

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MODELOS DE DESENVOLVIMENTO E
TEMPERATURAS CARDINAIS DE CULTIVARES DE
VIDEIRAS VINÍFERAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Márcia Denise Rossarolla

**Itaqui, RS, Brasil
2013**

Márcia Denise Rossarolla

**MODELOS DE DESENVOLVIMENTO E TEMPERATURAS
CARDINAIS DE CULTIVARES DE VIDEIRAS VINÍFERAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Agronomia da Universidade Federal do
Pampa (UNIPAMPA), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Cleber Maus Alberto

Itaqui, RS, Brasil
2013

R827m

Rossarolla, Márcia Denise
MODELOS DE DESENVOLVIMENTO E
TEMPERATURAS CARDINAIS DE CULTIVARES DE
VIDEIRAS VINÍFERAS / Márcia Denise Rossarolla.
56 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)--
Universidade Federal do Pampa, AGRONOMIA, 2013.
"Orientação: Cleber Maus Alberto".

1. *Vitis vinífera*. 2. Fenologia. 3. Soma Térmica.
4. Modelagem de desenvolvimento vegetal. I. Título.

MÁRCIA DENISE ROSSAROLLA

**MODELOS DE DESENVOLVIMENTO E TEMPERATURAS
CARDINAIS DE CULTIVARES DE VIDEIRAS VINÍFERAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Agronomia da Universidade Federal do
Pampa (UNIPAMPA), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 09 de outubro de 2013.
Banca examinadora:

Prof. Doutor Cleber Maus Alberto
Orientador
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof^a. Doutora Elizete Beatriz Radmann
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof. Doutor Guilherme Ribeiro
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Deus e aos meus amados pais, maiores incentivadores e fontes inesgotáveis de apoio, amor e compreensão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter me concedido a dádiva da vida.

A minha família, em especial meus pais Osmar e Lenir o apoio sempre concedido em todas as etapas de minha vida.

Ao Tiago Camponogara Tomazetti pelo apoio, carinho, incentivo, e companheirismo durante a graduação.

A Universidade Federal do Pampa, por ter me proporcionado a concepção do conhecimento e a formação necessária para obtenção do grau de engenheiro agrônomo.

Ao Prof. Dr. Cleber Maus Alberto devido à orientação e pelo apoio para a realização deste trabalho.

Aos professores, colegas e colaboradores que auxiliaram na realização desta pesquisa.

A vinícola Campos de Cima, por fornecer o apoio à realização deste trabalho.

Aos professores do curso de agronomia pela minha formação e aprendizado durante as aulas.

Aos colegas de curso pelo convívio e pelos momentos de amizade.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta pesquisa.

EPÍGRAFE

“Quanto mais aumenta nosso conhecimento, mais evidente fica nossa ignorância”

John F. Kennedy

RESUMO

MODELOS DE DESENVOLVIMENTO E TEMPERATURAS CARDINAIS DE CULTIVARES DE VIDEIRAS VINÍFERAS

Autor: Márcia Denise Rossarolla

Orientador: Cleber Maus Alberto

Itaqui, 09 de outubro de 2013.

O cultivo da videira é empregado em varias regiões do mundo, entretanto, poucas são as áreas aptas à produção de vinhos finos. A Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul se destaca pelo clima favorável ao desenvolvimento de videiras viníferas, entretanto é necessário estudos do desenvolvimento desta cultura na região. Devido a isto, o objetivo com este trabalho foi definir as temperaturas cardinais para o desenvolvimento de videiras viníferas cultivadas na região da fronteira oeste do Rio Grande do Sul e a soma térmica necessária para completar o ciclo de produção. O desenvolvimento fenológico das videiras 'Cabernet Sauvignon', 'Tannat', 'Ruby Cabernet', 'Merlot' e 'Chardonnay' foi acompanhado durante as safras de 2005/06 a 2009/10, as temperaturas mínimas e máximas do ar foram coletadas diariamente e utilizadas para obter a temperatura média. Foram testados oito métodos de soma térmica diária, considerando a temperatura base inferior nos métodos 1.1; 1.2 e 1.3, temperatura base inferior e ótima nos métodos 2.1 e 2.2, temperatura base inferior, ótima e base superior nos métodos 3.1; 3.2 e 3.3. Os métodos foram comparados pelo erro padrão (EP), raiz do quadrado médio do erro (RQME) e coeficiente de variação (CV%), considerando 10 °C; 25 °C e 38 °C respectivamente para as temperaturas base inferior, ótima e base superior. O melhor método de estimativa foi utilizado para determinar as temperaturas cardinais, primeiramente foi definido a temperatura base inferior, seguida por temperatura ótima e temperatura base superior, individualmente para as cultivares. Utilizando as temperaturas cardinais calibradas, obteve-se a soma térmica diária e soma térmica acumulada ao longo do ciclo de cultivo, os métodos testados foram novamente comparados pela estatística supracitada. O método 3.3 apresentou os menores desvios, demonstrando ser adequado para calibrar as temperaturas cardinais das cultivares, as temperaturas base inferior foram 7,7; 6,4; 6,1; 6,8 e 5,7 °C respectivamente para 'Cabernet

Sauvignon', 'Tannat', 'Ruby Cabernet', 'Merlot' e 'Chardonnay'. As temperaturas ótimas foram 26,7; 22,9; 22,9; 22,7 e 22,8 °C respectivamente para 'Cabernet Sauvignon', 'Tannat', 'Ruby Cabernet', 'Merlot' e 'Chardonnay'. As temperaturas base superior obtidas foram 38,7; 43,6; 47,0; 43,3 e 37,2 °C respectivamente para 'Cabernet Sauvignon', 'Tannat', 'Ruby Cabernet', 'Merlot' e 'Chardonnay'. O método 3.3 se ajustou melhor para 'Cabernet Sauvignon', 'Merlot' e 'Chardonnay', com CV 8,21%, EP 97,52 °C dia e RQME 218,07 °C dia para 'Cabernet Sauvignon', CV 7,81%, EP 71,33 °C dia e RQME 159,49 °C dia para 'Merlot' e, CV 11,19%, EP 91,41 °C dia e RQME 204,40 °C dia para 'Chardonnay', o método 3.1 apresentou melhor ajuste para 'Tannat' e 'Ruby Cabernet', apresentando CV 2,00%, EP 19,76 °C dia e RQME 44,18 °C dia e, CV 8,68%, EP 94,72 °C dia e RQME 211,80 °C dia, respectivamente. Conclui-se que as temperaturas cardinais variam de acordo com as cultivares estudadas, sendo sugerido a utilização do método 3.3 para simulação da soma térmica diária em estudos de desenvolvimento de videiras viníferas.

Palavras-chave: *Vitis vinífera*; Fenologia; Soma térmica.

ABSTRACT

MODELS OF DEVELOPMENT AND CARDINAL TEMPERATURES FOR CULTIVARS OF GRAPE VINES

Author: Márcia Denise Rossarolla

Advisor: Cleber Maus Alberto

Data: Itaqui, October 09, 2013.

The vine growing is used in many regions of the world, however, there are few areas suitable for producing fine wines. The Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul having the climate conditions favorable to the development of grape vines, however, it is necessary to study the development of the culture in this region. Due to this, the objective with this work was to define the cardinal temperatures for developing vines grapes grown in the region Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul and the thermal time required to complete the production cycle. The phenological development of the vines 'Cabernet Sauvignon', 'Tannat', 'Ruby Cabernet', 'Merlot' e 'Chardonnay' was accompanied in the growing seasons 2005/06 to 2009/10, the minimum and maximum air temperature were collected daily and used to obtain the average temperature. Were tested eight methods of thermal sum daily, considering the lower base temperature in the methods 1.1; 1.2 and 1.3, lower base temperature and optimum in the methods 2.1 and 2.2, lower base temperature, optimum and base higher in the methods 3.1; 3.2 and 3.3, the methods were compared using the standard error (SE), root mean square error (RMSE) and coefficient of variation (CV%), recital 10 °C, 25 °C and 38 °C for the lower base temperature, optimum higher base respectively. The best estimation method was used to determine the cardinal temperature, was first defined the lower base temperature, followed by optimum temperature and higher base temperature, to individual varieties. Using determined cardinal temperatures, was obtained the thermal time daily and thermal time accumulated along of the crop cycle, the methods tested were again compared by the statistical above. The method 3.3 showed the smallest deviations, proven to be suitable for calibrating the cardinal temperatures of varieties, the lower base temperature were 7,7; 6,4; 6,1; 6,8 e 5,7 °C respectively for 'Cabernet Sauvignon', 'Tannat', 'Ruby Cabernet', 'Merlot' e 'Chardonnay'. The optimum temperatures were

26,7; 22,9; 22,9; 22,7 e 22,8 °C respectively for 'Cabernet Sauvignon', 'Tannat', 'Ruby Cabernet', 'Merlot' e 'Chardonnay'. The temperature higher base obtained were 38,7; 43,6; 47,0; 43,3 e 37,2 °C respectively for 'Cabernet Sauvignon', 'Tannat', 'Ruby Cabernet', 'Merlot' e 'Chardonnay'. The method 3.3 adjusted better to 'Cabernet Sauvignon', 'Merlot' e 'Chardonnay' with CV 8,21%, SE 97,52 °C day and RMSE 218,07 °C day for 'Cabernet Sauvignon', CV 7,81%, SE 71,33 °C day and RMSE 159,49 °C day for 'Merlot' and, CV 11,19%, SE 91,41 °C day and RMSE 204,40 °C day for 'Chardonnay', the method 3.1 showed better adjustment for 'Tannat' and 'Ruby Cabernet', with CV 2,00%, SE 19,76 °C day and RMSE 44,18 °C day and, CV 8,68%, SE 94,72 °C day and RMSE 211,80 °C day, respectively. We conclude that the cardinal temperature vary with the varieties, is suggested to use the method 3.3 for simulation the thermal time daily in development studies grapes vines.

Keywords: *Vitis vinífera*; Phenology; Thermal sum.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Temperatura base inferior (T_b) para o desenvolvimento de videiras viníferas utilizando o método do coeficiente de regressão, A) 'Cabernet Sauvignon'; B) 'Tannat'; C) 'Ruby Cabernet'; D) 'Merlot'; E) 'Chardonnay'. Cultivadas na fronteira oeste de Rio Grande do Sul, Brasil durante as safras de 2005/06 a 2009/2010...38
- Figura 2: Temperatura base inferior (T_b) para o desenvolvimento de videiras viníferas utilizando o método do menor coeficiente de variação, A) 'Cabernet Sauvignon'; B) 'Tannat'; C) 'Ruby Cabernet'; D) 'Merlot'; E) 'Chardonnay'. Cultivadas na fronteira oeste de Rio Grande do Sul, Brasil durante as safras de 2005/06 a 2009/2010. 39
- Figura 3: Temperatura ótima de desenvolvimento (T_{ot}) de videiras viníferas utilizando o método do menor coeficiente de variação, A) 'Cabernet Sauvignon'; B) 'Tannat'; C) 'Ruby Cabernet'; D) 'Merlot'; E) 'Chardonnay'. Cultivadas na fronteira oeste de Rio Grande do Sul, Brasil durante as safras de 2005/06 a 2009/2010.. 40
- Figura 4: Temperatura ótima de desenvolvimento (T_{ot}) de videiras viníferas utilizando o método do menor raiz do quadrado médio do erro, A) 'Cabernet Sauvignon'; B) 'Tannat'; C) 'Ruby Cabernet'; D) 'Merlot'; E) 'Chardonnay'. Cultivadas na fronteira oeste de Rio Grande do Sul, Brasil durante as safras de 2005/06 a 2009/2010. 41
- Figura 5: Temperatura base superior (T_B) para o desenvolvimento de videiras viníferas utilizando o método do menor coeficiente de variação, A) 'Cabernet Sauvignon'; B) 'Tannat'; C) 'Ruby Cabernet'; D) 'Merlot'; E) 'Chardonnay'. Cultivadas na fronteira oeste de Rio Grande do Sul, Brasil durante as safras de 2005/06 a 2009/2010. 43
- Figura 6: Temperatura base superior (T_B) para o desenvolvimento de videiras viníferas utilizando o método da menor RQME, A) 'Cabernet Sauvignon'; B) 'Tannat'; C) 'Ruby Cabernet'; D) 'Merlot'; E) 'Chardonnay'. Cultivadas na fronteira oeste de Rio Grande do Sul, Brasil durante as safras de 2005/06 a 2009/2010. 44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Data de ocorrência dos estágios de desenvolvimento verificados nas videiras 'Cabernet Sauvignon', 'Tannat', 'Ruby Cabernet' e 'Merlot', safras 2005/06-2009/10, fronteira oeste do Rio Grande do Sul, Brasil.	30
Tabela 2: Temperaturas mínimas absolutas e média, máxima absoluta e média e temperatura média (T_{med}) durante o ciclo de produção das videiras viníferas.....	31
Tabela 3: Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da videira 'Cabernet Sauvignon' cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010	33
Tabela 4: Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da videira 'Tannat' cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010	34
Tabela 5: Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da videira 'Ruby Cabernet' cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010.....	35
Tabela 6: Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da videira 'Merlot' cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010	36
Tabela 7: Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da videira 'Chardonnay' cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010.....	37

Tabela 8: Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento, com as temperaturas cardinais calibradas para a videira ‘Cabernet Sauvignon’ cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010... 46

Tabela 9: Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento, com as temperaturas cardinais calibradas para a videira ‘Tannat’ cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010..... 47

Tabela 10: Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento, com as temperaturas cardinais calibradas para a videira ‘Ruby Cabernet’ cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010... 48

