In: Bruckner, C.H. **Melhoramento de fruteiras de clima temperado**. Viçosa: UFV, 2002, p. 89-126.
- RICHARDSON, E.A.; SEELEY, S.D.; WALKER, D.R. A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. **HortScience**, Alexandria, v. 9, p. 331-332, 1974.
- RODRIGUES, A.C. FERRI, V.C.; SCHWARTZ, E.; FACHINELLO, J.C. Cianamida hidrogenada no raleio químico de flores e frutos de pessegueiros (*Prunus persica* L. Batsch) cv. Eldorado. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 29, n.4, p. 625-628, 1999.

- RUIZ, D.; CAMPOY, J. A.; EGEA, J. Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. **Environmental and Experimental Botany**, v.61, p. 254-263, 2007.
- SANHUEZA, R.M.V.; ANDRIGUETO, J.R.; KOSOSKI, A.R. Situação atual da produção integrada de frutas no Brasil. In: MELO, G.W.B.; SEBBEN, S.S. (Eds.). SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 5., Bento Gonçalves, 2003. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa-CNPV, 2003. p.23-25.
- SAURE, M.C. Dormancy release in deciduous fruit trees. **Horticultural Reviews**. Westport, v. 7, p. 239-299, 1985.
- SCORZA, R.; OKIE, W.R. Peaches (*Prunus persica* L. Batsch). **Acta Horticulturae**, Amsterdam, v. 290, p. 177-231, 1990.
- SHALTOOT, A. D.; UNRATH, C. R. Rest completion prediction model for 'Starkrimson Delicious' apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 108, n. 6, p. 957-961, 1983.
- SHULMAN, Y.; NIR, G.; LAVIE, S. Oxidative processes in bud dormancy and the use of hydrogen cyanamide in breaking dormancy. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.179, p.141-148, 1986.
- SILVEIRA, C.A.P. **Avaliação do efeito das horas de frio, épocas de aplicação e concentrações de cianamida hidrogenada e óleo mineral na brotação, floração e frutificação efetiva de pessegueiro em condições de inverno subtropical**. 2003, 89p. Tese (Doutorado em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2003.
- SPIEGEL-ROY, P. ALSTON, F.H. Chilling and post-dormant heat requirement as selection criteria for late-flowering pears. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 54, p. 115-120, 1979.
- STAFSTROM, J. P. Regulation of growth and dormancy in pea axillary buds. In: VIÉMONT, J.-D.; CRABBÉ, J. (Ed.). **Dormancy in plants: from whole plant behaviour to cellular control**. Cambridge: University Press, 2000. p.331-346.
- VALENTINI, N.; ME, G.; FERRERO, R.; SPANNA, F. Use of bioclimatic indexes to characterize phenological phases of apple varieties in northern Italy. **International Journal of Biometeorology**, Berlin, v.45, n.4, p. 191-195, 2001.

- VALENTINI, N.; ME, G; SPANNA, F.; LOVISETTO, M. Chilling and heat requirement in apricot and peach varieties. **Acta Horticulturae**, Toronto, v. 636, p. 199-203, 2004.
- VEGIS, A. Dormancy in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 15, p. 185-224, 1964.
- WAGNER JÚNIOR, A.; BRUCKNER, C.H.; PIMENTEL, L.D.; RASEIRA, M.C.B. Evaluation of chilling requirement in peach through grafted twigs. **Acta Horticulturae**, Santiago, v. 713, p. 243-246, 2006.
- WEINBERGER, J.H. Chilling requirements of peach varieties. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 56, p. 122-128, 1950.
- WESTWOOD, M.N.; BJORNSTAD, H.D. Winter rainfall reduces rest period of apple and pear. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 103, n.1, p.142-144, 1978.
- WILLIAMSON, J.G.; KREWER, G.; MAUST, B.E.; MILLER, E.P. Hydrogen cyanamide accelerates vegetative budbreak and shortens fruit development period of blueberry. **HortScience**, Alexandria, v. 37, n. 3, p. 539-542, 2002.
- YOUNG, E.; WERNER, D.J. Chilling unit and growing hour requirements for vegetative bud break in six apple rootstocks. **Journal of the American for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 110, n. 3, p. 411-413, 1985.
- ZELLEKE, A.; KLIEWER, W.M. The effects of hydrogen cyanamide on enhancing the time and amount of budbreak in young grape vineyards. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 40, p. 47-51, 1989.

2. Brotação de gemas de macieira sob influência de temperaturas durante o período hibernar

2.1 Introdução

Ao final do período vegetativo, as frutíferas de clima temperado cessam o desenvolvimento e assumem o estado dormente, adquirindo tolerância as baixas temperaturas, de forma a proteger as gemas contra as condições desfavoráveis durante o inverno (SAURE, 1985). De acordo com Crabbé (1994), o desenvolvimento de inibições correlativas durante o período estival conduz à suspensão do crescimento das gemas e o início da endodormência. Durante a endodormência, o crescimento é reprimido por fatores endógenos dentro das gemas, sendo necessária a satisfação do requerimento em frio para que o crescimento seja reassumido (PÉREZ e LIRA, 2005).

A superação da dormência e retomada da atividade de crescimento em plantas lenhosas é complexo, sendo constituída por vários subprocessos intra e extra-meristemáticos, ocorrendo a interação de fatores ambientais, hormonais, nutricionais e disponibilidade hídrica (AMÉGLIO et al., 2000). Dentre os fatores ambientais atuantes nos processos de indução e superação da dormência em frutíferas de clima temperado, a temperatura ambiente é considerada o fator de maior relevância (FAUST, 2000; EREZ, 2000). Em condições normais de clima temperado, após o frio recebido durante o inverno, espécies frutíferas decíduas retomam seu ciclo vegetativo e reprodutivo normalmente (LEITE, 2005), apresentando abundante brotação de gemas. Entretanto, quando conduzidas em regiões com reduzido acúmulo de frio, espécies frutíferas, como a macieira (*Malus domestica* Borkh.), apresentam brotação e floração desuniformes, podendo repercutir sobre o potencial produtivo da cultura.

Diante da influência da dormência sobre a resposta produtiva de frutíferas de clima temperado, torna-se importante o entendimento dos fatores que interagem neste processo, principalmente as temperaturas hibernais. Para Garaglio et al. (2006), o interesse em estudar o mecanismo de dormência é baseado principalmente na necessidade de definir estratégias, durante a fase de repouso, a fim de evitar danos por geadas na primavera, ou para aumento da brotação e floração em áreas com reduzida acumulação em frio. Segundo Sheard (2008), o desconhecimento de como a temperatura age na dinâmica da dormência dificulta a melhoria de práticas de manejo relacionadas à indução da brotação, assim como

limita a identificação do estado atual da dormência das gemas, essencial para definição de épocas apropriadas para implantação de várias práticas culturais.

O fator genótipo apresenta grande influência na expressão da dormência (JACKSON, 2000), sendo que a variabilidade existente entre cultivares da mesma espécie quanto o requerimento em frio permite a adaptação e exploração destas espécies em locais climaticamente distintos. Segundo Putti et al. (2003b), a variabilidade genética existente entre as diversas cultivares limita a determinação das exigências em frio, quando não são conhecidas as temperaturas de maior efetividade na dormência. Para Naor et al. (2003), estudos direcionados a modelagem do efeito de temperaturas no acúmulo de frio e a resposta dos tipos de gema ao frio em cultivares com distintas exigências podem auxiliar na seleção de cultivares para determinada região de interesse.

Para a realização de estudos desta natureza, a metodologia mais preconizada é o uso de ramos destacados da planta, submetendo-os a diferentes condições térmicas durante o período hibernar, avaliando a efetividade dos tratamentos através dos percentuais de brotação de gemas. Apesar da grande utilização deste método, o mesmo apresenta limitado tempo de avaliação decorrente da reduzida conservação e longevidade dos ramos, a qual, segundo Citadin et al. (1998), pode mascarar o potencial de brotação e floração dos ramos. A metodologia utilizando ramos enxertados no outono, testada por Silveira (2003), Chavarria (2005) e Wagner Júnior et al. (2006) em pessegueiros, pode ser interessante na cultura da macieira, visto a menor desidratação dos ramos quando comparado aos ramos destacados, possibilitando ampliar o período de avaliação do material vegetal.

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de diferentes condições térmicas durante o período hibernar sobre a brotação de gemas em cultivares de macieira com distintos requerimentos em frio, através do método ramos enxertados no outono.

2.2 Material e métodos

O estudo foi realizado na Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, Rio Grande do Sul (31°41' Sul, 52° 21' Oeste), durante o ano de 2007. Ramos produtivos de macieiras 'Castel Gala' e 'Royal Gala', de crescimento do ano com comprimento médio de 30 cm, diâmetro médio de 10 mm e contendo em média 14 gemas, foram

enxertados em porta-enxertos clonais de M7, através de enxertias de dupla fenda (Figura 2.1). Os ramos da cultivar Royal Gala foram coletados no município de Caçador/SC (26°46'S, 51°00'W, e altitude de 960 metros), em pomar pertencente a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Estação Experimental de Caçador (EPAGRI/EECd), em plantas com 10 anos de idade, conduzidas sobre o porta-enxerto M7. No município de Monte Castelo/SC (26°27'S, 50°13' W, e altitude de 820 metros), em pomar comercial, foi efetuada a coleta de ramos da cultivar Castel Gala, utilizando plantas de 3 anos conduzidas sobre o porta-enxerto Marubakaido, com interenxerto de M9.

Segundo Denardi e Seccon (2005), a cultivar Castel Gala apresenta requerimento em frio inferior a 400 horas de frio igual ou inferior a 7,2°C ($HF \leq 7,2^\circ\text{C}$) durante o período hibernar, caracterizando-se como cultivar que requer menos frio que a 'Gala', embora apresente as mesmas características em relação à reação às principais doenças fúngicas e pragas da macieira que ocorrem no Sul do Brasil. De acordo com Camilo e Denardi (2006), a cultivar Royal Gala é uma mutação somática da cultivar Gala, diferindo desta pela maior coloração e resistência dos frutos ao manuseio, apresentando as demais características similares a cultivar 'Gala', inclusive o requerimento em frio, estimado como superior a 800 $HF \leq 7,2^\circ\text{C}$.

Os porta-enxertos clonais de M-7, de um ano de idade, coletados em viveiro comercial localizado no município de Vacaria/RS, foram previamente transplantados em embalagens plásticas com volume de dois litros, contendo substrato a base de terra, areia e resíduo orgânico de cama de aviário, na proporção de 2:1:1, com as seguintes propriedades químicas: M.O. 5,0%; pH_{H_2O} 6,4; pH_{SMP} 6,2; P 34,1 mg dm^{-3} ; K 160,0 mg dm^{-3} ; Al 0,0 $cmol_c\ dm^{-3}$; Ca 6,3 $cmol_c\ dm^{-3}$; Mg 3,3 $cmol_c\ dm^{-3}$.

Os ramos foram coletados na segunda quinzena do mês maio, quando já haviam sido acumuladas 140 unidades de frio segundo modelo Carolina do Norte modificado (EBERT et al., 1986). A enxertia dos ramos de macieira 'Castel Gala' e 'Royal Gala' nos porta-enxertos foi realizada em 24/05/07. Após a enxertia, as plantas foram mantidas a temperatura em torno de 18°C durante 45 dias para promover a completa soldadura e formação de calo no ponto de enxertia. Posteriormente, foram separados quinze lotes de 12 plantas para cada cultivar, submetendo-os a diferentes temperaturas (5, 10 e 15°C) em fitotrons sem iluminação, durante diferentes períodos de exposição (168; 336; 672; 1008 e 1344

horas). Cada hora de permanência das plantas a determinada temperatura foi considerada como uma unidade de frio (UF).

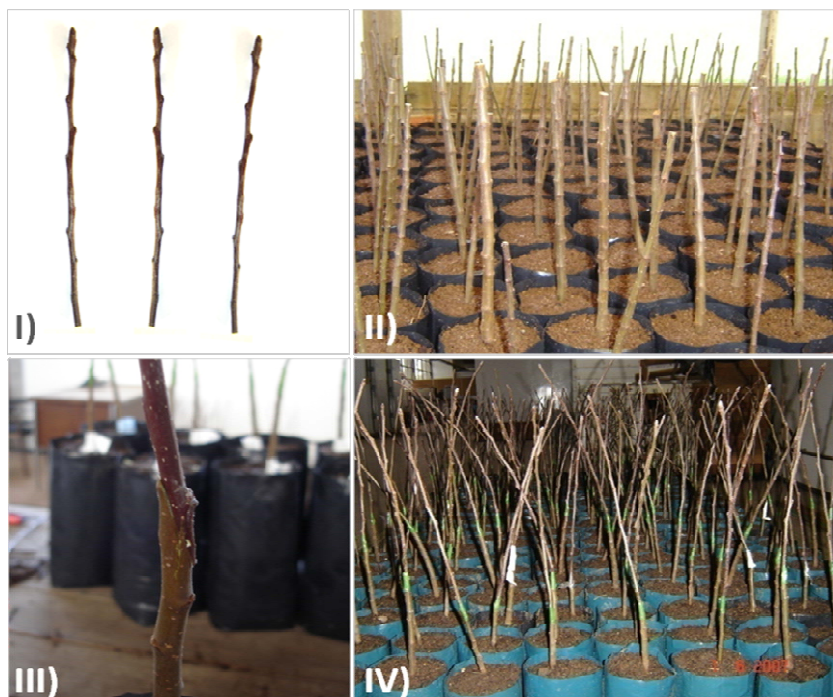


Figura 2.1 Método biológico utilizando ramos enxertados na cultura da macieira: I) ramos coletados para enxertia; II) porta-enxertos clonais de M7 previamente estabelecidos em substrato; III) realização de enxertias de dupla-fenda; e IV) plantas obtidas após a completa soldadura dos enxertos. Embrapa Clima Temperado. Pelotas/RS, 2007.

Após a efetivação dos tratamentos, as plantas foram transferidas para casa de vegetação e mantidas a 25°C, sendo avaliadas quando atingidas, posteriormente a exposição ao frio, somas térmicas equivalente a 3444, 6888, 10332, 13776, 17220 e 20664 GDH°C, considerando a temperatura mínima basal de 4,5 °C (RICHARDSON et al., 1975). As avaliações consistiram da determinação dos percentuais de brotação das gemas, considerando as gemas brotadas quando observado o estágio de ponta verde (estádio C), segundo escala fenológica ilustrada em Iuchi (2006).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, seguindo esquema fatorial (3x5x6), com três temperaturas de indução da brotação, cinco níveis de exposição ao frio e seis somas térmicas. A unidade experimental foi composta de três plantas.

Os resultados obtidos foram transformados através da expressão arco seno $(x/100)^{1/2}$, antes de serem submetidos à análise da variância ($p < 0,05$). As variáveis

cujos resultados revelaram significância pelo teste F a 5% de probabilidade de erro tiveram as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância para o fator qualitativo temperatura, e para os fatores exposição ao frio e soma térmica foi efetuada a análise de regressão polinomial.

2.3 Resultados e discussão

A análise de variância não revelou efeito significativo da interação tripla entre os fatores temperatura, exposição ao frio e soma térmica para brotação de gemas das cultivares em estudo, como observado na Tabela 2.1. Os efeitos simples das interações entre os fatores temperatura e exposição ao frio, temperatura e soma térmica, e exposição ao frio e soma térmica foram significativos para cultivar Royal Gala, enquanto que para cultivar Castel Gala, a única interação significativa para a brotação de gemas foi observada entre os fatores exposição ao frio e soma térmica. Para ambas cultivares em estudo, o efeito principal dos fatores temperatura, exposição ao frio e soma térmica foram significativos.

Tabela 2.1 Resumo da análise de variância para a variável brotação de gemas em macieiras ‘Castel Gala’ e ‘Royal Gala’ expostas a diferentes condições térmicas durante o período hibernar. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2007.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio	
		Brotação de gemas (%)	
		‘Castel Gala’ ¹	‘Royal Gala’ ¹
Temperatura (T)	2	0,1433 *	0,1056 *
Exposição ao frio (UF)	4	0,3601 *	0,2892 *
Soma térmica (ST)	5	0,8649 *	0,2789 *
T x UF	8	0,0104 ns	0,0149 *
T x ST	10	0,0042 ns	0,0151 *
UF x ST	20	0,0265 *	0,0586 *
T x UF x ST	40	0,0041 ns	0,0051 ns
Resíduo	270	0,0091	0,0047
Média Geral		6,79	1,39
CV (%)		44,58	60,53

¹ variáveis transformadas através da expressão arco seno $(x/100)^{1/2}$;

ns, * não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro, e significativo pelo teste F a 0,1 % de probabilidade de erro, respectivamente.

Analisando o fator temperatura na cultivar Castel Gala (Figura 2.2), pode ser observado que, na média dos tratamentos, a temperatura de 15°C proporcionou a maior brotação de gemas, não sendo observada diferença significativa entre as temperaturas de 5 e 10°C. Para cultivar Royal Gala foram observadas diferenças entre as exposições ao frio na resposta da brotação ao efeito da temperatura. Quando as plantas foram expostas a 168, 336 e 672 UF não foram verificadas diferenças entre as temperaturas testadas, porém com o aumento do período de exposição as temperaturas de 5 e 10°C mostraram-se superiores a temperatura de 15°C quanto a brotação de gemas. A resposta diferenciada das cultivares estudadas na brotação de gemas em relação à temperatura durante o período hibernar indica que cultivares de menor requerimento em frio podem suprir suas exigências, sendo capazes de brotarem, mesmo quando submetidas a faixas de temperatura mais elevadas do que cultivares de maior requerimento. Putti et al. (2003b), através do teste biológico de estacas de nós isolados, também observaram que a temperatura efetiva para acumular frio varia entre as cultivares de macieira, onde cultivares de menor exigência em frio apresentam temperaturas efetivas mais altas do que cultivares de maior exigência em frio. Chavarria (2005), utilizando a metodologia ramos enxertados no outono na cultura do pessegueiro, observou que temperaturas de 15°C durante o período hibernar promoveram percentuais de brotação e floração satisfatórios em cultivares de baixa exigência em frio, como a 'Turmalina'.

