

Previsão de colheita de maçãs com base na soma térmica



Gabriel Berenhauer Leite¹, Carlos Eduardo Sales de Araújo², Wilian Silva Ricce³ e Marcelo Couto⁴

Resumo – O acúmulo de temperatura em graus-dia é um índice muito empregado para a determinação do ciclo de várias culturas e permite a estimativa do período de colheita. O objetivo do trabalho foi calcular a soma térmica dos cultivares de macieira entre a floração e a colheita para prever a data colheita em clima Cfb. As somas térmicas em graus-dias foram calculadas a partir das temperaturas máxima, mínima e média diárias, usando-se um valor de temperatura basal superior (TBS) de 35°C e valores de temperatura basal inferior (TBI) de 4,5°C. Nove cultivares, sobre dois porta-enxertos, M9 e M26, foram analisados. Os cultivares foram agrupados em classes de soma térmica e para cada classe simularam-se sete diferentes cenários, representando os decêndios de início da floração. Para a previsão da data de colheita foram gerados 28 mapas considerando quatro classes de somas térmicas: 1.750 GD (cultivares Imperatriz, Lis Gala e Monalisa), 1.850 GD (Condessa), 2.350 GD (Castel Gala e Daiane), 2.700 GD (Fuji Suprema e Baronesa). Os porta-enxertos não influenciaram na necessidade de soma térmica dos cultivares. As necessidades de soma térmicas dos cultivares, da floração à colheita, foram condizentes com a sequência de colheita observada, sendo o tamanho do ciclo determinado pelo número de graus-dias acumulados. A soma térmica dos cultivares pode ser utilizada para a previsão da data de maturação/colheita da macieira.

Termos para indexação: *Malus domestica*; Graus-dia; Fenologia.

Prediction of apple harvest date based on thermal sum

Abstract – The accumulation of temperature in degree-days is an index widely used to determine the cycle of several cultures and allows the estimation of the harvest period. Degree days were calculated from the maximum, minimum and average daily temperatures, using an upper basal temperature value of 35°C and a lower basal temperature value of 4.5°C. Nine cultivars on two rootstocks were analyzed. The cultivars were grouped into thermal sum classes and for each class seven different scenarios were simulated, representing the ten-day periods of flowering onset. To predict the harvest date, 28 maps were generated considering four classes of thermal sums: 1.750 GD (Imperatriz, Lis Gala and Monalisa cultivars), 1.850 GD (Countess), 2.350 GD (Castel Gala and Daiane), 2.700 GD (Fuji Suprema and Baronesa). The rootstocks did not influence the need for thermal sum of the cultivars. The need for thermal sums of the cultivars, from flowering to harvest, were consistent with the observed harvest sequence, with the length of the cycle being determined by the number of degree-days accumulated. The thermal sum of the cultivars can be used to predict the ripening/harvest date of the apple tree

Index terms: *Malus domestica*; Degree-days; Phenological phases.

Introdução

A colheita é um momento-chave na produção da maçã, em que todo o esforço despendido durante o ciclo pode ser perdido. O conhecimento com antecedência do período em que ocorrerá a colheita é importante para o planejamento das atividades, contratação e alocação de mão de obra, podendo levar a uma redução do custo destas atividades. Do mesmo modo, os processos de aquisição, conservação, classificação e embalagem da fruta devem ser plane-

jados anteriormente para evitar problemas no momento da colheita. Modelos de previsão dos estágios fenológicos em fruteiras de clima temperado podem auxiliar no planejamento dessas atividades ao longo do ciclo de produção, como acontece com pêssegos e nectarinas (DAY et al., 2008).

A variabilidade do ciclo da macieira, em dias, torna as previsões da data de colheita, usando o número médio de dias para a colheita, imprecisas em muitos anos (PERRY et al., 1987). Diante disso, o acúmulo de temperatura em

graus-dia é um índice muito empregado para a determinação do ciclo de várias culturas (RICCE et al., 2013) e permite a estimativa do período de colheita. A duração do ciclo de desenvolvimento do fruto é regulada principalmente pela temperatura entre a floração e o amadurecimento, de acordo com a resposta de cada cultivar à temperatura (MARRA et al., 2002; DAY et al., 2008).

