



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Estudo preliminar de alterações no acúmulo de graus-dia no Estado do Rio Grande do Sul em função de prováveis alterações climáticas¹



Ricardo Wanke de Melo²

¹ Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 23 a 28 ago. 2015, Lavras, MG

² Eng. Agrônomo, Professor, Dep. Pl. Forrageiras e Agrometeorologia, UFRGS Fone: (51) 3308-7415, ricardo.wanke@ufrgs.br

RESUMO: O presente trabalho analisa a hipótese de alteração no acúmulo de graus-dia médio mensal no Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1961 a 2013, em função de prováveis alterações na temperatura do ar. Foram coletados dados diários de temperatura máxima e mínima em 18 estações meteorológicas pertencentes ao INMET. Foram arbitrados oito intervalos de temperatura (0°C a 5°C, 5°C a 10°C, 10°C a 15°C, 15°C a 20°C, 20°C a 25°C, 25°C a 30°C, 30°C a 35°C e 35°C a 40°C) para serem considerados como a temperatura base inferior e a temperatura base superior, respectivamente, para o cálculo de acúmulo diário de graus-dia. Os valores de soma térmica diários foram totalizados mensalmente dentro de cada estação meteorológica. Foi calculada a média estadual como sendo a média dos 18 valores obtidos em cada estação meteorológica. Os resultados foram utilizados para verificar a existência de tendência estatisticamente significativa no período. Os resultados indicam tendências significativas de aumento do acúmulo de graus-dia nas faixas de 20°C a 25°C (março, abril, agosto, novembro e dezembro), de 25°C a 30°C (abril e agosto) e de 30°C a 35°C (abril e maio), bem como tendências significativas de redução de acúmulo de graus-dia nas faixas de 15°C a 20°C (janeiro), de 10°C a 15°C (julho) e de 0°C a 5°C (outubro). Nas demais faixas e meses não foi observada tendência significativa de alteração.

PALAVRAS-CHAVE: soma térmica, mudanças ambientais

Preliminary study of changes in degree-days accumulation in Rio Grande do Sul state due to likely climate change.

ABSTRACT: This paper analyzes the possibility of change in the average monthly degree-day accumulation in Rio Grande do Sul state, in the period 1961-2013, due to likely changes in air temperature. Were collected daily data from maximum and minimum temperature in 18 meteorological stations belonging to INMET. Were arbitrary designed eight temperature range (0° to 5°C, 5°C to 10°C, 10°C to 15°C, 15°C to 20°C, 20°C to 25°C, 25°C to 30°C, 30°C to 35°C and 35°C to 40°C) to be considered as the lower temperature and the upper threshold temperature, respectively, for calculating daily degree-days accumulation. The daily thermal time values were aggregated monthly within each weather station. State average was calculated as the average of the 18 values from each weather station. The results were used to verify the existence of statistically significant trend in the period. The results indicate significant trends towards increased accumulation of degree-days in the ranges of 20°C to 25°C (March, April, August, November and December), of 25°C to 30°C (April and August) and 30°C to 35°C (April and May), and significant trend to reduce the degree-days accumulation in the ranges of 15°C to 20°C (January), 10°C to 15°C (July) and 0°C to 5°C (October). In the other ranges and months there was no significant trend of change.

KEY WORDS: thermal sum, environmental change



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros



INTRODUÇÃO

Devido a grande extensão territorial do Brasil podemos encontrar uma grande diversidade de paisagens e de condições climáticas nas diferentes regiões. Devido à esta grande variedade de condições climáticas, as diferentes regiões apresentam condições distintas para o desenvolvimento das diferentes espécies vegetais de importância agrícola cultivadas. Por este motivo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece os chamados “Zoneamentos Agrícolas de Risco Climático”. Estes zoneamentos, divulgados através de portarias (MAPA, 2015) são instrumentos de política agrícola e gestão de riscos, elaborados com o objetivo de minimizar os riscos relacionados aos fenômenos climáticos e permitir que cada município identifique as melhores épocas de plantio e as culturas mais recomendadas a serem cultivadas, em função dos diferentes tipos de solo encontrados em cada região. Para a elaboração e divulgação dos referidos zoneamentos são analisados os parâmetros de clima, solo e de ciclos de cultivares, a partir de metodologia validada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e adotada pelo Ministério da Agricultura