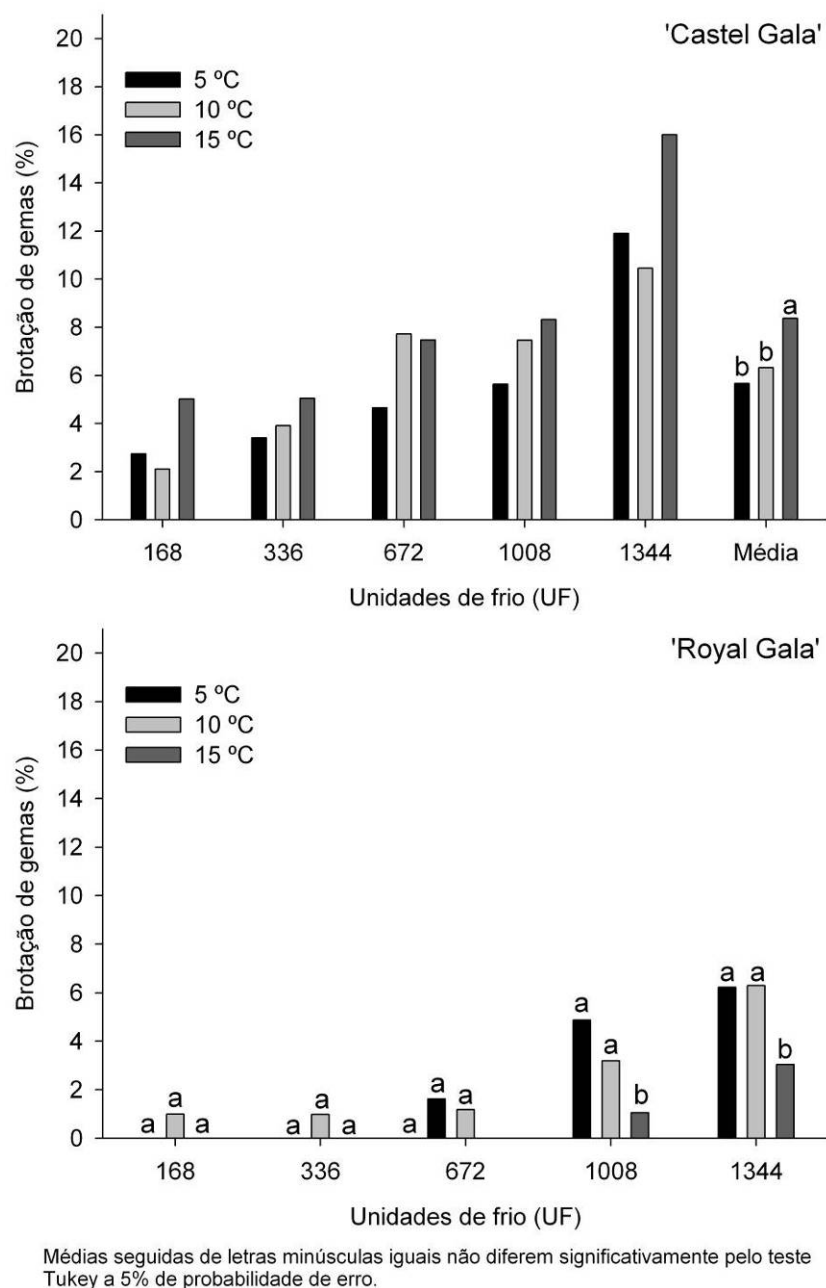


Figura 2.2 Brotação de gemas em macieiras 'Castel Gala' e 'Royal Gala' expostas durante períodos diferenciados às temperaturas de 5, 10 e 15°C durante o período hibernar. Embrapa Clima Temperado. Pelotas/RS, 2007.

Na cultivar Castel Gala, as temperaturas proporcionaram a mesma resposta na brotação de gemas frente ao aumento do período de exposição, justificado pela não ocorrência de interação entre os fatores temperatura e exposição ao frio (Tabela 2.1). Em contrapartida, as três temperaturas avaliadas responderam diferentemente ao período de exposição quanto à brotação de gemas da cultivar Royal Gala (Figura 2.3). Na média das três temperaturas, a brotação da cultivar Castel Gala exibiu

aumento linear frente ao aumento do período de exposição às temperaturas. As macieiras 'Royal Gala', quando submetidas à temperatura de 5°C durante o período hibernal, apresentaram resposta linear na brotação de gemas em função do aumento do período de exposição. Nesta mesma cultivar foi verificada resposta quadrática frente ao aumento do período de exposição às temperaturas de 10 e 15°C. Os percentuais de brotação de gemas mantiveram-se mínimos até a exposição a 381,4 e 423,1 UF (ponto de mínima = $-b/2c$) para a temperatura de 10 e 15°C, respectivamente, apresentando incremento com aumento do período de exposição.

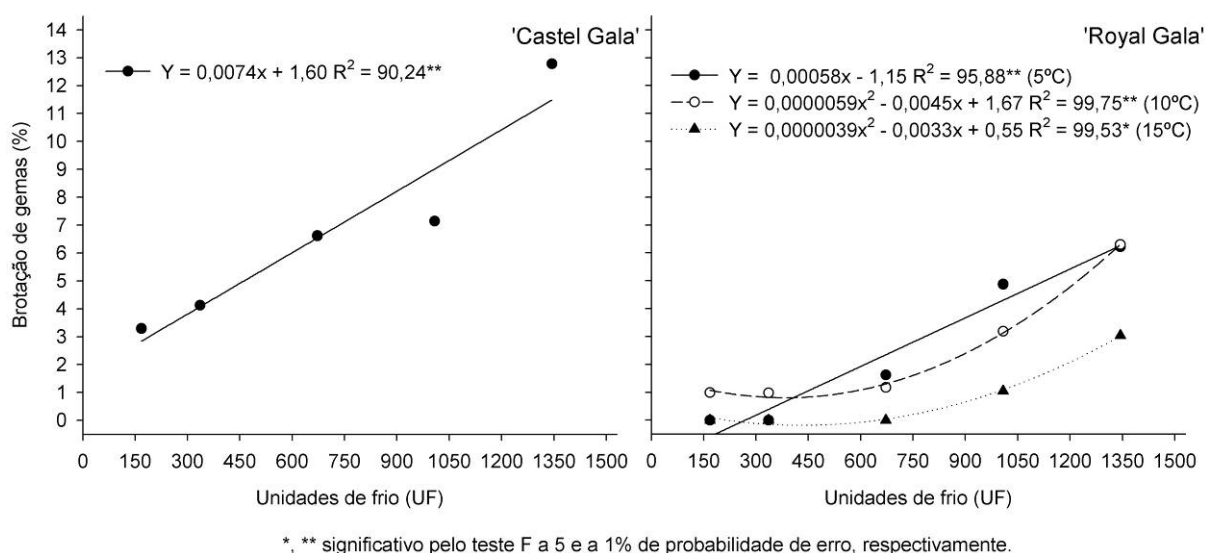


Figura 2.3 Brotação de gemas de macieiras 'Castel Gala' e 'Royal Gala' em função de diferentes níveis de exposição ao frio e temperaturas durante o período hibernal. Embrapa Clima Temperado. Pelotas/RS, 2007.

Analisando a brotação de gemas em função do período de exposição às temperaturas em diferentes acúmulos de calor (Figura 2.4) pode ser observado que o efeito do aumento das unidades de frio foi significativo a partir do acúmulo de 6888 GDH°C para cultivar Castel Gala, enquanto nas macieiras 'Royal Gala' o efeito da exposição ao frio foi significativo a partir de 13776 GDH°C. Esse resultado indica que a cultivar Castel Gala apresenta menor requerimento em calor para brotação de suas gemas, quando comparado a cultivar Royal Gala, visto que o efeito do aumento da exposição ao frio na brotação manifesta-se com menor acúmulo de calor. Citadin et al. (2001) também observou diferenças entre cultivares de pessegueiro quanto a necessidade de calor para a brotação de gemas. Segundo estes autores, o aumento

da exposição ao frio acima do requerimento em frio de determinada cultivar reduz a necessidade de calor para brotação.

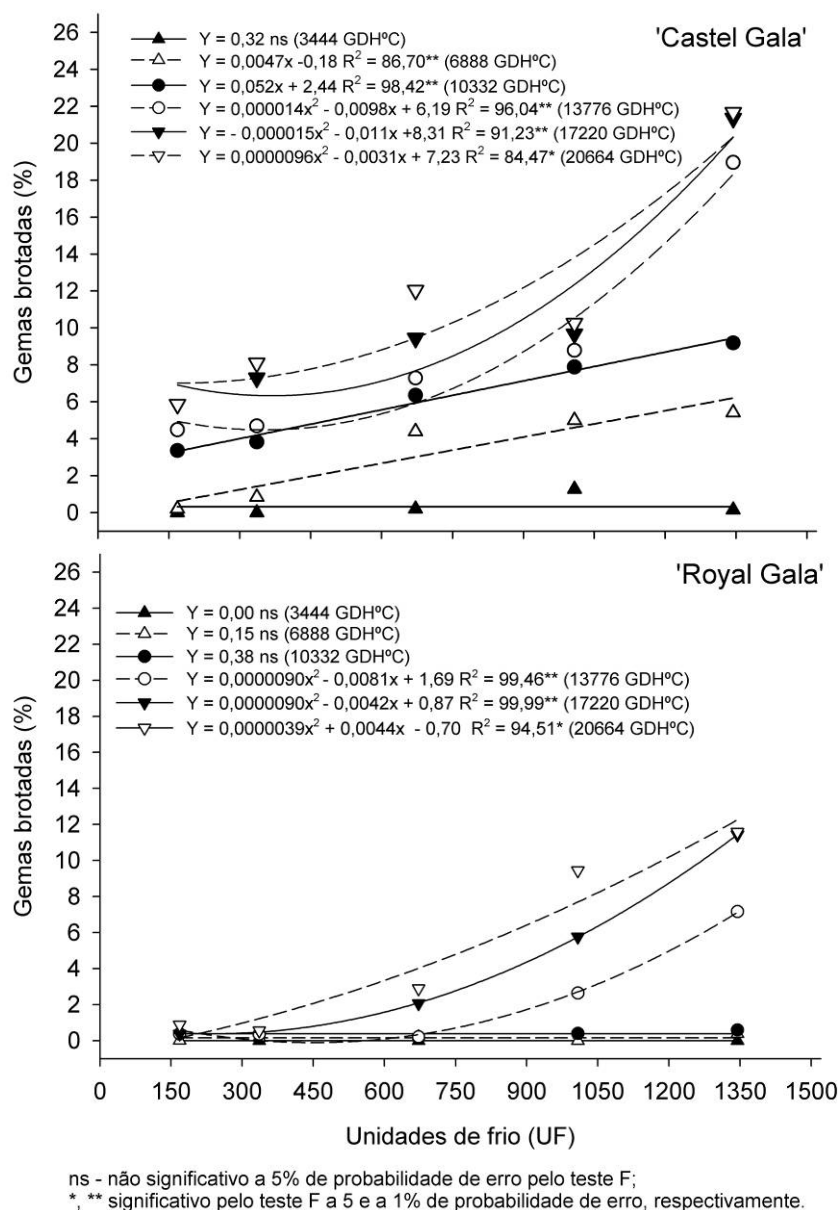


Figura 2.4 Gemas brotadas em macieiras 'Castel Gala' e 'Royal Gala' em função de diferentes níveis de exposição ao frio e acúmulos de calor. Embrapa Clima Temperado. Pelotas/RS, 2007.

De maneira geral, a cultivar Castel Gala apresentou maiores percentuais de brotação do que a Royal Gala, sendo as diferenças entre essas cultivares maximizada com o aumento da exposição ao frio e do acúmulo de calor (Figura 2.4). Esses resultados mostram que a cultivar Castel Gala apresenta requerimento em frio inferior ao da cultivar Royal Gala, como indicado por Denardi e Seccon (2005).

A partir dos resultados obtidos não foi possível estimar o requerimento das duas cultivares em estudo, conforme método proposto por Weinberger (1950) convencionalmente utilizado na estimativa do requerimento em frio em frutíferas de clima temperado. Segundo este método, o requerimento em frio de determinada cultivar corresponde ao período de exposição ao frio que proporcione pelo menos 50% das gemas brotadas ao final de 21 dias a 25°C, equivalente a 10332 GDH°C. Como as cultivares estudadas não apresentaram a percentagem mínima de brotação estabelecida por Weinberger (1950) em nenhum dos tratamentos testados, a utilização deste método para estimativa do requerimento em frio foi impossibilitada.

Os baixos percentuais apresentados pelas cultivares utilizadas, mesmo em longos períodos de exposição ao frio, podem ser justificados pelo gradiente de brotação, em que se verificavam predomínio da brotação nas porções terminais das plantas indiferentemente da condição térmica submetida no período hibernar (Figura 2.5). Putti et al. (2003a) e Putti et al. (2003b) também obtiveram baixa percentagem de brotação em cultivares de macieira de médio e alto requerimento, mesmo com alta exposição ao frio. Segundo Balandier (1992), as primeiras gemas ao saírem da dormência, podem influenciar na intensidade de dormência das demais gemas ainda dormentes, onde a brotação antecipada das gemas terminais inibe o crescimento das demais gemas num caso característico de dominância apical. De acordo com Petri et al. (2006), macieiras em condições de insuficiência da necessidade em frio exibem crescimento terminal estimulado, o qual inibe a brotação das gemas axilares.

Silveira (2003), Chavarria (2005) e Wagner Júnior et al. (2006) não relataram problemas relacionadas a limitação da brotação de gemas axilares com a metodologia ramos enxertados, obtendo percentuais de brotação superiores a 50% nas maiores exposições ao frio. Os baixos percentuais de brotação de gemas obtidos na macieira com o método utilizando ramos enxertados no outono pode ser advindos da alta dominância apical apresentada pela espécie. Segundo Erez (2000), o nível de dominância apical é variável entre espécies, com maior polaridade ou acrotonia em pomáceas e cerejeiras do que em pessegueiros e ameixeiras. Devido a vantagem em relação a seu posicionamento, as gemas terminais, na ausência de inibições correlativas, são capazes de estabelecer uma posição dominante em relação às gemas axilares e, portanto, claramente definindo uma tendência de gradiente de brotação acrotônico (COOK e JACOBS, 1999).



Figura 2.5 Macieiras ‘Castel Gala’ e ‘Royal Gala’ com brotações predominantemente nas porções terminais das plantas. Embrapa Clima Temperado. Pelotas/RS, 2007.

Segundo Naor et al. (2003), a forte dominância apical na macieira associado ao baixo requerimento em frio gemas das terminais podem mascarar os efeitos do frio na brotação das gemas axilares. Por essa razão, esses autores, quando utilizaram macieiras conduzidas em vasos, sugeriram que os ramos fossem orientados horizontalmente, de modo a atenuar os efeitos de dominância apical sobre a brotação de gemas axilares, visto que o efeito da dominância apical mostrou-se mais pronunciado em ramos conduzidos verticalizados do que nas condições de campo. A partir de tais observações, sugere-se a realização de estudos para adequação da metodologia ramos enxertados na cultura da macieira para a realização de estudos relacionados a dormência e estimativa dos requerimentos em frio de cultivares. Sugere-se a manutenção das plantas em disposição oblíqua durante a submissão dos tratamentos a fim de proporcionar maior similaridade as condições de campo, visto que a maior parte dos ramos apresenta inserção oblíqua nas plantas conduzidas em condições naturais. Dessa forma, o nível de dominância apical nas plantas em condições controladas pode ser igualado ao observado em condições de campo, de modo tornar similares as respostas na brotação de gemas em ambas as condições.

2.4 Conclusões

As cultivares estudadas responderam diferentemente as temperaturas durante o período hibernar, onde a temperatura de 15°C apresentou maior efetividade na

brotação de gemas da cultivar Castel Gala, enquanto as temperaturas de 5 e 10°C apresentaram melhor desempenho na cultivar Royal Gala.

O método utilizando ramos enxertados proporcionou baixos percentuais de brotação de gemas axilares nas duas cultivares estudadas, devido a alta dominância apical apresentada pela macieira neste sistema de avaliação.

2.5 Referências bibliográficas

- AMÉGLIO, T.; GUILLIOT, A.; LACOINTE, A.; JULIEN, J.L.; ALVES, G.A.; VALENTIN, V.; PÉTEL, G. Water relations in winter: Effect on bud break of walnut tree. In: VIÉMONT, J.D.; CRABBÉ, J. **Dormancy in plants: from whole plant behaviour to cellular control**. CABI Publishing, London, 2000. p. 109-120.
- 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 l'île de la Réunion**. 1992. 82f, Thèse (Doctorat Physiologie Végétale) - Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, 1992.
- CAMILO, A.P.; DENARDI, F. Cultivares: Descrição e comportamento no sul do Brasil. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis. p.113-168, 2006.
- CHAVARRIA, G. **Efeito de temperaturas de 10°C e 15°C na floração e brotação de pessegueiro avaliado através de enxertos de ramos produtivos no outono**. 2005, 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2005.
- CITADIN, I.; RASEIRA, M.C.B.; QUEZADA, A. C. Substrato para conservação de ramos destacados de pessegueiro, (*Prunus persica* L. Batsch.). **Agropecuária Clima Temperado**, Pelotas, v. 1, n. 1, p. 61-66, 1998.
- CITADIN, I.; RASEIRA, M.C.B.; HERTER, F.G.; SILVA, J.B. Heat requirement for blooming and leafing in peach. **HortScience**, Alexandria, v.36, n.2, p. 305-307, 2001.
- COOK, N.; JACOBS, G. Suboptimal winter chilling impedes development of acrotony in apple shoots. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n.7, p. 1213-1216, 1999.
- CRABBÉ, J. Dormancy, In: ARNTZEN, C. **Encyclopedia of Agricultural Science**, v.1, New York: Academic Press, 1994. p. 597-611.

- DENARDI, F.; SECCON, J. J. 'Castel Gala' - mutação da macieira 'Gala' com baixa necessidade de frio e maturação precoce. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 78-82, 2005.
- EBERT, A.; PETRI, J.L.; BENDER, R.J.; BRAGA, H.J. First experiences with chill units models in southern Brazil. **Acta Horticulturae**, Hague, v. 184, p. 89-96, 1986.
- EREZ, A. Bud dormancy: phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: EREZ, A. **Temperate fruit crops in warm climates**. Kluwer Academic Publishers, Boston, London, p.17-48, 2000.
- FAUST, M. Physiological considerations for growing temperate-zone fruit crops in warm climates. In: **Temperate fruits crop in warm climates**. Kluwer Academic Publishers, Boston, London, p. 305-342, 2000.
- GARAGLIO, N.; ROSSIA, D.E.G.; MENDOW, M.; REIG, C.; AGUSTI, M. Effect of artificial chilling on the depth of endodormancy and vegetative and flower budbreak of peach and nectarine cultivars using excised shoots, **Scientia Horticulturae**, v. 108, p. 371-377, 2006.
- IUCHI, V.L. Botânica e Fisiologia. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006, p. 59-104.
- JACKSON, J.E. **Apple production at low latitudes**. In: Erez, A. **Temperate Fruit Crops in Warm Climates**. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 2000. p. 305-342.
- LEITE, G. B. Evolução da dormência e heterogeneidade da brotação In: Encontro Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado, Fraiburgo, 8. **Anais...Caçador: Epagri**, v.1 (Palestras), p. 269-275, 2005.
- NAOR, A.; FLAISHMAN, M.; STERN, R.; MOSHE, A.; EREZ, A. Temperature effects on dormancy completion of vegetative buds in apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 128, n. 5, p. 636-641, 2003.
- PÉREZ, F.J.; LIRA, W. Possible role of catalase in post-dormancy bud break in grapevines. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 162, p. 301-308, 2005.
- PETRI, J.L.; PALLADINI, L.A.; POLA, A.C. Dormência e indução a brotação em macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 261-297.
- PUTTI, G.L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M.E. Efeito da intensidade de frio no tempo e percentagem de gemas brotadas em macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 199-202, 2003a.

- PUTTI, G.L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M.E. Temperaturas efetivas para a dormência da macieira (*Malus domestica*, Borkh). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 210-212, 2003b.
- RICHARDSON, E.A.; SEELEY, S.D.; WALKER, D.R.; ANDERSON, J.L.M. Phenoclimatography of spring peach bud development. **HortScience**, Alexandria, v.10, p. 236-237, 1975.
- SAURE, M.C. Dormancy release in deciduous fruit trees. **Horticultural Reviews**. Westport, v. 7, p. 239-299, 1985.
- SHEARD, A.G. **Factors leading to poor fruit set and yield of sweet cherries in South Africa**. 2008, 168 p. Thesis, University of Stellenbosch, Stellenbosch, 2004.
- SILVEIRA, C.A.P. **Avaliação do efeito das horas de frio, épocas de aplicação e concentrações de cianamida hidrogenada e óleo mineral na brotação, floração e frutificação efetiva de pessegueiro em condições de inverno subtropical**. 2003, 89p. Tese (Doutorado em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2003.
- WAGNER JÚNIOR, A.; BRUCKNER, C.H.; PIMENTEL, L.D.; RASEIRA, M.C.B. Evaluation of chilling requirement in peach through grafted twigs. **Acta Horticulturae**, Santiago, v. 713, p. 243-246, 2006.
- WEINBERGER, J.H. Chilling requirements of peach varieties. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v. 56, p. 122-128, 1950.