O uso do acúmulo de graus-dia se baseia na relação entre desenvolvimento vegetal e temperatura, subsistindo uma temperatura base abaixo da qual a

Submetido em 01/07/2022. Aceito para publicação em 26/12/2022.

Doi: <http://doi.org/10.52945/rac.v36i1.1515>

¹ Eng.-agr., Dr., Epagri/Ciram, Rod. Admar Gonzaga, 1347, 88034-901, Florianópolis, SC, E-mail: gabriel@epagri.sc.gov.br. ORCID: 0000-0002-7479-7409

² Oceanógrafo, Dr., Epagri/Ciram, Florianópolis, SC, E-mail: kadu_araujo@epagri.sc.gov.br. ORCID: 0000-0002-6377-8536

³ Eng.-agr., Dr., E-mail: wilianricce@gmail.com

⁴ Eng.-agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Caçador (EECd), E-mail: marcelocouto@epagri.sc.gov.br. ORCID: 0000-0002-8359-3256

planta possui desenvolvimento baixo ou nulo. A evolução das fases fenológicas depende da acumulação das somas térmicas e o tempo entre uma fase e outra está diretamente relacionado com as temperaturas ocorridas nesse período (PETRI et al., 2012). Segundo Lucchesi et al. (1977), durante o ciclo de uma cultura a somatória dos graus-dia é praticamente constante. Assim, mesmo sendo cultivada em regiões climaticamente diferentes, a cultura requer quantidade semelhante de soma térmica para completar o seu ciclo de frutificação (do florescimento à maturação), desde que não existam fatores limitantes naturais do desenvolvimento, tais como deficiências de água, nutrição, pragas e moléstias. Deste modo, a quantificação da necessidade térmica para cada mudança de estado fenológico pode ser uma boa ferramenta para estimar o tamanho do ciclo da cultura em regiões climaticamente diferentes.

O objetivo desse trabalho foi determinar a necessidade de soma térmica da floração para a maturação das maçãs e desenvolver método de previsão de início da colheita das diferentes cultivares estudadas.

Material e métodos

Utilizando os dados de temperatura do ar máxima, média e mínima diárias da estação meteorológica de Caçador, Santa Catarina, Brasil (26°46' S; 51°00' W; altitude 920m), foram calculados os graus-dia empregando-se o método de cálculo proposto por Ometto (1981) para as somas térmicas. Para os cálculos utilizou-se um valor de temperatura basal superior (TBS) de 35°C e valores de temperatura basal inferior (TBI) de 4,5°C (PUTTI et al., 2006).

As somas térmicas diárias foram computadas por fase fenológica (1. C3 – Início de brotação; 2. Início de brotação – Início floração; 3. Início floração – Floração plena; 4. Floração plena – Fim floração; 5. Fim floração – Início maturação; 6. Início maturação – Fim maturação) para nove cultivares (Baronesa,

Fuji Suprema, Fred Hough, Condessa, Imperatriz, Lisgala, Castel Gala, Daiane e Monalisa) enxertados sobre dois porta-enxertos (M-9 e M-26). Os seis primeiros cultivares citados tiveram 14 anos de dados fenológicos, enquanto Castel Gala e Daiane, 7 anos, e Monalisa apenas cinco anos. Os anos analisados foram usados como repetições. A previsão da data de colheita foi realizada apenas para os seis cultivares que apresentavam o mesmo número de anos de dados fenológicos.