Diversos estudos de alteração de variáveis meteorológicas têm sido publicados no Brasil e em outros países. Muitos destes estudos, no entanto, tratam de projeções simuladas de alterações de variáveis meteorológicas para um futuro, muitas vezes, muito distante. Uma das variáveis meteorológicas que mais frequentemente é alvo de estudos é a temperatura média do ar. Esta variável, no entanto, pouco informa sobre as condições em que se desenvolve um cultivo agrícola quando analisada isoladamente. Em termos de agricultura, em regiões de clima temperado, as variáveis relacionadas à temperatura que são utilizadas mais comumente são o número de horas de frio e o acúmulo diário de Graus-Dia. Pandolfo et al. (2008) realizaram estudo destas variáveis para a cultura da Videira no Estado de Santa Catarina, porém também fazendo projeção para cenários futuros. O Estado do Rio Grande do Sul é um importante produtor de frutíferas de clima temperado, bem como de outras espécies vegetais que possuem seu desenvolvimento influenciado pelo acúmulo de Graus-Dia, por isso é importante acompanhar as mudanças que eventualmente estejam ocorrendo nesta variável tão importante para a definição dos zoneamentos agrícolas de risco.

O presente trabalho analisa a hipótese de alteração no acúmulo de graus-dia médio mensal no Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1961 a 2013, em função de eventuais alterações na temperatura do ar.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletados, a partir do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2015), dados diários de temperatura máxima e mínima em 18 estações meteorológicas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul (Tabela 1). Os dados coletados compreenderam o período de 01/01/1961 a 31/12/2013, totalizando um máximo de 53 anos de dados.

Tabela 1. Estações meteorológicas localizadas no Estado do Rio Grande do Sul que forneceram dados para a execução deste trabalho:

Bagé	Iraí	Santa Maria
Bento Gonçalves	Lagoa Vermelha	Santa Vitória do Palmar
Bom Jesus	Passo Fundo	Santana do Livramento
Caxias do Sul	Pelotas	São Luiz Gonzaga
Cruz Alta	Porto Alegre	Torres
Encruzilhada do Sul	Rio Grande	Uruguaiana

Foram arbitrados oito intervalos (faixas) de temperatura: de 0°C a 5°C (0-5), de 5°C a 10°C (5-10), de 10°C a 15°C (10-15), de 15°C a 20°C (15-20), de 20°C a 25°C (20-25), de 25°C a 30°C (25-30), de 30°C a 35°C (30-35) e de 35°C a 40°C (35-40), para serem considerados como a temperatura base inferior e a temperatura base superior, respectivamente, para o cálculo de acúmulo diário de graus-dia.

Para cada dia, foi calculado qual o total de Graus-Dia acumulados utilizando-se as equações de 1 a 5 (Ometto 1981), de acordo com os condicionantes apresentados a seguir:

- a) Quando a temperatura mínima diária for maior do que a temperatura base superior ou a temperatura máxima diária for menor do que a temperatura base inferior:

$$GD = 0 \quad (1)$$

- b) Quando a temperatura mínima diária for maior do que a temperatura base inferior e a temperatura máxima diária for menor do que a temperatura base superior:

$$GD = (Tm - Tb) + \left[\frac{(TM - Tm)}{2} \right] \quad (2)$$

- c) Quando a temperatura mínima diária for menor do que a temperatura base inferior e a temperatura máxima diária for menor do que a temperatura base superior:

$$GD = \frac{\left\{ \left[\frac{(TM - Tb)}{(TM - Tm)} \right] \times (TM - Tb) \right\}}{2} \quad (3)$$