Tabela 11: Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento, com as temperaturas cardinais calibradas para a videira ‘Merlot’ cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010..... 49

Tabela 12: Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento, com as temperaturas cardinais calibradas para a videira ‘Chardonnay’ cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010..... 51

LISTA DE ABREVIATURAS

T_b – temperatura base inferior (°C)

T_{ot} – temperatura ótima (°C)

T_B – temperatura base superior (°C)

T_{med} – temperatura média diária do ar (°C)

T_{min} – temperatura mínima diária do ar (°C)

T_{max} – temperatura máxima diária do ar (°C)

ST_d – Soma Térmica diária (°C dia)

ST_a – Soma Térmica acumulada (°C dia)

CV – coeficiente de variação (%)

EP – erro padrão

RQME – raiz do quadrado médio do erro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Objetivo geral	19
1.2 Objetivos específicos.....	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 Temperaturas	22
3.2 Métodos de soma térmica diária (STd, °C dia).....	23
3.3 Soma térmica acumulada (STa, °C dia)	26
3.4 Estatística para avaliação dos métodos de STd.....	26
3.5 Determinação das temperaturas cardinais	27
3.5.1 Temperatura base inferior (Tb).....	27
3.5.2 Temperatura ótima (Tot).....	28
3.5.3 Temperatura base superior (TB)	28
3.6 Determinação dos métodos de soma térmica diária (STd, °C dia).....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1 Temperaturas	31
4.2 Métodos de soma térmica diária (STd, °C dia).....	31
4.3 Determinação das temperaturas cardinais	37
4.3.1 Temperatura base inferior (Tb).....	37
4.3.2 Temperatura ótima (Tot).....	39
4.3.3 Temperatura base superior (TB)	42
4.4 Determinação dos métodos de STd	44
4.4.1 Cabernet Sauvignon.....	44
4.4.2 Tannat.....	46

4.4.3 Ruby Cabernet	47
4.4.4 Merlot	48
4.4.5 Chardonnay	50
5 CONCLUSÃO	52
6 REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

O plantio de videiras pode ser adotado com duas finalidades principais, para consumo in-natura de suas bagas ou a industrialização. Seu cultivo é passível de ser empregado em várias regiões do mundo, devido à sua adaptação em vários tipos de clima e solo. Porém, a produção de vinhos é restrita a regiões com condições edafoclimáticas adequadas para a obtenção de alto nível de sólidos solúveis e baixa acidez total, ideal para produção da bebida (FERREIRA et al., 2004, p. 440).

Concomitante a isto, surge a necessidade do cultivo de videiras pertencentes à espécie *V. vinífera* que se demonstram mais adequadas para a produção de vinhos finos. Ao passo que a principal espécie de videira cultivada no Brasil é a *V. labrusca*, que, mesmo sendo resistente a doenças e de boa produtividade, confere ao vinho baixa qualidade. Com o aumento da especificidade do consumidor há uma tendência de migração da preferência para os vinhos obtidos de espécies viníferas. Para isto é necessário identificar áreas de produção que proporcione boas condições para o cultivo destas espécies.

Muitos estudos elucidam as condições climáticas ideais para o cultivo de videiras visando à produção de vinhos finos, destacando que, para obtenção de uvas com índices de maturação adequados, a videira vinífera necessita de inverno frio, primavera com temperaturas amenas e verão quente e seco (SANTOS. A. et al., 2011, p. 1136).

A fronteira oeste do Rio Grande do Sul, Brasil, apresenta as condições climáticas necessárias para o cultivo de espécies viníferas. Entretanto, a produção de videiras não é usualmente empregada na região, que se destaca pela produção agrícola de arroz irrigado e pecuária de gado de corte (BEUTLER et al., 2012, p. 1602), estas culturas são baseadas em propriedades com grande extensão territorial, dificultando a inserção de pequenos produtores rurais no comércio local. Assim a vitivinicultura se apresenta como alternativa rentável para propriedades com pequena extensão territorial, gerando empregos no meio rural e melhorando a sustentabilidade econômica da região.

Entretanto, para cultivo em novas áreas de produção vitivinícola, faz-se necessário a determinação dos estágios fenológicos, dos índices de crescimento e produção, e das variações meteorológicas ao longo dos anos (BORGHEZAN et al.,

2011, p. 399), devido ao fato de as condições climáticas do ambiente interferirem na fenologia da planta (CHAVARRIA et al., 2009, p. 120; SATO et al., 2011, p. 492), necessitando a adoção de estudos que elucidem a influencia das condições ambientais na fenologia das videiras.

Fenologia é o estudo da ocorrência de eventos biológicos repetitivos e das causas de sua ocorrência em relação as forças seletivas bióticas e abióticas e da inter-relação entre as fases caracterizadas por estes eventos (TALORA; MORELLATO, 2000, p. 13). Faz-se necessário, portanto, a caracterização do comportamento fenológico das variedades de videiras cultivadas na região. Isto permitirá o planejamento da realização dos tratos culturais e do manejo, bem como estimar a provável data das colheitas e otimizar o emprego da mão-de-obra necessária nas diversas fases do ciclo (Chavarría et al., 2009, p. 120; Santos, C. et al., 2007, p. 362).

Muitos são os fatores que podem causar variação no ciclo fenológico dos vegetais, podendo estes ser divididos em bióticos e abióticos. Os fatores bióticos incluem adaptações morfológicas e fisiológicas, além da interação com outros organismos. Entre os fatores abióticos, a precipitação, a temperatura e o comprimento do dia são considerados os mais importantes (LIEBSCH; MIKICH, 2009, p. 376).

A quantidade de energia de que as plantas necessitam para completar o ciclo de desenvolvimento é um fator importante a ser conhecido (SANTOS, C. et al., 2007, p. 362), entretanto, há necessidade de contabilizar esta energia para poder mensurá-la e utilizar estes dados em testes de comparação. O método de soma térmica ($^{\circ}\text{C dia}$) é normalmente utilizado com esta finalidade, devido a levar em conta o efeito da temperatura sobre o desenvolvimento vegetal, sendo um dos principais fatores ecológicos que governam o desenvolvimento de plantas e uma melhor medida de tempo biológico do que dias do calendário civil (GILMORE JUNIOR; ROGERS, 1958, p. 612; STRECK et al., 2005, p. 1276).

Modelos matemáticos são uma simplificação da realidade que nos permitem descrever as complicadas interações que existem em agroecossistemas e, assim, tornam possível o estudo do impacto de mudanças nos elementos meteorológicos e no clima sobre agroecossistemas (STRECK; ALBERTO, 2006, p. 1352). Existem vários métodos de cálculos que podem ser empregados para a estimativa da soma térmica, dependendo da cultura em que se esta avaliando e da resposta desta com

as condições climáticas em que é cultivada. Estes métodos podem ser agrupados em duas categorias (ROSA et al., 2009, p. 1375).

A primeira categoria é relacionada ao uso ou não das três temperaturas cardinais (T_b , temperatura base inferior; T_{ot} , temperatura ótima; e T_B , temperatura base superior), na equação mais simples da soma térmica, subtrai-se a temperatura média diária do ar da T_b (GILMORE JUNIOR; ROGERS, 1958, p. 612; ROSA et al., 2009, p. 1375), entretanto, outros métodos de maior complexidade podem ser empregados com o mesmo objetivo, considerando-se também um valor máximo de acúmulo térmico diário na T_{ot} ; para temperaturas supra-ótimas, em que o acúmulo térmico não é maior do que o acúmulo na T_{ot} , pode-se até mesmo considerar um decréscimo linear até zero do acúmulo térmico na T_B (STRECK et al., 2007a, p. 2).

A segunda categoria refere-se à comparação entre a temperatura do ar com as temperaturas cardinais de desenvolvimento: esta pode ser feita com a temperatura mínima e máxima do ar, ou então, calcula-se a temperatura média do ar (T_{med}) e compara-se a T_{med} com a T_b , T_{ot} ou T_B (ROSA et al., 2009, p. 1375).

No presente trabalho, procurou-se elucidar as respostas do ciclo fenológico de algumas variedades de videiras cultivadas na região e precisar o método de soma térmica a ser utilizado para estimativa de seu ciclo de desenvolvimento, assim como as temperaturas cardinais que melhor representam o ciclo das cultivares em estudo.

1.1 Objetivo geral

Quantificar a duração dos estágios de desenvolvimento das videiras 'Cabernet Sauvignon', 'Tannat', 'Rubi Cabernet', 'Merlot' e 'Chardonnay'.

1.2 Objetivos específicos

Calibrar as temperaturas cardinais base inferior, ótima e base superior para o desenvolvimento das cultivares estudadas.

Utilizar as temperaturas cardinais calibradas para testar os métodos de soma térmica diária e definir o método mais adequado para determinar o acúmulo térmico das cultivares.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A cultura da videira teve seu início na Ásia ocidental, entre a Armênia e a Pérsia, entre os mares Negro e Cáspio. Transportada por navegadores fenícios à Roma e outras regiões do mediterrâneo (GUERREIRO, 2006, p. 10).

No Brasil as primeiras mudas de videiras foram introduzidas pelos portugueses em 1532. Através de Martin Afonso de Souza, na então capitania de São Vicente, hoje Estado de São Paulo. A partir deste ponto e através de introduções posteriores, a viticultura expandiu-se para outras regiões do país (PROTAS; CAMARGO; MELO, 2008).

Atualmente a viticultura ocupa uma vasta área de produção. Em 2013 a produção brasileira de uva foi de 1.469.095 t, ocupando área de cultivo com 80.546 ha. O Rio Grande do Sul é responsável por 55% da produção nacional e por 62,1% da área cultivada (IBGE, 2013), dentro do estado a encosta superior da serra do nordeste (“Serra Gaúcha”) corresponde à principal região vitícola (CHAVARRIA; SANTOS, 2009, p. 1917).

O consumo de vinho *per capita* no Brasil é atualmente $1,8 \text{ L ano}^{-1}$, e deverá aumentar para 9 L ano^{-1} até 2022, esta estimativa se deve ao crescente volume de vendas deste tipo de bebida e a conquistas de novos públicos consumidores (CARVALHO JUNIOR; MOSSINI, 2011, p. 104).

Para atender a demanda crescente é necessário incrementar a área produtiva, iniciando o cultivo em outras regiões, o que tem ocorrido para a região da campanha do Rio Grande do Sul, mais especificamente a fronteira oeste do estado que nos últimos anos aumentou sua área destinada à viticultura.

Para cultivo em novas áreas faz-se necessário o entendimento do comportamento fenológico das variedades. Este estudo se baseia em caracterizar as mudanças dos estágios do desenvolvimento para as plantas. Sendo normalmente contabilizado em graus-dia ($^{\circ}\text{C dia}$), para sua obtenção são realizados estudos baseados nas temperaturas cardinais dos vegetais, base inferior (T_b), ótima (T_{ot}) e base superior (T_B), e as temperaturas diárias do ar durante o ciclo de desenvolvimento.

A T_b para o desenvolvimento da videira é próximo a $10 \text{ }^{\circ}\text{C}$, T_{ot} próximo a $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e T_B $38 \text{ }^{\circ}\text{C}$, entretanto estes dados não devem ser extrapolados entre as regiões

produtoras. Outro fator tocante à determinação do desenvolvimento fenológico é o método utilizado para contabilizar a soma térmica diária (STd).

Existem vários métodos para cálculo da STd (GILMOR JUNIOR; ROGERS, 1958, p. 613; ROSA et al., 2009, p. 1376; Streck et al., 2007a, p. 4, 2007b, p. 325; Villa Nova et al., 1972, p. 3), entretanto, somente um é utilizado em estudos com videira e este não contemplando a utilização da Tot e TB, surge a necessidade de desenvolver um método para cálculo da STd para videira que contemple as três temperaturas cardinais, visando melhor precisão nas estimativas. A carência de estudos sobre o desenvolvimento das variedades de videira mais cultivadas na região demonstra uma lacuna a ser preenchida para o melhor entendimento do seu cultivo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados no presente trabalho foram coletados em pomar comercial de videiras, pertencente à vinícola Campos de Cima, localizado na área rural do município de Maçambará-RS, latitude: 29°03'6.77"S, longitude: 55°40'50.89"W e altitude de 130 metros. De acordo com o proposto por Köppen, o clima da região é classificado como Cfa, subtropical, sem estação seca definida, com precipitação média anual de 1700 mm e temperatura média anual de 19 °C.

O solo da região pertence à unidade de mapeamento de São Borja-RS, sendo classificado como Nitossolo vermelho distroférico, originário do basalto e com profundidade superior a 150 cm, estes solos apresentam saturação por bases inferior a 50% e teores de Fe_2O_3 de 150 g kg^{-1} na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B.

Foram determinadas as datas de ocorrência dos estádios fenológicos para as cultivares Cabernet Sauvignon, Tannat, Ruby Cabernet, Merlot e Chardonnay, enxertadas sobre 'Pausen 1103', conduzidas em sistema de espaldeira, com três fios de arame, a 1,20 m do solo, espaçados 30 cm cada, com espaçamento de 4 m entre fileiras e 1,25 m entre plantas na mesma fila (2.000 plantas ha^{-1}), para as safras 2005/06 à 2009/10. O ciclo de desenvolvimento foi subdividido em início da brotação ao início da floração (IB-IF), início da floração ao início da maturação (IF-IM) e início da maturação à colheita (IM-C), o ciclo completo de desenvolvimento foi considerado do início da brotação à colheita (IB-C).

As fases fenológicas foram contabilizadas em soma térmica (°C dia) através de diferentes métodos para obtenção da soma térmica diária (STd), utilizando diferentes temperaturas cardinais para o desenvolvimento da videira.