Para verificar a influência dos dois porta-enxertos (M9 e M26) foram realizados testes estatísticos tanto para a variável soma térmica quanto para a variável dias entre fases fenológicas. Inicialmente realizou-se um teste-F (FOX, 1980) para verificar a igualdade da variância entre o conjunto de dados dos dois porta-enxertos. A partir do resultado do teste F realizou-se um teste T tradicional (mesma variância) ou um teste T de Welch (diferentes variâncias) para verificar a igualdade de médias entre os conjuntos de dados (RICE, 2006) dos diferentes porta-enxertos. No passo seguinte, realizou-se uma análise de variância Anova bidirecional (MILLER JR, 1997) para verificar os efeitos isolados dos cultivares de maçã e dos porta-enxertos e também determinar uma possível influência da interação entre esses dois fatores nos resultados.

Para a previsão da data de colheita, a partir da necessidade de soma térmica observada para os cultivares analisados e da data de plena floração, foi utilizada a base climática de temperatura ERA5-land (disponível na plataforma Copernicus da União Europeia) para o cálculo dos graus-dia (GD) e da soma térmica acumulada. Adotou-se o período de 1991 até abril de 2021 para se calcular a climatologia das datas médias de colheita, de forma a se incluir as safras de 1991 até 2020.

Para cada classe de soma térmica simularam-se sete diferentes cenários, representando os decêndios (D) de início da floração dos pomares, sendo: Cenário 1, floração D23 – 11 a 20/08;

Cenário 2, floração D24 – 21 a 31/08; Cenário 3, floração D25 – 01 a 10/09; Cenário 4, D26 – 11 a 20/09; Cenário 5, D27 – 21 a 30/09; Cenário 6, D28 – 01 a 10/10; e Cenário 7, D29 - de 11 a 20/10. A referência da data de início das somas térmicas foi o meio dos decêndios.

Para a previsão da data de colheita foram gerados mapas considerando quatro classes de somas térmicas: 1.750 GD (cultivares Imperatriz, Lis Gala e Monalisa) (Figura 3), 1.850 GD (Condessa) (Figura 4), 2.350 GD (Castel Gala e Daiane) (Figura 5), 2.700 GD (Fuji Suprema e Baronesa) (Figura 6).

Para cada classe de soma térmica simularam-se sete diferentes cenários, representando os decêndios de início da floração dos pomares, começando no segundo decêndio de agosto e indo até o segundo decêndio de outubro. A referência da data de início das somas térmicas foi o meio dos decêndios. Dessa forma foram gerados 28 mapas, cada um representando uma data provável de colheita de um cultivar específico de maçã e para um determinado cenário (decêndio) de início da floração.

Resultados e discussão

Nas Figuras 1 e 2 são mostrados o ciclo da macieira em números de dias e em graus-dias, para cada estágio fenológico, da brotação ao início da maturação. De modo geral, os dados representam a sequência de colheita dos cultivares observados a campo, na região de Caçador, sendo 'Baronesa', com um ciclo médio de 197 dias, o cultivar com colheita mais tardia, no mês de abril, seguido de 'Fuji', com ciclo de 179 dias, no mês de março. 'Monalisa' e 'Lisgala' apresentaram o mesmo ciclo em dias (129). A maturação de 'Monalisa' ocorreu uma semana antes de 'Lisgala', sendo seguido pela colheita do cultivar Daiane (154 dias), em torno de 20 a 30 dias após o cultivar Gala. 'Condessa', apesar de ser a primeira dessas variedades a ser colhida, em meados de janeiro, apresentou um ciclo de desenvolvimento de 145 dias, maior do que 'Mo-

nalisa' e 'Gala'. Isso pode ser explicado pela data antecipada de brotação e floração, fazendo com que a precocidade de colheita se dê pelo adiantamento do ciclo em relação às outras variedades e não por apresentar um ciclo mais curto.

A necessidade de soma térmica para completar o ciclo da macieira foi coerente com o tamanho do ciclo em dias e a época de colheita de cada cultivar, exceto 'Condessa' que, apesar de ter seu ciclo em dias maior e a necessidade térmica similar a 'Monalisa', 'Lisgala' e 'Imperatriz', apresenta colheita antecipada em relação aos outros cultivares devido à antecipação da brotação e ao consequente avanço do ciclo em relação aos outros. Segundo Denardi & Camilo (1998), em Caçador, SC, a brotação do cultivar Condessa ocorre aproximadamente um mês antes de 'Daiane', apesar de apresentarem necessidades térmicas semelhantes. Essa diferença pode ser relacionada à menor necessidade de frio de 'Condessa', com a consequente antecipação da brotação/floração.

