

Controle de gemas laterais sobre a evolução da dormência de gemas apicais em macieira¹

Rafael Anzanello², Flávio Bello Fialho³, Henrique Pessoa dos Santos³, Gilmar Arduino Bettio Marodin⁴

Resumo: A influência da dominância apical é amplamente estudada em frutíferas, porém trabalhos que evidenciem o efeito contrário são pouco conhecidos. Objetivou-se avaliar a influência das gemas laterais (GL) sobre a brotação da gema apical (GA) em ramos de macieira. Amostraram-se brindilas, de 20-25 cm da cv. Castel Gala, em maio/2010 e junho/2011, em Papanduva-SC. O experimento foi conduzido na Embrapa Uva e Vinho – Bento Gonçalves/RS. Os tratamentos foram: *i*) 2010 - I: estaca intacta; A: remoção alternada de 50% das GL ao longo do ramo; SI: remoção das GL inferiores do ramo (50%); SS: remoção das GL superiores do ramo (50%); SL: remoção de todas as GL do ramo e SA: remoção da GA do ramo; *ii*) 2011 - I: estaca intacta; SS: remoção das GL superiores do ramo (50%); FSLs: estaca intacta com ferimento abaixo das GL superiores. As estacas foram submetidas à 3°C por 168, 336 e 504 horas de frio (HF), em 2010, e 456 HF, em 2011, sendo posteriormente transferidas para 25°C, para avaliação da brotação. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com duas repetições por tratamento e 40 estacas por parcela. Avaliaram-se os dados quanto aos parâmetros brotação máxima, precocidade e uniformidade. O aumento de HF elevou a quantidade de GA brotadas, devido à superação da dormência. As GL foram fortemente afetadas pela dominância apical, independentemente do período de frio. Os tratamentos com presença de GL superiores proporcionaram menor percentual de brotação máxima e menor precocidade e uniformidade de brotação das GA se comparados aos demais tratamentos. As GA sofrem influência das GL, especialmente das situadas próximas à extremidade superior dos ramos.

Palavras-chave: Dominância apical; Fisiologia vegetal; *Malus domestica*; Paradormência.

Control of lateral buds on the dormancy evolution of apple apical buds

Abstract: The influence of apical dominance is widely studied in fruit trees, but works that show the opposite effect are little known. The objective was to evaluate the influence of lateral buds (LB) on the apical bud (AB) on apple twigs. Were sampled twigs, 20-25 cm of cv. Castel Gala in May/2010 and June/2011, in Papanduva-SC. The experiment was conducted at Embrapa Uva e Vinho - Bento Gonçalves/RS. The treatments were: *i*) 2010 - I: intact twig; A: removal alternating of 50% LB along the twig; SI: LB lower removal of twig (50%); SS: LB upper removal of twig (50%); SL: removal all LB of twig and SA: removal AB of twig; *ii*) 2011 - I: intact twig; SS: LB upper removal of twig (50%); FSLs: intact twig with injury below the LB upper. The twigs were submitted to 3°C per 168, 336 and 504 chilling hours (CH), in 2010, and 456 CH, in 2011 and later transferred to 25°C, for budburst evaluation. The experimental design was a randomized block with two replications per treatment and 40 twigs per plot. Budburst data were evaluated through maximum budburst, precocity and uniformity. The increase of HF increased the amount of AB sprouted due to overcome dormancy. The LB were strongly affected by apical dominance, regardless of the cold period. The treatments with LB upper presence provided lower percentage of maximum budburst and lower precocity and uniformity of budburst of AB compared to the other treatments. The AB is influenced by LB, especially those located near the extremity upper of twigs.

Keywords: Apical dominance; Plant physiology; *Malus domestica*; Paradormancy.

¹Submetido em 29/09/2020 e aprovado em 08/12/2020;

²Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural, Veranópolis, Rio Grande do Sul, Brasil; E-mail: rafael-anzanello@agricultura.rs.gov.br (Autor correspondente) - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2406-2789>;

³Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul, Brasil; E-mail: flavio.bello@embrapa.br - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8568-2204>; henrique.p.santos@embrapa.br - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4066-1463>;

⁴Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil; E-mail: marodin@ufrgs.br - ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7932-2074>

1 Introdução

No Brasil, a macieira (*Malus domestica* B.) é produzida principalmente nas regiões Sul e Sudeste. Os principais estados produtores são: Rio Grande do Sul (49,3%); Santa Catarina (47,9%); Paraná (2,2%); São Paulo (0,3%) e Minas Gerais (0,2%) (IBGE, 2019). No ano de 2019, a produção total no país foi de 1.222.979 toneladas, em 32.433 ha e produtividade média de 37.740 kg ha⁻¹ (IBGE, 2019), sendo o Brasil o 13º produtor mundial. Os principais países produtores de maçã são: China, Estados Unidos e Polônia com produções de 39.233.400, 4.652.500 e 3.999.523 toneladas, respectivamente (FAO, 2018).

Em frutíferas de clima temperado, uma gema está em constante correlação com o restante da planta, sofrendo influência de tecidos próximos (Hawerth et al., 2009). Esta relação é manifestada principalmente na paradormência, em que a ausência de desenvolvimento do meristema da gema é resultante da influência de outro órgão da planta. Um exemplo clássico é a ação inibitória em que o ápice exerce efeito sobre a brotação das gemas laterais durante as fases do ciclo vegetativo (Cook e Jacobs, 1999). A suspensão do crescimento da gema pode também ser dada pela endodormência e ecodormência (Anzanello et al., 2018).

Na endodormência, a inibição da brotação é resultante de uma série de eventos bioquímicos e fisiológicos em níveis meristemáticos ou tecidos próximos (troca de substâncias reguladoras de crescimento e de atividade metabólica), desencadeada pela percepção de um estímulo ambiental, sendo normalmente causada por baixas temperaturas e/ou alterações fotoperiódicas (Rubio et al., 2016). Este tipo de dormência pode ocorrer com duração e intensidade (profundidade) distintas, sendo superada com o acúmulo de um determinado número de horas de frio (HF) durante o outono e o inverno, que varia conforme a espécie e cultivar. Na ecodormência, a ausência de desenvolvimento da gema ocorre devido a um fator ambiental na primavera e, assim que as condições normais sejam estabelecidas, um novo fluxo de crescimento se estabelece. A falta de temperaturas elevadas e o estresse hídrico são importantes fatores ambientais que determinam a ecodormência, pois restringem a ocorrência da

brotação de uma gema que está bioquimicamente apta para se desenvolver (Alvarez et al., 2018).