3. Profundidade de dormência e sua relação com o requerimento em frio em cultivares de macieira

3.1. Introdução

A capacidade de sobrevivência das plantas depende de sua habilidade de adaptação frente à modificação das condições ambientais (OLSEN, 2006) e determina a distribuição geográfica de espécies vegetais (ROHDE et al., 2007). A dormência é um dos principais mecanismos evolutivos adquiridos por espécies frutíferas de clima temperado e outras espécies arbóreas, permitindo sua sobrevivência em condições inaptas ao seu desenvolvimento, como baixas temperaturas. A dormência, segundo Lang et al. (1987), é comumente definida como um processo de desenvolvimento envolvendo a suspensão temporária do crescimento de alguma estrutura vegetal contendo um meristema, caracterizado pelo controle do crescimento e aquisição da resistência ao frio.

De acordo com Lang et al. (1987) e Ruiz et al. (2007) a dormência não é um mecanismo rapidamente alcançado pelas plantas, mas sim, um processo de desenvolvimento progressivo durante o outono, aumentando sua intensidade até alcançar a chamada dormência profunda ou endodormência, conferindo, segundo Fennel et al. (2005), capacidade de ganho substancial de tolerância dos tecidos ao congelamento.

A dormência das gemas de frutíferas temperadas, como a macieira (*Malus domestica* Borkh.), é governada por fatores ambientais (MANKOTIA et al., 2004), sendo necessária a detecção e o processamento de sinais ambientais pelas plantas para indução deste processo (HEIDE, 2008). O fotoperíodo é tido como fator indutivo à entrada em dormência em muitas espécies perenes, e envolve várias mudanças fisiológicas e bioquímicas durante a aclimação ao frio, tornando as plantas cada vez mais tolerantes ao congelamento (LI et al., 2004). Segundo Fennel et al. (2005), a redução do fotoperíodo é o primeiro sinal que determina a época de indução da endodormência, porém Heide e Prestrud (2005) confirmaram que o fotoperíodo não influencia a suspensão do crescimento e indução da dormência na macieira e pereira, além de demonstrarem que baixas temperaturas afetam consistentemente ambos processos, independentemente das condições fotoperiódicas. Dessa forma, como apontado por Saure (1985), Lang et al. (1987), Faust et al., (1997) e Erez (2000), a temperatura consiste no principal fator ambiental envolvido na indução, manutenção e superação da dormência da macieira.

A ocorrência de baixas temperaturas durante o período hibernar influencia a intensidade de dormência e determina respostas diferenciadas das gemas contidas no eixo dos ramos, modificando o padrão de brotação (SAURE, 1985; COOK e JACOBS, 1999). As características de brotação e florescimento dependem da dinâmica das gemas dormentes e, especialmente, da endodormência. No entanto, poucos estudos têm investigado a evolução da dormência das gemas, ao longo do período hibernar, em função das condições de temperatura (LEITE et al., 2006).

A precisa determinação dos requerimentos térmicos para indução da brotação em condições de campo é dificultada, visto que a radiação solar, a variação diurna da temperatura e outros fatores não podem ser controlados (DENNIS JUNIOR, 2003). Dentre os métodos disponíveis para o estudo da dormência em espécies lenhosas, o ‘teste de estacas de nós isolados’ (CHAMPAGNAT, 1983; BALANDIER, 1992) é um método apropriado para mensurar a profundidade e o desenvolvimento da dormência das gemas (GARIGLIO et al., 2006). Fragmentos de ramos, contendo apenas um nó com gemas, eliminando, assim, grande parte das inibições correlativas, são submetidos a condições adequadas ao crescimento (CITADIN et al., 2002), sendo a capacidade de brotação das gemas mensurada e expressa pelo tempo médio para brotação das gemas (MAUREL et al., 2004).

A resposta das espécies/cultivares quanto à capacidade de brotação das gemas é dependente da interação com as condições ambientais que as plantas são expostas em determinada região de cultivo. Diferenças existentes entre cultivares quanto a capacidade de adaptação em locais com distintos acúmulos de frio podem ser atribuídas a diferenças na dinâmica da dormência das gemas. Assim, a caracterização da dinâmica da dormência em cultivares de macieira, quando submetidas a condições diferenciadas de exposição ao frio, pode ser relevante dada a possibilidade de antever a resposta produtiva de cultivares quanto a capacidade de brotação das gemas em locais com distintos acúmulos de frio durante o período hibernar. Da mesma forma, o estudo dos parâmetros relacionados à profundidade de dormência e brotação de gemas em diferentes cultivares de macieira pode contribuir para elucidar os mecanismos que determinam a menor ou maior exigência em frio durante o período hibernar.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento de cultivares de macieira com distintos requerimentos em frio sobre a dinâmica da dormência, quando expostas a diferentes acúmulos de frio durante o período hibernar.

3.2. Material e métodos

O experimento foi desenvolvido na Embrapa Clima Temperado, no município de Pelotas/RS, no ano de 2008, utilizando ramos de macieira das cultivares Castel Gala, Condessa, Daiane, Fuji, Imperatriz e Royal Gala. Os ramos da cultivar Castel Gala foram coletados em pomar comercial localizado em Monte Castelo/SC (26°27'S, 50°13' W, e altitude de 820 metros), conduzido sobre o porta-enxerto Marubakaido com interenxerto de M9. Os ramos das cultivares Condessa, Daiane, Fuji, Imperatriz e Royal Gala foram coletados no município de Caçador/SC (26°46'S, 51° W, e altitude de 960 metros) em pomar pertencente à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Estação Experimental de Caçador (Epagri/EECd), utilizando o porta-enxerto M9. Nos dois pomares onde foi efetuada a coleta dos ramos, as plantas foram conduzidas na densidade de 2.500 plantas por hectare, espaçadas de 4 metros entre fileiras e 1 m entre plantas, sendo manejadas de acordo com as práticas recomendadas no sistema de produção da macieira (SANHUEZA et al., 2006).

Segundo Denardi e Seccon (2005), a cultivar Castel Gala apresenta requerimento em frio inferior a 400 horas de frio igual ou abaixo de 7,2°C ($HF \leq 7,2^\circ\text{C}$) durante o período hibernar, assim como a cultivar Condessa (DENARDI e CAMILO, 1998), sendo caracterizadas como cultivares de baixo requerimento em frio. De acordo com Camilo e Denardi (2006), a cultivar Imperatriz apresenta médio requerimento em frio, sendo estimado entre 550 a 600 $HF \leq 7,2^\circ\text{C}$, enquanto as cultivares Daiane, Royal Gala e Fuji são caracterizadas pelo alto requerimento em frio durante o período hibernar, superior a 800 $HF \leq 7,2^\circ\text{C}$.

Para cada cultivar foram coletados 200 ramos de crescimento do ano com inserção e disposição oblíqua na planta, com comprimento médio de 30 cm, localizados no terço médio da planta. A coleta dos ramos foi efetuada em 28/04/2008, quando ainda não haviam sido contabilizadas horas de frio em ambos locais de coleta. Os ramos foram separados, formando cinco lotes com 40 ramos para cada cultivar, e posteriormente submetidos a diferentes períodos de exposição ao frio em câmara frigorífica a $4,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Adotando o modelo Carolina do Norte modificado por Ebert et al. (1986) para contabilização do acúmulo de frio, cada hora

de permanência dos ramos em câmara frigorífica foi considerada uma unidade de frio (UF).

Os ramos foram envoltos em papel jornal umedecido, mantidos na posição horizontal, sendo submetidos a zero, 336, 672, 1008 e 1344 UF em câmara frigorífica sem iluminação. Depois de atendida a exposição ao frio respectiva a cada tratamento, os ramos foram seccionados em quatro porções de 7 cm de comprimento, constituindo os segmentos contendo a gema terminal, gema axilar superior, gema axilar mediana e gema axilar inferior. A segmentação dos ramos foi efetuada a partir da extremidade terminal de cada ramo, sendo as estacas cortadas a 1 cm acima de uma gema integra. Todas as gemas situadas abaixo da gema distal de cada segmento foram retiradas, mantendo-se uma única gema por estaca. Visando minimizar a rápida desidratação das estacas, a porção superior de cada estaca foi parafinada, exceto os segmentos que possuíam a gema terminal. Os segmentos de ramo obtidos foram colocados em bandejas com espuma fenólica embebidas em água e mantidos em câmara de crescimento a $23\pm1^{\circ}\text{C}$, com umidade relativa média de 85%, e fotoperíodo de 16 horas (Figura 3.1).

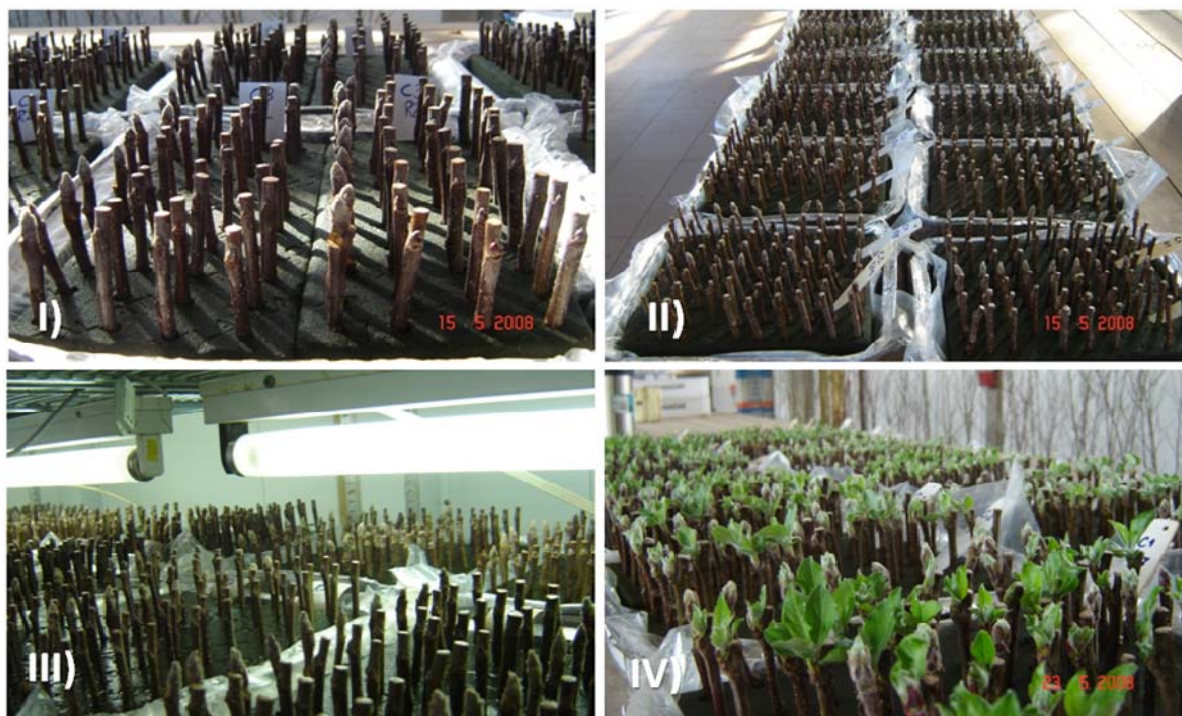


Figura 3.1 Teste de estacas de nós isolados em maciera: I e II) preparação das estacas nas bandejas com espuma fenólica; III) manutenção das estacas em câmara de crescimento; e IV) estacas brotadas. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.

A cada dois dias foi efetuada a troca da água das bandejas e avaliado a brotação das estacas, considerando as gemas brotadas quando observado o estágio de ponta verde (estádio C), segundo escala fenológica ilustrada em Iuchi (2006). O tempo de brotação foi calculado para cada estaca, correspondendo ao intervalo compreendido entre o término da exposição ao frio até a detecção do estágio de ponta verde. A média dos tempos de brotação das estacas componentes de cada unidade amostral foi estimada, obtendo-se o tempo médio de brotação, expresso em dias a $23\pm1^{\circ}\text{C}$. A uniformidade do tempo de brotação foi avaliada através dos coeficientes de variação para os tempos de brotação obtidos em cada tratamento.

As estacas foram mantidas na câmara de crescimento durante 35 dias, onde ao final do período de avaliação foi quantificada a percentagem de gemas que atingiram os estádios fenológicos de ponta verde (C), brotação com aproximadamente 1,3 cm e sem folhas (D) e brotação com aproximadamente 1,3 cm com folhas (D2) (Figura 3.2).



Figura 3.2 Estádios fenológicos de gema dormente (estádio A), ponta verde (estádio C), brotação com aproximadamente 1,3 cm e sem folhas (estádio D) e brotação com aproximadamente 1,3 cm com folhas (estádio D2) em gemas terminais e axilares de macieira. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com quatro repetições, seguindo um esquema fatorial ($6 \times 5 \times 4$), com seis cultivares, cinco períodos de exposição ao frio e quatro segmentos de ramo. A unidade experimental foi composta por dez segmentos de mesma porção no ramo.

A normalidade e a homogeneidade de variâncias dos dados obtidos para cada variável foram verificadas pelo teste Kolmogorov-Smirnov e pelo teste Bartlett (SAS

INSTITUTE INC, 2004), respectivamente. Os dados das variáveis expressas em porcentagem foram transformados pela equação $(x+1)^{1/2}$, para então serem submetidos a análise de variância. As variáveis significativas pelo teste F ($P \leq 0,05$) tiveram as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância para os fatores qualitativos cultivar e segmento de ramo, e para o fator quantitativo exposição ao frio foi efetuada a análise de regressão polinomial.

3.3. Resultados e discussão

A análise de variância evidenciou a interação tripla entre os fatores de tratamento Cultivar x Exposição ao frio x Segmento significativa para todas as variáveis em estudo, a exceção da variável variabilidade do tempo de brotação de gemas (VTMB), como pode ser observado na Tabela 3.1. Apesar da variável relacionada a variabilidade do tempo de brotação de gemas não apresentar a interação tripla significativa, foram observados efeitos simples significativos entre os fatores de tratamento Cultivar x Exposição ao frio, Exposição ao frio x Segmento, Cultivar x Segmento, e dos fatores principais Cultivar (C), Exposição ao frio (UF) e Segmento (S), fazendo-se necessária a avaliação das diferentes cultivares com base nos níveis de exposição ao frio e tipos de segmentos de ramo estudados.

Na Figura 3.3 pode ser observado o tempo médio para brotação em segmentos de ramo contendo gemas terminais e axilares de cultivares de macieira, em resposta ao aumento da exposição ao frio. De maneira geral, observa-se que, inicialmente, os tempos médios para brotação (TMB) em todas as cultivares avaliadas apresentaram-se elevados na ausência de exposição ao frio (0 UF), e com o aumento da exposição ao frio, houve redução dos valores de TMB. Segundo Mauget e Rageau (1988), em condições de clima temperado, o estabelecimento da dormência corresponde ao rápido aumento do TMB verificado no outono, chegando a um valor máximo no inverno que corresponde ao pico da endodormência. Nenhuma das cultivares avaliadas apresentou aumento do TMB mediante o aumento da exposição ao frio evidenciando a máxima profundidade de dormência, como abordado por Mauget e Rageau (1988). Os resultados obtidos por Jacobs et al. (2002) e Cook et al. (2005) podem justificar a inexistência de aumento do TMB até atingir um valor máximo neste estudo. Segundo estes autores, a ocorrência de temperaturas abaixo de 0°C durante o período de outono é responsável pela indução da dormência na

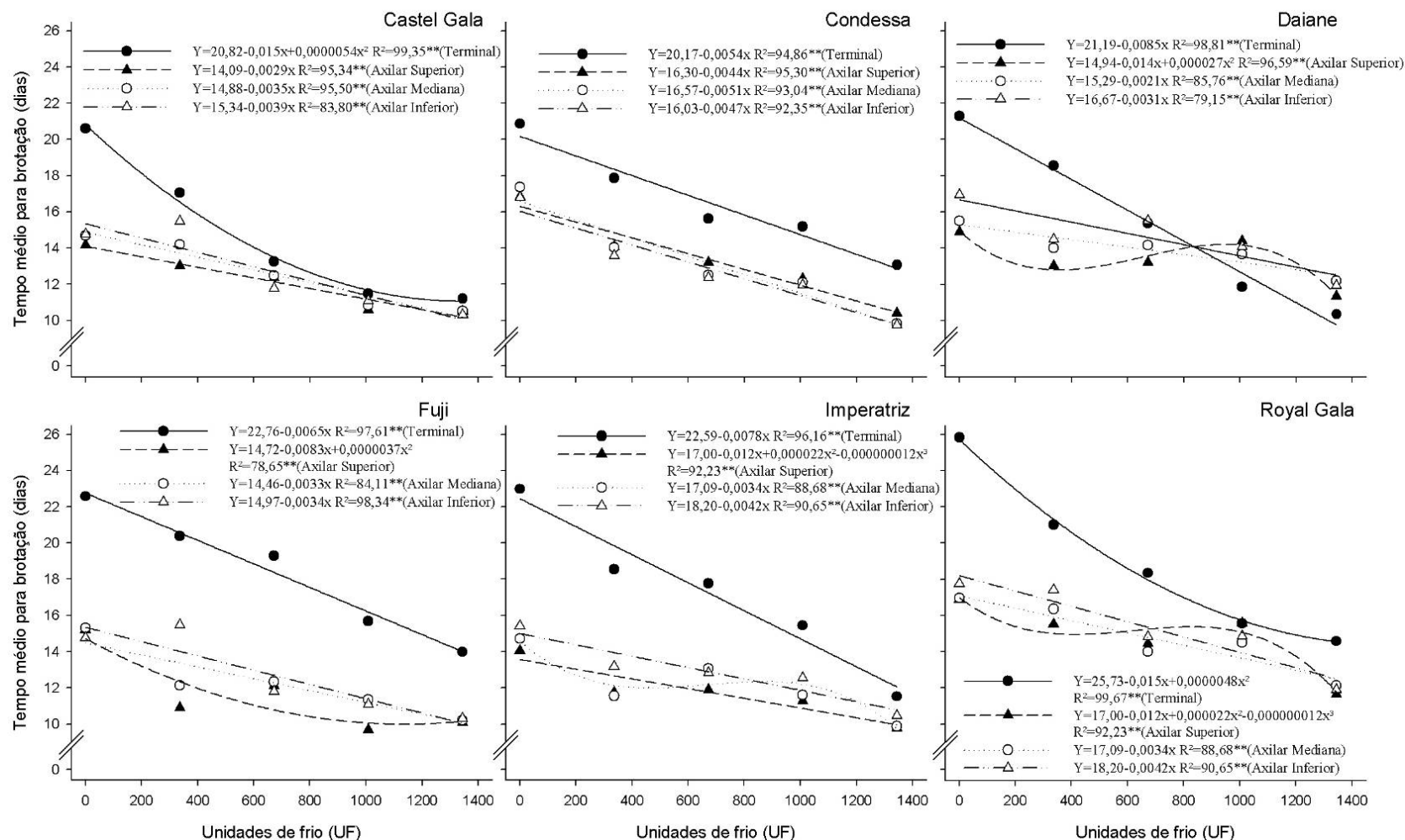
Tabela 3.1 Resumo da análise de variância para as variáveis relacionadas a brotação de gemas e tempo médio para a brotação de gemas em segmentos de ramo de seis cultivares de macieira expostas a diferentes períodos de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio				
		GC	GD	GD2	TMB	VTMB
Cultivar (C)	5	7,9**	14,2**	48,2**	85,4**	3,3**
Exposição ao frio (UF)	4	3,0**	7,5**	16,9**	525,3**	2,8**
Segmento (S)	3	56,0**	245,2**	1105,6**	424,8**	1,9*
C x UF	20	1,2**	2,6**	5,1**	4,8**	1,4*
C x S	15	8,7**	12,4**	2,9**	16,3**	1,4*
UF x S	12	3,0**	7,6**	5,4**	28,6**	2,9**
C x UF x S	60	1,2**	1,8**	1,9**	2,5**	1,0 ^{ns}
Resíduo	360	84,6	169,6	316,1	1,3	253,4
Média Geral		93,9	87,4	67,5	14,1	14,4
CV (%)		5,0	7,4	12,1	8,2	22,1

GC, GD e GD2 = percentagem de gemas que evoluíram até o estágio C (ponta-verde), estágio D (brotação com aproximadamente 1,3 cm e sem folhas) e estágio D2 (brotação com aproximadamente 1,3 cm com folhas), respectivamente; TMB= tempo médio para brotação de gemas; VTMB = variabilidade no tempo médio para brotação de gemas. ns não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro; *, ** significativo a 5 e a 0,1 % de probabilidade de erro, respectivamente.

macieira, já que o fotoperíodo não é indutivo nesta espécie (HEIDE e PRESTUD, 2005). Seguindo tal proposição, a temperatura de $4,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ utilizada na submissão aos tratamentos de frio não seria suficientemente efetiva para determinar o aprofundamento do nível de dormência das gemas, sendo efetiva apenas para reduzir os valores TMB inicialmente existentes quando os ramos ainda não haviam sido expostos ao frio.