3.1 Temperaturas

No local de produção foi mensurada, diariamente com termômetro de máxima e mínima, a temperatura máxima (T_{max}) e mínima (T_{min}) diária do ar, que foram utilizadas para obter a temperatura média (T_{med}) diária do ar, assim a T_{med} é obtida através da seguinte equação:

$$T_{med} = (T_{max} + T_{min}) / 2 \quad (1)$$

3.2 Métodos de soma térmica diária (STd, °C dia)

Testou-se sete métodos de STd já disponíveis na literatura (GILMOR JUNIOR; ROGERS, 1958, p. 613; ROSA et al., 2009, p. 1376; STRECK et al., 2007a, p. 4, 2007b, p. 325; VILLA NOVA et al., 1972, p. 3) e propôs-se o método 3.3 para complementar os dados analisados, devido aos demais métodos serem desenvolvidos para culturas anuais e pouco utilizados na fruticultura, acrescenta-se também o fato dos estudos para soma térmica de videira serem realizados somente com métodos que não consideram as três temperaturas cardinais. Os métodos testados foram:

a) Método 1.1 (M 1.1):

$$STd (\text{°C dia}) = (T_{med} - Tb) \text{ 1 dia} \quad (2)$$

se $T_{med} < Tb$, então $T_{med} = Tb$.

b) Método 1.2 (M 1.2):

$$STd (\text{°C dia}) = (T_{med} - Tb) \text{ 1 dia} \quad (3)$$

se $T_{min} \leq Tb$, então $T_{min} = Tb$.

c) Método 1.3 (M 1.3):

$$STd (\text{°C dia}) = (T_{min} - Tb) + \left[\frac{T_{max} - T_{min}}{2} \right] \text{ 1 dia} \quad (4)$$

quando $T_{min} > Tb$,

$$STd (\text{°C dia}) = \frac{(T_{min} - Tb)^2}{2 (T_{max} - T_{min})} \text{ 1 dia} \quad (5)$$

quando $T_{min} < Tb < T_{max}$ e,

$$STd (\text{°C dia}) = (0) \text{ 1 dia} \quad (6)$$

quando $T_{\max} < T_b$.

d) Método 2.1 (M 2.1):

$$STd (\text{°C dia}) = (T_{med} - T_b) \text{ 1 dia} \quad (7)$$

se $T_{med} < T_b$, então $T_{med} = T_b$; se $T_{med} > T_{tot}$, então $T_{med} = T_{tot}$.

e) Método 2.2 (M 2.2):

$$STd (\text{°C dia}) = (T_{med} - T_b) \text{ 1 dia} \quad (8)$$

se $T_{\min} \leq T_b$, então $T_{\min} = T_b$; se $T_{\max} > T_{tot}$, então $T_{\max} = T_{tot}$.

f) Método 3.1 (M 3.1):

$$STd (\text{°C dia}) = (T_{med} - T_b) \text{ 1 dia} \quad (9)$$

quando $T_b < T_{med} \leq T_{tot}$ e,

$$STd (\text{°C dia}) = (T_{tot} - T_b) \left[\frac{T_b - T_{med}}{T_b - T_{tot}} \right] \text{ 1 dia} \quad (10)$$

quando $T_{tot} < T_{med} \leq T_b$.

Se $T_{med} < T_b$, então $T_{med} = T_b$; se $T_{med} > T_b$, então $T_{med} = T_b$.

g) Método 3.2 (M 3.2):

$$STd (\text{°C dia}) = (T_{med} - T_b) \text{ 1 dia} \quad (11)$$

quando $T_b < T_{med} \leq T_{tot}$ e,

$$STd (\text{°C dia}) = (Tot - Tb) \left[\frac{TB - T_{med}}{TB - Tot} \right] 1 \text{ dia} \quad (12)$$

quando $Tot < T_{med} \leq TB$.

Se $T_{min} < Tb$, então $T_{min} = Tb$; se $T_{max} > TB$, então $T_{max} = TB$.

h) Método 3.3 (M 3.3):

$$STd (\text{°C dia}) = (T_{max} - Tb)^{0,5} 1 \text{ dia} \quad (13)$$

quando $T_{med} < Tot$ e $T_{min} < Tb$,

$$STd (\text{°C dia}) = (0) 1 \text{ dia} \quad (14)$$

quando $T_{max} < Tb$;

$$STd (\text{°C dia}) = (T_{med} - Tb) 1 \text{ dia} \quad (15)$$

quando $T_{med} < Tot$ e $T_{min} > Tb$,

$$STd (\text{°C dia}) = (Tot - Tb) \left[\frac{TB - T_{med}}{TB - Tot} \right] 1 \text{ dia} \quad (16)$$

quando $T_{med} > Tot$ e $T_{max} < TB$

$$STd (\text{°C dia}) = (TB - Tot) \left[\frac{TB - T_{med}}{TB - Tot} \right] 1 \text{ dia} \quad (17)$$

quando $T_{med} > Tot$ e $T_{max} \geq TB$.

Se $T_{max} > TB$, então $T_{max} = TB$.

Em que, Tb , Tot e TB são as temperaturas cardinais mínimas ou base inferior, ótima e máxima ou base superior para o desenvolvimento da videira, respectivamente. Para comparação dos métodos de STd , adotou-se 10 °C como Tb (SANTOS et al., 2007), 25 °C para a Tot e 38 °C para TB .

3.3 Soma térmica acumulada (STa, °C dia)

A soma térmica acumulada (STa, °C dia) foi obtida através do somatório da STd utilizando a fórmula (MENDONÇA et al., 2012, p. 17):

$$STa (\text{°C dia}) = \sum STd \quad (18)$$

3.4 Estatística para avaliação dos métodos de STd

O desempenho dos métodos foi avaliado pelas estatísticas: coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME).

O “CV” (%) é uma expressão do desvio padrão em percentagem da média. Este coeficiente permite comparação entre variáveis de naturezas distintas e fornece uma idéia de precisão dos dados. O valor do CV foi obtido pela formula (AMARAL; MUNIZ; SOUZA, 1997, p. 1222):

$$CV (\%) = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100 \quad (19)$$

Sendo:

σ – Desvio padrão (°C dia).

O “EP” é uma medida da precisão da média amostral calculada, obtido através da divisão do desvio padrão pela raiz quadrada do tamanho da amostra (AMARAL; MUNIZ; SOUZA, 1997, p. 1222), obtido pela seguinte fórmula:

$$EP = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (20)$$

Sendo:

n – número de observações.

A “RQME” expressa o erro médio do método, assim, quanto menor a RQME melhor é o método de cálculo testado (SAMBORANHA, 2012, p. 36). A estatística da RQME é calculada como (BORGES et al., 2010, p. 77):

$$RQME = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{x})^2}{n} \right]^{0,5} \quad (21)$$

Sendo:

C_i – valor calculado (°C dia).

O melhor método para estimar a STd do ciclo fenológico foi considerado aquele que apresentou os menores desvios, menor CV, EP e RQME, em comparação aos demais métodos, sendo este utilizado para determinação das temperaturas cardinais para as cultivares. A análise estatística e determinação das temperaturas cardinais foram realizadas com auxílio do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2012).

3.5 Determinação das temperaturas cardinais

A T_b , Tot e TB utilizadas para determinação do método de soma térmica (10, 25 e 38 °C, respectivamente), são usualmente relatadas na literatura, entretanto não há estudos que comprovem estes valores para as diferentes cultivares utilizadas neste estudo. Estas temperaturas cardinais foram utilizadas como ponto de referência para estimar as T_b , Tot e TB reais do desenvolvimento destas cultivares na região.

3.5.1 Temperatura base inferior (T_b)

A T_b foi calculada com base em dois métodos: coeficiente de regressão (CR) e menor CV. Considerando como T_b da cultivar a média aritmética entre as T_b obtidas pelos dois métodos (FAGUNDES et al., 2010).

O método do coeficiente de regressão é embasado na premissa de que existe uma relação linear entre a temperatura média e a soma térmica acumulada no período de desenvolvimento. Neste método, uma equação de regressão linear simples é calculada, usando-se a temperatura média como variável independente e a soma térmica acumulada como variável dependente. O coeficiente angular da regressão linear simples é positivo se a T_b utilizada para calcular a soma térmica acumulada for alta, negativo se for baixa e zero (ou o mais próximo a zero) se a

temperatura base for correta (FAGUNDES et al., 2010, p. 502). Este método se baseia na exatidão da Tb.

Para o método do menor CV foi calculada uma equação de regressão quadrática onde se adotou o CV como variável resposta e a Tb como variável independente. Foi testada uma faixa de Tb entre 4 °C a 14 °C em intervalos de 2 °C, assumindo o ponto de menor CV (Pm) como a Tb da cultivar (PEDRO JUNIOR et al., 2004, p. 449), o Ponto mínimo foi obtido através da seguinte equação (VIVEIRO; CORRÊA, 1999):

$$Pm = \frac{-b}{2a} \quad (22)$$

Sendo:

Pm – ponto mínimo;

b – coeficiente de x e,

a – coeficiente de x².

3.5.2 Temperatura ótima (Tot)

A Tot foi determinada adotando-se a Tb encontrada para cada cultivar e a TB em 38 °C. Testando-se a Tot de 18 a 30 °C em intervalos de 2 °C. Estimando uma regressão quadrática com os valores de CV e RQME. Utilizando a equação 22 para determinar a Tot que apresentou o menor desvio. Adotou-se como Tot da cultivar a média aritmética entre a Tot obtida pela regressão com o CV e aquela obtida pela regressão com a RQME.

3.5.3 Temperatura base superior (TB)

A TB foi determinada adotando a Tb e Tot ajustadas para cada cultivar, testando-se a TB em uma faixa de 30 a 42 °C em intervalos de 2 °C. Estimando duas regressões quadráticas, uma entre a TB testada e o CV e outra entre a TB testada e a RQME, quando a faixa de TB testada não foi suficiente para significância da função quadrática, a faixa foi ampliada até 48 °C mantendo a equidistância dos

dados. Foi utilizada a equação 22 para determinar a TB que apresentou o menor desvio, adotando como TB da cultivar a média aritmética entre a TB obtida pela regressão com o CV e a TB obtida pela regressão com a RQME.

3.6 Determinação dos métodos de soma térmica diária (STd, °C dia)

Os métodos de STd foram novamente testados utilizando as temperaturas cardinais calibradas individualmente para as cultivares. O melhor método de STd, foi considerado àquele que, nestas condições, apresentou os menores valores de CV, EP e RQME para o ciclo completo da cultura (IB-C).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O início da brotação ocorreu para todas as cultivares na primeira quinzena de setembro, com exceção da 'Chardonnay' que inicia a brotação mais precocemente, próximo ao final de agosto, este dado corrobora os verificados para esta cultivar cultivada na região da serra catarinense (MARTINS, 2006, p. 84). O início da floração ocorreu no início de outubro para a 'Chardonnay' e no final deste, para as demais cultivares. A 'Chardonnay' chega mais precocemente também ao início da maturação, entre o final de novembro e início de dezembro, para as demais cultivares este evento é verificado ao final de dezembro e início de janeiro. A colheita da 'Chardonnay' foi realizada no mês de janeiro, a 'Tannat' é colhida em fevereiro e as demais cultivares são colhidas em final de fevereiro e início de março (Tabela 1).

TABELA 1 – Data de ocorrência dos estágios de desenvolvimento verificados nas videiras 'Cabernet Sauvignon', 'Tannat', 'Ruby Cabernet' e 'Merlot', safras 2005/06-2009/10, fronteira oeste do Rio Grande do Sul, Brasil

Cultivar	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10
----- Início da brotação -----					
Cabernet Sauvignon	06/set	05/set	13/set	15/set	01/set
Tannat	06/set	14/set	15/set	03/set	11/set
Ruby Cabernet	09/set	03/set	14/set	29/ago	15/set
Merlot	10/set	12/set	17/set	14/set	04/set
Chardonnay	01/set	08/ago	10/set	16/ago	28/ago
----- Início da floração -----					
Cabernet Sauvignon	23/out	25/out	18/out	28/out	16/out
Tannat	23/out	15/out	23/out	31/out	24/out
Ruby Cabernet	21/out	22/out	20/out	25/out	23/out
Merlot	20/out	28/out	25/out	29/out	18/out
Chardonnay	21/out	02/out	20/out	14/out	09/out
----- Início da maturação -----					
Cabernet Sauvignon	28/dez	05/jan	10/dez	01/jan	20/dez
Tannat	02/jan	04/jan	30/dez	04/jan	20/dez
Ruby Cabernet	29/dez	02/jan	29/dez	02/jan	22/dez
Merlot	02/jan	15/jan	06/jan	28/dez	13/dez
Chardonnay	28/nov	09/dez	23/nov	15/dez	12/dez
----- Colheita -----					
Cabernet Sauvignon	19/fev	11/mar	05/mar	15/fev	28/fev
Tannat	19/fev	27/fev	24/fev	08/fev	09/fev
Ruby Cabernet	11/fev	11/mar	13/mar	08/fev	28/fev
Merlot	11/fev	11/mar	09/mar	01/fev	03/fev
Chardonnay	09/jan	29/jan	10/jan	05/jan	11/jan

4.1 Temperaturas

Durante os ciclos de cultivo, as temperaturas mínimas absolutas oscilaram entre 2 °C (07 de setembro de 2008) e 7 °C (26 de setembro de 2007), a média das temperaturas mínimas foi próximo a 19 °C, exceto para a safra 2009/10 em que esta temperatura foi 13,3 °C. A temperatura média variou entre 21,5 °C (safra 2009/10) e 25,4 °C safra (2007/08). A temperatura máxima absoluta foi próxima a 39 °C, a média das temperaturas máximas foi próxima a 30 °C (Tabela 2).

