

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**  
**Faculdade de Meteorologia**  
**Curso de Graduação em Meteorologia**



**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Horas de frio para o Estado do Rio Grande do Sul**

**Maiara Braun Cardoso**

**Pelotas, 2017**

**Maiara Braun Cardoso**

**Horas de frio para o Estado do Rio Grande do Sul**

Trabalho acadêmico apresentado ao Curso de Graduação em Meteorologia da Faculdade de Meteorologia, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Meteorologia.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Barros Pinto

Pelotas, 2017

**Maiara Braun Cardoso**

**Horas de frio para o Estado do Rio Grande do Sul**

**Trabalho de Conclusão de Curso aprovado, como requisito parcial, para obtenção do grau de Bacharel em Meteorologia, Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas.**

**Data da Defesa: 03/08/2017.**

**Banca examinadora:**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Barros de Pinto (Orientadora).  
Doutora em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa – MG.**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Graciela Redies Fischer.  
Doutora em Meteorologia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa – MG.**

**Prof. Dr. Marcelo Félix Alonso.  
Doutor em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).**

## **Agradecimentos**

Agradeço a Deus pela presença constante, saúde, pela existência, pela oportunidades e por guiar-me a cada passo, a cada decisão, mostrando que a vida sempre tem um propósito.

Agradeço em especial minha mãe Marilanda Braun por todo incentivo durante esse tempo, pela paciência e por me sempre ajudar a superar as dificuldades. E ao meu namorado Gerson Köhler Rodrigues pelo apoio, pelos momentos de descontração e felicidade.

A minha orientadora professora Dr<sup>a</sup> Luciana Barros Pinto, que me mostrou o jeito mais claro de colocar as idéias. Pela dedicação do seu trabalho, pelos seus conselhos, confiança e carinho.

A Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade de realizar o curso de graduação em Meteorologia.

## Resumo

CARDOSO, Maiara Braun. **Horas de frio para o Estado do Rio Grande do Sul**. 2017. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Meteorologia), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

As Horas de Frio é o somatório do número de horas iguais ou inferiores a um determinado valor de temperatura. O índice que expressa o número de horas em que a temperatura do ar permanece abaixo de um valor base tem sido geneticamente denominado de horas de frio adota-se a temperatura base de 7,2°C. A determinação das horas de frio pode ser feito a partir de termogramas ou do registro horário da temperatura do ar. A importância em se determinar o número de horas que a temperatura do ar permanece abaixo de determinado valor é um índice bastante utilizado nos estudos do efeito do nível térmico sobre o desenvolvimento vegetal. O uso na fruticultura de clima temperado é devido que as plantas criófitas necessitam de baixas temperaturas durante o repouso invernal, para quebra de dormência das gemas vegetativas. Para este estudo foi calculado o regime de horas de frio para temperaturas do ar abaixo de 7°C e 10°C no período de maio a setembro respectivamente em 18 localidades do Estado do Rio Grande do Sul, durante o período de 2007 a 2015. No período maio-setembro o número de horas de frio abaixo de 7°C variou de 128 a 863 horas, enquanto que abaixo de 10°C a variação ficou entre 281 e 1648 horas. As localidades que apresentaram maiores valores de Horas de Frio estão localizadas em altitudes acima de 400m, com exceção das localidades situadas na região Sudoeste e no Centro Oriental, apesar de menor altitude, se localizam na região onde ocorrem com uma maior frequência às entradas de massa de ar frio. As localidades com menor número de horas de frio foram Camaquã, Porto Alegre e Torres na região Metropolitana, Rio Grande na região Sudeste, Santa Maria e Rio Pardo na região Centro Oriental, Santo Augusto na região Noroeste, Bento Gonçalves na região Nordeste.

**Palavras-chave:** agroclimatologia; regime térmico; clima.

## **Abstract**

CARDOSO, Maiara Braun. **Hours of cold for the State of Rio Grande do Sul.** 2017. 34 f. Final Monograph (Graduation of Meteorology) – Graduation in Meteorology, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2017.

The hours of cold is the sum of the number of hours equal to or less than a certain temperature value. The index expressing the number of hours that the air temperature remains below a base value has been genetically termed the cold hours being given the base temperature of 7.2 ° C, the determination of the cold hours can be made from thermograms or the time record of the air temperature. The importance of determining the number of hours that the air temperature remains below a certain value is an index widely used in studies of the effect of the thermal level on plant development. The use in temperate fruit growing is due to the fact that criophyte plants require low temperatures during winter rest, to break dormancy of the vegetative buds. For this study was calculated the regime of cold hours for air temperatures below 7° C and 10 ° C in the period from May to September 18 locations in the State of Rio Grande do Sul, during the period from 2007 to 2015. In the period May-September the number of cold hours below 7 ° C varied from 128 to 863 hours, while below 10 ° C the variation was between 281 and 1648 hours. The locations that presented higher values of Cold Hours, since they are located at altitudes above 400m, except for the locations located in the Southwest and East Campaign, although lower altitude, are located in the region where the entries Of mass of cold air. The towns with the lowest cold hours were Camaquã, Porto Alegre and Torres in the Metropolitan region, Rio Grande in the Southeast, Santa Maria and Rio Pardo in the Eastern Center region, Santo Augusto in the Northwest region, Bento Gonçalves in the Northeast region.