A estimativa da duração do ciclo da macieira e a previsão da data de início da maturação ou colheita no sul do Brasil, a partir do início da brotação, podem ser prejudicadas por alguns fatores que modificam a resposta da planta. São exemplos a quantidade de frio ocorrida no inverno e a temperatura após a saída da endodormência (PUTTI et al., 2006). De modo geral, o aumento da quantidade de frio no inverno é acompanhado da redução da necessidade de soma térmica para o início da brotação e floração (JACKSON, 2005). Couvilon & Erez (1985) observaram, para plantas de pera do cultivar Kieffer, uma redução significativa da necessidade de horas de calor, de 5 mil horas quando nenhuma unidade de frio excedeu suas exigências para a saída da dormência, para apenas 400 horas de calor, quando foram fornecidas 2.400 UF além do exigido pelo cultivar.

Além disso, a prática de indução artificial da brotação, que pode variar conforme o tipo de produto, a dosagem e a época de aplicação, dificulta mais ainda a estimativa da necessidade de soma térmica entre o final da dormência e a

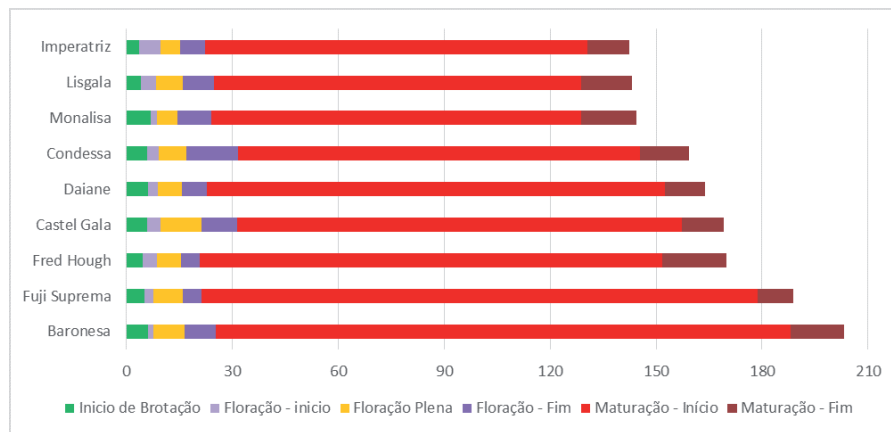


Figura 1. Número de dias entre as fases fenológicas C3- início brotação; Início da brotação – início floração; Início floração – floração plena; Floração plena – final de floração; Final de floração – início maturação e Início maturação – final maturação
 Figure 1. Number of days between the phenological phases C3- beginning budburst; Beginning of budding – beginning of flowering; Beginning of flowering – full flowering; Full flowering – late flowering; End of flowering – beginning of maturation and Beginning of maturation – final of maturation