A influência da dominância apical, na paradormência, é coordenada pela maior proporção de auxina, que é transportada em direção basípeta, exercendo inibição direta sobre o crescimento das gemas axilares. Este efeito hormonal é comprovado em estudos envolvendo inibidores do transporte polar de auxinas, dentre eles o NPA (ácido 1-N-naftilalâmico) e TIBA (ácido 2,3,5-triiodo-benzóico) (Taiz et al., 2017). Tais inibidores bloqueiam o transporte polar, por impedir o efluxo de auxina (saída da auxina da célula pela membrana plasmática, no tecido do parênquima). Fisiologicamente, a aplicação direta de citocininas às gemas axilares estimula o seu crescimento em muitas espécies frutíferas como o mamoeiro, cerejeira e a macieira e, por consequência, pode suprimir o efeito inibitório do ápice caulinar (Ono et al., 2004; Diniz et al., 2004; Peterson e Krost, 2013).

Para Hawerth e Petri (2011) o nível de dominância apical é variável entre espécies frutíferas, com maior polaridade ou acrotonia em pomáceas e cerejeiras do que em pessegueiros e ameixeiras. Inúmeros relatos são encontrados com relação a influência da gema apical sobre a brotação das gemas laterais em frutíferas temperadas (Campoy et al., 2011; Considine, 2016). No entanto, trabalhos que evidenciam a presença e intensidade de um efeito contrário entre esses grupos de gemas ainda são desconhecidos, ou seja, da influência das gemas laterais sobre a brotação da gema apical no mesmo ramo.

A influência das gemas laterais sobre a apical consiste numa abordagem importante em trabalhos de modelagem da dormência e de predição do estado de dormência das gemas, pois muitas metodologias preconizam testes de gema única (gema apical isolada) (Anzanello, 2019). Portanto, se a influência das laterais for expressiva, pode haver problemas na interpretação dos resultados de dormência e na extrapolação dos mesmos para as condições fisiológicas das gemas apicais nas plantas, as quais são, geralmente, as gemas produtivas em macieira.

Neste sentido, objetivou-se com o presente estudo avaliar a influência das gemas laterais

sobre a brotação da gema apical em ramos de macieira.

priorizando aquelas com crescimento intermediário.

2 Material e Métodos

Ramos de ano (brindilas) de 20 a 25 cm de comprimento e de diâmetro de aproximadamente 5 mm da cultivar Castel Gala foram coletados em um pomar comercial localizado no município de Papanduva-SC (26°26'68"S, 50°05'47"W e 788 m de altitude), no mês de maio de 2010, com 15 horas de frio (HF) no campo, e junho de 2011, com 162 HF no campo. Segundo classificação climática de Köppen o clima do local é Cfb, clima temperado, com verão ameno (Alvarez et al., 2013). Na seleção do material para coleta foram consideradas a maturidade das gemas (gemas bem fechadas), a sanidade (sem danos por *Grapholita molesta* B. ou outros danos sobre as escamas das gemas) e o vigor das estacas,

Após coletados no campo, os ramos foram enrolados em feixes, umedecidos, colocados em sacos plásticos e acondicionados em caixas de isopor. Na sequência, foram transportados para a Embrapa Uva e Vinho, em Bento Gonçalves – RS, para a avaliação da dormência das gemas em condições térmicas controladas. O método biológico utilizado foi o de estacas intactas (Anzanello et al., 2014a), em que as brindilas foram cortadas a 20 cm abaixo da gema apical, de modo que mantivessem cerca de 6 a 10 gemas laterais. No ano de 2010, as estacas da cultivar Castel Gala foram processadas antes de serem submetidas ao frio em seis tratamentos (Tabela 1) e, em 2011, em três tratamentos (Tabela 2). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com duas repetições por tratamento e 40 estacas por parcela.

Tabela 1 Tratamentos para avaliação da interação entre gemas apicais e laterais em estacas intactas de macieira (*M. domestica*), maio/2010

Tratamento	Descrição
I - Inteira	Estaca intacta sem remoção das gemas laterais
A - Alternadas	Remoção alternada de 50% das gemas laterais ao longo do ramo
SI – Sem inferiores	Remoção de 50% das gemas laterais, apenas as inferiores do ramo
SS – Sem superiores	Remoção de 50% das gemas laterais, apenas as superiores do ramo
SL – Sem laterais	Remoção de todas as gemas laterais do ramo
SA – Sem apical	Remoção da gema apical do ramo

Tabela 2 Tratamentos para avaliação da interação entre gemas apicais e laterais em estacas intactas de macieira (*M. domestica*), junho/2011

Tratamento	Descrição
I - Inteira	Estaca intacta sem remoção das gemas laterais
SS – Sem superiores	Remoção de 50% das gemas laterais, apenas as superiores do ramo
FSLs – Ferimento sob laterais superiores	Estaca intacta com ferimento abaixo das gemas laterais superiores

Após processadas, as estacas passaram por um processo de limpeza com etanol 70% por 45-60 segundos, seguido de hipoclorito de sódio a 2,5% por 20 minutos e três enxágues com água destilada. Em seguida, as estacas foram secas à sombra em galpão, por aproximadamente 30 minutos. Na sequência, uma parte das estacas foi submetida diretamente à temperatura de 25°C, apenas com o frio do campo, em câmara de crescimento de plantas da marca Percival Boone, modelo 50036, com dimensões de 4 x 3 m e 3,5 m de altura e controle de temperatura, umidade

(70-80%) e fotoperíodo (12 h), para indução e avaliação da brotação das gemas. A parte restante foi distribuída em feixes, embaladas com filme plástico preto (as pontas foram amarradas com fita de nylon e etiquetadas na extremidade apical) e submetida à temperatura de 3°C, em disposição vertical ascendente, por mais 168, 336 e 504 HF, em 2010, e mais 456 HF, em 2011, para a superação da endodormência. O frio foi aplicado em câmaras incubadoras climatizadas da marca Eletrolab, modelo EL202, sem fotoperíodo (somente escuro). Ao final de cada período de

frio, os grupos de estacas correspondentes foram transferidos para a câmara de crescimento, sendo as estacas cortadas em bisel a 1 cm da extremidade inferior.