Os altos valores de TMB observados nos segmentos de ramo ainda não submetidos ao frio (Figura 3.3) podem ser decorrentes de inibição correlativa imposta pelo conteúdo hormonal produzido pelas folhas, que permaneceu atuante mesmo com a retirada das folhas durante a coleta dos ramos. Segundo Edwards (1985), a manutenção das folhas por um período mais longo no outono, também pode conduzir a um aprofundamento da dormência em função de inibições correlativas exercidas pelas folhas sobre as gemas.



** regressão polinomial significativa a 1% de probabilidade de erro pelo teste F.

Figura 3.3 Tempo médio para brotação à $23\pm 1^\circ\text{C}$ em gemas terminais e axilares de seis cultivares de macieira frente a diferentes períodos de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.

Comparando os segmentos de ramo avaliados (Figura 3.3), foi observado que os segmentos de todas as cultivares testadas que continham gemas terminais apresentaram maior tempo médio para brotação do que os segmentos com gemas axilares, quando não expostos ao frio (0 UF). Durante o período de dormência, gemas terminais e axilares apresentam comportamentos diferenciados, onde a profundidade de dormência apresenta-se maior em gemas terminais do que nas gemas axilares (MAUGET e RAGEAU, 1988; BAILY e MAUGET, 1989; e HERTER, 1992).

As cultivares Condessa, Daiane, Fuji e Imperatriz apresentaram decréscimo linear no tempo médio para brotação das gemas de segmento terminal frente a maior exposição ao frio (Figura 3.3). Com o aumento da exposição ao frio, as diferenças entre segmentos de ramo com gemas terminais e gemas axilares quanto ao tempo médio para brotação foram minimizadas, exceto na cultivar Condessa, em que foram observados coeficientes angulares semelhantes entre os diferentes segmentos, mantendo a diferença inicial até nas maiores exposições ao frio. Para cultivar Daiane, o tempo médio para brotação entre os diferentes segmentos de ramo ficou equivalente a partir de 922 UF, onde a partir desta exposição ao frio as gemas do segmento terminal apresentaram menor tempo requerido para brotarem. Comparando os diferentes segmentos que continham gemas axilares, não foram observadas modificações no gradiente de brotação diante do aumento da exposição ao frio, podendo-se dizer que, de maneira geral, o tempo médio de brotação foi semelhante entre as gemas axilares indiferentemente da região da porção de inserção das gemas no ramo.

Segundo Mauget e Rageau (1988), a superação do estado de endodormência é associada ao rápido decréscimo do TMB verificado ao final do período hibernar, ocorrendo posteriormente, gradual declínio dos valores de TMB com tendência de estabilização, o que corresponde a ecodormência. De acordo com Balandier et al. (1993), a capacidade de brotação é restaurada quando o TMB torna-se inferior a determinado valor crítico, o valor crítico estabelecido em 12 dias para o pessegueiro (*Prunus persica* (L.) Batsch.) cv. 'Redhaven', segundo Bonhomme et al. (2000). Levando em consideração os segmentos terminais, Castel Gala e Royal Gala foram as únicas cultivares que apresentaram rápido declínio do TMB, com tendência de estabilização deste nas maiores exposições ao frio. Apesar de serem verificados maiores valores de TMB para cultivar Royal Gala quando comparada a cultivar

Castel Gala, essas cultivares foram as que apresentaram maior semelhança entre si na resposta do TMB ao aumento da exposição ao frio.

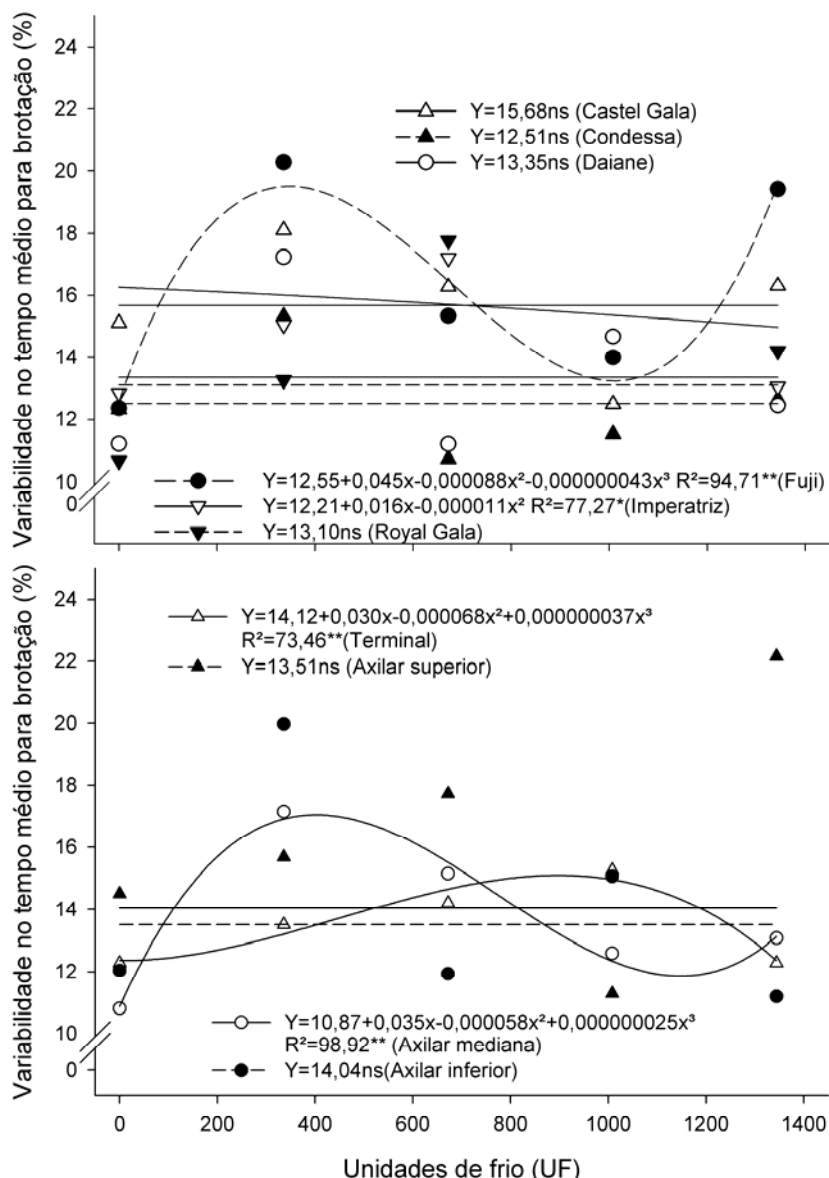
Avaliando as cultivares dentro de cada período de exposição ao frio (Tabela 3.2), constatou-se que, quando expostos a 0 UF, a diferença entre cultivares foi mais pronunciada nas gemas dos segmentos terminais dos ramos, sendo que a cultivar Royal Gala exibiu o maior tempo médio de brotação diferindo significativamente das demais cultivares avaliadas. Analisando o agrupamento das cultivares nas diferentes exposições ao frio, observa-se que há a tendência das cultivares Royal Gala e Fuji, ambas de alto requerimento em frio, apresentarem tempos médios para brotação semelhantes entre si e superiores as demais cultivares em estudo. No entanto, os resultados mostram que não existe uma relação direta entre a profundidade de dormência e requerimento em frio que seja válida para todas cultivares. Tal afirmação é sustentada pelo comportamento da cultivar Daiane, que mesmo apresentando alto requerimento em frio, apresentou resposta diferenciada às demais cultivares com requerimento em frio equivalente, não diferindo significativamente da 'Condessa' e 'Castel Gala' na maioria dos períodos de exposição avaliados, cultivares estas de baixo requerimento em frio. Garaglio et al. (2006), através do teste de gemas de nós isolados na cultura do pessegueiro, também observaram que cultivares similares em relação ao requerimento em frio apresentaram respostas diferenciadas na evolução do tempo médio para brotação frente a diferenciados regimes de exposição ao frio. Estes resultados indicam que o uso do parâmetro tempo médio de brotação, obtido através do teste de estacas de gemas de nós isolados, apresenta baixa confiabilidade e precisão quando almejando agrupar ou diferenciar cultivares segundo o requerimento em frio.

A variabilidade no tempo médio para brotação mostrou-se diferenciado entre as cultivares e segmentos de ramo avaliados em função da exposição ao frio (Figura 3.4). Dentre as cultivares avaliadas, 'Fuji' e 'Imperatriz' foram as únicas cultivares que apresentaram modificação da variabilidade no tempo médio para a brotação frente ao aumento da exposição ao frio. Considerando os diferentes segmentos de ramo, verificou-se que os segmentos de gema terminal e de gema axilar mediana apresentaram modificações dos índices de variabilidade no tempo médio para brotação em resposta a exposição ao frio.

Tabela 3.2 Tempo médio para brotação de gemas em segmentos do ramo de seis cultivares de macieira em resposta a diferentes períodos de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.

Cultivar	Tempo médio para brotação – dias ⁽¹⁾			
	Terminal	Axilar superior	Axilar mediana	Axilar inferior
0 UF ⁽²⁾				
Castel Gala	20,6 Ac	14,2 Bb	14,7 Bb	14,8 Bb
Condessa	20,9 Abc	16,9 Ba	17,4 Ba	16,8 Bab
Daiane	21,3 Abc	14,9 Bab	15,5 Bab	16,9 Bab
Fuji	22,6 Abc	15,2 Bab	15,3 Bab	15,1 Bb
Imperatriz	23,0 Ab	14,1 Bb	14,7 Bb	15,4 Bab
Royal Gala	25,8 Aa	16,9 Ba	17,0 Bab	17,8 Ba
336 UF				
Castel Gala	17,1 Ac	13,0 Cbc	14,2 BCab	15,5 ABab
Condessa	17,9 Ac	14,1 Bab	14,0 Bab	13,6 Bb
Daiane	18,6 Abc	13,0 Bbc	14,0 Bb	14,5 Bb
Fuji	20,4 Aab	10,9 Cc	12,1 Bbc	13,7 Bb
Imperatriz	18,5 Abc	11,8 Bbc	11,6 Bc	13,2 Bb
Royal Gala	21,0 Aa	15,5 Ba	16,4 Ba	17,4 Ba
672 UF				
Castel Gala	13,3 Ad	12,4 Aab	12,5 Aa	11,8 Ac
Condessa	15,6 Abc	13,2 Bab	12,5 Ba	12,4 Bc
Daiane	15,4 Acd	13,2 Bab	14,2 ABA	15,5 Aa
Fuji	19,3 Aa	12,1 Bab	12,3 Ba	12,5 Bc
Imperatriz	17,8 Aab	11,9 Bb	13,1 Ba	12,8 Bbc
Royal Gala	18,4 Aa	14,5 Ba	14,0 Ba	14,8 Bab
1008 UF				
Castel Gala	11,5 Ab	10,6 Acd	10,8 Abc	11,1 Ac
Condessa	15,2 Aa	12,3 Bbc	12,1 Bbc	12,0 Bbc
Daiane	11,9 Bb	14,4 Aab	13,7 ABab	14,1 Aab
Fuji	15,7 Aa	9,7 Cd	11,3 BCbc	11,9 Bbc
Imperatriz	15,5 Aa	11,3 Bcd	11,6 Bbc	12,6 Bab
Royal Gala	15,6 Aa	15,6 Aa	14,5 Aa	14,9 Aa
1344 UF				
Castel Gala	11,2 Abc	10,5 Aa	10,5 Aab	10,3 Aa
Condessa	13,1 Aab	10,4 Ba	9,8 Bb	9,8 Ba
Daiane	10,4 Ac	11,3 Aa	12,2 Aa	11,9 Aa
Fuji	14,0 Aa	10,1 Ba	10,2 Bab	10,3 Ba
Imperatriz	11,5 Abc	9,8 Aa	9,9 Aab	10,5 Aa
Royal Gala	14,6 Aa	11,7 Ba	12,1 Bab	11,9 Ba

⁽¹⁾ tempo médio para brotação à 23±1°C; ⁽²⁾ unidades de frio segundo modelo Carolina do Norte modificado (Ebert et al., 1986); Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey (P≤0,05).



ns não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; *,** regressão polinomial significativa a 5 e a 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente.

Figura 3.4 Variabilidade no tempo médio para brotação de gemas em diferentes cultivares e segmentos de ramo de macieira em função do período de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.

Para as variáveis que apresentaram a interação tripla significativa, os coeficientes de variação apresentaram valores de reduzida magnitude, sendo inferiores a 12,1%, refletindo o adequado controle das técnicas experimentais, proporcionando confiabilidade nos resultados obtidos (Tabela 3.1). Para os índices de variabilidade no tempo médio para brotação, os resultados mostram-se muito variáveis e considerando o coeficiente de variação de 22,1%, mais elevado do que o obtido para as demais variáveis, este parâmetro mostra-se pouco efetivo para diferenciar os efeitos dos tratamentos testados quanto a dinâmica da dormência.

Os resultados das variáveis percentagem de gemas que evoluíram até os estádios C (ponta verde), estágio D (brotação com aproximadamente 1,3 cm e sem folhas) e estágio D2 (brotação com aproximadamente 1,3 cm e com folhas) ao final de 35 dias à $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, encontram-se dispostos nas tabelas 3.3, 3.4 e 3.5 e na figura 3.5. Avaliando a percentagem de gemas que evoluíram até o estágio de ponta verde (Tabela 3.3), observa-se que os segmentos contendo gemas axilares apresentaram percentuais de brotação próximos a 100% indiferentemente da cultivar e das condições térmicas as quais os ramos foram submetidos. Essa mesma resposta foi evidenciada para a variável percentagem de gemas que evoluíram até o estágio D (Tabela 3.4). Segundo Petri et al. (2006), a insuficiência em frio na cultura da macieira é mais impactante sobre as gemas axilares do que sobre as gemas terminais, visto que em condições de privação de frio os percentuais de brotação de gemas axilares apresentam-se inferiores aos observados nas gemas terminais. De acordo com Herter et al. (2001), no caso de pomáceas, principalmente em macieiras e pereiras, as gemas terminais são importantes no controle da dormência de gemas axilares, impondo sobre as gemas situadas abaixo daquelas uma forte inibição correlativa (OUKABLI e MAHHOU, 2007) a qual suprime o desenvolvimento das brotações. Como no teste de estacas de nós isolados a maior parte das inibições correlativas atuantes sobre as gemas axilares são eliminadas (CHAMPAGNAT, 1983; BALANDIER, 1992), estas gemas apresentaram abundante brotação indiferentemente da condição térmica submetida no período hibernar. A partir disso, a comparação dos percentuais de brotação de gemas axilares obtidos neste experimento com resultados de outros estudos com plantas ou ramos inteiros não deve ser efetuada, visto que nestas situações as gemas axilares continuam sob o efeito das inibições correlativas.

Para os segmentos contendo gemas terminais, a cultivar Daiane apresentou o maior percentual de gemas que evoluíram ao estágio de ponta verde em todos os períodos de exposição ao frio avaliados (Tabela 3.3). Igualmente ao observado no tempo médio para brotação, a cultivar Daiane difere das cultivares com semelhante requerimento em frio quanto a percentagem de gemas terminais que evoluíram até o estágio de ponta verde, não apresentando modificações nesta variável mediante ao aumento da exposição ao frio (Figura 3.5). Assim como a cultivar Daiane, o efeito da exposição ao frio também não foi significativo para ‘Castel Gala’ e ‘Condessa’.

Tabela 3.3 Percentagem de gemas terminais e axilares que evoluíram até estágio C (ponta verde) em diferentes porções de ramos de seis cultivares de macieira em resposta a diferentes níveis de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.