TABELA 2 – Temperaturas mínimas absolutas e média, máxima absoluta e média e temperatura média (T_{med}) durante o ciclo de produção das videiras viníferas

Safra	Temperatura mínima (°C)		T_{med} (°C)	Temperatura máxima (°C)	
	Absoluta	Média		Absoluta	Média
2005/06	6,0	19,7	25,2	40,0	30,6
2006/07	3,0	18,9	24,4	39,0	29,9
2007/08	7,0	19,2	25,4	38,0	31,4
2008/09	2,0	18,2	24,8	40,0	31,3
2009/10	4,0	13,3	21,5	38,0	29,6

4.2 Métodos de soma térmica diária (STd, °C dia)

Na comparação dos métodos de estimativa da STd, aqueles que consideram as três temperaturas cardinais apresentaram o melhor desempenho. Para o ciclo completo de desenvolvimento o M 3.3 apresentou menores desvios (CV, EP e RQME) para as cultivares Cabernet Sauvignon, Merlot e Chardonnay. Para as cultivares Tannat e Ruby Cabernet o melhor ajuste foi obtido pelo M 3.1.

Os métodos que utilizam as temperaturas cardinais T_b , T_{ot} e T_B apresentaram os menores desvios em comparação aos demais métodos que utilizam somente a T_b ou a T_b e a T_{ot} , estes dados também foram verificados em experimento com cultivares de trigo (ROSA et al., 2009). A utilização da T_{min} e T_{max} não melhorou a precisão dos métodos, que em algumas cultivares foi menor (Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7), os métodos menos precisos foram os que utilizaram somente a T_b ou T_b e T_{ot} . Os métodos que utilizaram as três temperaturas cardinais não foram afetados pela utilização da T_{min} e T_{max} . Estes dados diferem dos verificados para cultivares de trigo

e soja, em que a utilização da T_{\min} e T_{\max} melhorou a precisão dos métodos (ROSA et al., 2009, p. 1378; STRECK et al., 2009, p. 666).

Para a cultivar Cabernet Sauvignon o IB-C foi melhor ajustado pelos métodos que utilizaram as três temperaturas cardinais, com destaque do M 3.3 que apresentou os menores desvios. Os métodos que adotaram somente a T_b apresentaram a menor precisão para o ciclo completo. Este resultado também ocorre nas fases que compõe o ciclo fenológico (Tabela 3).

Na 'Tannat' os métodos que utilizaram as três temperaturas cardinais apresentaram melhor precisão nas fases IF-IM, IM-C e IB-C. Os métodos que utilizaram somente a T_b apresentaram maior precisão no início do ciclo (IB-IF), devido às temperaturas menores que ocorreram neste período, raramente ultrapassaram a T_{ot} , entretanto ao longo do ciclo os métodos que não consideram a T_b apresentam baixa precisão (Tabela 4).

Assim como para a 'Tannat', na 'Ruby Cabernet' os métodos que utilizaram a T_b apresentaram maior precisão no início do ciclo, fase IB-IF, devido as temperaturas menores, entretanto nas fases IF-IM, IM-C e no ciclo completo (IB-C) os métodos que utilizaram as três temperaturas cardinais apresentaram a melhor precisão dos dados. Os métodos que utilizaram a T_b e T_{ot} são intermediários e não apresentam bom desempenho na predição da ST_d , entretanto, apresentaram bom desempenho na fase IM-C (Tabela 5).

A 'Merlot' apresentou a melhor precisão no ciclo completo e na fase IF-IM com o M 3.3, o M 3.2 na fase IB-IF e IM-C. Ao longo do ciclo os métodos que utilizaram a T_b apresentaram as maiores precisões, até mesmo no início do ciclo, quando as temperaturas são amenas. Os métodos que utilizam somente a T_b apresentaram as piores precisões ao longo do ciclo de desenvolvimento (Tabela 6).

Na 'Chardonnay' a fase IB-IF os métodos de ST_d não se distinguiram quanto a sua precisão, apresentando pouca variação entre os métodos, entretanto, para IF-IM, IM-C e IB-C, influenciados pela elevação da temperatura média diária, os métodos que utilizam a T_b apresentam maior precisão, o melhor desempenho para IF-IM e ciclo completo foi obtido com o M 3.1 e para o IM-C foi obtido maior precisão com o M 3.3 (Tabela 7).

Entre as cultivares observou-se que os métodos que utilizaram as três temperaturas cardinais apresentam maior precisão para o ciclo completo e também para as fases separadas, com exceção do IB-IF que ocorreu em períodos com

temperaturas inferiores a Tot para o desenvolvimento da videira, estes resultados corroboram os verificados para o desenvolvimento da videira ‘Cabernet Sauvignon’ cultivada na região da fronteira oeste do Rio Grande do Sul, Brasil (TOMAZETTI et al., 2012). Os métodos que consideram somente a Tb não demonstraram adequados para a simulação do desenvolvimento da cultura, por apresentar uma baixa precisão nos resultados, os métodos que utilizam a Tb e Tot apresentam precisão intermediária.

TABELA 3 – Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da videira ‘Cabernet Sauvignon’ cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010

	M 1.1	M 1.2	M 1.3	M 2.1	M 2.2	M 3.1	M 3.2	M 3.3
	----- Início da brotação – Início da floração -----							
STa	465,0	471,1	466,8	459,4	425,5	452,9	459,0	451,2
CV (%)	13,94	13,75	13,94	13,28	13,50	12,63	12,32	12,98
EP	28,99	28,97	29,10	27,29	25,68	25,58	25,30	26,19
RQME	64,82	64,79	65,06	61,03	57,43	57,19	56,57	58,56
	----- Início da floração – Início da maturação -----							
STa	972,7	972,8	972,7	898,8	761,7	813,5	814,0	812,6
CV (%)	15,14	15,13	15,14	11,39	14,67	7,40	7,41	7,59
EP	65,87	65,81	65,87	45,80	49,97	26,91	26,99	27,58
RQME	147,29	147,16	147,29	102,40	111,73	60,17	60,35	61,68
	----- Início da maturação – Colheita -----							
STa	1036,8	1036,8	1036,8	921,9	776,9	789,3	789,8	789,5
CV (%)	27,29	27,29	27,29	25,31	29,16	26,62	26,53	26,59
EP	141,49	141,49	141,49	116,66	113,28	105,05	104,75	104,95
RQME	282,98	282,98	282,98	233,32	226,56	210,09	209,49	209,89
	----- Início da brotação – Colheita -----							
STa	2474,5	2480,7	2476,3	2280,1	1964,1	2055,8	2062,8	2053,2
CV (%)	11,31	11,32	11,31	8,11	12,72	7,31	7,38	7,10
EP	125,12	125,60	125,28	82,67	111,71	67,21	68,04	65,16
RQME	279,77	280,86	280,12	184,85	249,79	150,30	152,15	145,71

TABELA 4 – Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da videira ‘Tannat’ cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010

	M 1.1	M 1.2	M 1.3	M 2.1	M 2.2	M 3.1	M 3.2	M 3.3
	----- Início da brotação – Início da floração -----							
STa	460,8	467,1	462,7	455,8	416,6	450,0	456,3	448,1
CV (%)	22,43	22,94	22,66	23,18	26,02	24,12	24,67	24,58
EP	46,23	47,92	46,89	47,26	48,47	48,55	50,35	49,26
RQME	103,37	107,16	104,85	105,67	108,38	108,56	112,59	110,15
	----- Início da floração – Início da maturação -----							
STa	1045,6	1045,7	1045,6	960,6	818,6	862,5	863,0	861,6
CV (%)	18,60	18,60	18,60	15,55	19,35	11,62	11,63	11,58
EP	86,99	87,00	86,99	66,80	70,84	44,81	44,89	44,60
RQME	194,51	194,54	194,51	149,38	158,39	100,20	100,39	99,73
	----- Início da maturação – Colheita -----							
STa	798,3	798,3	798,3	706,7	598,8	601,01	601,47	601,16
CV (%)	23,77	23,77	23,77	18,54	26,20	16,87	16,77	16,84
EP	84,86	84,86	84,86	58,59	70,17	45,35	45,11	45,27
RQME	189,75	189,75	189,75	131,01	156,90	101,40	100,87	101,23
	----- Início da brotação – Colheita -----							
STa	2304,7	2311,1	2306,6	2123,1	1834,0	1913,6	1920,8	1910,8
CV (%)	14,51	14,36	14,46	10,53	15,16	6,45	6,38	6,32
EP	149,51	148,42	149,13	99,96	124,32	55,19	54,76	54,03
RQME	334,32	331,87	333,48	223,51	277,99	123,42	122,45	120,82

TABELA 5 – Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da videira ‘Ruby Cabernet’ cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010

	M 1.1	M 1.2	M 1.3	M 2.1	M 2.2	M 3.1	M 3.2	M 3.3
	----- Início da brotação – Início da floração -----							
STa	457,8	466,7	460,7	452,7	418,5	446,8	455,7	445,7
CV (%)	19,08	19,57	19,29	19,43	22,80	19,94	20,40	20,08
EP	39,06	40,84	39,74	39,35	42,67	39,84	41,58	40,03
RQME	87,33	91,32	88,86	87,98	95,41	89,09	92,98	89,51
	----- Início da floração – Início da maturação -----							
STa	1043,5	1043,6	1043,5	960,6	816,4	864,9	865,4	864,0
CV (%)	15,64	15,64	15,64	12,42	15,56	8,31	8,34	8,21
EP	72,98	73,00	72,98	53,34	56,82	32,13	32,28	31,71
RQME	163,18	163,23	163,18	119,28	127,06	71,84	72,18	70,90
	----- Início da maturação – Colheita -----							
STa	937,6	937,6	937,6	839,2	705,2	725,7	726,2	725,9
CV (%)	28,46	28,46	28,46	27,76	31,31	30,58	30,47	30,54
EP	119,32	119,32	119,32	104,19	98,72	99,25	98,96	99,16
RQME	266,81	266,81	266,81	232,98	220,75	221,94	221,28	221,72
	----- Início da brotação – Colheita -----							
STa	2438,9	2447,9	2441,7	2252,5	1940,1	2037,5	2047,3	2035,5
CV (%)	13,90	13,90	13,90	11,52	15,30	10,70	10,70	10,53
EP	151,64	152,20	151,76	116,00	132,73	97,54	97,97	95,84
RQME	339,07	340,34	339,34	259,38	296,79	218,10	219,07	214,31

TABELA 6 – Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da videira ‘Merlot’ cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010

	M 1.1	M 1.2	M 1.3	M 2.1	M 2.2	M 3.1	M 3.2	M 3.3
	----- Início da brotação – Início da floração -----							
STa	461,0	464,8	462,0	454,5	415,8	447,0	450,8	445,1
CV (%)	16,61	15,77	16,34	16,22	15,94	15,93	15,09	15,82
EP	34,3	32,8	33,8	33,0	29,6	31,8	30,4	31,5
RQME	76,59	73,30	75,51	73,70	66,29	71,21	68,02	70,41
	----- Início da floração – Início da maturação -----							
STa	1057,0	1057,1	1057,0	968,3	826,4	866,0	866,4	865,0
CV (%)	21,07	21,08	21,07	18,11	21,67	14,20	14,20	14,12
EP	99,6	99,6	99,6	78,4	80,1	55,0	55,0	54,6
RQME	222,75	222,82	222,76	175,39	179,09	122,98	123,03	122,13
	----- Início da maturação – Colheita -----							
STa	791,1	791,1	791,1	706,3	597,0	608,5	608,9	608,6
CV (%)	26,07	26,07	26,07	23,84	28,53	25,42	25,28	25,37
EP	92,25	92,25	92,25	75,30	76,16	69,16	68,84	69,05
RQME	206,27	206,27	206,27	168,37	170,31	154,64	153,94	154,41
	----- Início da brotação – Colheita -----							
STa	2253,5	2257,2	2254,5	2073,8	1788,6	1866,5	1871,0	1864,8
CV (%)	16,65	16,56	16,62	13,55	16,37	11,06	10,99	10,89
EP	167,84	167,12	167,57	125,67	130,91	92,34	91,97	90,81
RQME	375,30	373,70	374,69	281,00	292,73	206,48	205,65	203,06

TABELA 7 – Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento da videira ‘Chardonnay’ cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010

	M 1.1	M 1.2	M 1.3	M 2.1	M 2.2	M 3.1	M 3.2	M 3.3
----- Início da brotação – Início da floração -----								
STa	478,8	493,2	483,5	473,9	447,1	468,2	482,6	468,8
CV (%)	14,53	14,20	14,39	14,60	15,49	14,78	14,47	14,77
EP	31,11	31,32	31,12	30,95	30,98	30,94	31,24	30,97
RQME	69,56	70,03	69,57	69,20	69,27	69,19	69,86	69,25
----- Início da floração – Início da maturação -----								
STa	711,3	711,4	711,3	672,4	576,4	627,5	627,8	626,6
CV (%)	29,30	29,28	29,30	28,52	28,98	27,98	27,99	28,19
EP	93,21	93,15	93,20	85,76	74,70	78,52	78,59	78,99
RQME	208,42	208,29	208,41	191,76	167,04	175,57	175,74	176,62
----- Início da maturação – Colheita -----								
STa	625,8	625,8	625,8	554,1	471,5	471,4	471,7	471,3
CV (%)	39,27	39,27	39,27	35,55	42,13	30,70	30,72	30,69
EP	109,90	109,90	109,90	88,09	88,84	64,72	64,80	64,69
RQME	245,74	245,74	245,74	196,97	198,65	144,72	144,90	144,66
----- Início da brotação – Colheita -----								
STa	1815,9	1830,4	1820,6	1700,4	1495,0	1567,1	1582,2	1566,8
CV (%)	16,48	16,88	16,63	14,20	17,63	11,90	12,50	12,05
EP	133,82	138,17	135,44	108,00	117,85	83,43	88,45	84,46
RQME	299,23	308,95	302,85	241,51	263,51	186,56	197,78	188,85

4.3 Determinação das temperaturas cardinais

Para calibrar as temperaturas cardinais das cultivares estudadas foi utilizado o M 3.3, devido ao seu desvio ser menor para o ciclo completo da ‘Cabernet Sauvignon’, ‘Tannat’, ‘Ruby Cabernet’ e ‘Merlot’ (Tabela 3 a 7). Porém, para ‘Chardonnay’ apresentou o segundo melhor ajuste, muito próximo do M 3.1 (melhor ajuste), permitindo também sua utilização para calibração das temperaturas cardinais.