Na câmara de crescimento foram montadas duas mesas de madeira sobre as quais as estacas foram dispostas. As estacas foram acondicionadas de duas maneiras: *i*) no ano de 2010 as estacas ficaram sustentadas por uma dupla camada de tela trançada (1 x 1 cm), sobre um reservatório com 3 cm de água, com 5 ml L⁻¹ de hipoclorito de sódio (5% de cloro ativo), sendo que a cada duas semanas, a água do reservatório era substituída e as estacas cortadas a 3 mm da extremidade basal, para evitar a obstrução do fluxo de seiva; *ii*) no ano de 2011 as estacas ficaram sustentadas por uma dupla camada de tela trançada (1 x 1 cm), sobre uma plataforma de espuma fenólica umedecida com 3,75 cm de altura, sem aditivos na água de irrigação ou procedimento periódico de corte das estacas. A água do reservatório e da plataforma de espuma fenólica era repostada a cada 48 a 72 horas. A temperatura e a umidade do ar na câmara de crescimento foram monitoradas através de um termohigrógrafo ao longo do experimento.

A avaliação da brotação foi realizada diariamente até o 56º dia a 25°C, anotando-se a data de brotação em estágio de ponta verde (Carvalho et al., 2010). Os dados de brotação foram analisados pelos parâmetros de brotação máxima, precocidade e uniformidade, estimados pela função de Gompertz reparametrizada (Anzanello et al., 2014a). O parâmetro brotação máxima correspondeu ao potencial máximo de brotação, em porcentagem de gemas brotadas; a precocidade correspondeu ao tempo necessário (dias) para o alcance de 37% da brotação máxima e a uniformidade, ao período de tempo (dias) entre 10 e 90% da brotação máxima (Fialho et al., 2020).

Para cada tratamento, a brotação máxima, precocidade e uniformidade foram expressas em função do número de horas de frio, e as curvas resultantes foram comparadas pelo teste F ao nível de significância de 5% de probabilidade de erro, usando o software R (2019).

3 Resultados e Discussão

O aumento da duração do frio elevou de aproximadamente 40% (ponto zero) para 67,5%

(em 2010, com 504 HF) e 76% (em 2011, com 456 HF) a quantidade total de gemas apicais brotadas na média dos tratamentos avaliados, indicando que o frio durante a dormência favorece a intensidade de brotação (Figuras 1A e 3A). Para Melke (2015), o frio induz a endodormência e contribui para a superação da mesma, tornando as gemas fisiologicamente aptas para brotarem. A dormência das gemas apicais evoluiu conforme o esperado para a cultivar Castel Gala, sendo superada após 336 HF (brotação maior que 50%) (Figura 1A), resultado similar ao obtido por Anzanello et al. (2014a). As gemas laterais não foram afetadas pelo frio, permanecendo em estado de dormência após o período de exposição ao frio (Figura 2A e 4A). Este estado de dormência está associado, principalmente, à paradormência, em que as gemas laterais são inibidas de brotar pela influência da dominância apical (Taiz et al., 2017). Para Maguylo et al. (2012) e Durner (2013) o crescimento das gemas laterais é controlado, preponderantemente, pela paradormência, do que pelo estado intrínseco da endodormência.

O efeito inibitório da dominância apical sobre a brotação das gemas laterais foi suprimido no tratamento sem apicais. A remoção da gema apical promoveu cerca de 13,5% a mais de gemas laterais brotadas, se comparadas aos tratamentos que dispunham de gemas terminais (Estacas inteiras, sem laterais alternadas, sem laterais inferiores e sem laterais superiores) ($F = 57,255$; $p < 0,0001$) (Figuras 2A e 2D). Com a retirada da gema apical, a dominância por ela exercida sobre as gemas laterais é eliminada, ocorrendo, segundo Techmann e Muhr (2015), melhor distribuição da seiva, exclusão da inibição basípeta promovida pela auxina e maior ação axilar de citocininas, favorecendo a brotação das gemas laterais. Além disso, o tratamento sem apicais promoveu maior precocidade das gemas axilares (brotação 5,1 dias antes que os tratamentos estacas inteiras, sem laterais alternadas e sem laterais inferiores) ($F = 72,374$; $p < 0,0001$) (Figuras 2B e 2E), não havendo distinção entre tratamentos para uniformidade de brotação (Figuras 2C e 2F). Hawerth et al. (2009), trabalhando com as cultivares de pessegueiro Coral, Rubidoux e Eragil, também verificaram que o desponte em estacas (remoção da gema apical) incrementou a brotação de gemas laterais pela eliminação do efeito da dominância apical.