- d) Quando a temperatura mínima diária for maior do que a temperatura base inferior e a temperatura máxima diária for maior do que a temperatura base superior:

$$GD = (Tm - Tb) + \left[\frac{(TM - Tm)}{2} \right] - \left\{ \frac{(TM - TB)^2}{[2 \times (TM - Tm)]} \right\} \quad (4)$$

- e) Quando a temperatura mínima diária for menor do que a temperatura base inferior e a temperatura máxima diária for maior do que a temperatura base superior:

$$GD = \left\{ \frac{(TM - Tb)^2}{[2 \times (TM - Tm)]} \right\} - \left\{ \frac{(TM - TB)^2}{[2 \times (TM - Tm)]} \right\} \quad (5)$$

Em que, para todas as equações:

GD = variável dependente, Graus-Dia acumulados ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{dia}^{-1}$);

Tm = variável independente; Temperatura Mínima diária ($^{\circ}\text{C}$);

TM = variável independente; Temperatura Máxima diária ($^{\circ}\text{C}$);

Tb = variável independente; Temperatura Base Inferior ($^{\circ}\text{C}$);

TB = variável independente; Temperatura Base Superior ($^{\circ}\text{C}$).

Os valores de soma térmica diários foram totalizados mensalmente dentro de cada estação meteorológica. Sempre que ocorreu falha nas informações, ou seja, caso em um único dia dentro de um determinado mês não apresentasse as informações necessárias para o cálculo do acúmulo de Graus-Dia, este mês foi desconsiderado dentro da série analisada. Descartando-se os meses em que estas falhas ocorreram, restaram um máximo de 50 anos de observações (mês de janeiro) e um mínimo de 46 anos (Abril, Maio, junho, Julho, Setembro, Outubro e Dezembro).

Foi calculada a média estadual como sendo a média dos valores obtidos em cada estação meteorológica, desconsiderando-se também caso alguma das 18 estações selecionadas tenha apresentado falhas em algum mês/ano.

Foi ajustada, a cada série de dados obtida, uma equação de regressão linear. A raiz do coeficiente de determinação (R^2) de cada equação, que vem a ser o coeficiente de correlação (r), foi testado pelo teste T de Student, a um nível de significância de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos indicam tendências significativas de aumento do acúmulo de Graus-Dia nas faixas de 20°C a 25°C (março, abril, agosto, novembro e dezembro), de 25°C a 30°C (abril e agosto) e de 30°C a 35°C (abril e maio) (Figura 1).