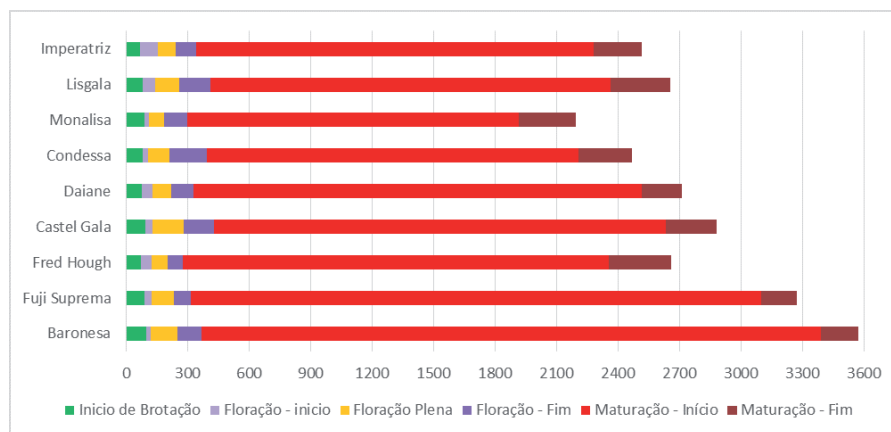


Figura 2. Soma térmica (GDH°) entre as fases fenológicas C3- início brotação; Início da brotação – início floração; Início floração – floração plena; Floração plena – final de floração; Final de floração – início maturação e Início maturação – final maturação
 Figure 2. Thermal sum (GDH°) between the phenological phases C3- beginning budburst; Beginning of budding – beginning of flowering; Beginning of flowering – full flowering; Full flowering – late flowering; End of flowering – beginning of maturation and Beginning of maturation – final of maturation

brotação/floração. No Brasil esta prática é comumente utilizada, com dosagens e épocas de aplicação variando de ano a ano, dependendo da quantidade de frio ocorrida (PETRI et al., 2011). Segundo Francescato et al. (2015), a partir do tratamento de quebra de dormência, gemas de esporões necessitam de menor acúmulo térmico para brotar, principalmente esporões de 'Gala', e gemas terminais de brindilas necessitam de maior acúmulo térmico do que gemas de esporões para dar início ao florescimento.

Em razão dessas peculiaridades locais, utilizou-se apenas a fase entre plena floração e início da maturação para definir a previsão da maturação, pois desse modo são eliminadas as influências cruzadas desses outros fatores.

Diferentemente do que foi observado na videira (TECCHIO et al., 2013), os porta-enxertos (M9 e M26) não influenciaram as variáveis somas térmicas e duração do ciclo em dias em nenhum dos cultivares de maçã testados.

A duração do ciclo entre a floração e o início da maturação foi compatível

com a sequência das datas de colheita dos cultivares, sendo 'Baronesa' a mais tardia (Tabela 1). 'Condessa', apesar de amadurecer em torno de 20 dias antes de 'Imperatriz' e 'Lisgala', apresentou um ciclo maior do que as duas. Isso se deve à antecipação da brotação e floração, com o consequente adiantamento no ciclo.

Os mapas das datas prováveis para a colheita da maçã são visualizados em diferentes cores que representam os decêndios de colheita para cada região. No canto inferior esquerdo da imagem existe uma legenda que relaciona uma cor para cada decêndio, assim como o total da soma térmica do cultivar e o cenário com a data de floração utilizado com referência para o início da soma térmica.

Conclusão

- As necessidades de soma térmica dos cultivares, da floração à colheita, foram condizentes com a sequência de colheita observada, sendo o tamanho do ciclo determinado pelo número de graus-dias acumulados;
- A soma térmica dos cultivares pode ser utilizada para a previsão da data de maturação/colheita da maçeira.

Referências

BLANPIED, G.D.; SILSBY, K.J. **Predicting harvest date windows for apples.** Cornell Cooperative Extension, 1992. (Information Bulletin, 221)

COUVILLON, G.A.; EREZ, A. Influence of prolonged exposure to chilling temperatures on bud break and heat requirement for bloom of several fruit species. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.10, n.1, p.47-50, 1985.

DAY, K.; LOPEZ, G.; DEJONG, T. Using growing degree hours accumulated thirty days after bloom to predict peach and nectarine harvest date. **Acta Horticulturae**, v.803, p.163-166, 2008

DENARDI, F.; CAMILO, A.P. Daiane: nova cultivar de maçeira para colheita em março. **Agropecuária Catarinense**, v. 11, n. 3, p. 6-11, 1998.

FOX, K.A. **Intermediate Economic Statistics.** New York: John Wiley & Sons. 2 ed., p.290-310, 1980.