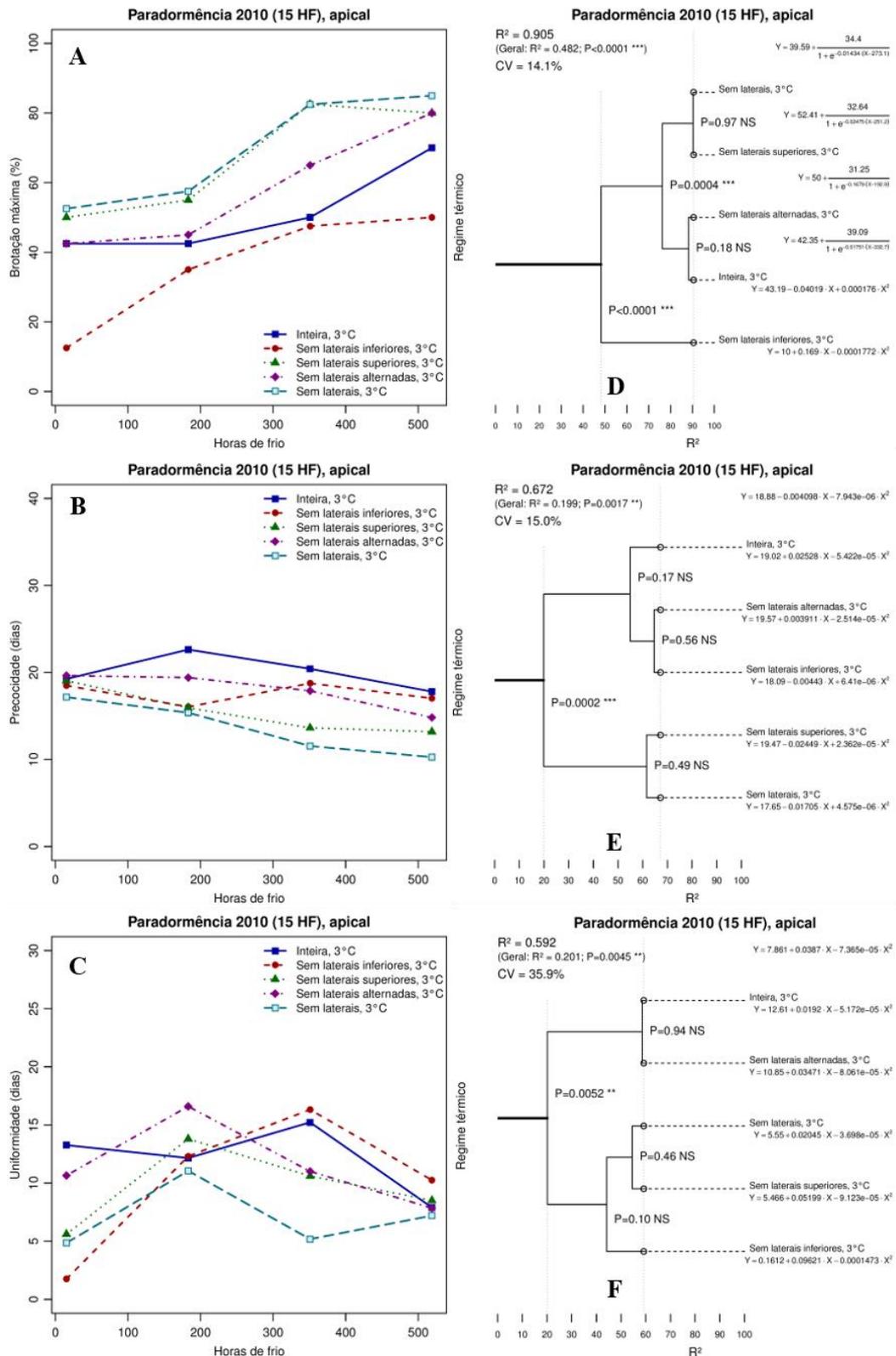


Figura 1 Brotação máxima (A), precocidade (B) e uniformidade (C) das gemas apicais de ‘Castel Gala’ submetidas a tratamentos, quanto à disposição das gemas axilares no ramo, e após expostas à temperatura de 3 °C durante o período de dormência, ano de 2010. A quantidade de HF $\leq 7,2$ °C ocorridas no campo até a data de coleta estão indicadas no título dos gráficos. (A, B e C) Valores observados; (D, E e F) Análise estatística (representação gráfica da análise de variância).

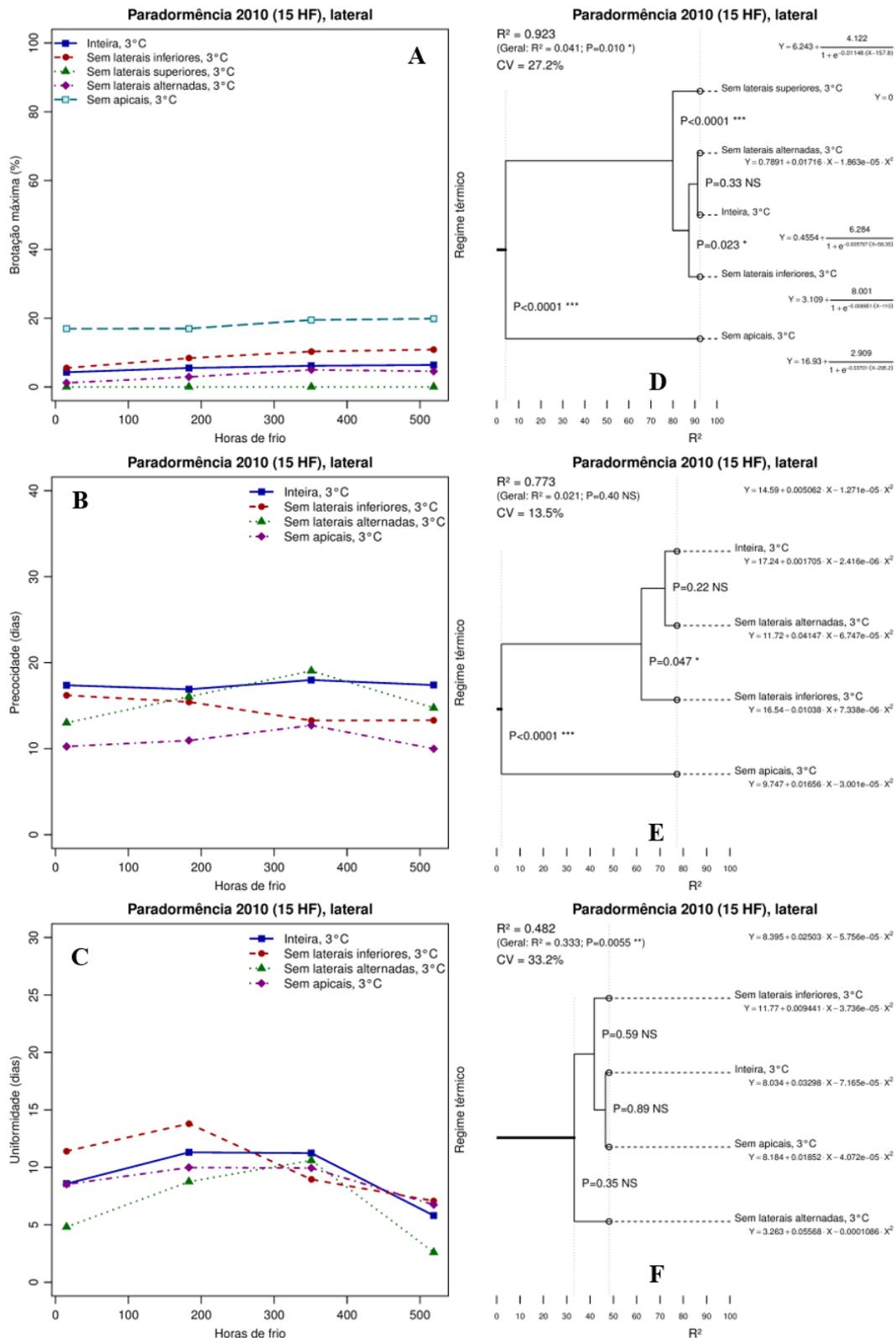


Figura 2 Brotação máxima (A), precocidade (B) e uniformidade (C) das gemas laterais de ‘Castel Gala’ submetidas a tratamentos, quanto à disposição das gemas axilares no ramo, e após expostas à temperatura de 3 °C durante o período de dormência, ano de 2010. A quantidade de HF $\leq 7,2$ °C ocorridas no campo até a data de coleta estão indicadas no título dos gráficos. (A, B e C) Valores observados; (D, E e F) Análise estatística (representação gráfica da análise de variância).