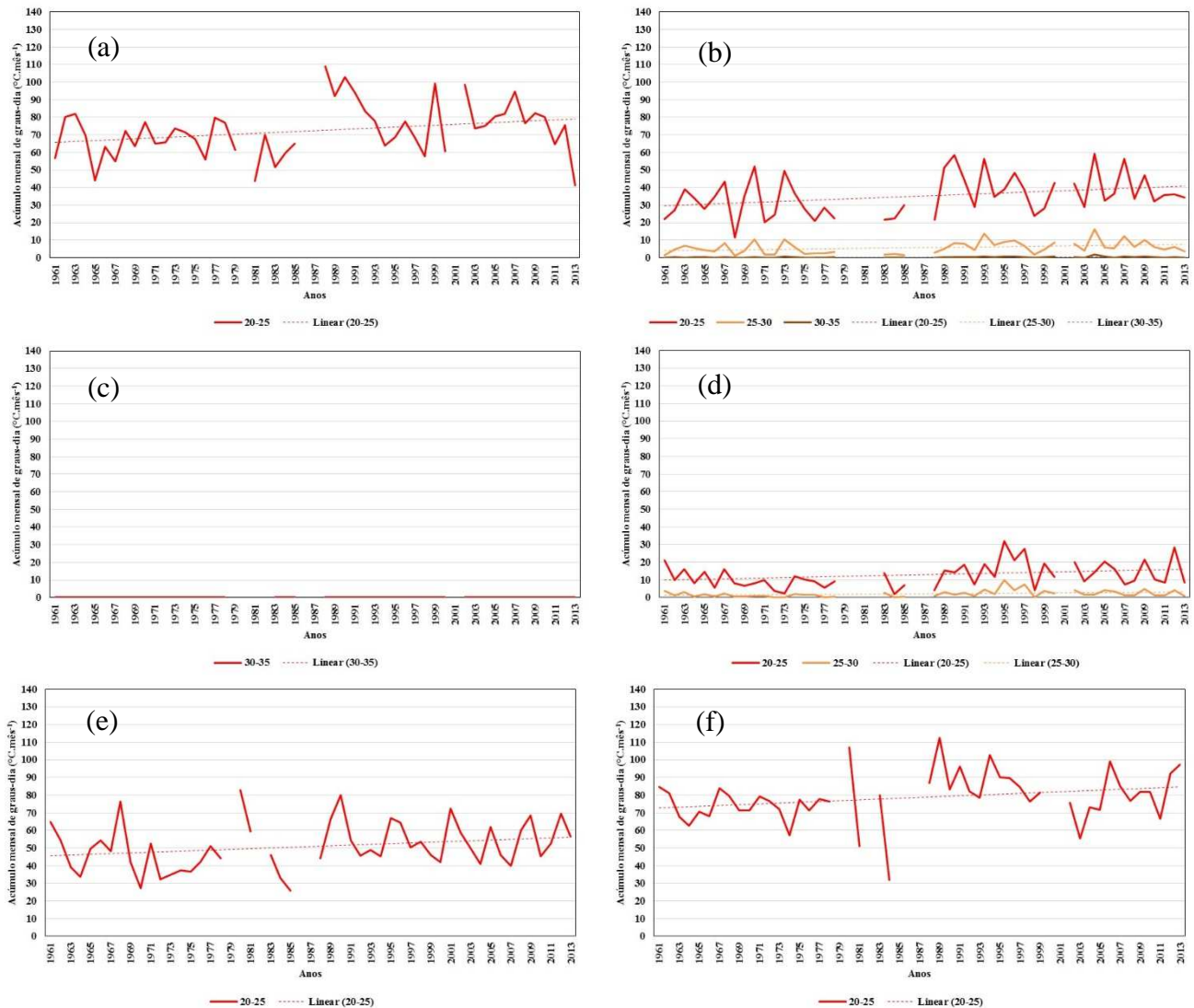


Figura 1. Graus-dia acumulados em diferentes faixas de temperatura e respectivas linhas de tendência para os meses de março (a), abril (b), maio (c), agosto (d), novembro (e) e dezembro (f). Meses e faixas em que foram observadas tendências de aumento no acúmulo de Graus-Dia.

É possível observar que a faixa 20-25 aparece em cinco dos seis meses em que foram encontradas tendências de aumento no acúmulo de Graus-Dia. Por esta faixa estar localizada no centro das temperaturas adotadas para a análise, era de se esperar que não houvesse variação significativa na mesma. Esta variação provavelmente ocorre por que os resultados avaliados correspondem a uma média de várias estações meteorológicas localizadas em diferentes regiões do Estado do Rio Grande do Sul. Uma análise mais detalhada, que individualize o que ocorre em cada estação meteorológica, provavelmente identificará uma ou mais estações meteorológicas que estejam contribuindo para o aumento do acúmulo de Graus-Dias nesta faixa.

Observa-se também que nos meses de abril, maio e agosto são verificados aumentos no acúmulo de Graus-Dia em faixas de temperaturas mais altas (25-30 e 30-35). Estes aumentos nos acúmulos de soma térmica possivelmente estejam relacionados com maior frequência de temperaturas máximas mais elevadas. Particularmente no mês de maio, observa-se que, apesar de o valor de Graus-Dia acumulados ser bastante baixo (próximo de zero), a tendência de aumento existe por que nos anos iniciais da série estudada não se verificavam acúmulos na referida faixa. Situação semelhante é observada na faixa 30-

35 no mês de abril.