4.3.1 Temperatura base inferior (Tb)

A Tb variou de 4,2 °C para a videira ‘Chardonnay’ a 7,0 °C para a videira ‘Merlot’, quando utilizado o método do coeficiente de regressão (CR). Considerando

este método a T_b da ‘Cabernet Sauvignon’ é 6,7 °C, para ‘Tannat’ é 6,2 °C e para ‘Ruby Cabernet’ é 5,1 °C (Figura 1).

Quando obtida através do menor CV, a T_b variou entre 6,6 °C para a videira ‘Tannat’ a 8,7 °C para a videira ‘Cabernet Sauvignon’. Para as videiras ‘Ruby Cabernet’ e ‘Chardonnay’ a T_b foi 7,2 °C e para a ‘Merlot’ 6,7 °C (Figura 2).

A T_b variou entre 4 a 8 °C dependendo da cultivar e do método de determinação, estes resultados são contrastantes com os verificados na literatura. Cultivadas na região norte do Paraná, as videiras ‘Cabernet Sauvignon’ e ‘Tannat’, apresentaram T_b de 10 °C (SANTOS, C. et al., 2007), entretanto, a metodologia utilizada no trabalho não permitiu o teste de temperaturas menores, o que dificultou a comparação com os resultados desta pesquisa. Para as demais cultivares não há estudos quanto às temperaturas cardinais de seu desenvolvimento.

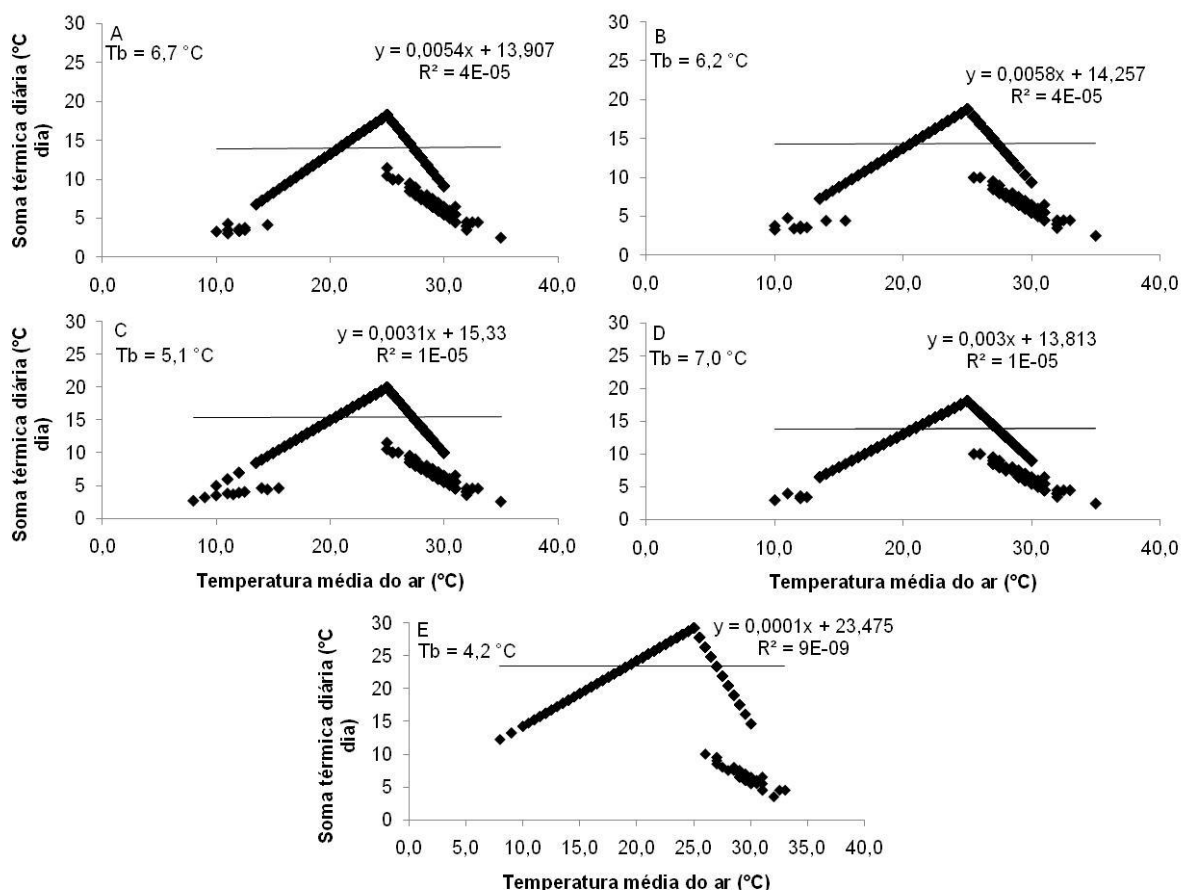


FIGURA 1 – Temperatura base inferior (T_b) para o desenvolvimento de videiras viníferas utilizando o método do coeficiente de regressão, A) ‘Cabernet Sauvignon’; B) ‘Tannat’; C) ‘Ruby Cabernet’; D) ‘Merlot’; E) ‘Chardonnay’. Cultivadas na fronteira oeste de Rio Grande do Sul, Brasil durante as safras de 2005/06 a 2009/2010.

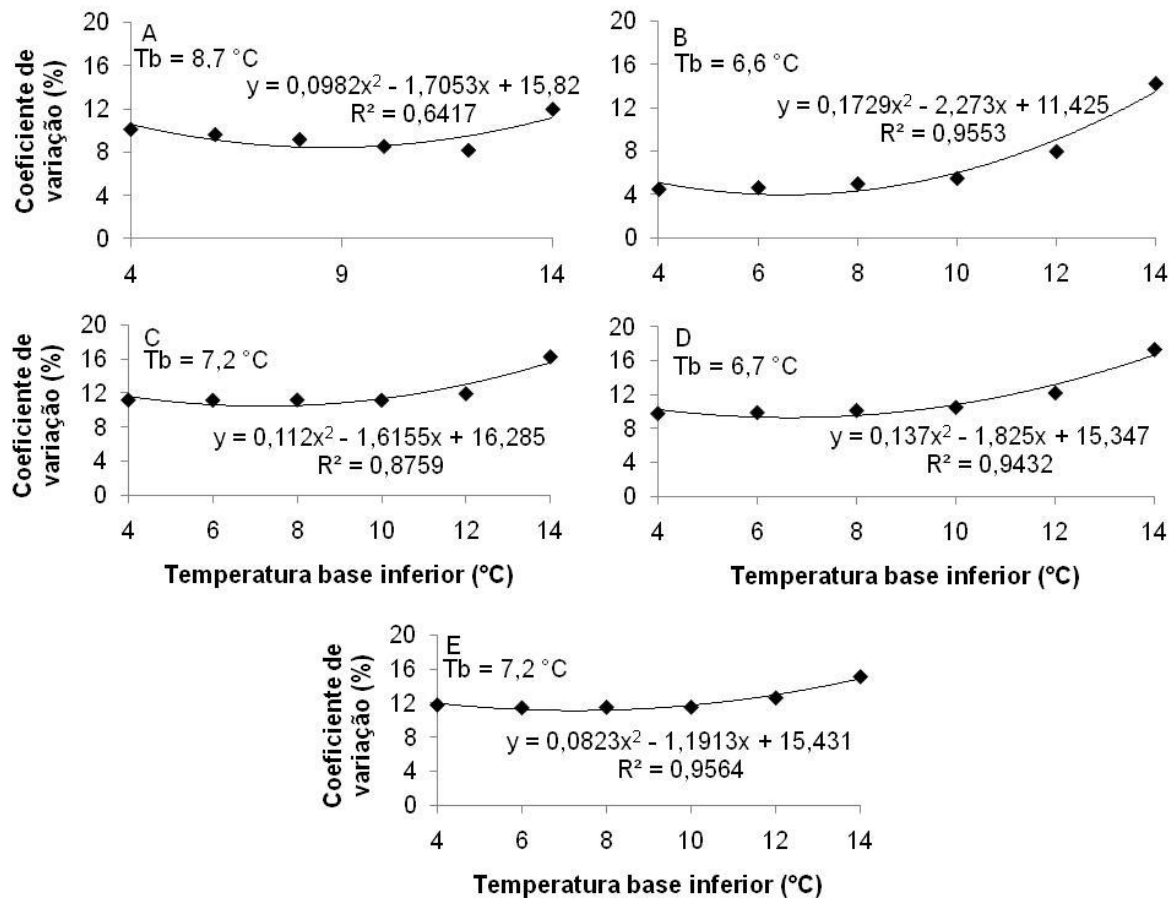


FIGURA 2 – Temperatura base inferior (T_b) para o desenvolvimento de videiras viníferas utilizando o método do menor coeficiente de variação, A) ‘Cabernet Sauvignon’; B) ‘Tannat’; C) ‘Ruby Cabernet’; D) ‘Merlot’; E) ‘Chardonnay’. Cultivadas na fronteira oeste de Rio Grande do Sul, Brasil durante as safras de 2005/06 a 2009/2010.

Considerando a média aritmética entre os métodos utilizados (FAGUNDES et al., 2010, p. 502), a T_b da cultivar Cabernet Sauvignon é $7,7\text{ }^\circ\text{C}$, sendo esta a maior T_b entre as cultivares estudadas, a ‘Tannat’ apresentou T_b de $6,4\text{ }^\circ\text{C}$, a ‘Ruby Cabernet’ apresentou $6,1\text{ }^\circ\text{C}$ de T_b , a ‘Merlot’ apresentou T_b $6,8\text{ }^\circ\text{C}$ e a cultivar Chardonnay apresentou a T_b menor entre as cultivares avaliadas, com $5,7\text{ }^\circ\text{C}$ de T_b .

4.3.2 Temperatura ótima (Tot)

A Tot obtida através do método de menor coeficiente de variação foi próxima a $23\text{ }^\circ\text{C}$ para as cultivares Tannat ($23,4\text{ }^\circ\text{C}$), Ruby Cabernet ($23,8\text{ }^\circ\text{C}$), Merlot ($23,3\text{ }^\circ\text{C}$)

e Chardonnay (23,6 °C), somente a ‘Cabernet Sauvignon’ apresentou Tot 28,3 °C quando utilizado este método (Figura 3).

A ‘Cabernet Sauvignon’ também apresentou a Tot mais elevada em comparação às demais cultivares quando utilizado o método do menor RQME, neste método as cultivares Ruby Cabernet, Merlot e Chardonnay apresentaram Tot 22,0 °C, valor muito próximo também foi verificado para a cultivar Tannat (22,3 °C), e 25,0 °C para a ‘Cabernet Sauvignon’ (Figura 4).

A Tot apresentou pouca diferença entre os métodos de obtenção, com exceção da cultivar ‘Cabernet Sauvignon’ em que a Tot diferiu 3,3 °C (11,7%) de um método para o outro, as demais cultivares apresentaram valores muito semelhantes.