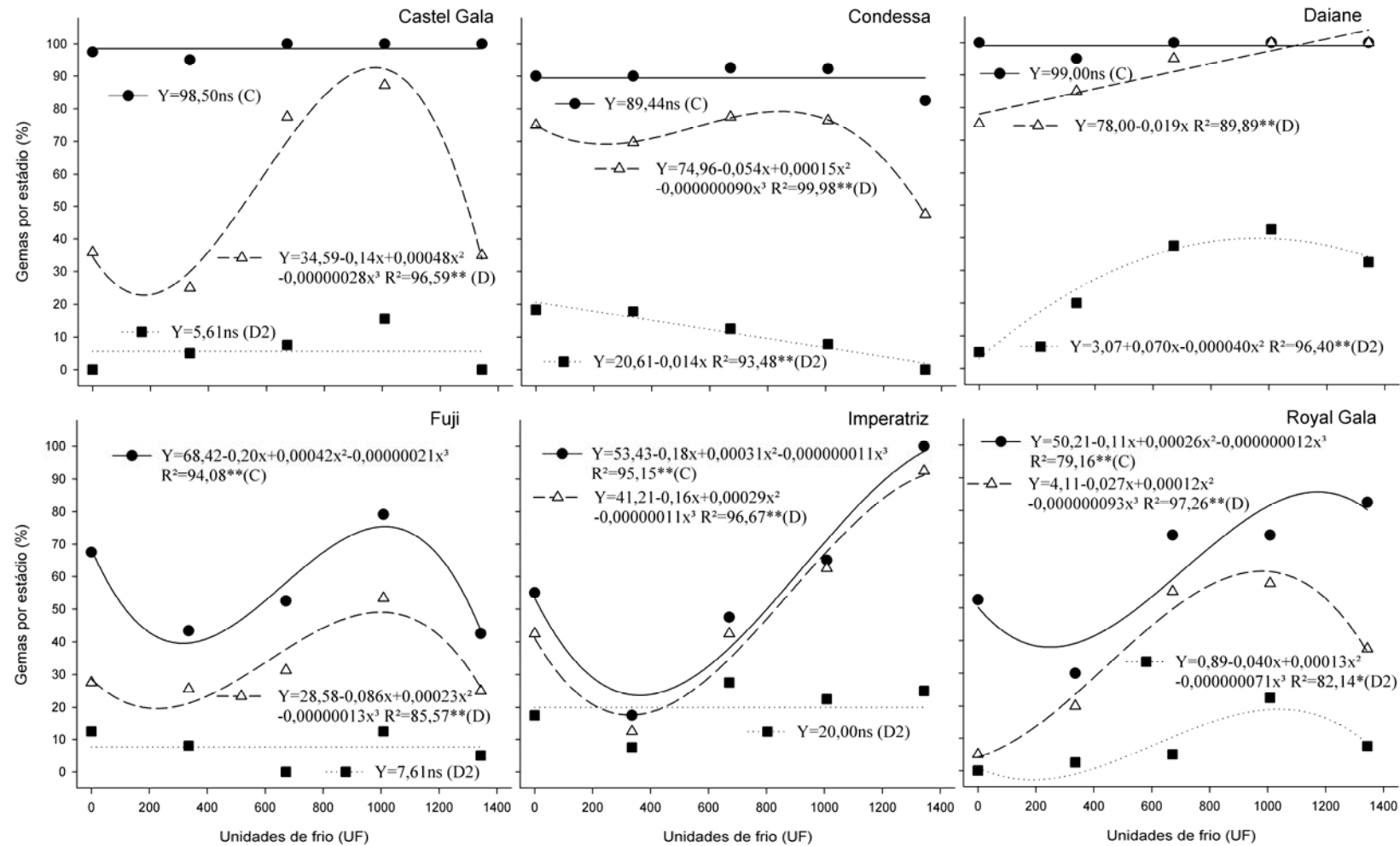
Cultivar	Gemas que evoluíram ao estágio C – % ⁽¹⁾			
	Terminal	Axilar superior	Axilar mediana	Axilar inferior
0 UF ⁽²⁾				
Castel Gala	97,5 Aa	100,0Aa	100,0Aa	96,8Aa
Condessa	90,0 Aa	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Daiane	100,0 Aa	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Fuji	67,5 Bb	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Imperatriz	55,0 Bbc	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Royal Gala	52,5 Bc	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
336 UF				
Castel Gala	95,0 Aa	97,5Aa	100,0Aa	100,0Aa
Condessa	90,0 Aa	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Daiane	95,0 Aa	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Fuji	43,3 Bb	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Imperatriz	17,5 Bc	100,0Aa	100,0Aa	97,5Aa
Royal Gala	30,0 Bbc	100,0Aa	100,0Aa	97,5Aa
672 UF				
Castel Gala	100,0 Aa	100,0Aa	97,5Aa	97,5Aa
Condessa	92,5 Aa	100,0Aa	100,0Aa	90,0Aa
Daiane	100,0 Aa	100,0Aa	100,0Aa	92,5Aa
Fuji	52,5 Bc	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Imperatriz	47,5 Bc	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Royal Gala	72,5 Bb	97,5Aa	100,0Aa	100,0Aa
1008 UF				
Castel Gala	100,0 Aa	97,5Aa	95,0Aa	100,0Aa
Condessa	92,2 Aab	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Daiane	100,0 Aa	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Fuji	79,2 Bbc	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Imperatriz	65,0 Bd	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Royal Gala	72,5 Bcd	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
1344 UF				
Castel Gala	100,0 Aa	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Condessa	82,5 Bb	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Daiane	100,0 Aa	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Fuji	42,5 Bc	97,5Aa	100,0Aa	100,0Aa
Imperatriz	100,0 Aa	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Royal Gala	82,50 Bb	100,0Aa	97,5Aa	100,0Aa

⁽¹⁾ percentagem de gemas que evoluíram até o estágio C após 35 dias à 23±1°C; ⁽²⁾ unidades de frio segundo modelo Carolina do Norte modificado (Ebert et al., 1986). Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Tabela 3.4 Percentagem de gemas terminais e axilares que evoluíram até estágio D (brotação com aproximadamente 1,3 cm e sem folhas) em diferentes porções de ramos de seis cultivares de macieira em resposta a diferentes níveis de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.

Cultivar	Gemas que evoluíram ao estágio D – % ⁽¹⁾			
	Terminal	Axilar superior	Axilar mediana	Axilar inferior
0 UF ⁽²⁾				
Castel Gala	35,8 Bb	100,0Aa	100,0Aa	93,3Aa
Condessa	75,0 Ba	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Daiane	75,0 Ba	100,0Aa	100,0Aa	96,9Aa
Fuji	27,5 Bb	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Imperatriz	42,5 Bb	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Royal Gala	5,0 Bb	100,0Aa	100,0Aa	97,5Aa
336 UF				
Castel Gala	25,0 Bb	95,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Condessa	69,7 Ba	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Daiane	85,0 Ba	97,5Aa	100,0Aa	100,0Aa
Fuji	25,6 Bb	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Imperatriz	12,5 Bb	100,0Aa	97,5Aa	95,0Aa
Royal Gala	20,0 Bb	100,0Aa	97,5Aa	97,5Aa
672 UF				
Castel Gala	77,5 Bb	100,0Aa	100,0Aa	97,5Aa
Condessa	77,5 Bb	97,5Aa	100,0Aa	90,0ABa
Daiane	95,0 Aa	100,0Aa	100,0Aa	92,5Aa
Fuji	31,3 Bd	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Imperatriz	42,5 Bcd	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Royal Gala	55,0 Bc	97,5Aa	100,0Aa	100,0Aa
1008 UF				
Castel Gala	87,2 Aab	97,5Aa	92,5Aa	100,0Aa
Condessa	76,4 Bbc	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Daiane	100,0 Aa	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Fuji	53,3 Bd	100,0Aa	97,5Aa	100,0Aa
Imperatriz	62,5 Bcd	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Royal Gala	57,5 Bd	100,0Aa	100,0Aa	95,0Aa
1344 UF				
Castel Gala	35,0 Cbc	77,5Bb	85,0ABa	93,8Aa
Condessa	47,5 Bb	97,5Aa	100,0Aa	100,0Aa
Daiane	100,0 Aa	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Fuji	25,0 Bc	92,5Aab	90,0Aa	91,3Aa
Imperatriz	92,5 Aa	100,0Aa	100,0Aa	100,0Aa
Royal Gala	37,5 Bbc	95,0Aa	90,0Aa	100,0Aa

⁽¹⁾ percentagem de gemas que evoluíram até o estágio D após 35 dias à 23±1°C; ⁽²⁾ unidades de frio segundo modelo Carolina do Norte modificado (Ebert et al., 1986). Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.



ns não significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F; *,** regressão polinomial significativa a 5 e a 1% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente.

Figura 3.5 Percentagem de gemas terminais que evoluíram até os estádios C (ponta verde), D (brotação com aproximadamente 1,3 cm e sem folhas) e D2 (brotação com aproximadamente 1,3 cm com folhas), em seis cultivares de macieira submetidas a diferentes níveis de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.

Nas cultivares Fuji, Imperatriz e Royal Gala foi observado redução dos percentuais de brotação de gemas terminais que evoluíram ao estágio de ponta verde na exposição a 336 UF em relação aos percentuais obtidos com 0UF (Figura 3.5). Em períodos de exposição superiores a 336 UF, ocorre aumento dos percentuais de gemas no estágio C. Este comportamento, segundo Lang et al. (1987) e Putti et al. (2003), pode estar relacionado ao fato de que quando os ramos foram coletados, suas gemas estavam no estágio de paradormência e com o aumento da exposição ao frio entraram em endodormência. Após entrar em endodormência, a maior exposição ao frio determinou a saída desta fase, justificado pelo aumento significativo dos percentuais de gemas que atingiram o estágio de ponta verde quando expostos a 672 UF em relação aos observados em 336 UF.

Avaliando a percentagem de gemas que evoluíram até estágio D2 (Tabela 3.5), os segmentos com gemas axilares manifestam maiores percentuais do que os segmentos com ramos terminais. Foram observadas maiores diferenças entre as cultivares nos segmentos com gemas axilares quanto a percentagem de gemas que evoluíram ao estágio D2 do que para os demais estádios fenológicos. O percentual de gemas terminais que evoluíram ao estágio D2 apresentou valores muito inferiores aos obtidos nos estádios C e D, podendo ser justificada pelo possível exaurimento de reservas contidas no segmento de ramo, impedindo o maior desenvolvimento das brotações. Com base nos resultados percentuais de gemas que evoluíram aos estádios C, D e D2 não foi possível agrupar as cultivares conforme o requerimento em frio. Algumas cultivares com mesmo requerimento em frio apresentam comportamento semelhante, como a Royal Gala e a Fuji, embora outras cultivares como a Daiane, assemelham-se mais com cultivares contrastantes nestes parâmetros, do que com as cultivares similares quanto o requerimento em frio.

Tabela 3.5 Percentagem de gemas que evoluíram até estágio D2 (brotação com aproximadamente 1,3 cm com folhas) em ramos de macieira de seis cultivares de macieira em resposta a diferentes níveis de exposição ao frio. Embrapa Clima Temperado, Pelotas/RS, 2008.

Cultivar	Gemas que evoluíram ao estágio D2 – % ⁽¹⁾			
	Terminal	Axilar superior	Axilar mediana	Axilar inferior
0 UF ⁽²⁾				
Castel Gala	0,0 Ba	97,5Aa	92,2Aa	86,6Aa
Condessa	18,3 Ba	100,0Aa	100,0Aa	97,2Aa
Daiane	5,0 Ba	97,5Aa	100,0Aa	100,0Aa
Fuji	12,5 Ba	92,5Aa	92,5Aa	94,4Aa
Imperatriz	17,5 Ba	97,5Aa	100,0Aa	100,0Aa
Royal Gala	0,0 Ba	85,0Aa	95,0Aa	95,0Aa
336 UF				
Castel Gala	5,0 Ba	72,5Ac	65,0Ab	77,4Aab
Condessa	17,8 Ba	95,0Aab	97,5Aa	92,9Aab
Daiane	20,0 Ba	90,0Aabc	92,5Aa	97,2Aa
Fuji	8,1 Ba	90,0Aabc	91,9Aa	74,9Ab
Imperatriz	7,5 Ba	100,0Aa	97,5Aa	95,0Aab
Royal Gala	2,5 Ba	75,0Abc	80,0Aab	81,9Aab
672 UF				
Castel Gala	7,5 Cbc	50,0Bc	57,5ABb	71,9Ab
Condessa	12,5 Bbc	80,0Aab	97,5Aa	90,0Aab
Daiane	37,5 Ba	100,0Aa	97,5Aa	89,4Aab
Fuji	0,0 Bc	62,5Abc	70,0Ab	71,9Ab
Imperatriz	27,5 Bab	97,5Aa	95,0Aa	96,9Aa
Royal Gala	5,0 Cc	70,0Bbc	70,0Bb	90,6Aab
1008 UF				
Castel Gala	15,6 Bb	82,5Aab	77,5Ab	90,6Aa
Condessa	7,8 Bb	97,5Aa	97,5Aab	100,0Aa
Daiane	42,5 Ba	97,5Aa	97,5Aab	89,3Aa
Fuji	12,5 Bb	87,5Aab	85,0Aab	81,9Aa
Imperatriz	22,5 Bab	97,5Aa	100,0Aa	100,0Aa
Royal Gala	22,5 Cab	67,5Bb	77,5ABb	90,0Aa
1344 UF				
Castel Gala	0,0 Cc	20,0Bc	37,5Bc	60,1Ac
Condessa	0,0 Bc	82,5Aa	90,0Aa	93,8Aa
Daiane	32,5 Ba	100,0Aa	97,5Aa	100,0Aa
Fuji	5,0 Bbc	60,0Ab	52,50Abc	66,3Abc
Imperatriz	25,0 Bab	95,0Aa	97,5Aa	94,7Aa
Royal Gala	7,5 Cbc	47,5Bb	65,0ABb	74,2Ab

⁽¹⁾ percentagem de gemas que evoluíram até o estágio D2 após 35 dias à 23±1°C; ⁽²⁾ unidades de frio segundo modelo Carolina do Norte modificado (Ebert et al., 1986). Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha e médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

3.4. Conclusões

Os parâmetros avaliados através do teste de estacas de nós isolados não permitiram diferenciar ou agrupar cultivares segundo seus requerimentos em frio, indicando que a correlação entre a profundidade de dormência exibida no período hibernar e o requerimento em frio não é válida para todas as cultivares de macieira.

3.5. Referências bibliográficas

- BAILY, O.; MAUGET, J.C. Physiological correlations and bud dormancy in the apple tree (*Malus domestica* Borkh.). **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 46, p. 220-222, 1989.
- BALANDIER, P.; GENDRAUD, M.; RAGEAU, R.; BONHOMME, M.; RICHARD, J.P.; PARISOT, E. Bud break delay on single node cuttings and bud capacity for nucleotide accumulation as parameters for endoand paradormancy in peach trees in a tropical climate. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 55, p. 249–261, 1993.
- BONHOMME, M.; RAGEAU, R.; GENDRAUD, M. ATP, ADP and NTP contents in vegetative and floral peach buds during winter: are they useful for characterizing the type of dormancy? In: VIÉMONT, J.D.; CRABBÉ, J. **Dormancy in plants: from whole plant behaviour to cellular control**. CABI Publishing, London, 2000. p. 245–257.
- CAMILO, A.P.; DENARDI, F. Cultivares: Descrição e comportamento no sul do Brasil. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis. p.113-168, 2006.
- CHAMPAGNAT, P. Bud dormancy, correlation between organs, and morphogenesis in woody plants. **Soviet Plant Physiology**, v.30, p. 458-471, 1983.
- CITADIN, I.; RASEIRA, M.C.B.; HERTER, F.G.; SILVA, J.B. Heat requirement for blooming and leafing in peach. **HortScience**, Alexandria, v.36, n.2, p. 305-307, 2001.
- COOK, N.C.; JACOBS, G. Suboptimal winter chilling impedes development of acrotony in apple shoots. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n.7, p.1213-1216, 1999.
- COOK, N.C.; BELLEN, A.; CRONJÉ, P.J.R.; WIT, I.D.; KEULEMANS, W.; PUTTE, A.V.D.; STEYN, W. Freezing temperature treatment induces bud dormancy in ‘Granny Smith’ apple shoots. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 106, p.170-176, 2005.

- DENARDI, F.; CAMILO, A.P. Epagri 408 - Condessa: nova cultivar de macieira com baixa exigência em frio hibernal. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.11, n.2, p.12-15, 1998.
- DENNIS JUNIOR, F. G. Problems in standardizing methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in buds of woody plants. **HortScience**, Alexandria, v.38, n.3, p. 347-350, 2003.
- EBERT, A.; PETRI, J.L.; BENDER, R.J.; BRAGA, H.J. First experiences with chill units models in southern Brazil. **Acta Horticulturae**, Hague. v.184, p. 9-96, 1986.
- EDWARDS, G.R. Changes in endogenous hormones in apple during bud burst induced by defoliation. **Acta Horticulturae**, Addis Ababa, v. 158, p. 203-210, 1985.
- EREZ, A. Bud dormancy: Phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: EREZ, A. **Temperate fruit crops in warm climates**. Boston: Kluwer, 2000, p.17-48.
- FAUST, M.; EREZ, A.; ROWLAND, 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.
- FENNELL, A.; MATHIASON, K.; LUBY, J. Genetic segregation for indicators of photoperiod control of dormancy induction in *Vitis* species. **Acta Horticulturae**, v. 689, p.533-540, 2005.
- GARAGLIO, N.; ROSSIA, D.E.G.; MENDOW, M.; REIG, C.; AGUSTI, M. Effect of artificial chilling on the depth of endodormancy and vegetative and flower budbreak of peach and nectarine cultivars using excised shoots, **Scientia Horticulturae**, v. 108, p. 371-377, 2006.
- HEIDE, O.M. Interaction of photoperiod and temperature in the control of growth and dormancy of *Prunus* species. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.115, p.309-314, 2008.
- HEIDE, O.M.; PRESTUD, A.K. Low temperature, but not photoperiod, controls growth cessation and dormancy induction and release in apple and pear. **Tree Physiology**, Victoria, v. 25, p.109-114, 2005.
- HERTER, F. G. **Dormance des bourgeons et phénologie de quelques cultivars de pommier: effet de la température en interaction avec le génotype**. 1992. 82 f., Thèse (Doctorat Physiologie Végétale) -Université Blaise Pascal, 1992. Clermont Ferrand, 1992.

- HERTER, F.G.; MACHADO, L.B.; OLIVEIRA, M. F. e SILVA, J. B. efeito do frio na brotação de gemas de pereira (*Pyrus communis* L.) cv. Carrick, em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 261-264, 2001.
- IUCHI, V.L. Botânica e Fisiologia. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: Epagri, 2006, p. 59-104.
- JACOBS, J.N.; JACOBS, G.; COOK, N. Chilling period influences the progression of bud dormancy more than does chilling temperature in apple and pear shoots. **Journal of Horticultural Science e Biotechnology**, Ashford, v. 77, p. 333-339, 2002.
- LANG, G.A; EARLY, J.A.; MARTIN, G.C.; DARNELL, R.L. Endo-, para-, ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. **HortScience**, Alexandria, v.22, n.3, p. 371-377, 1987.
- LEITE, G.B.; BONHOMME, M.; PUTTI, G.L.; PETEL, G.; PETRI, J.L.; RAGEAU, R. Physiological and biochemical evolution of peach leaf buds during dormancy course under two contrasted temperature patterns. **International Journal of Horticultural Science**, Budapest, v.12, n.4, p. 15-19, 2006.
- LI, C.; JUNTILLA, O.; PALVA, E.T. Environmental regulation and physiological basis of freezing tolerance in woody plants. **Acta Physiologiae Plantarum**. v. 26, p. 213-222, 2004.
- MANKOTIA, M.S.; CHAUHAN, P.S.; SUD, A.; JINDAL, K.K. Estimation of effective chilling hours and GDH°C requirement and its significance in predicting full bloom in delicious apple. **Acta Horticulturae**, v. 662, p.83-86, 2004.
- MAUGET, J.C.; RAGEAU, R. Bud dormancy and adaptation of apple tree in mild winter climates. **Acta Horticulturae**, Florianópolis, v. 232, p. 101-108, 1988.
- MAUREL, K.; LEITE, G.B.; BONHOMME, M.; GUILLIOT, A.; RAGEAU, R.; PÉTEL, G.; SAKR, S. Trophic control of bud break in peach (*Prunus persica*) trees: a possible role of hexoses. **Tree Physiology**, Victoria, v. 24, p.579-588, 2004.
- OLSEN, J.E. Mechanisms of dormancy regulation. **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 157-166, 2006.
- OUKABLI, A; MAHHOU, A. Dormancy in sweet cherry (*Prunus avium* L.) under Mediterranean climatic conditions. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, Gembloux, v.11, n.2, p.133-139, 2007.
- PETRI, J.L.; PALLADINI, L.A.; POLA, A.C. Dormência e indução a brotação em macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis. p.261-297, 2006.