FRANCESCOTTO, P.; PETRI, J.L.; RACSKO, J.; COUTO, M.; SILVA, A.L. Avaliação fenológica das diferentes estruturas de frutificação das maçieiras 'GALA' E 'FUJI' na região de caçador-SC. **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal, v.37, n.4, p. 913-923, 2015

JACKSON, J.E. **Biology of apples and pears.** Cambridge University Press. 488 p., 2005.

LUCCHESI, A.A.; MONTENEGRO, H.W.S.; VILLA NOVA, N.A.; FLORENCIO, A.C. Estimativa de graus-dia acumulados no ciclo de frutificação de cultivares de abacateiros (*Persea americana*, Miller). **An. Esc. Super. Agric. Luiz de Queiroz**, n. 34, 1977. **Doi:** <https://doi.org/10.1590/S0071-12761977000100022>

Tabela 1. Comprimento do ciclo em dias e soma térmica (GDH) entre os estádios fenológicos Plena floração e Início da maturação
Table 1. Cycle length in days and thermal sum (GDH) between the phenological stages Full Flowering and Beginning of Maturation

Tratamentos	Número de dias	Soma térmica
Lisgala	113 a	1783 a
Imperatriz	115 a	1781 a
Condessa	130 b	1848 a
Fred Hough	136 c	2166 b
Fuji Suprema	163 d	2617 c
Baronesa	172 e	2730 d

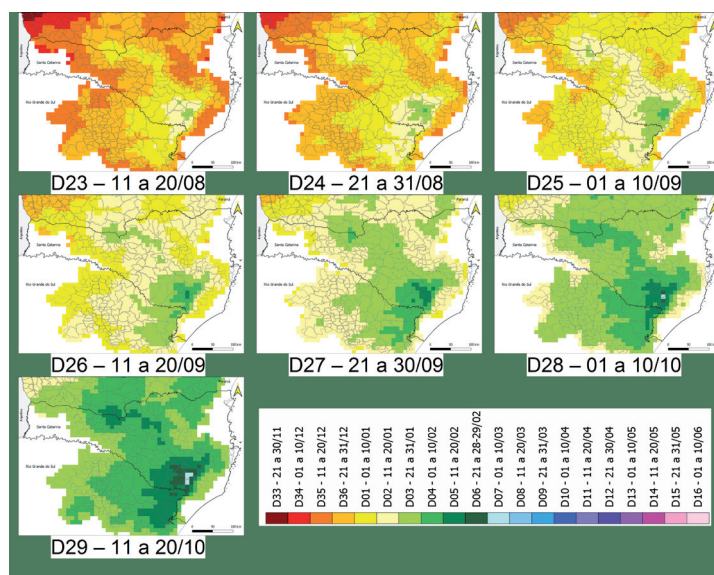


Figura 3. Variedades de 1.750 GD (Imperatriz, Lis Gala e Monalisa). Previsões de início de colheita baseados nas épocas de início de floração, por decêndio
Figure 3. Cultivars of 1.750 GD (Imperatriz, Lis Gala and Monalisa). Prediction of harvest start based on flowering start times, by ten-days period