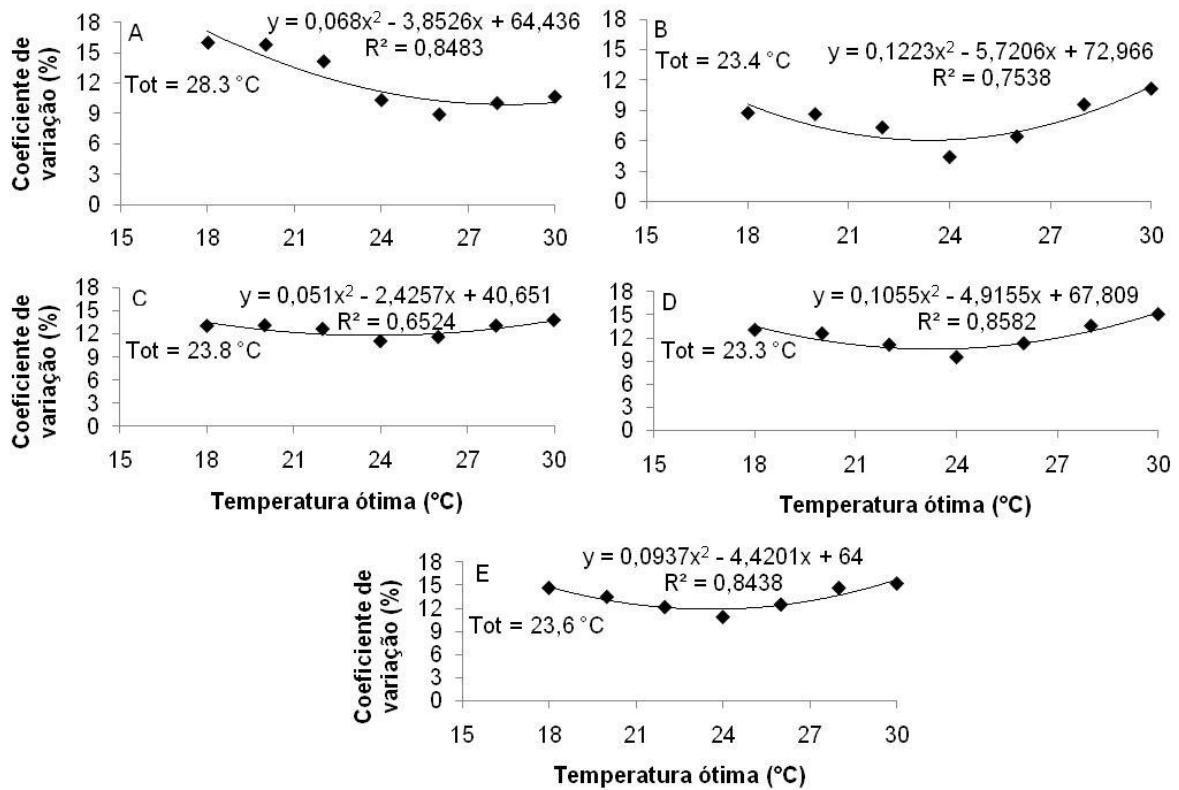


FIGURA 3 – Temperatura ótima de desenvolvimento (Tot) de videiras viníferas utilizando o método do menor coeficiente de variação, A) ‘Cabernet Sauvignon’; B) ‘Tannat’; C) ‘Ruby Cabernet’; D) ‘Merlot’; E) ‘Chardonnay’. Cultivadas na fronteira oeste de Rio Grande do Sul, Brasil durante as safras de 2005/06 a 2009/2010.

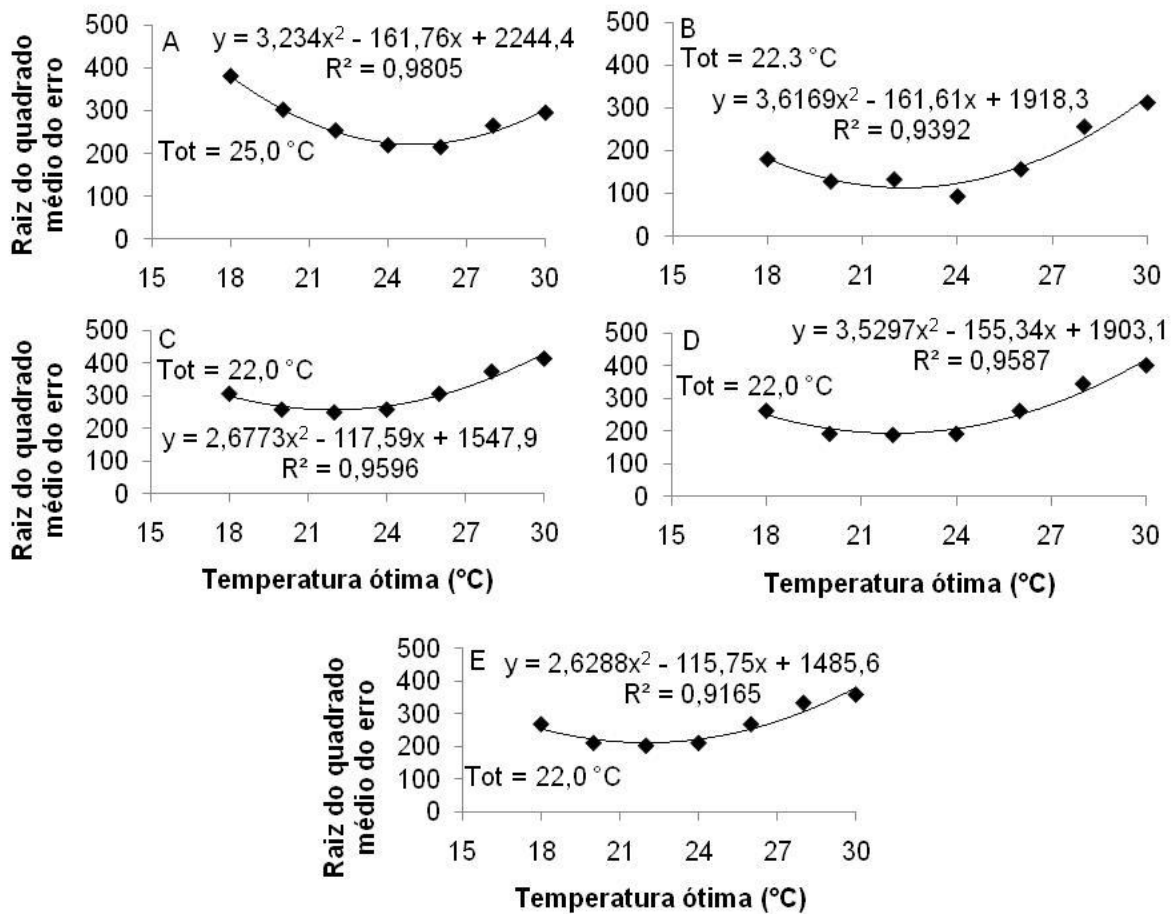


FIGURA 4 – Temperatura ótima de desenvolvimento (Tot) de videiras viníferas utilizando o método do menor raiz do quadrado médio do erro, A) ‘Cabernet Sauvignon’; B) ‘Tannat’; C) ‘Ruby Cabernet’; D) ‘Merlot’; E) ‘Chardonnay’. Cultivadas na fronteira oeste de Rio Grande do Sul, Brasil durante as safras de 2005/06 a 2009/2010.

Para a cultivar Cabernet Sauvignon, conforme apontado pelos métodos, a Tot foi mais elevada em comparação às demais cultivares, assim, a Tot para a ‘Cabernet Sauvignon’ foi 26,7 °C, as cultivares Tannat e Ruby Cabernet apresentaram Tot de 22,9 °C, para ‘Merlot’ a Tot foi 22,7 °C e para ‘Chardonnay’ 22,8 °C. Estes resultados corroboram os pressupostos para o crescimento da videira (MAVI; TUPPER, 2004, p. 51).

4.3.3 Temperatura base superior (TB)

As cultivares Tannat, Ruby Cabernet, Merlot e Chardonnay, apresentaram TB superior a 40 °C quando obtida pelo método do menor CV, para este método a 'Cabernet Sauvignon' apresentou a menor TB (38,9 °C) em comparação as demais cultivares. A 'Ruby Cabernet' apresentou TB de 44,7 °C a mais elevada entre as cultivares estudadas, para 'Tannat' e 'Merlot' a TB foi de 43,3 °C e para 'Chardonnay' a TB foi de 41,4 °C (Figura 5).

Quando considerado a menor RQME, somente as cultivares Cabernet Sauvignon e Chardonnay apresentaram valores abaixo dos 40 °C, sendo 33,1 °C para 'Chardonnay' e 38,5 °C para 'Cabernet Sauvignon'. A 'Ruby Cabernet' apresentou a maior TB (49,4 °C) obtida por este método entre as cultivares estudadas, A 'Tannat' e 'Merlot' pouco diferiram, sendo a TB de 43,9 °C para 'Tannat' e 43,4 °C para 'Merlot' (Figura 6).

Com a adoção da média entre as TB encontradas pelos métodos testados, foi verificado a menor TB para 'Chardonnay' (37,2 °C), a maior TB foi verificada para 'Ruby Cabernet' (47,0 °C), mesmo este valor sendo superior às demais cultivares, esta de acordo com o pressuposto por Martins (2006), o qual cita que as atividades vitais da videira cessam em temperaturas acima de aproximadamente 45 °C, sendo influenciada também pela cultivar e outros elementos climáticos. O autor ainda menciona que somente temperaturas acima de 55 °C são letais para as videiras. A 'Cabernet Sauvignon' apresentou 38,7 °C de TB, as cultivares Tannat e Merlot apresentaram TB semelhantes, sendo 43,6 °C para 'Tannat' e 43,3 °C para 'Merlot'.

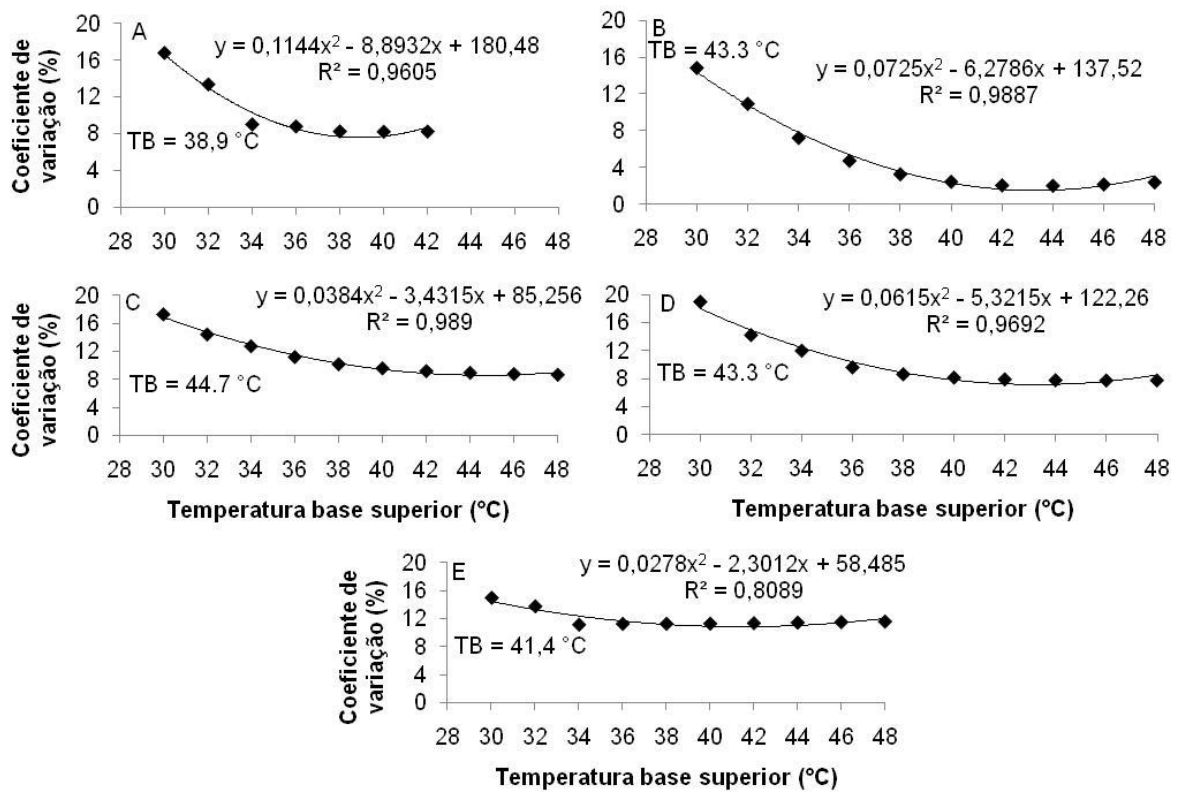


FIGURA 5 – Temperatura base superior (TB) para o desenvolvimento de videiras viníferas utilizando o método do menor coeficiente de variação, A) ‘Cabernet Sauvignon’; B) ‘Tannat’; C) ‘Ruby Cabernet’; D) ‘Merlot’; E) ‘Chardonnay’. Cultivadas na fronteira oeste de Rio Grande do Sul, Brasil durante as safras de 2005/06 a 2009/2010.

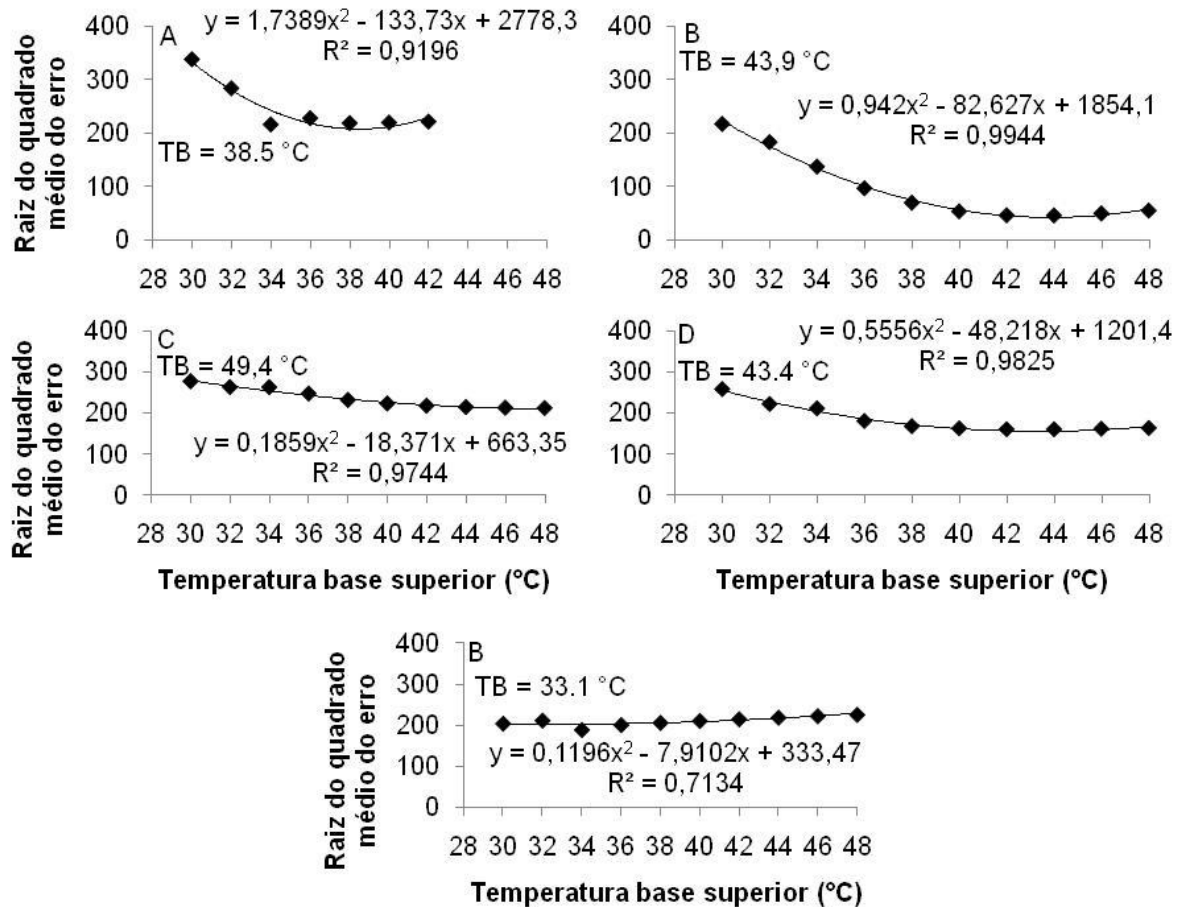


FIGURA 6 –Temperatura base superior (TB) para o desenvolvimento de videiras viníferas utilizando o método da menor RQME, A) ‘Cabernet Sauvignon’; B) ‘Tannat’; C) ‘Ruby Cabernet’; D) ‘Merlot’; E) ‘Chardonnay’. Cultivadas na fronteira oeste de Rio Grande do Sul, Brasil durante as safras de 2005/06 a 2009/2010.