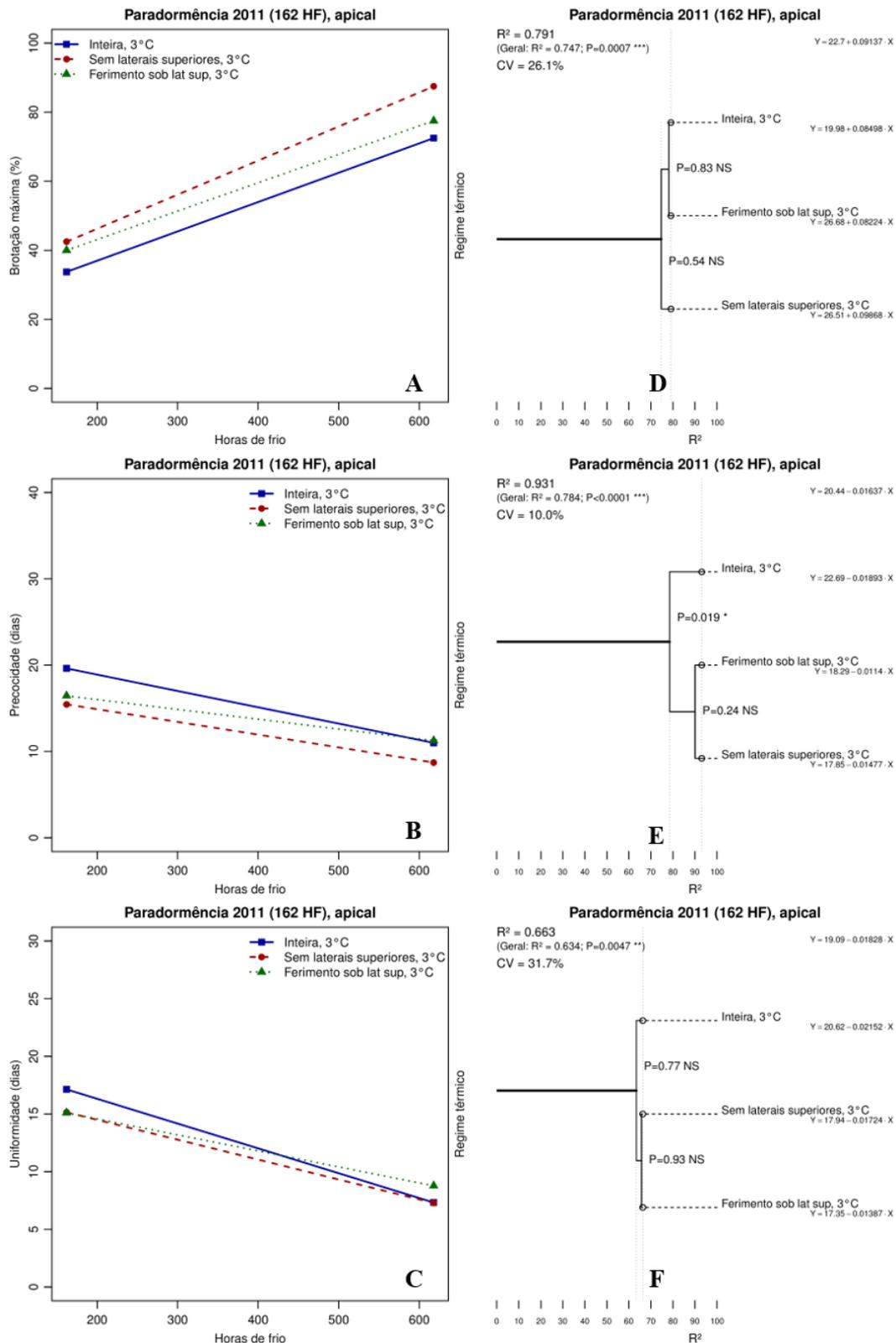


Figura 3 Brotação máxima (A), precocidade (B) e uniformidade (C) das gemas apicais de ‘Castel Gala’ submetida a tratamentos, quanto à disposição das gemas axilares no ramo, e após expostas à temperatura de 3 °C durante o período de dormência, ano de 2011. A quantidade de HF $\leq 7,2$ °C ocorridas no campo até a data de coleta estão indicadas no título dos gráficos. (A, B e C) Valores observados; (D, E e F) Análise estatística (representação gráfica da análise de variância).