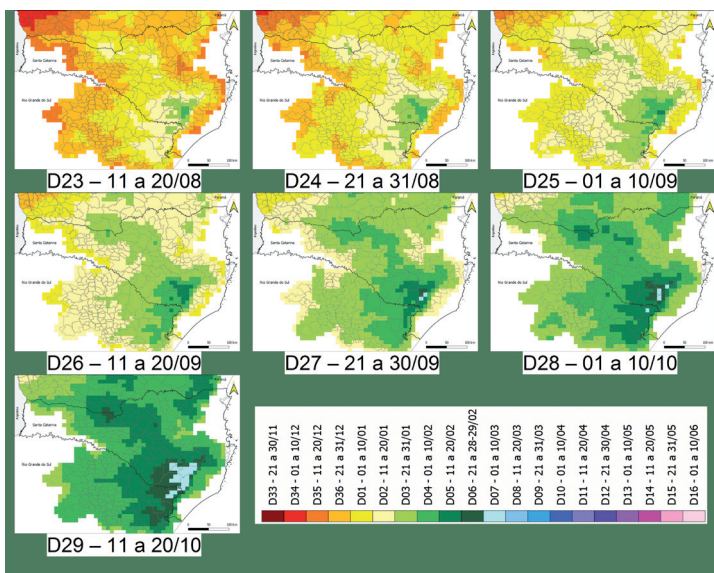


Figura 4. Variedades de 1.850 GD (Condessa). Previsões de início de colheita baseados nas épocas de início de floração, por decêndio
Figure 4. Cultivars of 1.850 GD (Condessa). Prediction of harvest start based on flowering start times, by ten-days period

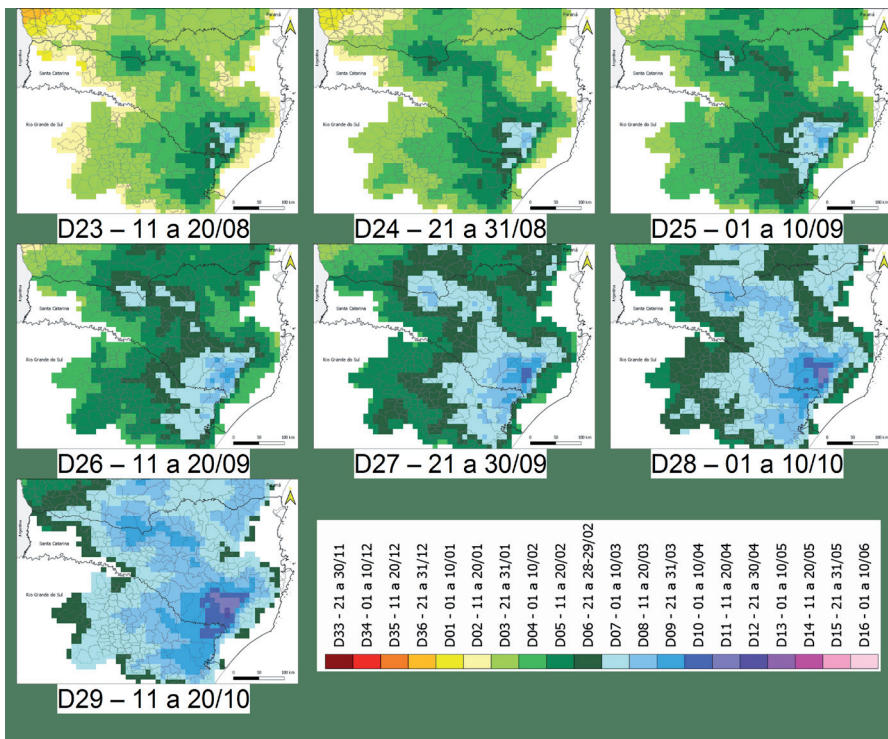


Figura 5. Variedades de 2.350 GD (Castel Gala e Daiane). Previsões de início de colheita baseados nas épocas de início de floração, por decêndio
 Figure 5. Cultivars of 2.350 GD (Castel Gala and Daiane). Prediction of harvest start based on flowering start times, by ten-days period