4.4 Determinação dos métodos de STd

4.4.1 Cabernet Sauvignon

Para o período IB-IF a melhor precisão foi obtida com o M 3.1, considerando este método, faz-se necessário o acúmulo de 563,0 °C dia para a passagem deste período (Tabela 8). Este valor é similar aos demais métodos de STd, mesmo os que utilizam somente a Tb, isto se justifica devido ao período ocorrer predominantemente na primavera, época em que as temperaturas são amenas dificilmente atingem os níveis de Tot e TB.

No período IF-IM os métodos que utilizaram as temperaturas cardinais T_b , T_{ot} e T_B (M 3.1, M 3.2 e M 3.3) demonstraram maior precisão dos dados, comparados aos demais métodos de STd, destacando-se o M 3.3 que apresentou os melhores ajustes. Este fato está ligado à elevação da T_{med} nos dias em que ocorreu este período, em que muitas vezes a T_{med} ultrapassa a T_{ot} e a T_{max} supera a T_B da cultura.

O período de IM-C é marcado por temperaturas mais elevadas e o ciclo é afetado por demais fatores externos, como condições hídricas para que ocorra o completo amadurecimento da baga a ser colhida e processada para a produção do vinho. Estes fatores intrínsecos ao período se traduz na menor precisão dos métodos para determinação de sua duração com base na STd, para este período o M 2.1 apresentou o menor CV (26,34%), entretanto o M 2.2 apresentou o menor EP (134,05 °C dia) e RQME (268,11 °C dia).

Para o ciclo completo de desenvolvimento a melhor precisão foi verificada com os métodos que adotaram as temperaturas cardinais T_b , T_{ot} e T_B , com destaque para o M. 3.3 que apresentou o menor EP (97,52 °C dia) e menor RQME (218,07 °C dia). Para este método a passagem do ciclo completo foi realizada mediante o acúmulo de 2657,1 °C dia.

TABELA 8 – Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento, com as temperaturas cardinais calibradas para a videira ‘Cabernet Sauvignon’ cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010.

	M 1.1	M 1.2	M 1.3	M 2.1	M 2.2	M 3.1	M 3.2	M 3.3
----- Início da brotação – Início da floração -----								
STa	567,1	569,3	567,6	565,5	543,9	563,0	565,2	560,8
CV (%)	12,95	13,05	12,98	12,70	12,79	12,32	12,42	12,41
EP	32,83	33,22	32,94	32,12	31,11	31,02	31,38	31,12
RQME	73,42	74,29	73,65	71,82	69,57	69,35	70,17	69,59
----- Início da floração – Início da maturação -----								
STa	1122,9	1122,9	1122,9	1094,0	961,4	1048,4	1048,7	1046,9
CV (%)	14,17	14,17	14,17	12,64	13,16	10,23	10,25	10,08
EP	71,18	71,18	71,18	61,85	56,57	47,95	48,08	47,19
RQME	159,15	159,15	159,15	138,31	126,49	107,22	107,51	105,52
----- Início da maturação – Colheita -----								
STa	1186,5	1186,5	1186,5	1133,7	980,2	1050,2	1050,6	1049,4
CV (%)	26,52	26,52	26,52	26,34	27,35	27,52	27,47	27,62
EP	157,31	157,31	157,31	149,31	134,05	144,49	144,28	144,90
RQME	314,62	314,62	314,62	298,62	268,11	288,97	288,55	289,79
----- Início da brotação – Colheita -----								
STa	2876,5	2878,7	2876,9	2793,2	2485,5	2661,6	2664,5	2657,1
CV (%)	10,10	10,12	10,11	8,97	10,72	8,21	8,21	8,21
EP	129,95	130,27	130,03	112,10	119,12	97,67	97,84	97,52
RQME	290,58	291,28	290,76	250,67	266,36	218,40	218,78	218,07

4.4.2 Tannat

O período IB-IF foi o melhor definido pelos métodos que utilizaram somente a Tb, devido às temperaturas amenas da época do ano em que ocorre este período. O M 1.1 mesmo sendo o de maior simplicidade, foi o que apresentou a melhor precisão para este período, sendo necessário o acúmulo de 617,3 °C dia para a passagem deste estágio contabilizada por este método (Tabela 9).

O período IF-IM e IM-C, devido à elevação das temperaturas diárias, foram melhor ajustados por métodos que contabilizam as três temperaturas cardinais, sendo necessário o acúmulo de 961,1 °C dia para a passagem do IF-IM e 672,9 °C dia para a passagem do IM-C.

O ciclo completo da cultivar foi melhor ajustado quando utilizado as três temperaturas cardinais no cálculo da STd, sendo a melhor precisão obtida com o

M 3.1, que apresentou o menor RQME (44,18 °C dia) e juntamente com o M 3.2 o menor CV (2,00%) e o menor EP (19,76 °C dia). Considerando o M 3.1 é necessário o acúmulo de 2209,8 °C dia para a passagem do ciclo completo na videira 'Tannat'.

TABELA 9 – Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento, com as temperaturas cardinais calibradas para a videira 'Tannat' cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010

	M 1.1	M 1.2	M 1.3	M 2.1	M 2.2	M 3.1	M 3.2	M 3.3
----- Início da brotação – Início da floração -----								
STa	617,3	618,8	617,6	594,2	534,0	575,8	577,3	572,1
CV (%)	22,27	22,52	22,32	23,04	25,19	23,82	24,11	23,36
EP	61,48	62,32	61,64	61,24	60,15	61,35	62,24	59,77
RQME	137,48	139,36	137,82	136,93	134,50	137,18	139,17	133,65
----- Início da floração – Início da maturação -----								
STa	1295,9	1295,9	1295,9	1109,4	997,6	961,1	961,1	961,1
CV (%)	17,20	17,20	17,20	13,35	18,19	10,31	10,31	10,31
EP	99,66	99,66	99,66	66,26	81,18	44,33	44,33	44,33
RQME	222,84	222,84	222,84	148,15	181,51	99,13	99,13	99,13
----- Início da maturação – Colheita -----								
STa	977,9	977,9	977,9	808,0	725,6	672,9	672,9	672,9
CV (%)	21,82	21,82	21,82	16,58	23,92	18,00	18,00	18,00
EP	95,42	95,42	95,42	59,93	77,60	54,17	54,17	54,17
RQME	213,36	213,36	213,36	134,00	173,52	121,14	121,14	121,14
----- Início da brotação – Colheita -----								
STa	2891,2	2892,6	2891,4	2511,6	2257,2	2209,8	2211,2	2206,0
CV (%)	12,31	12,27	12,31	6,50	13,03	2,00	2,00	2,06
EP	159,17	158,78	159,12	72,97	131,56	19,76	19,76	20,37
RQME	355,92	355,05	355,79	163,17	294,18	44,18	44,19	45,54

4.4.3 Ruby Cabernet

Assim como para a 'Tannat', o M 1.1 também demonstrou o melhor ajuste para o período IB-IF, por motivos supracitados. Neste método o acúmulo necessário de energia para passagem do período é 628,4 °C dia (Tabela 10).

Os métodos que contabilizam as três temperaturas cardinais, demonstraram melhor ajuste ao período de desenvolvimento em que as temperaturas se apresentam mais elevadas. Considerando estes métodos, é necessário o acúmulo de 996,7 °C dia para o estágio IF-IM e 850,2 °C dia para IM-C.

O ciclo completo da cultivar (IB-C) foi melhor ajustado com os métodos que contabilizam as três temperaturas cardinais, destacando o M 3.1 que apresentou o menor CV (8,68%) e o M 3.3 que apresentou o menor EP (94,72 °C dia) e RQME (211,80 °C dia). Sendo, para o M 3.1 necessário o acúmulo de 2440,9 °C dia para completar o ciclo e, 2435,5 °C dia para completar o mesmo período contabilizado através do M 3.3.

TABELA 10 – Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento, com as temperaturas cardinais calibradas para a videira 'Ruby Cabernet' cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010

	M 1.1	M 1.2	M 1.3	M 2.1	M 2.2	M 3.1	M 3.2	M 3.3
----- Início da brotação – Início da floração -----								
STa	628,4	630,8	628,8	608,1	548,5	594,0	596,4	588,7
CV (%)	18,86	19,12	18,90	19,45	22,06	20,03	20,30	19,56
EP	52,99	53,94	53,16	52,91	54,12	53,20	54,14	51,51
RQME	118,49	120,61	118,87	118,30	121,01	118,97	121,06	115,17
----- Início da floração – Início da maturação -----								
STa	1309,6	1309,6	1309,6	1124,6	1011,3	996,7	996,7	996,7
CV (%)	13,77	13,77	13,77	8,95	13,82	4,74	4,74	4,74
EP	80,65	80,65	80,65	45,03	62,52	21,11	21,11	21,11
RQME	180,34	180,34	180,34	100,69	139,80	47,20	47,20	47,20
----- Início da maturação – Colheita -----								
STa	1166,6	1166,6	1166,6	979,6	871,3	850,2	850,2	850,2
CV (%)	27,81	27,81	27,81	27,85	29,95	30,99	30,99	30,99
EP	145,08	145,08	145,08	122,00	116,69	117,82	117,82	117,82
RQME	324,41	324,41	324,41	272,80	260,93	263,44	263,44	263,44
----- Início da brotação – Colheita -----								
STa	3104,6	3107,0	3105,0	2712,3	2431,2	2440,9	2443,2	2435,5
CV (%)	12,20	12,21	12,21	8,95	13,39	8,68	8,70	8,70
EP	169,41	169,69	169,49	108,60	145,61	94,74	95,09	94,72
RQME	378,82	379,43	378,98	242,84	325,59	211,86	212,62	211,80

4.4.4 Merlot

Para o período IB-IF o M 3.2 apresentou a melhor precisão dos dados (CV 11,96%). Considerando este método, é necessário o acúmulo de 547,3 °C dia para a passagem do período (Tabela 11).

Assim como nas cultivares Tannat e Ruby Cabernet, a fase IF-IM é marcada por assegurar melhor precisão dos métodos que contabilizaram as três temperaturas cardinais, sendo os menores desvios verificados para os métodos M 3.1, M 3.2 e M 3.3. Considerando estes métodos é necessário o acúmulo de 914,2 °C dia para a passagem deste período.

O IM-C, apesar de ocorrer em época do ano com elevadas temperaturas diárias, apresentou melhor precisão com o M 2.1 (CV 22,72%). Considerando este método é necessário o acúmulo de 780,7 °C para a passagem desta fase.

O ciclo completo (IB-C) foi novamente melhor ajustado pelos métodos que contabilizaram as três temperaturas cardinais. O M 3.1 e M 3.2 apresentaram o menor CV (7,80%), o M 3.3 apresentou o menor EP (71,33 °C dia) e menor RQME (159,49 °C dia). Considerando-se estes métodos, é necessário o acúmulo de 2044,8 °C dia (M 3.1), 2045,4 °C dia (M 3.2) e 2043,4 °C dia (M 3.3).