- PUTTI, G. L.; PETRI, J. L. e MENDEZ, M. E. Efeito da intensidade do frio no tempo e percentagem de gemas brotadas em macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p.199-202, 2003.
- RICHARDSON, E.A, SEELEY, S.D.; WALKER, D.R., ANDERSON, J.L.M.; ASHCROFT, G.L. Pheno-climatography of spring peach bud development. **HortScience**, Alexandria, v.10, n.3, p. 236-237, 1975.
- ROHDE, A.; RUTTINK, T.; HOSTYN, V.; STERCK, L.; DRIESSCHE, K. V.; BOERJAN, W. Gene expression during the induction, maintenance, and release of dormancy in apical buds of poplar. **Journal of Experimental Botany**, v.58, p.4047-4060, 2007.
- RUIZ, D.; CAMPOY, J. A.; EGEA, J. Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. **Environmental and Experimental Botany**, v.61, p. 254-263, 2007.
- SANHUEZA, R.M.V.; PROTAS, J.F.S.; FREIRE, J.M.. **Manejo da Macieira no Sistema de Produção Integrada de Frutas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. 164p.
- SAS INSTITUTE INC. **Base SAS® Procedures Guide**, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2004. 1861p.
- SAURE, M. C. Dormancy release in deciduous fruit trees. **Horticultural Reviews**. Westport, v. 7, p. 239-299, 1985.

4. Fenologia, brotação de gemas e produção de frutos de macieira em resposta a aplicação de cianamida hidrogenada e óleo mineral

4.1 Introdução

A dormência é um fenômeno ocorrente em frutíferas de clima temperado, sendo um mecanismo adaptativo que permite a sua sobrevivência em condições ambientais não favoráveis ao seu desenvolvimento. As plantas, para sobreviverem a períodos de estresse, como é o caso de baixas temperaturas hibernais, desenvolveram um mecanismo adaptativo que passa pela aquisição da resistência ao frio e do controle do crescimento (LEITE, 2005).

A brotação e o florescimento na cultura da macieira (*Malus domestica* Borkh.) manifestam-se normalmente quando cultivada em regiões com alta acumulação de frio durante o período de outono e inverno. Quando cultivada em regiões com insuficiente acúmulo de frio para atender suas necessidades fisiológicas, a macieira exhibe brotação deficiente e desuniforme (BULON e FAUST, 1995; PETRI et al., 1996; EREZ, 2000; PETRI e LEITE, 2004), podendo reduzir o volume e a qualidade dos frutos produzidos.

Em regiões e em anos em que não ocorre adequado acúmulo de frio durante o inverno, problemas relacionados a não sincronização do florescimento entre cultivares produtoras e suas respectivas polinizadoras manifestam-se com maior frequência (SOLTÉSZ, 2003), podendo repercutir em baixas produtividades devido a problemas de polinização em consequência da não coincidência de floração.

No Brasil, as principais cultivares utilizadas pertencem aos grupos Gala e Fuji, sendo caracterizadas pela alta qualidade de frutos e alta exigência em frio. De acordo com Petri et al. (1996) e Petri et al. (2006), grande parte das regiões onde a cultura é explorada no país não proporcionam atendimento do requerimento em frio destas cultivares, sendo necessário a adoção de práticas de manejo complementares para minimizar os problemas decorrentes da falta de frio.

A utilização de agentes químicos, visando a maximização da brotação de gemas e a uniformização da floração, é a prática de manejo mais difundida em regiões com baixo acúmulo de frio hibernais. Vários produtos químicos, incluindo reguladores de crescimento e componentes nutricionais, tem sido utilizados para a superação da dormência (EL-AGAMY et al., 2001), assegurando uniformidade na brotação na cultura da macieira (CARVAJAL-MILLÁN et al., 2007). Dentre os produtos disponíveis no mercado, a cianamida hidrogenada (H_2CN_2) é o produto químico mais eficiente para maximizar a brotação de gemas em inúmeras espécies

frutíferas decíduas (DOKOOZLIAN e WILLIAMS, 1995; PETRI et al., 1996; EREZ, 2000; WILLIAMSON et al., 2002).

No sistema brasileiro de produção de maçãs, a cianamida hidrogenada tem sido utilizada associada ao óleo mineral, permitindo redução da concentração de cianamida hidrogenada a ser aplicada. Segundo Petri (2005) a utilização de óleo mineral em mistura a outros indutores de brotação tem sido utilizada com eficiência, reduzindo o custo dos tratamentos para indução da brotação.

Apesar da maior economicidade proporcionada pela adição de óleo mineral a cianamida hidrogenada, a indução da brotação através do uso de produtos químicos ainda é um item de grande custo na produção de maçãs no Brasil. A definição de doses adequadas destes produtos pode otimizar a brotação na macieira, assim como reduzir os riscos de contaminação ambiental. Dada a influência dos indutores de brotação no comportamento produtivo das plantas, estudos visando a mensuração de seus efeitos ao longo do ciclo produtivo até a frutificação tornam-se pertinentes.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de diferentes combinações de cianamida hidrogenada e óleo mineral sobre a fenologia, brotação de gemas e produção de frutos das cultivares de macieira Imperial Gala e Fuji Suprema.

4.2 Material e métodos

O experimento foi conduzido na Epagri/Estação Experimental de Caçador, em pomar experimental localizado no município de Caçador/SC (latitude 26°46'S, longitude 51° W, altitude 960 metros), durante o ciclo 2007/2008. Segundo classificação de Köppen, a região de cultivo apresenta clima classificado como Cfb – temperado constantemente úmido, com verão ameno. A média da precipitação pluvial anual é de 1653,2 mm e a umidade relativa do ar média é de 77,90%. Segundo Petri (2006), o acúmulo médio de frio durante o período de outono e inverno é de 1047,51 unidades de frio.

Utilizaram-se plantas de 12 anos de idade das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema, enxertadas sobre o porta-enxerto M/26. As cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema são mutações somáticas das cultivares Gala e Fuji, respectivamente.

Segundo Camilo e Denardi (2006), essas cultivares diferem das cultivares que lhes deram origem pela maior intensidade e uniformidade da coloração nos frutos.

O pomar utilizado apresentava densidade de plantio de 2500 plantas.ha⁻¹, com espaçamento de 4 m entre linhas e 1 m entre plantas, sendo as plantas conduzidas no sistema de condução em líder central. O esquema de polinização adotado baseava-se na utilização de duas cultivares produtoras, sendo Imperial Gala polinizadora da cultivar Fuji Suprema e vice-versa. Desde a implantação do experimento até o término da realização deste estudo, o pomar foi conduzido de acordo com as práticas de manejo recomendadas no sistema de produção da macieira (SANHUEZA et al., 2006).

Os tratamentos consistiram da aplicação de diferentes indutores de brotação em plantas das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, seguindo um arranjo fatorial (5x2) obtido da combinação de cinco níveis do fator indutor de brotação e dois níveis do fator cultivar. Foram utilizadas 6 repetições, sendo cada repetição foi composta por uma planta.

Os níveis estudados para o fator indutor de brotação de brotação foram: 1) testemunha (sem aplicação); 2) óleo mineral 3,2%; 3) óleo mineral 3,2% + cianamida hidrogenada 0,20%; 4) óleo mineral 3,2% + cianamida hidrogenada 0,39%; 5) óleo mineral 3,2% + cianamida hidrogenada 0,59%. Como fonte de cianamida hidrogenada e óleo mineral foram utilizados os produtos comerciais Dormex[®] (49% de ingrediente ativo) e Triona[®] (80% de ingrediente ativo), respectivamente.

A aplicação dos indutores de brotação foi realizada através de aspersão com pulverizador costal motorizado, com um volume médio de 1000 l.ha⁻¹. Os tratamentos foram aplicados em 05/09/2007, quando já haviam sido acumuladas 876,46 unidades de frio segundo modelo Carolina do Norte modificado (EBERT et al., 1986), quantidade de frio insuficiente para a superação natural da dormência das cultivares estudadas, justificando a aplicação dos indutores de brotação.

Durante a condução do experimento foram realizadas a avaliação da fenologia durante o período de floração, brotação de gemas axilares, brotação de gemas terminais, heterogeneidade da brotação de gemas axilares, frutificação efetiva, número e massa de frutos por área de secção transversal de tronco, e massa média dos frutos.

A avaliação da fenologia do florescimento consistiu na determinação das datas de ocorrência das fases de início, plena e final de floração para cada tratamento. O início de floração foi considerado quando as plantas apresentavam 5% de flores abertas, a plena floração quando verificado mais de 80% de flores abertas e o fim de floração foi dado quando as últimas flores estavam abertas. A partir dos dados fenológicos obtidos, os períodos de floração foram comparados entre cultivares, dentro de cada de cada nível do fator indutor de brotação, a fim de verificar a coincidência de floração existente entre as cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema. Calculou-se o intervalo, em dias, compreendido entre a aplicação dos tratamentos e a data de início de floração.

A brotação de gemas axilares foi obtida da contagem de gemas brotadas e não brotadas em cinco brindilas previamente selecionadas, localizadas no terço médio da planta. A partir das observações destas cinco brindilas foram obtidos os valores médios de brotação de gemas axilares e os desvios padrões respectivos a cada tratamento, calculando-se os coeficientes de variação dentro de cada tratamento estudado. Os coeficientes de variação obtidos foram denominados índices de heterogeneidade da brotação de gemas axilares, sendo utilizados para comparar a uniformidade da brotação entre os tratamentos.

Uma ramificação lateral de cada planta foi selecionada para contagem de gemas terminais brotadas e não brotadas, para estimativa da percentagem de brotação de gemas terminais. A brotação de gemas axilares e terminais foram avaliadas aos 27 dias após a aplicação dos tratamentos. A frutificação efetiva foi obtida da relação entre o número de frutos e número de cachos florais contados durante a plena floração ($[\text{número de frutos/cachos florais}] \times 100$), sendo as contagens realizadas na mesma ramificação lateral utilizada para estimar a brotação de gemas terminais.

Quando atingido o ponto de colheita, os frutos de cada planta foram colhidos, determinando-se a massa e o número total de frutos por planta. A massa e o número de frutos por planta foram divididos pela área de secção transversal do tronco de cada planta, sendo expressos em kg.cm^{-2} e em frutos.cm^{-2} , respectivamente. Através da relação entre a massa e o número total de frutos por planta foi estimada a massa média dos frutos, expressa em g.fruto^{-1} .

As variáveis expressas em percentagem foram transformadas através da equação $(x+5)^{1/2}$, a fim de atender as pressuposições da análise de variância

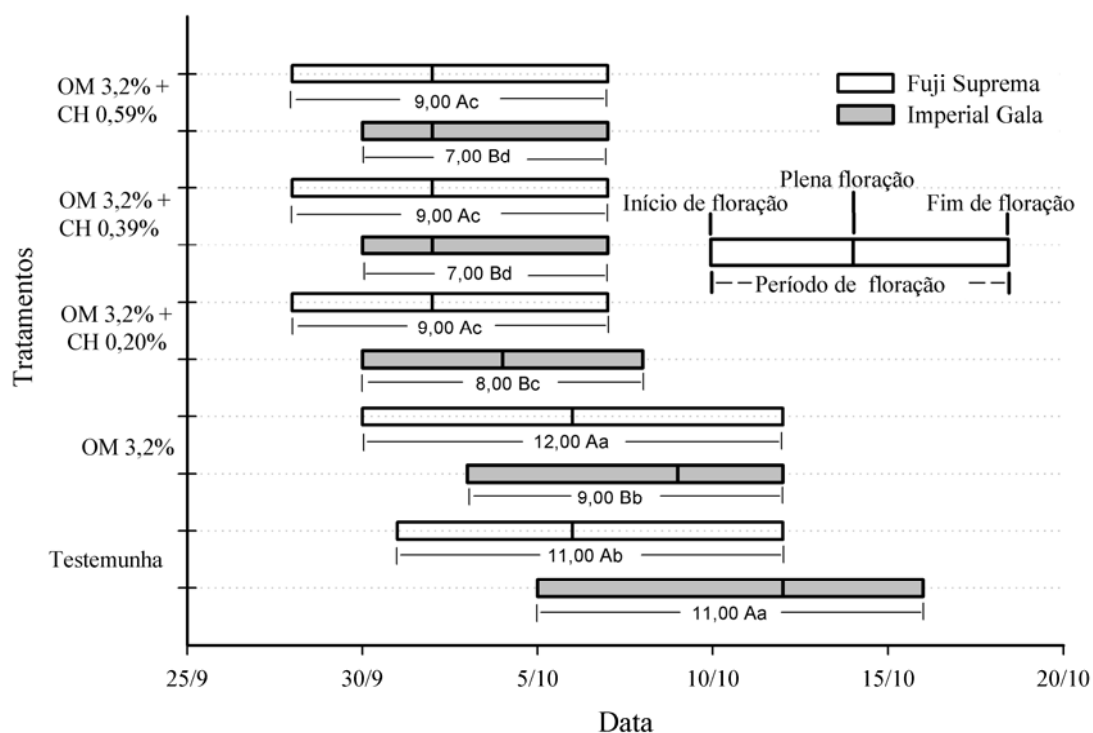
(BANZATTO e KRONKA, 1995). Os resultados foram submetidos a análise de variância e as variáveis que revelaram significância a 5 % de probabilidade foram comparados pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Através da análise de regressão foram obtidas equações de regressão polinomial ajustadas, a fim de discriminar o efeito do aumento da concentração de cianamida hidrogenada associada ao óleo mineral sobre as variáveis avaliadas. As análises estatísticas foram realizadas no programa computacional Sas Learning Edition (2002).

4.3 Resultados e discussão

O período de florescimento foi diferenciado entre as cultivares e entre os níveis do fator indutor de brotação estudados (Figura 4.1). As plantas do tratamento testemunha apresentaram maior duração do período de florescimento quando comparado as plantas tratadas com indutores de brotação. Segundo Soltész (2003), a duração do período de florescimento é influenciada pelas condições ambientais, visto que em condições de menor ocorrência de frio durante o período hibernar ocorre o aumento do período de florescimento. Petri e Leite (2004) abordam que o aumento do período de florescimento pode dificultar a realização de algumas práticas culturais como raleio e controle de doenças, devido a ocorrência de diferentes estádios fenológicos dentro de uma mesma planta. Apesar do acúmulo de frio ocorrido no ano em estudo (876,46 UF) ter sido inferior a média dos anos observados (1047,51 UF), o período de florescimento não foi prolongado no tratamento testemunha, limitando-se a 11 e 12 dias nas cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema, respectivamente. O uso de indutores de brotação promoveu redução significativa do período de florescimento nas cultivares estudadas, a exceção do tratamento com óleo mineral na cultivar Fuji Suprema, porém as maiores reduções foram obtidas nos tratamentos com cianamida hidrogenada associada ao óleo mineral.

Em relação a época de florescimento, a aplicação de indutores de brotação reduziu o tempo transcorrido entre a aplicação dos tratamentos e ocorrência do pleno florescimento nas duas cultivares estudadas (Tabela 4.1). A aplicação de óleo mineral antecipou a floração das cultivares Fuji Suprema e Imperial Gala em 1 e 2 dias em relação ao tratamento testemunha, respectivamente. Da mesma forma ao

observado na duração do florescimento, as combinações de cianamida hidrogenada e óleo mineral foram os tratamentos mais efetivos na antecipação da floração, antecipando a floração em 5 dias na cultivar Imperial e em 3 dias na Fuji Suprema em relação as plantas não tratadas com indutores de brotação. Segundo Petri et al. (2006), a antecipação da floração propicia um maior desenvolvimento dos frutos devido ao maior período de permanência dos frutos na planta, porém a antecipação da floração não corresponde na antecipação da maturação dos frutos na mesma proporção. Dessa forma, a antecipação da floração pelo uso de indutores de brotação (cianamida hidrogenada e óleo mineral) em maiores concentrações pode ter maior relevância na sincronização da floração entre cultivares de interesse e suas polinizadoras do que propriamente antecipar a maturação dos frutos.



Aplicação dos tratamentos realizada em 05/09/2007;

F (indutor de brotação x cultivar) = 48,58**

CV (%) = 3,08

** Valor de F significativo a 1% de probabilidade.

Médias seguidas de mesma letra minúscula dentro de cultivar, e médias seguidas de mesma letra maiúscula dentro de tratamento, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de significância.

Figura 4.1 Período de florescimento de plantas de macieira das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema tratadas com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada (CH) e óleo mineral (OM). Caçador/SC, 2007.

Petri et al. (1996) abordam que o uso de agentes químicos para indução da brotação pode antecipar a floração, especialmente no caso de cianamida hidrogenada e óleo mineral, alterando a sincronia da floração com as plantas polinizadoras. Observando-se o comportamento das cultivares estudadas dentro dos mesmos níveis do fator indutor de brotação (Figura 4.1), constatou-se que nos tratamentos com indutores de brotação houve maior coincidência nas datas de plena floração entre as cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema. A antecipação associada a redução do período de florescimento proporcionada pela utilização de indutores de brotação, principalmente nas combinações de cianamida hidrogenada e óleo mineral, aumentou a sincronização da florescimento entre cultivares, corroborando com os resultados obtidos por Petri et al. (1996) e Petri et al. (2006).

Tabela 4.1 Intervalo entre aplicação dos tratamentos e início da floração das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema tratadas com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada (CH) e óleo mineral (OM). Caçador/SC, 2007.

Tratamento	Intervalo entre aplicação dos tratamentos e início da floração	
	Imperial Gala	Fuji Suprema
	dias	
Testemunha	30,0Aa	26,0Ba
OM 3,2%	28,0Ab	25,0Bb
OM 3,2% + CH 0,20%	25,0Ac	23,0Bc
OM 3,2% + CH 0,39%	25,0Ac	23,0Bc
OM 3,2% + CH 0,59%	25,0Ac	23,0Bc
Média Geral	26,6	24,0
CV (%) = 1,12	F (indutor de brotação x cultivar) = 29,90**	

** Valor de F significativo a 1% de probabilidade. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

O comportamento diferenciado entre os níveis do fator indutor de brotação quanto a época de florescimento evidencia a importância do uso de indutores de brotação como estratégia de manejo para maximizar a polinização, através da maior sincronização da floração entre cultivares de importância comercial e suas polinizadoras. Erez (2000) e Soltész (2003) abordam que o aumento da coincidência

de floração entre cultivares pode ser obtido como o uso de indutores de brotação, através da antecipação do florescimento das cultivares de florescimento tardio.

A brotação de gemas axilares foi maximizada pela aplicação de indutores de brotação (Tabela 4.2). As plantas do tratamento testemunha apresentaram 12,97 e 20,66 % de brotação das gemas axilares nas cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema, respectivamente. A aplicação de óleo mineral promoveu aumento da brotação das gemas axilares, sendo o aumento mais pronunciado na cultivar Fuji Suprema que apresentou 50,75% de gemas axilares brotadas enquanto que a cultivar Imperial Gala apresentou apenas 28,40%. Para ambas cultivares estudadas, os maiores percentuais de brotação foram obtidos nos tratamentos com cianamida hidrogenada e óleo mineral, sendo superiores a 72,98%. Não houve diferença significativa entre cultivares dentro das combinações de cianamida hidrogenada e óleo mineral.

As cultivares estudadas responderam ao aumento das doses de cianamida hidrogenada associada ao óleo mineral quanto a brotação de gemas axilares, conforme exposto na Figura 4.2. Para a cultivar Imperial Gala foi observada resposta quadrática frente ao aumento das doses de cianamida hidrogenada, apresentando máxima brotação de gemas axilares na concentração de 0,44% de cianamida hidrogenada associado a 3,2% de óleo mineral (ponto de máxima da equação = $-b/2c$). A cultivar Fuji Suprema apresentou resposta linear ao aumento das concentrações de cianamida, indicando que pode ser obtido aumento da brotação de gemas axilares com a utilização de concentrações de cianamida hidrogenada superiores as utilizadas neste estudo.