**Key-words:** agroclimatology; thermal regime; climate.

## Lista de Figuras

Figura 1. Mapa do RS. a) Topográfico, b) Unidades geomorfológicas.....	11
Figura 2. Variação sazonal da temperatura média do ar RS. (a) verão, (b) outono, (c) inverno, (d) primavera. ....	13
Figura 3. Precipitação média anual do RS.....	14
Figura 4. Mapa de horas de frios para o RS, a) Para temperatura 7°C período maio-agosto, b) Para temperatura 7°C período maio-setembro, c) Para temperatura 10°C período maio-agosto, d) Para temperatura 10°C período maio-setembro.....	17
Figura 5. Mapa das meso-regiões do Rio Grande do Sul, segundo classificação do IBGE.....	19
Figura 6. Horas de fria abaixo de 7 °C e 10 °C para o período de maio a setembro para o Estado do Rio Grande do Sul.....	20
Figura 7. Média mensal das horas de fria abaixo de 7° e 10°C, para o período de 2007 a 2015.....	21
Figura 8. Média mensal abaixo de 7°C de HF para o Estado do Rio Grande do Sul .....	22
Figura 9. Média mensal abaixo de 10°C de HF para o Estado do Rio Grande do Sul .....	22

## Lista de Tabelas

Tabela 1. Classificação por meso-regiões e localização das estações meteorológicas automáticas do Rio Grande do Sul, pertencentes ao INMET utilizadas no estudo.....	19
Tabela 2. Porcentagem dos dados faltantes para as 18 cidades para o período de maio a setembro de 2007 a 2015. ....	23
Tabela 3. Média Mensal do número de Horas de Frio para temperaturas menores de 7°C, no período de maio a setembro do período de 2007 à 2015 das estações automáticas do Rio Grande do Sul.....	25
Tabela 4. Média Mensal do número de Horas de Frio para temperaturas menores de 10°C, no período de maio a setembro do período de 2007 a 2015 das estações automáticas do Rio Grande do Sul.....	26
Tabela 5. Soma Total das Horas Frio para o período de maio a setembro no período de 2007 a 2015 das estações automáticas do Rio Grande do Sul. ....	27



## Sumário

1. Introdução .....	9
2. Revisão Bibliográfica .....	11
2.1. Área de Estudo.....	11
2.2. Horas de Frio.....	14
3. Metodologia.....	18
4. Resultados e Discussões .....	20
5. Conclusões.....	30
Referências Bibliográficas .....	31

## 1. Introdução

A temperatura do ar é um elemento muito importante, que pode interferir em várias partes do sistema terrestre, definindo a distribuição vegetal, e determinando o clima de cada região. Para as plantas, cada processo vital é ajustado dentro de uma faixa de temperatura, podendo ser responsável pela ativação de diversos processos fisiológicos da planta (LARCHER, 2006). A dormência de plantas temperadas é de grande importância para a proteção de gemas vegetativas durante épocas desfavoráveis, essa dormência ocorre devido à ação de um hormônio produzido pelas plantas. Um dos principais hormônios é o ácido abscísico, ao qual é responsável pela dormência das gemas do caule e queda das folhas, assim como o principal responsável pelo bloqueio do crescimento das plantas no inverno, fenômeno esse conhecido como dormência. O ácido abscísico é influenciado pelas baixas temperaturas, como um determinado acumulado de horas de frio, ocorre uma diminuição desse hormônio nas gemas, com essa redução, as plantas, voltam a crescer e a florescer, fato esse que ocorre na primavera. A necessidade de frio varia entre as espécies e cultivares, mas tem uma grande influência na diminuição de qualidade e da quantidade da produção, como também na diminuição de vigor e longevidade da planta (MATZENAUER et al., 2005). Essa exposição ao frio é importante para alguns cultivares que necessitam de horas de frio com temperaturas abaixo de 7° e 10°C para um melhor desenvolvimento da cultura (HERTER et al., 2002).

O Estado Rio Grande do Sul (RS), por estar localizado na região meridional, compreendido entre as latitudes de 27°05' S e 33°5' S e longitudes de 49°43'O e 57°39'O, tem grande influência de sistemas atmosféricos que afetam as temperaturas, como a atuação de diferentes massas de ar, como a Marítima Tropical (mT), Marítima Polar (mP), e Continental (cT) (SILVA, 2010). Com isso, tem

estações bem definidas, com verão de temperaturas altas e invernos com temperaturas baixas, onde na estação de inverno são registradas temperaturas negativas em algumas regiões, e média das temperaturas mínimas no mês mais frio (junho) entre 6° e 10°C, e nos verões as temperaturas médias ficam acima de 22°C em grande parte do Estado, sendo considerado que o clima predominante é o clima temperado (SARTORI, 2003). Essa característica climática é propícia para culturas que necessitam de horas de frio para uma melhor produção (WREGGE et al., 2003).