TABELA 11 – Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento, com as temperaturas cardinais calibradas para a videira 'Merlot' cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010

	M 1.1	M 1.2	M 1.3	M 2.1	M 2.2	M 3.1	M 3.2	M 3.3
----- Início da brotação – Início da floração -----								
STa	596,2	596,7	596,3	568,2	510,5	546,7	547,3	545,2
CV (%)	13,77	13,65	13,76	12,53	13,92	12,05	11,96	12,31
EP	36,7	36,4	36,7	31,8	31,8	29,5	29,3	30,0
RQME	82,13	81,46	82,04	71,19	71,07	65,86	65,45	67,10
----- Início da floração – Início da maturação -----								
STa	1277,3	1277,3	1277,3	1071,6	967,6	914,2	914,2	914,2
CV (%)	19,74	19,74	19,74	15,44	20,60	11,80	11,80	11,80
EP	112,7	112,7	112,7	74,0	89,1	48,2	48,2	48,2
RQME	252,11	252,11	252,11	165,50	199,29	107,88	107,88	107,88
----- Início da maturação – Colheita -----								
STa	949,8	949,8	949,8	780,7	697,3	651,2	651,2	651,2
CV (%)	24,94	24,94	24,94	22,72	27,16	25,76	25,76	25,76
EP	105,95	105,95	105,95	79,32	84,70	75,02	75,02	75,02
RQME	236,90	236,90	236,90	177,36	189,38	167,75	167,75	167,75
----- Início da brotação – Colheita -----								
STa	2751,2	2751,7	2751,2	2351,0	2113,0	2044,8	2045,4	2043,4
CV (%)	14,65	14,62	14,65	9,64	14,47	7,80	7,80	7,81
EP	180,24	179,91	180,19	101,40	136,77	71,35	71,39	71,33
RQME	403,02	402,29	402,92	226,73	305,82	159,54	159,64	159,49

4.4.5 Chardonnay

Assim como verificado para as cultivares Tannat e Ruby Cabernet, o M 1.1 apresentou melhor ajuste a fase IB-IF, com menor CV (13,54%) menor EP (41,97 °C dia) e menor RQME (93,84 °C dia). Considerando este método, é necessário o acúmulo de 693,1 °C dia para a passagem deste período (Tabela 12).

A fase IF-IM foi marcada por menor precisão dos métodos, que apresentaram variabilidade semelhante aos encontrados na fase IM-C, este fato demonstra a possibilidade de haver outros fatores externos atuando neste período fenológico. O M 3.3 apresentou a melhor precisão, com CV 27,81%, EP 87,98 °C dia e RQME 196,73 °C dia. É necessário o acúmulo térmico de 707,5 °C dia para a passagem desta fase.

No IM-C a melhor precisão foi obtida pelo M 3.2, com CV 27,58%, EP 59,67 °C dia e RQME 133,44 °C dia. Sendo necessário acúmulo de 483,9 °C para completar esta fase.

O ciclo completo (IB-C), foi melhor representado pelos métodos que contabilizam as três temperaturas cardinais para o desenvolvimento da videira. Destacando-se o M 3.3 que apresentou o menor CV (11,19%), menor EP (91,41 °C dia) e menor RQME (204,4 °C dia). É necessário o acúmulo de 1826,6 °C dia para completar o ciclo da videira 'Chardonnay'.

TABELA 12 – Soma térmica acumulada (STa, °C dia), coeficiente de variação (CV), erro padrão (EP) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) dos métodos de soma térmica diária testados para as diferentes fases do ciclo de desenvolvimento, com as temperaturas cardinais calibradas para a videira ‘Chardonnay’ cultivada na fronteira oeste do Rio Grande do Sul entre as safras de 2005/06 a 2009/2010

	M 1.1	M 1.2	M 1.3	M 2.1	M 2.2	M 3.1	M 3.2	M 3.3
	----- Início da brotação – Início da floração -----							
STa	693,1	696,0	693,6	670,5	615,4	643,9	646,7	637,6
CV (%)	13,54	13,67	13,56	14,10	15,35	15,41	15,53	14,95
EP	41,97	42,56	42,06	42,28	42,24	44,36	44,93	42,63
RQME	93,84	95,16	94,04	94,54	94,45	99,19	100,47	95,32
	----- Início da floração – Início da maturação -----							
STa	927,3	927,3	927,3	826,8	739,8	708,0	708,6	707,5
CV (%)	28,81	28,81	28,81	27,89	28,91	27,85	27,90	27,81
EP	119,48	119,48	119,48	103,14	95,66	88,20	88,43	87,98
RQME	267,16	267,16	267,16	230,62	213,90	197,22	197,73	196,73
	----- Início da maturação – Colheita -----							
STa	789,7	789,7	789,7	649,1	593,9	482,8	483,9	481,6
CV (%)	37,80	37,80	37,80	33,32	40,23	27,67	27,58	28,01
EP	133,48	133,48	133,48	96,73	106,85	59,74	59,67	60,31
RQME	298,48	298,48	298,48	216,30	238,93	133,58	133,44	134,87
	----- Início da brotação – Colheita -----							
STa	2410,1	2413,0	2410,6	2146,5	1949,1	1834,7	1839,3	1826,6
CV (%)	15,66	15,79	15,68	13,14	16,74	11,58	11,79	11,19
EP	168,78	170,35	169,08	126,12	145,93	95,03	97,02	91,41
RQME	377,40	380,90	378,07	282,01	326,30	212,50	216,94	204,40

5 CONCLUSÃO

O ciclo fenológico das cultivares em estudo é melhor representado pelos métodos de cálculo que utilizam as três temperaturas cardinais, sendo recomendado a utilização do método 3.3 para simulação da soma térmica diária em estudos de desenvolvimento de videiras viníferas.

Para o cálculo da soma térmica as temperaturas cardinais (T_b , T_{ot} e T_B , respectivamente) são 7,7; 26,7 e 38,7 °C para 'Cabernet Sauvignon', 6,4; 22,9 e 43,6 °C para 'Tannat', 6,1; 22,9 e 47,0 °C para 'Ruby Cabernet', 6,8; 22,7 e 43,3 °C para 'Merlot' e 5,7; 22,8 e 37,2 °C para 'Chardonnay'.

A duração do ciclo completo do início da brotação à colheita é relativo a cultivar, sendo, com o uso do método 3.3, necessário o acúmulo de 2657,1 °C dia para 'Cabernet Sauvignon', 2206,0 °C dia para 'Tannat', 2435,5 °C dia para 'Ruby Cabernet', 2043,4 °C dia para 'Merlot' e 1826,6 °C dia para 'Chardonnay'.

6 REFERÊNCIAS

AMARAL, A. M.; MUNIZ, J. A.; SOUZA, M. Avaliação do coeficiente de variação como medida da precisão na experimentação com citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 12, p. 1221-1225, dez. 1997.

BEUTLER, A. N.; MUNARETO, J. D.; RAMÃO, C. J.; GALON, L.; DIAS, N. P.; POZZEBON, B. C.; RODIGUES, G. S.; GIACOMELI, R.; RAMOS, P. V. Propriedades físicas do solo e produtividade do arroz irrigado em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1601-1607, out./nov., 2012.

BORGES, V. P.; OLIVEIRA, A. S.; COELHO FILHO, M. A.; SILVA, T. S. M.; PAMPONET, B. M. Avaliação de modelos de estimativa da radiação solar incidente em Cruz das Almas, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 74-80, 2010.

BORGHEZAN, M.; GAVIOLI, O.; PIT, F. A.; SILVA, A. L. Comportamento vegetativo e produtivo da videira e composição da uva em São Joaquim, Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 4, p. 398-405, abr. 2011.

CARVALHO JUNIOR, L. C.; MOSSINI, M. A cadeia produtiva de uvas e vinhos de Santa Catarina: uma análise das transações entre os seus segmentos. **Textos de Economia**, Florianópolis, v. 14, n. 1, p. 103-117, jan/jun. 2011.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P. Manejo de videiras sob cultivo protegido. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 6, p. 1917-1924, set. 2009.

CHAVARRIA, G.; SANTOS, H. P.; MANDELLI, F.; MARODIN, G. A. B.; BERGAMASCHI, H.; CARDOSO, L. S. Caracterização fenológica e requerimento térmico da variedade Moscato Giallo sob cobertura plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 1, p. 119-126, mar. 2009.

FAGUNDES, J. D.; STRECK, N. A.; STORCK, L.; REINIGER, L. R. S. Temperatura-base e soma térmica de subperíodos do desenvolvimento de *Aspilia montevidensis*. **Bragantia**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 499-507, 2010.

FERREIRA, M. A.; PEDRO JUNIOR, M. J.; SANTOS, A. O.; HERNANDES, J. L. Modificação parcial do ambiente de cultivo da videira 'Cabernet Sauvignon' sobre

diferentes porta-enxertos: efeito sobre a produção e o teor de sólidos solúveis. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 439-445, 2004.

GILMORE JUNIOR, E. C.; ROGERS, J. S.; Heat units as a method of measuring maturity in corn. **Agronomy Journal**, v. 50, p. 611-615, 1958.

GUERREIRO, Franciele Galvagni. **Estudos histológicos e epidemiológicos para posterior desenvolvimento de um modelo de infecção para a podridão da uva madura**. Bento Gonçalves: Centro Federal de Educação Tecnológica – Bento Gonçalves, 2006. 47 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE.
Levantamento sistemático da Produção Agrícola – Pesquisa Mensal de Previsão e Acompanhamento das Safras Agrícolas no Ano Civil.
Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201304.pdf>. Acesso em 05 de setembro de 2013.

LIEBSCH, D.; MIKICH, S. B. Fenologia reprodutiva de espécies vegetais da floresta ombrófila mista do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 32, n. 2, p. 375-391, abr./jun. 2009.

MARTINS, Liliane. **Comportamento Vitícola e enológico das variedades Chardonnay, Pinot Noir e Cabernet Sauvignon, na localidade Lomba Seca, em São Joaquim (SC)**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2006. 144 p.

MAVI, Harpal S.; TUPPER, Graeme J. **Agrometeorology: Principles and applications of climate studies in agriculture**. 1. ed. Mahwah, New Jersey: Laurence Erlbaum Associates, 2004, 364 p.

MENDONÇA, H. F. C.; CALVETE, E. O.; NIENOW, A. A.; COSTA, R. C.; ZERBIELLI, L.; BONAFÉ, M. Estimativa do filocrono de morangueiro em sistemas consorciado e solteiro em ambientes protegidos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 15-23, mar. 2012.

PEDRO JUNIOR, M. J.; CAMARGO, M. B. P.; MORAES, A. V. C.; FELÍCIO, J. C.; CASTRO, J. L. Temperatura-base, graus-dia e duração do ciclo para variedades de triticales. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 3, p. 447-453, 2004.

PROTAS, J. F. S.; CAMARGO, U. A.; MELO, L. M. R. **A vitivinicultura brasileira: realidade e perspectivas**. Bento Gonçalves: EMBRAPA Uva e Vinho, 2008.

Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/artigos/vitivinicultura/>>.
Acesso em: 04 set. 2013, 19:31:35.

R Core Team (2012). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.

ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Métodos de soma térmica e datas de semeadura na determinação de filocrono de cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 11, p. 1374-1382, nov. 2009.

SAMBORANHA, Flávia Kaufmann. **Modelagem matemática do desenvolvimento foliar em mandioca a campo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012. 71 p.

SANTOS, A. O.; HERNANDES, J. L.; PEDRO JUNIOR, M. J.; PEREIRA, S. E. Composição da produção e qualidade da uva em videira cultivada sob dupla poda e regime microclimático estacional contrastante. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 4, p. 1135-1154, Dezembro, 2011.

SANTOS, C. E.; ROBERTO, S. R.; SATO, A. J.; JUBILEU, B. S. Caracterização da fenologia e da demanda térmica das videiras 'Cabernet Sauvignon' e 'Tannat' para a região norte do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 3, p. 361-366, 2007.

SATO, A. J.; JUBILEU, B. S.; ASSIS, A. M.; ROBERTO, S. R. Fenologia, produção e composição do mosto da 'Cabernet Sauvignon' e 'tannat' em clima subtropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 491-499, jun. 2011.

STRECK, N. A.; TIBOLA, T.; LAGO, I.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; SCHNEIDER, F. M.; ZAGO, V. Estimativa do plastocrono em meloeiro (*Cucumis melo* L.) cultivado em estufa plástica em diferentes épocas do ano. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1275-1280, nov./dez. 2005.

STRECK, N. A.; ALBERTO, C. M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 9, p. 1351-1359, set. 2006.

STRECK, N. A.; PAULA, F. L. M.; BISOGNIN, D. A.; HELDWEIN, A. B.; DELLAI, J. Simulating the development of field grown potato (*Solanum tuberosum* L.). **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 142, p. 1-11, 2007a.

STRECK, N. A.; MICHELON, S.; ROSA, H. T.; WALTER, L. C.; BOSCO, L. C.; PAULA, G. M.; CAMERA, C.; SAMBORANHA, F. K.; MARCOLIN, E.; LOPES, S. J. Filocrono de genótipos de arroz irrigado em função da época de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 323-329, mar./abr. 2007b.

STRECK, N. A.; PAULA, G. M.; OLIVEIRA, F. B.; SCHWANTES, A. P.; MENEZES, N. L. Improving node number simulation in soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Santa Maria, v. 44, n. 7, p. 661-668, jul. 2009.

TALORA, D. C.; MORELLATO, P. C. Fenologia de espécies arbóreas em floresta de planície litorânea do sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 13-26, mar. 2000.

TOMAZETTI, T. C.; ROSSAROLLA, M. D.; ZEIST, A. R.; GIACOBBO, C. L.; WELTER, L. J.; ALBERTO, C. M. Métodos de soma térmica em videira 'Cabernet Sauvignon' na fronteira oeste do Rio Grande do Sul, Brasil. In: XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura, 2012. Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2012. CD-ROM.

VILLA NOVA, N. A.; PEDRO JUNIOR, M. J.; PEREIRA, A. R.; OMETTO, J. C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base em função das temperaturas máxima e mínima. **Ciência da Terra**, São Paulo, n. 30, p. 1-8, 1972.

VIVEIRO, Tânia Cristina Neto G.; CORRÊA, Marlene Lima Pires. **Manual Compacto de Matemática**: Teoria e Prática ensino médio. 1. ed. São Paulo: Rideel, 1999.