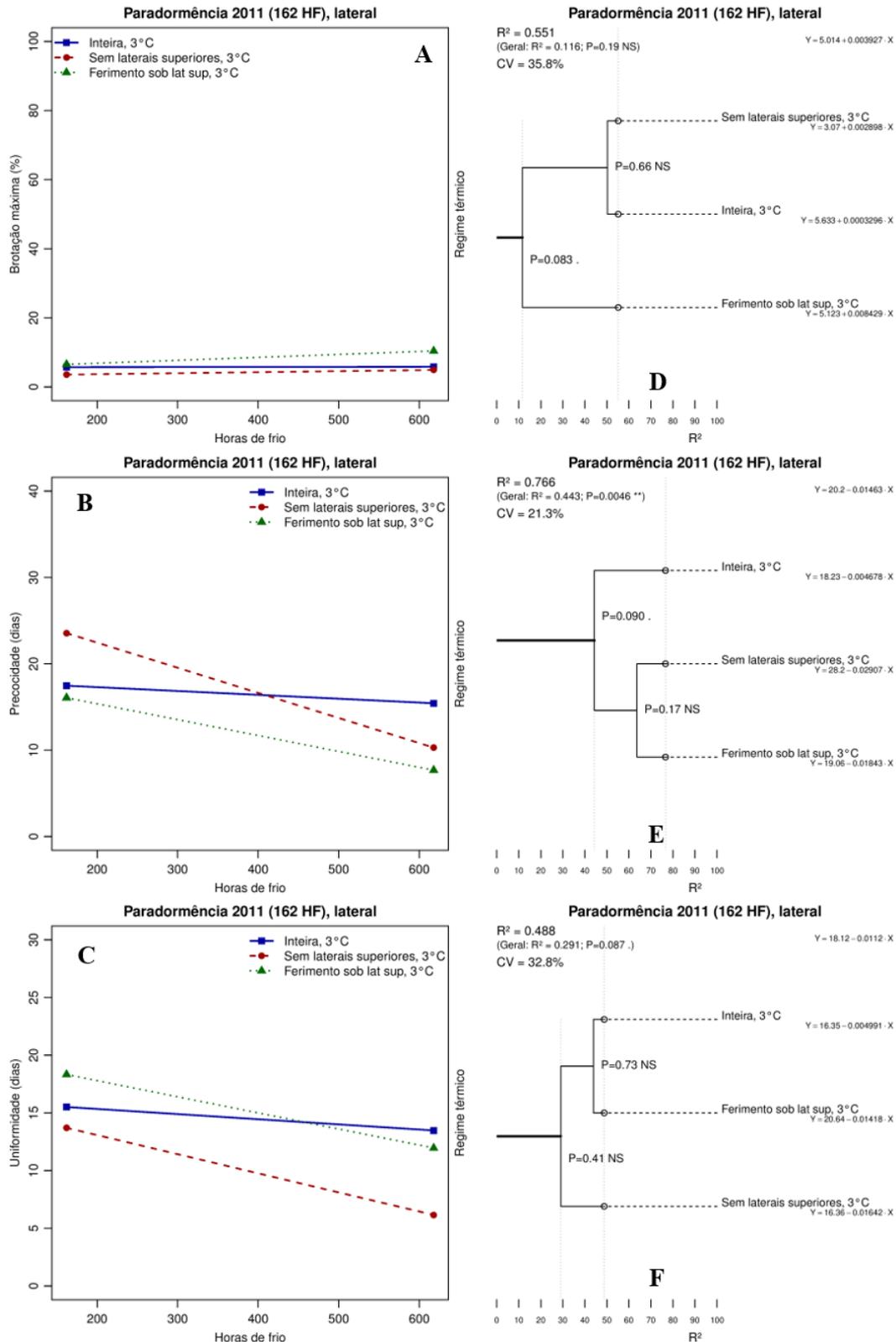


Figura 4 Brotação máxima (A), precocidade (B) e uniformidade (C) das gemas laterais de ‘Castel Gala’ submetida a tratamentos, quanto à disposição das gemas axilares no ramo, e após expostas à temperatura de 3 °C durante o período de dormência, ano de 2011. A quantidade de HF ≤ 7,2 °C ocorridas no campo até a data de coleta estão indicadas no título dos gráficos. (A, B e C) Valores observados; (D, E e F) Análise estatística (representação gráfica da análise de variância).

A resposta da brotação das gemas laterais, em estacas com a presença da gema apical, variou conforme o tratamento. Em 2010, os tratamentos estacas inteiras e sem laterais alternadas não diferiram entre si ($F = 1,358$; $p = 0,33$) (4,7% de brotação), enquanto os mesmos se distinguiram do tratamento sem laterais inferiores ($F = 3,579$; $p = 0,023$) (7,8% de brotação) (Figuras 2A e 2D). Isto indica que a remoção das gemas laterais inferiores estimula a brotação das laterais superiores, sugerindo que gemas axilares basais em estacas de macieira possam exercer alguma influência hormonal e/ou metabólica inibitória sobre as laterais superiores. De acordo com Schneider et al. (2019), fatores envolvidos na inter-relação entre gemas laterais estão relacionados a formação de ABA (ácido abscísico) e pela expressão do gene repressor DAM pelas gemas axilares no período de dormência, o qual inibem determinados tipos de RNA (ácido ribonucléico), impedindo a formação de proteínas necessárias ao crescimento de gemas adjacentes. O tratamento sem laterais superiores diferiu dos demais tratamentos ($F = 63,332$; $p < 0,0001$) (Figuras 2A e 2D), por não ter proporcionado brotação das gemas basais. Isto mostra que as gemas laterais inferiores têm brotação pequena ou nula em estacas de macieira. Em relação à análise do parâmetro precocidade (2010 e 2011), uniformidade (2010 e 2011) e brotação máxima (2011), não se observaram diferenças significativas entre os tratamentos (Figuras 2B, 2C, 2E, 2F e 4).

Em relação às gemas apicais, no experimento de 2010, o grupo formado pelos tratamentos sem laterais e sem laterais superiores apresentou maior percentual de brotação máxima (80% de brotação) ($F = 28,224$; $p = 0,0004$), se comparado ao grupo formado por estacas inteiras e sem laterais alternadas (52% de brotação), após 336 HF (Figuras 1A e 1D). Isto indica que a remoção de todas as gemas laterais superiores estimulou a brotação das gemas apicais, mostrando que as gemas laterais superiores podem inibir, em parte, a brotação das gemas apicais, reduzindo a brotação ou aumentando a necessidade de frio para superação da dormência. Peruzzo et al. (2015), trabalhando com a cultivar de macieira Royal Gala, verificaram que estacas sem a presença de gemas laterais atingiram 70% de brotação máxima das gemas apicais, enquanto estacas intactas atingiram 25% de brotação das

gemas apicais, indicando que as gemas laterais exercem um efeito repressor sobre a evolução da dormência de gemas apicais em macieira. Além disso, em relação a evolução da brotação nos diferentes tempos de frio, observaram que o tratamento sem laterais antecipou a superação da dormência da cultivar Royal Gala para 400 HF, enquanto que no tratamento controle (estacas intactas) a superação ocorreu com 600 HF (Peruzzo et al., 2015).

Para a superação da dormência, o acúmulo de frio estimula a ação de hormônios promotores (citocininas, auxinas e giberelinas) e a taxa de respiração e diminui a ação de hormônios inibidores, estimulando a retomada de crescimento das plantas (Fádon et al., 2020). O tratamento sem laterais inferiores apresentou uma brotação menor das gemas apicais, com redução de 24,8% a todos os tratamentos ($F = 70,832$; $p < 0,0001$), após a superação da endodormência, (Figuras 1A e 1D), confirmando o poder inibitório das gemas laterais superiores sobre a brotação da gema apical. Os tratamentos estacas inteiras e sem laterais alternadas não diferiram entre si em termos de brotação máxima ($F = 2,226$; $p = 0,18$), indicando que as gemas restantes da remoção alternada foram suficientes para manter o efeito inibitório sobre a gema apical. Também não houve diferença ($F = 0,156$; $p = 0,97$) entre os tratamentos sem laterais e sem laterais superiores, sugerindo que a gema terminal não é afetada pelas gemas laterais inferiores (Figuras 1A e 1D). De acordo com Fioravanzo e Santos (2013) as gemas apicais da macieira são, geralmente, gemas mistas. Dessa forma, fatores que interfiram na brotação da gema apical podem comprometer o potencial de produção da planta.