Através do parâmetro heterogeneidade da brotação de gemas axilares foi possível verificar a existência de variabilidade no nível de brotação de gemas axilares entre diferentes ramos amostrados em uma mesma planta (Tabela 4.2). Leite (2004) e Leite et al. (2006) abordam que frutíferas temperadas cultivadas em condições subtropicais, onde o requerimento em frio não é satisfeito, apresentam baixo nível de brotação associada a elevada heterogeneidade da brotação e floração ao longo dos ramos. Para Leite (2004) e Leite (2005), a heterogeneidade da floração e brotação manifesta-se temporalmente, caracterizada pela presença de gemas em vários estádios de desenvolvimento no mesmo momento, e espacialmente através da formação de um gradiente anormal de brotação e floração ao longo de um mesmo ramo.

Tabela 4.2 Brotação de gemas axilares, heterogeneidade da brotação de gemas axilares, brotação de gemas terminais e frutificação efetiva em macieiras das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema, tratadas com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada (CH) e óleo mineral (OM). Caçador/SC, 2007.

Tratamento	Gemas axilares				Gemas terminais		Frutificação efetiva	
	Brotação		Heterogeneidade		Brotação			
	Imperial	Fuji	Imperial	Fuji	Imperial	Fuji	Imperial	Fuji
	Gala	Suprema	Gala	Suprema	Gala	Suprema	Gala	Suprema
%								
Testemunha	13,0Ab	20,7Ac	149,1Aa	108,3Aa	10,1Bc	51,4Aa	144,6Aab	192,4Aa
OM 3,2%	28,4Bb	50,8Ab	117,9Aa	50,0Bb	51,6Ab	47,2Aa	52,6Bb	184,2Aa
OM 3,2% + CH 0,20%	73,3Aa	76,5Aa	32,8Ab	23,4Abc	81,1Aab	70,3Aa	165,8Aab	100,2Aa
OM 3,2% + CH 0,39%	84,00Aa	73,0Aab	24,6Ab	33,9Abc	91,9Aa	75,6Aa	109,1Aab	96,2Aa
OM 3,2% + CH 0,59%	81,6Aa	89,2Aa	21,4Ab	11,4Ac	85,8Aa	73,9Aa	189,1Aa	140,0Aa
Média Geral	56,0	62,0	69,2	45,4	64,1	63,7	132,2	142,6
F (indutor de brotação x cultivar)	2,78*		3,34*		7,92**		3,86**	
CV (%)	11,99		21,25		15,21		28,84	

*, ** Valor de F significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Neste estudo foi verificada elevada heterogeneidade da brotação entre ramos de uma mesma planta no tratamento testemunha, sendo observados índices de heterogeneidade de brotação de gemas axilares de 149,1 e 108,3% nas cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema, respectivamente (Tabela 4.2). A alta variabilidade nos percentuais de brotação de gemas axilares observada no tratamento testemunha indica baixa uniformidade da brotação dentro de uma mesma planta. A aplicação dos indutores de brotação proporcionou redução dos índices de heterogeneidade da brotação de gemas axilares, fazendo com que os diferentes ramos da planta apresentem índices de brotação similares. Esta resposta evidencia o efeito positivo da utilização de indutores de brotação na uniformização da brotação de gemas axilares em macieira. Na cultivar Imperial Gala, as plantas tratadas com óleo mineral 3,2% apresentaram índices de heterogeneidade da brotação superiores a 117,9%, não diferindo significativamente da testemunha, indicando baixa eficiência deste produto na uniformização da brotação para esta cultivar. Já para cultivar Fuji Suprema, a aplicação de óleo mineral reduziu os índices de heterogeneidade de 108,3 para 50,0%. Assim como observado no percentual de brotação de gemas axilares, as combinações de cianamida hidrogenada e óleo mineral foram os tratamentos de maior efetividade na uniformização da brotação. Verificou-se efeito significativo do aumento das concentrações de cianamida hidrogenada quando associada ao óleo mineral a 3,2% sobre o índice de heterogeneidade da brotação, observando diminuição deste frente ao incremento das doses para as duas cultivares em estudo.

Em relação a brotação de gemas terminais, as cultivares estudadas apresentaram respostas diferenciadas à aplicação dos indutores de brotação (Tabela 4.2). Na cultivar Imperial Gala, a aplicação de indutores de brotação proporcionou aumento significativo da brotação de gemas terminais. O tratamento com óleo mineral 3,2% elevou a brotação de gemas terminais de 10,1% para 51,6%. Os resultados obtidos com a cultivar Imperial Gala corroboram com Petri et al. (2006), que afirmam que o óleo mineral é efetivo no aumento da brotação de gemas terminais, porém seu efeito na brotação de gemas axilares é inferior a associação de óleo mineral e cianamida hidrogenada. Os tratamentos em que foram obtidos os maiores percentuais de brotação de gemas terminais na cultivar Imperial Gala foram os tratamentos com cianamida hidrogenada associados ao óleo mineral, proporcionando brotação superior a 81,1%. Na cultivar Fuji Suprema, não foi

visualizado aumento significativo da brotação de gemas terminais pelo uso de indutores de brotação em relação ao tratamento testemunha, apesar das médias dos tratamentos com cianamida hidrogenada apresentaram-se superiores numericamente.

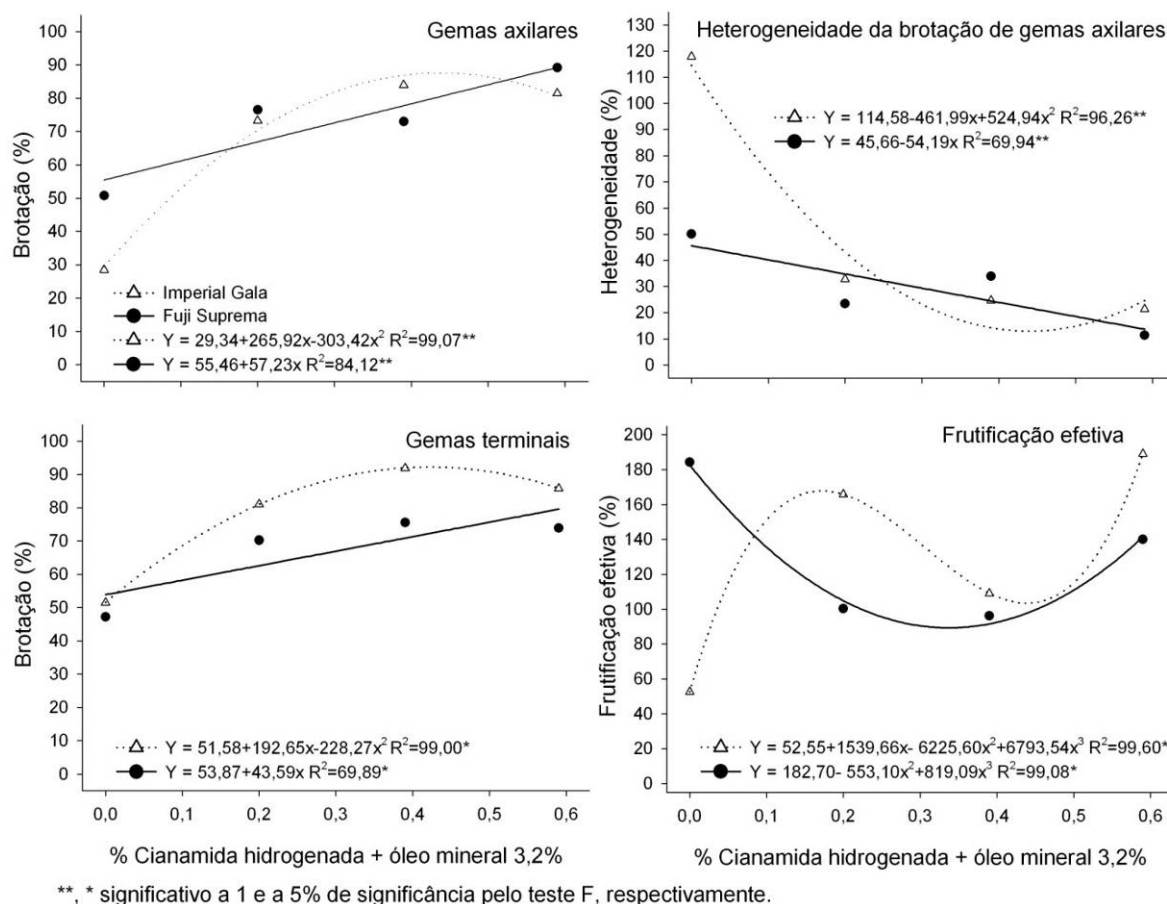


Figura 4.2 Efeito de diferentes concentrações de cianamida hidrogenada associado a óleo mineral 3,2% na brotação de gemas axilares, heterogeneidade da brotação de gemas axilares, brotação de gemas terminais e frutificação efetiva de plantas de macieira das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema. Caçador/SC, 2007.

Constatou-se efeito significativo do aumento das doses de cianamida hidrogenada junto ao óleo mineral sobre a brotação de gemas terminais, cuja resposta foi quadrática na cultivar Imperial Gala, sendo a dose de 0,44% de cianamida hidrogenada associada a 3,2% de óleo mineral a que proporcionou a máxima brotação (ponto de máxima da equação = $-b/2c$) (Figura 4.2). A resposta

observada nas gemas axilares para cultivar Fuji Suprema foi linear frente ao aumento das doses de cianamida hidrogenada.

Observando o comportamento das cultivares estudadas no tratamento testemunha, verificou-se que a cultivar Fuji Suprema apresentou maior nível de brotação tanto nas gemas axilares como nas gemas terminais em relação a Imperial Gala. Analisando a brotação de gemas axilares e terminais (Tabela 4.2), é observada a maior necessidade da realização de tratamentos para maximização da brotação na cultivar Imperial Gala do que na cultivar Fuji Suprema, justificada pelos maiores percentuais de brotação obtidos na cultivar Fuji Suprema quando não efetuada a aplicação de indutores de brotação.

A frutificação efetiva foi diferenciada entre níveis do fator indutor de brotação, sendo verificada diferença significativa entre as cultivares unicamente no tratamento com óleo mineral 3,2% (Tabela 4.2). As plantas do tratamento testemunha apresentaram frutificação efetiva de 144,6 e 192,4% para as cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema, respectivamente. Erez (2000) e Petri e Leite (2004) abordam a possibilidade de redução da frutificação efetiva devido a não sincronização de polinização entre cultivares em condições de insuficiente acúmulo de frio durante o período hibernar. Os altos valores de frutificação efetiva obtidos no tratamento testemunha indica que não houveram problemas relacionados a polinização, mesmo sendo menor a coincidência de florescimento neste tratamento em comparação aos tratamentos com indutores de brotação.

Para cultivar Imperial Gala, as combinações de cianamida hidrogenada e óleo mineral não diferiram significativamente da testemunha quanto a frutificação efetiva, apresentando valores superiores a 109,1%. O menor desempenho quanto a frutificação efetiva foi obtido com óleo mineral 3,2%. Em função de não terem sido identificados problemas em relação a coincidência de floração, sugere-se que a menor frutificação efetiva possa ser advinda da menor intensidade de floração apresentada pela cultivar Imperial Gala neste tratamento, como relatado por Petri e Leite (2004). A menor intensidade de floração nas plantas tratadas com óleo mineral 3,2% pode estar associada a predomínio da brotação de gemas vegetativas neste tratamento.

Não foi verificada diferença significativa entre os níveis do fator indutor de brotação na frutificação efetiva da cultivar Fuji Suprema, porém observa-se que a aplicação dos indutores de brotação promoveu redução da frutificação efetiva em

relação a testemunha, sobretudo nos tratamentos com cianamida hidrogenada. El-Agamy et al. (2007) verificaram efeito negativo dos tratamentos com cianamida hidrogenada sobre a frutificação efetiva da cultivar 'Anna'. De acordo com Erez (2000), em determinadas situações pode-se obter drástica redução da frutificação efetiva pelo uso de indutores de brotação, devido a competição nutricional estabelecida entre drenos vegetativos e reprodutivos. O início do desenvolvimento de folhas e de frutos é dependente das reservas acumuladas durante a estação de crescimento anterior (FAUST, 2000). Como o uso de indutores de brotação promoveu rápida brotação, tanto de gemas vegetativas como floríferas, a disponibilização de reservas para o desenvolvimento de novas estruturas pode ter sido insuficiente, acarretando redução da frutificação efetiva como apontado por Erez (2000).

As cultivares estudadas apresentaram respostas diferenciadas no número e massa de frutos por área de secção transversal do tronco frente aos tratamentos com indutores de brotação (Tabela 4.3). Na cultivar Imperial Gala, os tratamentos com indutores de brotação, a exceção da cianamida hidrogenada 0,39% associada a 3,2% de óleo mineral, aumentaram o número de frutos por área de secção transversal do tronco em relação a testemunha, repercutindo em maior massa de frutos produzida nestes tratamentos. Nunes et al. (2001) também atribuem a maior massa de frutos produzida ao maior desenvolvimento da área foliar e maior capacidade de produção de fotoassimilados nas plantas tratadas com indutores de brotação. O número de frutos por área de secção transversal do tronco não apresentou diferenças significativas entre os diferentes tratamentos realizados na cultivar Fuji Suprema (Tabela 4.3). Através da análise de regressão, verificou-se decréscimo linear da massa de frutos por área de secção transversal do tronco pelo aumento das concentrações de cianamida hidrogenada junto ao óleo mineral (Figura 4.3). Comparando os indutores de brotação ao tratamento testemunha não foi observada diferença significativa quanto a massa de frutos por área de secção do tronco na cultivar Fuji Suprema (Tabela 4.3). A resposta dos indutores de brotação na produção de frutos é dependente das condições climáticas ocorrentes durante o período de desenvolvimento dos frutos, pois em condições climáticas adequadas não se observa acentuada diferença na produção de frutos pelo uso de indutores de brotação, como relatado por Botelho et al. (2002), Petri et al. (2006) e Werle et al. (2008).

Tabela 4.3 Massa de frutos por área de secção transversal de tronco, número frutos por área de secção de tronco e massa média dos frutos em plantas de macieira das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema, tratadas com diferentes concentrações de cianamida hidrogenada (CH) e óleo mineral (OM). Caçador/SC, 2007.

Tratamento	Massa de frutos/ASTT		Número de frutos/ASTT		Massa média dos frutos	
	Imperial Gala	Fuji Suprema	Imperial Gala	Fuji Suprema	Imperial Gala	Fuji Suprema
	kg.cm ⁻²		frutos.cm ⁻²		g.fruto ⁻¹	
Testemunha	0,27Abc	0,22Aa	2,26Ac	1,37Ba	117,80Bb	151,87Aa
OM 3,2%	0,40Aab	0,31Aa	2,94Abc	2,28Aa	134,49Aa	136,85Ab
OM 3,2% + CH 0,20%	0,43Aa	0,26Ba	4,02Aa	1,96Ba	107,38Bb	132,36Ab
OM 3,2% + CH 0,39%	0,23Ac	0,27Aa	1,99Ac	1,59Aa	117,67Ab	119,71Ac
OM 3,2% + CH 0,59%	0,38Aab	0,16Ba	3,60Aab	1,35Ba	106,81Bb	118,51Ac
Média	0,34	0,24	2,96	1,71	116,83	132,62
F (indutor de brotação x cultivar)	3,52*		4,84**		12,36**	
CV (%)	30,22		26,07		6,01	

*, ** Valor de F significativo a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na linha, e médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Em relação a massa média dos frutos, as plantas tratadas com óleo mineral a 3,2% apresentaram o maior desempenho na cultivar Imperial, sendo significativamente superior aos demais tratamentos. Na cultivar Fuji Suprema, a massa média dos frutos apresentou-se superior nas plantas não tratadas com indutores de brotação (Tabela 4.3), sendo observado decréscimo da massa dos frutos frente ao aumento das doses de cianamida hidrogenada junto ao óleo mineral (Figura 4.3). A maior massa média dos frutos observada nas plantas testemunhas da cultivar Fuji Suprema pode estar associada ao tipo de gema em que houve o predomínio na produção de frutos, prevalecendo a frutificação em brindilas no tratamento testemunha, enquanto que nos tratamentos com cianamida hidrogenada e óleo mineral, ocorreu intensa frutificação em esporões.

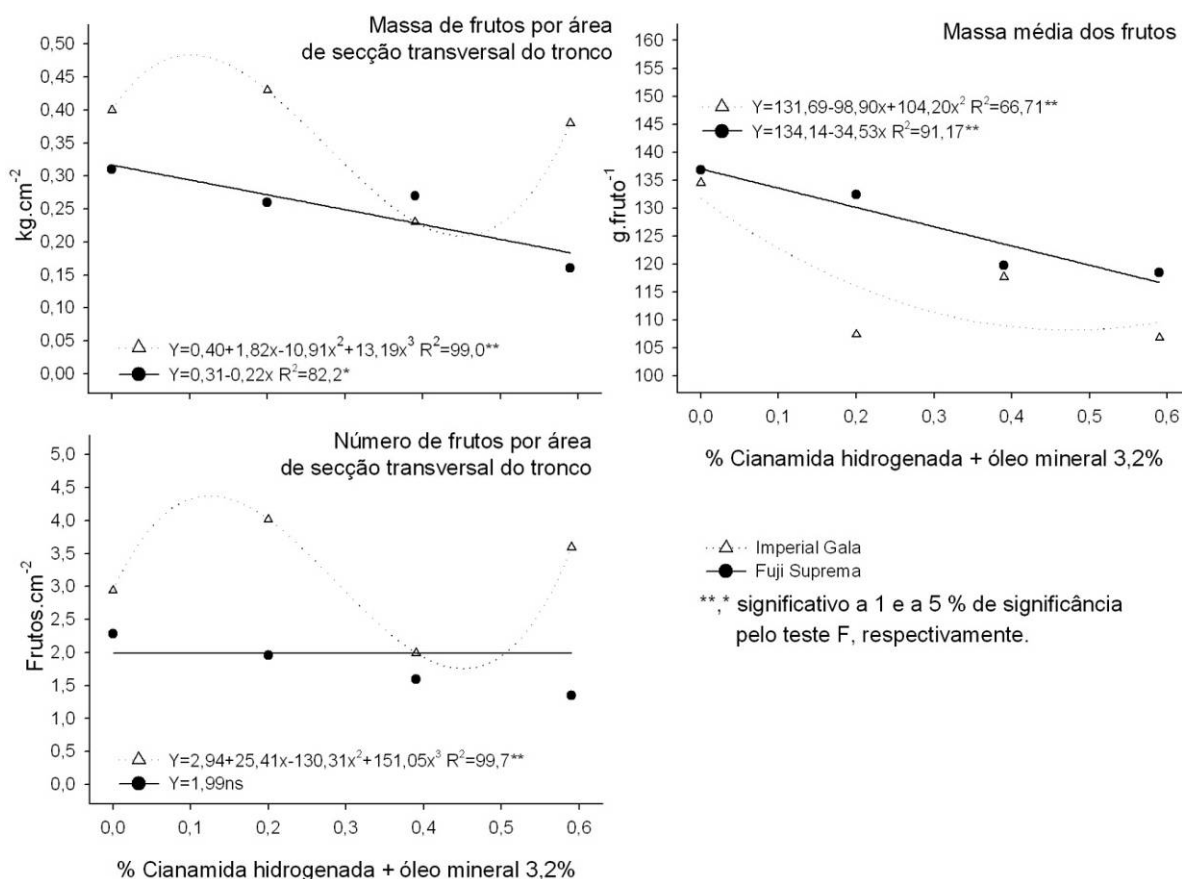


Figura 4.3 Efeito de diferentes concentrações de cianamida hidrogenada associado a óleo mineral 3,2% na massa de frutos por área de secção transversal do tronco, número de frutos por área de secção transversal do tronco e massa média dos frutos em plantas de macieira das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema. Caçador/SC, 2007.