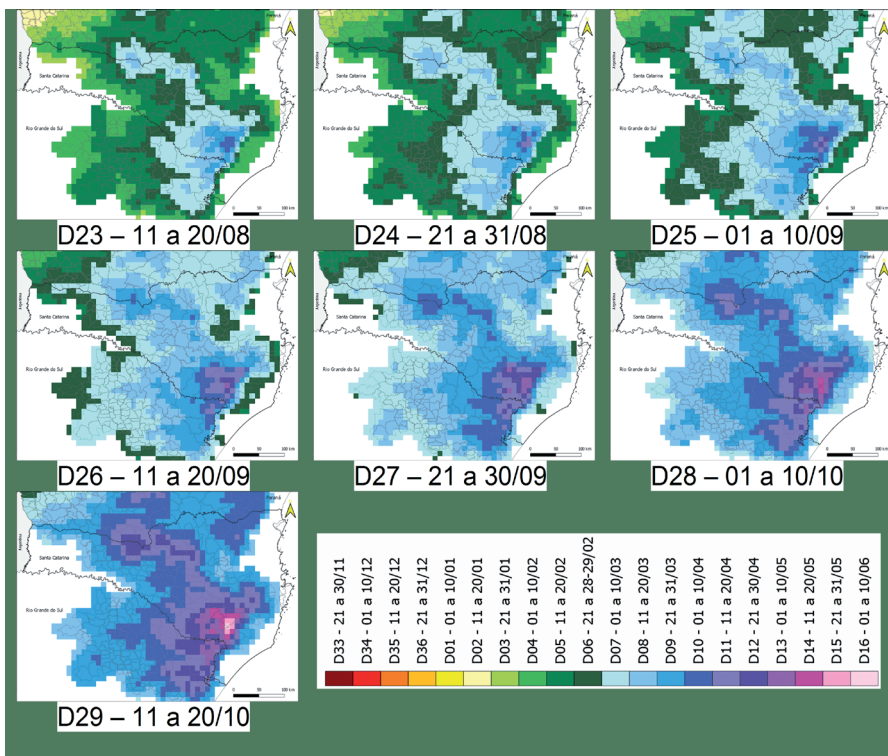


Figura 6. Variedades de 2.700 GD (Fuji Suprema e Baronesa). Previsões de início de colheita baseados nas épocas de início de floração, por decêndio
 Figure 6. Cultivars of 2.700 GD (Fuji Suprema and Baronesa). Prediction of harvest start based on flowering start times, by ten-days period

MARRA, F.P.; INGLESE, P.; DEJONG, T.M.; JOHNSON, R.S. Thermal time requirement and harvest time forecast for peach cultivars with different fruit development periods. *Acta Horticulturae*, v.592, p.523-529, 2002

MILLER JR, R.G. **Beyond ANOVA: basics of applied statistics**. CRC press., 1997.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 440p. 1981.

PERRY, K.B.; BLANKENSHIP, S.M.; UNRATH, C.R. Predicting harvest date of 'delicious' and 'golden delicious' apples using heat unit accumulations. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.39, p.81-88, 1987.

PETRI, J.L.; LEITE, G.B.; COUTO, M.; FRANCESCATTO, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.33, p.48-56, 2011.

PETRI, J.L.; HAWERROTH, F.J.; LEITE, G.B.; COUTO, M.; FRANCESCATTO, P. Apple phenology in subtropical climate conditions. In: ZHANG, X. (Ed.). **Phenology and climate change**. Rijeka (Croácia): InTech, p.195-216. 2012.

PETRI, J.L.; SEZERINO, A.A.; HAWERROTH, F.J.; PALLADINI, L.A.; LEITE, G.B.; DE MARTIN, M.S. **Dormência e indução à brotação de árvores frutíferas de clima temperado**. Florianópolis: Epagri, 2021, 153p. (Epagri. Boletim Técnico, 192).

PUTTI, G.L.; PETRI, J.L.; MENDEZ, M.H.; LEITE, G.B. Necessidades térmicas para indução da brotação de diferentes cultivares de macieira. *Agropecuária Catarinense*, v.19, n.2, p.71-74, 2006.

RICCE, W.S.; CARAMORI, P.H.; ROBERTO, S.R. Potencial climático para a produção de uvas em sistema de dupla poda anual no Estado do Paraná. *Bragantia*, v.72, n.4, p.408-415, 2013.

RICE, J.A. **Mathematical Statistics and Data Analysis**. 3rd ed., Duxbury Advanced. 2006.

TECCHIO, M.A.; MOURA, M.F.; PAIOLI-PIRES, E.J.; TERRA, M.M. Efeito do porta-enxerto e da época de poda na duração das fases fenológicas e no acúmulo de graus-dia pela videira 'niágara rosada'. *Rev. Bras. Frutic.*, v.35, n.4, p.1073-1080, 2013.