A influência das gemas laterais superiores sobre a brotação da gema apical, observada em 2010 (Figura 1), foi reavaliada em 2011 (Figura 3). Nesta segunda análise, o foco foi definir se o potencial de brotação das gemas apicais foi influenciado, essencialmente, pela remoção das gemas laterais do ramo ou se foi reflexo do dano causado quando da eliminação das gemas axilares da estaca. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre as curvas de brotação máxima nesse experimento (Figuras 3A e 3D). Entretanto, observou-se uma tendência do ferimento realizado abaixo das gemas laterais resultar em maior brotação das gemas apicais em relação às estacas inteiras, porém menor se

comparada ao tratamento sem laterais superiores (Figura 2A). Tal fato indica que o ferimento pode ter influência sobre a brotação da gema apical, porém, a maior interferência se deve à presença das gemas axilares superiores. Williams et al. (1979), trabalhando com estacas de nós isolados em macieira, verificaram que o ferimento (corte) realizado próximo às gemas axilares provocou aumento da produção de etileno, resultando em aumento no percentual de brotação, o que corrobora com os resultados obtidos do presente estudo.

A avaliação em apenas dois pontos extremos de número de horas de frio, em 2011, impediu que se verificasse um possível efeito na exigência em frio causado pelos tratamentos, pois em 2010 as principais diferenças entre os tratamentos se manifestaram em torno de 336 HF (Figura 1A). A interação entre gemas laterais e apicais manifestada pelo uso de estacas intactas confere a este método condições ideais para estudos de modelagem da dormência e predição da brotação (Anzanello et al., 2014a). Como consequência, são mantidas as estimativas das inter-relações entre os tecidos da planta, podendo-se inferir com maior aproximação as respostas às condições reais (Dennis Junior, 2003). Segundo Dole (2001), o método de estacas intactas é baseado no princípio da inibição correlativa, avaliando-se, em conjunto, a paradormência e a endodormência, sendo, portanto, mais fidedigno para análise do estado de dormência. Além disso, estacas intactas apresentam menor restrição de durabilidade, quando plantadas em espuma fenólica, devido ao maior aporte de reservas, menor exposição dos tecidos internos e menor desequilíbrio hormonal, induzidos pelos cortes nos tecidos, se comparados ao método de estacas de nós isolados (Anzanello et al., 2014a).

Quanto à precocidade de brotação, no ano de 2010, as gemas apicais dos tratamentos que continham gemas laterais superiores (Estacas inteiras, sem laterais alternadas e sem laterais inferiores) levaram mais tempo para brotar, diferindo significativamente dos tratamentos sem laterais superiores e sem laterais ($F = 37,761$; $p = 0,0002$) (Figuras 1B e 1E). Em 2011, a mesma resposta foi obtida, com maior precocidade das gemas apicais em estacas sem a presença das gemas axilares superiores, se comparadas às estacas intactas ($F = 3,963$; $p = 0,019$) (Figuras 3B e 3E). Isso mostra que as gemas axilares

superiores afetam tanto o percentual de brotação das gemas apicais quanto a sua velocidade de brotação.

O tratamento sem laterais apresentou maior velocidade de brotação das gemas apicais, sobretudo, após a superação da endodormência (336 HF) (6,2 dias antes comparado aos demais tratamentos), atribuindo alto potencial para brotarem, quando mantidas solitárias nos ramos (Figura 1B). Conforme Durner (2013) e Petri et al. (2016) estruturas de frutificação resultam em força de dreno no início do ciclo de produção, ocasionando alterações no potencial de brotação e crescimento vegetativo dos ramos, devido à competição dos tecidos por nutrientes e reservas. O atraso da brotação das gemas apicais nos tratamentos estacas inteiras, sem laterais alternadas, sem laterais inferiores e sem laterais superiores deve-se a razão das reservas na planta serem particionadas, reguladas pelas necessidades fisiológicas e intervenções fitotécnicas adotadas nas plantas (Anzanello e Souza, 2015). Os tratamentos estacas inteiras, sem laterais alternadas, sem laterais inferiores e sem laterais superiores tiveram parcela das reservas destinadas à brotação das gemas apicais e outra parcela à brotação das gemas laterais, enquanto no tratamento sem laterais as reservas foram direcionadas somente para as gemas terminais, antecipando a sua brotação.

Para a uniformidade de brotação das gemas apicais, em 2010, o grupo formado pelos tratamentos sem laterais, sem laterais superiores e sem laterais inferiores diferiu significativamente do grupo composto por estacas inteiras e sem laterais alternadas ($F = 23,579$; $p = 0,0052$) (Figuras 1C e 1F). A presença de gemas laterais ao longo do ramo (I e A) provocou maior desuniformidade de brotação das gemas apicais. Verificou-se, também, que os tratamentos sem laterais e sem laterais superiores não diferiram entre si ($F = 0,401$; $p = 0,46$) (Figuras 1C e 1F), apresentando maior uniformidade de brotação das gemas apicais, devido à ausência da interferência das gemas laterais superiores sobre a gema terminal, especialmente após a superação da dormência (336 HF). Para Herter et al. (2001) e Carvalho e Biasi (2012) estacas de nós isolados, que não apresentam interação entre gemas, apresentam índice de velocidade de brotação (gemas brotadas/dia) mais restrito (uniforme) com o aumento da duração do frio. Anzanello

(2019) também observou maior uniformidade de brotação de gemas de videiras cv. Itália após a superação da dormência pelo método de estacas de nós isolados (estacas com uma única gema) Em 2011, não houve diferenças significativas entre os tratamentos para o parâmetro uniformidade (Figuras 3C e 3F).

Os resultados mostram que as gemas apicais são afetadas pela presença das gemas laterais superiores quando analisados, especialmente, em relação aos parâmetros brotação máxima e precocidade. A interferência das gemas laterais na brotação da gema apical deve ser aprofundada em trabalhos futuros, devendo-se realizar estudos em nível hormonal, genético e metabólico, para melhor explicar o efeito dessa interação.

4 Conclusão

A brotação das gemas apicais de macieiras é influenciada pelas gemas laterais situadas próximas à extremidade superior dos ramos, sendo uma informação relevante do ponto de vista fisiológico e fitotécnico, considerando que a produção se concentra neste grupo de gemas. A implicação prática da pesquisa consiste nas gemas laterais poderem suprimir, em parte, o potencial produtivo da macieira, o qual é centrado nas gemas apicais dos ramos.