Os resultados também indicam tendências significativas de redução de acúmulo de Graus-Dia nas faixas de 15°C a 20°C (janeiro), de 10°C a 15°C (julho) e de 0°C a 5°C (outubro) (Figura 2).

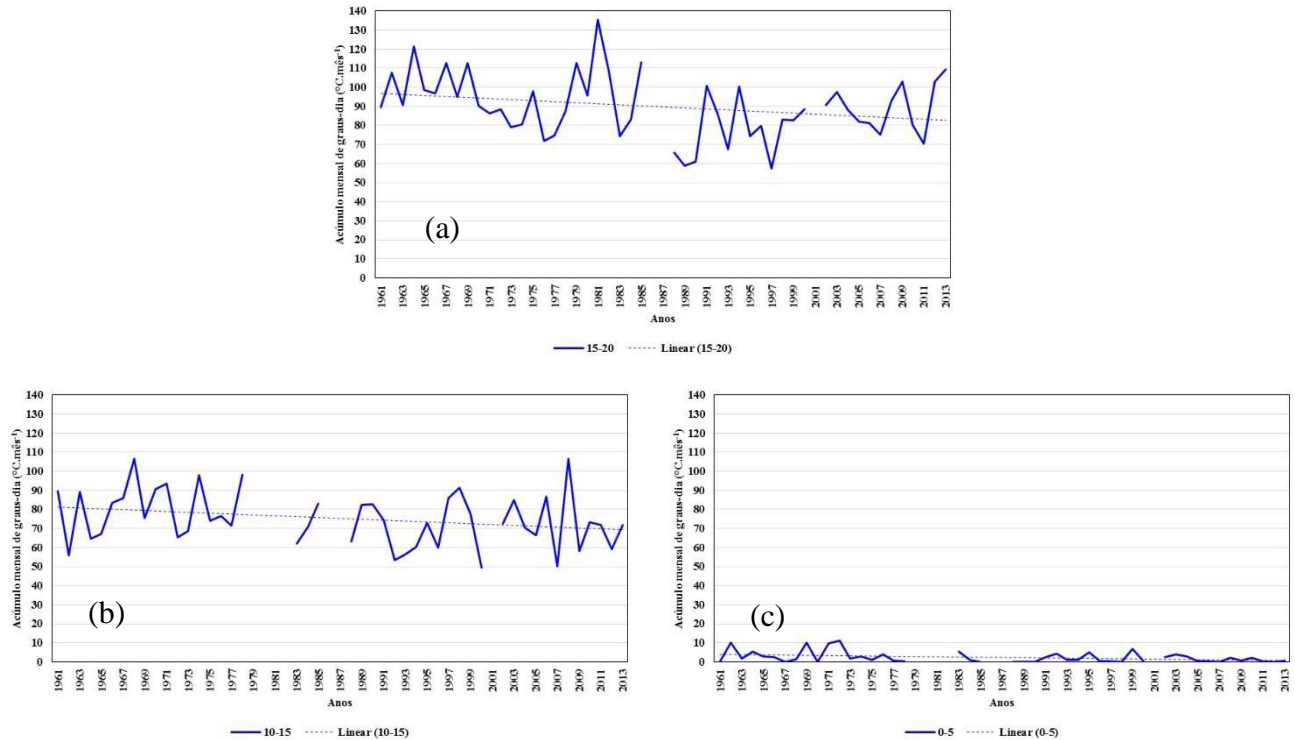


Figura 2. Graus-dia acumulados em diferentes faixas de temperatura e respectivas linhas de tendência para os meses de janeiro (a), julho (b) e outubro (c). Meses e faixas em que foram observadas tendências de redução no acúmulo de Graus-Dia.