Nachtigall (2000), estudando as estruturas de frutificação das cultivares Gala e Fuji, observou que frutos oriundos de gemas terminais em brindilas têm maior potencial de desenvolvimento, apresentando maior massa final quando comparado a frutos produzidos em gemas axilares e em esporões. Como no tratamento testemunha a brotação ocorreu predominantemente nas gemas terminais, a maior parte dos frutos originou-se deste tipo de estrutura de frutificação, justificando a maior massa média dos frutos observada. O mesmo comportamento não foi verificado na cultivar Imperial Gala, devido a baixa brotação observada tanto nas gemas axilares como nas gemas terminais. A aplicação de óleo mineral a 3,2% teve baixa efetividade na brotação de gemas axilares, mas incrementou a brotação de gemas terminais e, por conseguinte aumentou a proporção de frutos localizados nestas estruturas, explicando o aumento da massa média dos frutos obtida na cultivar Imperial Gala. A menor massa média dos frutos nas combinações de cianamida hidrogenada e óleo mineral em ambas cultivares pode estar associado a uniformização da brotação e aumento da proporção de gemas brotadas em todos os tipos de estrutura de frutificação presentes na planta, ocorrendo a frutificação em distintas estruturas, com potenciais diferenciados de desenvolvimento dos frutos.

Apesar de verificada produção de frutos e massa média dos frutos similar em plantas tratadas e não tratadas com indutores de brotação, não se dispensam os tratamentos para indução da brotação. Como relatado por Petri et al. (2006) a resposta dos indutores de brotação na produção de frutos é diferenciada ao longo dos anos, porém os mesmos devem ser utilizados regularmente visto que a falta de brotação de gemas terminais e axilares tem efeito cumulativo ao longo dos anos, reduzindo a formação de novas estruturas de frutificação, podendo acarretar em diminuição da produção.

4.4 Conclusões

A aplicação dos indutores de brotação, sobretudo as combinações de cianamida hidrogenada e óleo mineral, antecipou e reduziu o período de florescimento, aumentando a coincidência de florescimento das cultivares Imperial Gala e Fuji Suprema.

Os indutores de brotação uniformizaram e aumentaram a brotação de gemas axilares e terminais, obtendo-se máxima brotação na cultivar Imperial Gala com 0,44% de cianamida hidrogenada e 3,2% de óleo mineral.

As combinações de cianamida hidrogenada e óleo mineral não diferiram da testemunha quanto a frutificação efetiva nas cultivares avaliadas, porém observou-se que o aumento das doses de cianamida hidrogenada tende a diminuir a frutificação efetiva.

Observaram-se respostas diferenciadas entre tratamentos quanto a produção e a massa média dos frutos, podendo ser atribuídas ao predomínio da produção de frutos em distintas estruturas de frutificação.

4.5 Referências bibliográficas

- BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 54-59, 1995.
- BOTELHO, R.V.; PIRES, E.J.P.; TERRA, M.M. Brotação e produtividade de videiras da cultivar Centenial Seedless (*Vitis vinifera* L.) tratadas com cianamida hidrogenada na região noroeste do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.3, p.611-614, 2002.
- BULON, L.; FAUST, M. New aspects of bud dormancy in apple trees. **Acta Horticulturae**, v.395, p. 105-111, 1995.
- CAMILO, A.P.; DENARDI, F. Cultivares: Descrição e comportamento no sul do Brasil. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis. p.113-168, 2006.
- CARVAJAL-MILLÁN, E.; GARDEA, A.A.; RASCÓN-CHU, A.; OROZZO, J.A.; LEÓN, N.P.; MÁRQUEZ-ESCALANTE, J.A.; CHACÓN A.R.; GUERRERO, V.M. Respiratory response of apple buds treated with budbreaking agents. **Thermochimica Acta**, v.457, p.109-112, 2007.
- DOKOOZLIAN, N.K.; WILLIAMS, L.E.; NEJA, R.A. Chilling exposure and hydrogen cyanamide interact in breaking dormancy of grape buds. **HortScience**, v.30, n.6, p.1244-1247, 1995.
- EBERT, A.; PETRI, J.L.; BENDER, R.J.; BRAGA, H.J. First experiences with chill units models in southern Brazil. **Acta Horticulturae**, Hague. v.184, p. 9-96, 1986.

- EL-AGAMY, S.Z., MOHAMED, A.K.A., MOSTAFA, F.M.A. AND ABDALLAH, A.Y. Effect of GA₃, Hydrogen Cyanamid And Decapitation on Budbreak and Flowering of Two Apple Cultivars under the Warm Climate of Southern Egypt. **Acta Horticulturae**. v.565, p.109-114, 2001.
- EREZ, A. Bud dormancy: phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics. In: EREZ, A. **Temperate fruit crops in warm climates**. Kluwer Academic Publishers, Boston, London, p.17-48, 2000.
- FAUST, M. Physiological considerations for growing temperate-zone fruit crops in warm climates. In.: **Temperate fruits crop in warm climates**. Kluwer Academic Publishers, Boston, London, p. 305-342, 2000.
- LEITE, G.B. **Evolution des Etats des Bourgeons et de leur heterogeneite Le Long Du Rameau d'un de pecher sous differents regimes de temperatures apres l'instalation de l'endodormance**. Clermont-Ferrand - France, 2004, 168 p. Thèse. Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II, 2004.
- LEITE, G. B. Evolução da dormência e heterogeneidade da brotação In: Encontro Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado, Fraiburgo, 8. **Anais...Caçador**: Epagri, vol.1 (Palestras), p. 269-275, 2005.
- LEITE, G.B.; BONHOMME, M.; PUTTI, G.L.; PETEL, G.; PETRI, J.L.; RAGEAU, R. Physiological and biochemical evolution of peach leaf buds during dormancy course under two contrasted temperature patterns. **International Journal of Horticultural Science**. v.12, n.4, p.15-19, 2006.
- NACHTIGALL, G.R. **Estruturas de frutíferas na qualidade de maçãs, cultivares Gala e Fuji**. 2000, 57p. Tese (Doutorado em Agronomia-Fruticultura de Clima Temperado), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2000.
- PETRI, J.L. Alternativas para quebra de dormência em fruteiras de clima temperado. In: Encontro Nacional Sobre Fruticultura de Clima Temperado, Fraiburgo, 8. **Anais... Caçador**: Epagri, vol.1(Palestras), 2005. p.125-133.
- PETRI, J.L. Fatores edafoclimáticos. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis. p.105-112, 2006.
- PETRI, J.L.; LEITE, G.B. Consequences of Insufficient Winter Chilling on Apple Tree Bud-break. **Acta Horticulturae**. v. 662, p.53-60, 2004.
- PETRI, J.L.; PALLADINI, L.A.; POLA, A.C. Dormência e indução a brotação em macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis. p.261-297, 2006.

- PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; SCHUCK, E.; DUCROQUET, J. P.; MATOS, C. S.; POLA, A. C. **Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 110p.
- SANHUEZA, R.M.V.; PROTAS, J.F.S.; FREIRE, J.M.. **Manejo da Macieira no Sistema de Produção Integrada de Frutas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. 164p.
- SAS LEARNING EDITION. **Getting started with the SAS learning edition**. Cary, 2002. 200p.
- SOLTÉSZ, M. **Apple**. In: KOZNA, P.; NYÉKI, J.; SOLTÉSZ, M.; SZABO, Z. *Floral Biology, Pollination and Fertilisation Zone Fruit Species and Grape*. Akadémia Kiadó, Budapest, p.237-316, 2003.
- WERLE, T.; GUIMARÃES, V.F.; DALASTRA, I.M.; ECHER, M.M; PIO, R. Influência da cianamida hidrogenada na brotação e produção da videira 'Niagara Rosada' na região oeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.30, no.1, p.20-24, 2008.
- WILLIAMSON, J.G; MAUST, B.E.; MILLER, P.; KREWER, G. Hydrogen cyanamide accelerates vegetative budbreak and shortens fruit development period of blueberry. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**. v.115, p.100-104, 2002.

Considerações finais

As temperaturas inserem-se como elemento climático de maior relevância na indução, manutenção e superação da dormência em frutíferas de clima temperado. (EREZ e COUVILLON, 1987; EREZ, 2000; FAUST, 2000), sendo a regularidade de baixas temperaturas durante o período hibernar para adequado suprimento do requerimento em frio de espécies frutíferas temperadas. Os resultados obtidos nesta dissertação em relação ao efeito de diferentes temperaturas durante o período hibernar na brotação da macieira corroboram com os resultados obtidos por Putti et al. (2003b) e Chavarria (2005), em macieiras e pessegueiros, respectivamente. Os resultados indicam que cultivares de menor necessidade de frio apresentam temperaturas efetivas mais elevadas do que cultivares de maior requerimento, o que pode justificar a melhor adaptação de cultivares menos exigentes em climas mais quentes. Em função disso, a intensificação dos estudos nesta linha de pesquisa torna-se fundamental para o melhor entendimento do fenômeno da dormência. As informações obtidas em relação a efetividade de temperaturas hibernais em cultivares de macieira podem ser utilizadas em programas de melhoramento genético e em programas de zoneamento agroclimático para a cultura da macieira, possibilitando maior precisão na determinação dos locais aptos a exploração com a cultura em relação ao suprimento da necessidade de frio, possibilitando a precisa determinação das cultivares mais indicadas para uso em determinada região.

Diante dos resultados obtidos neste trabalho e do levantamento bibliográfico efetuado, verifica-se a grande necessidade de estudos de caráter metodológico, visto a inexistência de métodos comprovadamente efetivos na determinação dos requerimentos em frio de cultivares de macieira, assim como em outras frutíferas temperadas de interesse agrônomo. Dennis Junior (2003) aborda a dificuldade metodológica em estudos de dormência em frutíferas, e a obtenção de resultados

muitas vezes contraditórios em razão da não padronização de metodologias em estudos desta natureza. A metodologia utilizando ramos enxertados mostra-se promissora, embora apresente problemas relacionados a maximização da dominância apical em macieiras, a qual limita a brotação de gemas axilares. Mediante a realização de outros ensaios, o método pode ser devidamente ajustado a cultura da macieira, assim como realizado no pessegueiro por Silveira (2003) e Chavarria (2005), de modo a tornar a resposta das plantas em condições controladas similar ao observado em condições de campo.

Os parâmetros avaliados através do método biológico utilizando estacas de nós isolados e analisados através de procedimentos de análise univariada, não se mostraram efetivos na separação de cultivares de macieira de acordo com o requerimento em frio, em razão da profundidade de dormência não se correlacionar com o requerimento de frio em algumas cultivares. Além disso, os percentuais de brotação de gemas axilares não refletem o comportamento observado no campo, em razão de desconsiderar grande parte das inibições correlativas atuantes nas gemas axilares. Dessa forma, o teste de estacas de nós isolados insere-se como um método adequado para avaliar a intensidade de dormência das gemas, não permitindo quantificar a necessidade de frio de cultivar (CHAMPAGNAT, 1983; PUTTI et al., 2003a). Segundo Zguigal (2006), o teste de estacas de nós isolados é o único teste que quantifica a profundidade de dormência e identifica as alterações promovidas pelo nível de inserção das gemas no ramo e pelas características dos ramos tais como vigor, inclinação e localização do ramo na copa. Diante disso, sugere-se a realização de análise conjunta de todos os parâmetros avaliados, através de procedimentos de análise estatística multivariada, para investigar as relações entre estes parâmetros e para avaliar a efetividade de utilização destes em estudos da dinâmica da dormência na cultura da macieira.

Em relação ao uso de indutores de brotação, verificou-se que os mesmos além de proporcionarem aumento dos percentuais de brotação na cultura da macieira, sobretudo em gemas axilares, promoveram respostas diferenciadas na produção de frutos, devido alterações promovidas nos índices de frutificação efetiva e na sincronia de florescimento entre cultivares produtoras e suas respectivas polinizadoras. Segundo Petri et al. 2008, o uso de indutores de brotação, como a cianamida hidrogenada e óleo mineral, tem sido a principal estratégia para minimizar os problemas decorrentes do insuficiente acúmulo de frio na cultura da macieira em

pomares localizados no Brasil, Israel, México e África do Sul. Em razão da influência do uso dos indutores de brotação sobre a resposta produtiva constatada neste estudo, sugere-se que os parâmetros produtivos, e relacionados a sincronia de florescimento entre cultivares também sejam considerados na avaliação de novas substâncias indutoras de brotação, e não unicamente os parâmetros relacionados a brotação como convencionalmente utilizado.

Referências bibliográficas (Introdução e Considerações finais)

- ABPM. **Associação Brasileira de Produtores de Maçã**. Disponível em: <<http://www.abpm.org.br>> Acesso em 15 out. 2008.
- ALLAN, P. Winter chilling in areas with mild winters: Its measurement and supplementation. **Acta Horticulturae**, Nauni, v. 662, p. 47-52, 2004.
- BLEICHER, J. Histórico da macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 29-36.
- BONETTI, J.I.S.; CESA, J.D.; PETRI, J.L.; BLEICHER, J. Evolução da cultura da macieira. In: EPAGRI. **A cultura da macieira**. Florianópolis: EPAGRI, 2006. p. 37-58.
- CHAMPAGNAT, P. Bud dormancy, correlation between organs, and morphogenesis in woody plants. **Soviet Plant Physiology**, v.30, p. 458-471, 1983.
- CHAVARRIA, G. **Efeito de temperaturas de 10°C e 15°C na floração e brotação de pessegueiro avaliado através de enxertos de ramos produtivos no outono**. 2005, 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2005.
- 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**, Mount Vernon, v.110, p. 579-581, 1985.
- CRUZ JUNIOR, A.O.; AYUB, R.A. Quebra de dormência de gema de macieira cv. EVA sob três concentrações de cianamida hidrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 24, n. 2, p. 576-578, 2002.
- DENARDI, F.; SECCON, J. J. 'Castel Gala' - mutação da macieira 'Gala' com baixa necessidade de frio e maturação precoce. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 18, n. 2, p. 78-82, 2005.

- DENNIS JUNIOR, F. G. Problems in standardizing methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in buds of woody plants. **HortScience**, Alexandria, v.38, n.3, p. 347-350, 2003.
- EREZ, A. **Bud dormancy; phenomenon, problems and solutions in the tropics and subtropics**. In: Erez, A. Temperate Fruit Crops in Warm Climates. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 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**, Mount Vernon, v. 112, p. 677-680, 1987.
- FAOSTAT. **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statical Databases**. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> Acesso em 20 jan. 2009.
- FAUST, M. **Physiological considerations for growing temperate-zone fruit crops in warm climates**. In: Erez, A. Temperate Fruit Crops in Warm Climates. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 2000. p 137-156.
- JACKSON, J.E. **Apple production at low latitudes**. In: Erez, A. Temperate Fruit Crops in Warm Climates. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, 2000. p 305-342.
- JACKSON, J.E. Apples and pears and their relatives. In: JACKSON, J.E. **Biology of apples and pears**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. p. 22-83.
- MAHROUS, H.A.H.; EL-FAKHRANI, E.M.M. Effect of some dormancy breaking agents on productivity, fruit quality and powdery mildew severity of apricot. **Acta Horticulturae**, Medford, v.701, p.659-664, 2006.
- OLSEN, J.E. Mechanisms of dormancy regulation. **Acta Horticulturae**, Saltillo, v. 727, p. 157-166, 2006.
- PETRI J.L.; PALLADINI, L.A.; SCHUCK, E.; DUCROQUET, J.P.H.J.; MATOS, C.S.; POLA, A.C. **Dormência e indução da brotação em fruteiras de clima temperado**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 110p. (EPAGRI. Boletim Técnico, 75)
- PETRI, J.L; LEITE, G.B. Macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, 2008.
- PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; PUTTI, G.L. Apple tree budbreak promoters in mild winter conditions. **Acta Horticulturae**, Seoul, v. 774, p. 291-296, 2008.

- PUTTI, G.L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M.E. Efeito da intensidade de frio no tempo e percentagem de gemas brotadas em macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 199-202, 2003a.
- PUTTI, G.L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M.E. Temperaturas efetivas para a dormência da macieira (*Malus domestica*, Borkh). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 210-212, 2003b.
- RICHARDSON, E.A.; SEELEY, S.D.; WALKER, D.R. A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. **HortScience**, Alexandria, v. 9, p. 331-332, 1974.
- RUIZ, D.; CAMPOY, J. A.; EGEA, J. Chilling and heat requirements of apricot cultivars for flowering. **Environmental and Experimental Botany**, v.61, p. 254-263, 2007.
- SANHUEZA, R.M.V.; ANDRIGUETO, J.R.; KOSOSKI, A.R. Situação atual da produção integrada de frutas no Brasil. In: MELO, G.W.B.; SEBBEN, S.S. (Eds.). SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS, 5., Bento Gonçalves, 2003. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa-CNPUV, 2003. p.23-25.
- SAURE, M.C. Dormancy release in deciduous fruit trees. **Horticultural Reviews**. Westport, v. 7, p. 239-299, 1985.
- SILVEIRA, C.A.P. **Avaliação do efeito das horas de frio, épocas de aplicação e concentrações de cianamida hidrogenada e óleo mineral na brotação, floração e frutificação efetiva de pessegueiro em condições de inverno subtropical**. 2003, 89p. Tese (Doutorado em Agronomia – Fruticultura de Clima Temperado), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2003.
- SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA – 2007/2008, Florianópolis: Instituto Cepa, 2008, 322p.
- ZGUIGAL, A.; CHAHBAR, A.; LOUDIYI, D.M.W.; CRABBÉ, J. Caractéristiques de la dormance des bourgeons du pommier dans lês régions à hiver doux. **Biotechnology, Agronomy, Society and Environment**, v.10, p.131-137, 2006.

Vitae

Fernando José Hawerroth nasceu em 10 de março de 1984, filho de José Maria Hawerroth e Laurita Maria Rohling Hawerroth, natural do município de Caçador/SC. Em 2002, ingressou na Faculdade de Agronomia do Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UDESC). Durante a graduação foi bolsista de Extensão e bolsista de Iniciação Científica Probic/UDESC no período de fevereiro de 2003 à julho de 2006, tendo o Dr. Julio Cesar Pires Santos como orientador. Realizou estágios extracurriculares na Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Estação Experimental de Caçador (EPAGRI/EECd) na área de fisiologia e manejo de frutíferas de clima temperado. No ano de 2006, atendendo os requisitos do curso, realizou o estágio de conclusão de curso no Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV/UDESC) desenvolvendo atividades de pesquisa na área de dormência e uso de reguladores de crescimento vegetal na EPAGRI/EECd, sob orientação do pesquisador MSc. José Luiz Petri. Ao final de 2006 obteve o título de Engenheiro Agrônomo, sendo agraciado com o prêmio de 'Primeiro Colocado no Curso de Agronomia CAV/UDESC, turma 2006/2', promovido pelo Conselho Regional de Engenharia, Agronomia e Arquitetura de Santa Catarina (CREA/SC). Em março de 2007 ingressou, em nível de mestrado, no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas (PPGA/UFPEL), na área de concentração em Fruticultura de Clima Temperado, sob orientação do Dr. Flavio Gilberto Herter. Em sua vida acadêmica, Fernando José Hawerroth, publicou mais de 70 trabalhos em eventos nacionais e internacionais.