Referências

- Alvarez, H. C.; Salazar-Gutierrez, M.; Zapata, D.; Keller, M.; Hoogenboom, G. Time-to-event analysis to evaluate dormancy status of single-bud cuttings: an example for grapevines. **Plant Methods**, v. 94, n. 14, p. 1–13, 2018. <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0361-0>
- Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Gonçalves, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Anzanello, R.; Fialho, F. B.; Santos, H. P.; Bergamaschi, H.; Marodin, G. A. B. Métodos biológicos para avaliar a brotação de gemas em macieira para modelagem da dormência. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1163–1176, 2014a. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1163>
- Anzanello, R.; Fialho, F. B.; Santos, H. P.; Bergamaschi, H.; Marodin, G. A. B. Bud dormancy in apple trees after thermal fluctuations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 457–464, 2014b. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000600007>
- Anzanello, R.; Souza, P. V. D. Conteúdo de reservas, vigor vegetativo e rendimento de videiras submetidas a duas safras por ciclo vegetativo. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 2, p. 719–730, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p719>
- Anzanello, R.; Fialho, F. B.; Santos, H. P. Chilling requirements and dormancy evolution in grapevine buds. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n. 4, p. 364–371, 2018. <https://doi.org/10.1590/1413-70542018424014618>
- Anzanello, R. Evolution of the grapevine bud dormancy under different thermal regimes. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 6, p. 3419–3428, 2019. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2019v40n6Supl3p3419>
- Campoy, J. A.; Ruiz, D.; Egea, J. Dormancy in temperate fruit trees in a global warming context: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 130, n. 2, p. 357–372, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.07.011>
- Considine, M. J. On the language and physiology of dormancy and quiescence in plants. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 11, p. 3189–3203, 2016. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw138>
- Cook, N. C.; Jacobs, G. Suboptimal winter chilling impedes development of acrotony in apples trees. **HortScience**, v. 34, n. 7, p. 1213–1216, 1999. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.34.7.1213>
- Carvalho, R. I. N.; Biasi, L. A.; Zanette, F.; Santos, J. M.; Pereira, G. P. Estádios de brotação de gemas de fruteiras de clima temperado para o teste biológico de avaliação de dormência. **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 1, p. 93–100, 2010.
- Carvalho, R. I. N.; Biasi, L. A. Índice para a avaliação da intensidade de dormência de gemas de fruteiras de clima temperado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 936–940, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000300037>
- Dennis Junior, F. G. Problems in standardizing methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in buds of woody plants. **HortScience**, v. 38, n. 3,

- p. 347–350, 2003. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.38.3.347>
- Diniz, J. D. N.; Gomes, S. O.; Innecco, R.; Almeida, J. L.; Costa, J. T. A. Avaliação dos efeitos da quebra da dominância apical e do BAP na multiplicação *in vitro* de *Heliconia stricta* Huber. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 35, Número Especial, p. 232–237, 2004.
- Dole, J. Standardizing methods for evaluating the chilling requirements for the breaking of dormancy in bulbs, corms, and tubers. **HortScience**, v. 38, n. 3, p. 341–346, 2001. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.38.3.347>
- Durner, E. F. **Principles of horticultural physiology**. 1ª ed. Wallingford: Oxfordshire, 2013. 403p.
- Fadón, E.; Herrera, S.; Gurrero, B. I.; Guerra, M. E.; Rodrigo, J. Chilling and heat requirements of temperate stone fruit trees (*Prunus* sp.). **Agronomy**, v. 10, n. 3, p. 1–32, 2020. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030409>
- FAO. **Faostat: production-crops**. 2018. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> >. Acesso em 03 de dezembro de 2020.
- Fialho, F. B.; Santos, H. P.; Anzanello, R. **Modelo matemático para avaliação da dormência em gemas de plantas frutíferas de clima temperado**. Brasília: Embrapa, 2020 (Circular Técnica, 151).
- Fioravanço, J. C.; Santos, R. S. S. **Maçã: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. 1ª ed. Brasília: Embrapa, 2013. 239p. (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas)
- Hawerth, F. J.; Petri, J. L.; Leite, G. B.; Herter, F. G.; Marafon, A. C. Efeito do frio e do desponte na brotação de gemas em pessegueiro. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 440–446, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000200018>
- Hawerth, F. J.; Petri, J. L. **Controle do desenvolvimento vegetativo em macieira e pereira**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. 35 p. (Documentos, 147)
- 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**, v. 23, n. 2, p. 261–264, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000200011>
- IBGE. **Dados de produção, área e produtividade de macieira no Brasil**. 2019. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457> >. Acesso em 03 de dezembro de 2020.
- Maguylo, K.; Theron, K.; Cook, N. C. Environment and position of first bud to break on apple shoots affects lateral outgrowth. **Trees**, v. 26, n. 2, p. 663–675, 2012. <https://doi.org/10.1007/s00468-011-0634-y>
- Melke, A. The physiology of chilling temperature requirements for dormancy release and bud-break in temperate fruit trees grown at mild winter tropical climate. **Journal of Plant Studies**, v. 4, n. 2, p. 110–156, 2015. <https://doi.org/10.5539/jps.v4n2p110>
- Ono, E. O.; Júnior, J. F. G.; Rodrigues, J. D. Reguladores vegetais na quebra da dominância apical de mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 348–350, 2004.
- Peruzzo, S. N.; Marchi, V. V.; Souza, D. A.; Santos, H. P.; Fialho, F. B. Controle de gemas laterais sobre a evolução da endodormência de gemas apicais em macieira, 1., 2015, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa, 2015. p. 32–32.
- Peterson, R.; Krost, C. Tracing a key player in the regulation of plant architecture: the columnar growth habit of apple trees (*Malus domestica*). **Planta**, v. 238, n. 1, p. 1–22, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00425-013-1898-9>
- Petri, J. L.; Hawerth, F. J.; Leite, G. B.; Sezerino, A. A.; Couto, M. **Reguladores de crescimento para frutíferas de clima temperado**. 1ª ed. Florianópolis: Epagri, 2016. 141p.
- R Core Team. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna: Austria, 2019. Disponível em: < <https://www.R-project.org> >. Acessado em: 30 jul 2019.
- Rubio, S.; Dantas, D.; Bressan-Smith, R.; Pérez, F.J. Relationship between endo-dormancy and cold hardiness in grapevine buds. **Journal Plant Growth Regulation**, v. 35, n. 1, p. 266–275, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00344-015-9531-8>

- Schneider, A.; Godin, C.; Boudon, F.; Demotes-Mainard, S.; Sakr, S.; Bertheloot, J. Light Regulation of Axillary Bud Outgrowth Along Plant Axes: An Overview of the Roles of Sugars and Hormones. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, n. 1, p. 1–17, 2019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01296>
- Taiz, L.; Zeiger, E.; Moller, I. M.; Murphy, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.
- Teichmann, T.; Muhr, M. Shaping plant architecture. **Frontiers in Plant Science**, v. 16, n. 1, p. 1–18, 2015. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00233>
- Williams, R. R.; Edwards, G. R.; Coombe, B. G. Determination of the pattern of winter dormancy in lateral buds of apples. **Annals of Botany**, v. 44, n. 5, p. 575–581, 1979. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085769>