Nos três meses apresentados na Figura 2 foram observadas tendência de redução no acúmulo de Graus-Dia, porém em faixas distintas. Para os meses de janeiro e outubro, a redução possivelmente seja devido a um aumento das temperaturas mínimas, uma vez que a faixa em que são verificadas as tendências significativas correspondem aproximadamente às temperaturas mínimas extremas observadas nestes meses: janeiro (15-20) e outubro (0-5).

Já para o mês de julho, a faixa em que se observa a redução no acúmulo de Graus-Dia é também, a exemplo da faixa 20-25 nas tendências de aumento, uma faixa de valores que pode ser considerada como média para o referido mês. Assim, a identificação dos reais fatores que contribuem para a redução do acúmulo de Graus-Dia na faixa 10-15 provavelmente necessite de uma análise mais detalhada, em nível de distribuição espacial e consideração das características regionais das estações meteorológicas utilizadas neste estudo.

Ao observarmos o gráfico referente ao mês de janeiro (Figura 2.a), é possível perceber que, pelo menos visualmente, parece haver uma inversão na tendência a partir do ano de 1990. Esta inversão na tendência, no entanto, não é suficiente para inverter a tendência da série inteira (desde 1961). Este detalhe observado nesta Figura reforça a necessidade de melhor detalhamento na análise dos dados e o cuidado que se deve ter ao fazer afirmações sobre o que ocorre em uma série de dados específica.

Nas demais combinações de faixas de temperatura e meses não foi observada tendência significativa de alteração no acúmulo de Graus-Dia. Lembrando que este é um estudo preliminar, uma avaliação individual dos dados de cada estação meteorológica poderá indicar a existência de tendências de alteração de acúmulo de Graus-Dia que não foram identificadas neste trabalho.



XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros

Uma análise individual dos dados de cada estação meteorológica poderá indicar regiões em que existem tendências de aumento no acúmulo de Graus-Dia e regiões em que haja redução neste acúmulo em uma determinada faixa de temperatura. Como os dados destas regiões foram considerados neste trabalho para o cálculo de um valor médio de Graus-Dia acumulados, a tendência de alteração não foi verificada.

Um maior detalhamento das análises pode ser realizado tanto espacialmente (considerando cada estação individualmente), quanto temporalmente (considerando períodos menores, como por exemplo: decêndios). Além destes, pode-se refinar mais o estudo diminuindo as faixas de temperatura consideradas. Um estudo bem detalhado poderá servir de apoio para elaboração de zoneamentos agrícolas para espécies vegetais que tenham seus ciclos de desenvolvimento correlacionados com o acúmulo de Graus-Dia.

CONCLUSÃO

Foram observadas tendências significativas de aumento do acúmulo de Graus-Dia médios no Estado do Rio Grande do Sul, no período de janeiro de 1961 a dezembro de 2013, nas faixas de 20°C a 25°C (março, abril, agosto, novembro e dezembro), de 25°C a 30°C (abril e agosto) e de 30°C a 35°C (abril e maio).

Foram observadas tendências significativas de redução do acúmulo de Graus-Dia médios no Estado do Rio Grande do Sul, no período de janeiro de 1961 a dezembro de 2013, nas faixas de 15°C a 20°C (janeiro), de 10°C a 15°C (julho) e de 0°C a 5°C (outubro).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INMET – BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em Março de 2015.

MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Disponível em <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola>>. Acesso em Abril de 2015.

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

PANDOLFO, C.; MASSIGNAM, A. K.; SILVA, A. L.; HAMMES, L. A.; BRIGHENTI, E.; BONIN, V. Impacto das mudanças climáticas nas horas de frio, graus - dias e amplitude térmica do ar para a videira (*Vitis vinifera* L.) Var. Cabernet Sauvignon, no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.16, n. 3, p.267-274, 2008.