Além do RS ser um dos principais produtores de grão do Brasil, também é responsável por grande parte da produção de fruticultura, correspondendo à cerca de 49,3% da produção de fruticultura no país (FACHINELLO et al., 2011). As culturas de inverno como o trigo, cevada e maçã, necessitam de algumas características térmicas a fim de satisfazer a exigência de temperaturas baixas para seu crescimento (PASCALE; MOTA, 1966). Essa exigência de horas de frio deve-se para a necessidade da quebra de dormência do cultivo (PUTTI et al., 2003). Um exemplo é que as plantas param seu crescimento no outono, onde começam as temperaturas mais baixas, a fim de paralisar seu crescimento, de modo a se proteger das condições adversas (CARAMORI et al., 2008).

As horas de frio são estimadas como a quantidade de frio necessária para superar a dormência. O modelo mais usado para esta estimativa é utilizar a somatória diária das horas, considerando temperaturas iguais ou inferiores de 7,2°C, para o período de maio a setembro (PUTTI et al., 2003). Mas este modelo não é muito satisfatório, uma vez que o número de horas de frio necessárias para dormência nem sempre é a mesma nas diferentes regiões, e também por não considerar temperaturas maiores que 7,2°C, que para alguns cultivares também é eficiente para a quebra de dormência, como em algumas espécies de frutíferas (BOTELHO et al., 2006).

Sendo assim, a importância de se estimar as horas de frio está em determinar de ocorrência de frio de cada local, tanto para o zoneamento como para melhor exploração de culturas e cultivares que se adaptem à essas regiões, visando um melhor aproveitamento das áreas cultivadas gerando maiores produtividades (HELDWEIN et al., 1989).

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho é determinar o regime de horas de frio abaixo de 7° e 10 °C no Rio Grande do Sul, durante os meses de maio a setembro, no período de 2007 a 2015.

## 2. Revisão Bibliográfica

### 2.1. Área de estudo

O Rio Grande do Sul está localizado no extremo meridional do Brasil, compreendido entre as latitudes 27°05'S e 33°45'S e longitudes de 49°43'O e 57°39'O (ATLAS SÓCIO ECONÔMICO DO RS, 2016). Possui uma área de aproximadamente 282.184 km<sup>2</sup> de extensão territorial, desta área 5,2% corresponde a grandes lagunas e ambientes lacustres, uma extensão de 622 km de costa marinha. A topografia do estado bem diversificada em algumas regiões, pois apresenta um planalto ao norte, depressões no centro e planícies costeiras, e possui altitudes que pode variar de mais de 1.000m na depressão central e planície costeira (Figura 1) (SILVA, 2010).

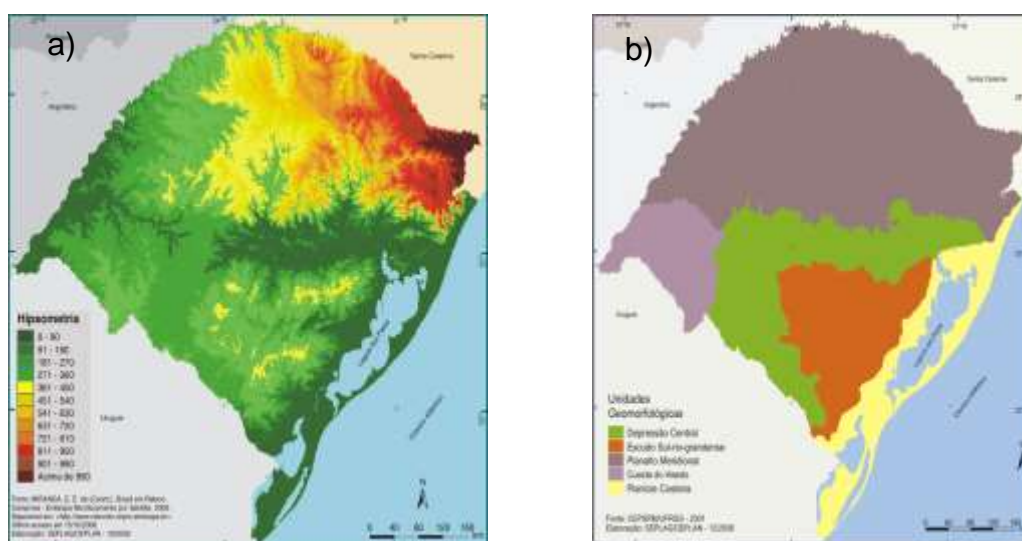


Figura 1. Mapa do RS. a) Topográfico, b) Unidades geomorfológicas.  
Fonte: ATLAS SÓCIO ECONÔMICO DO RS (2016)

O clima do Estado do Rio Grande do Sul é identificado como zona fundamental temperada “C” e no fundamental “Cf” ou temperado úmido, segundo o sistema de classificação climática de Köppen, caracterizado por apresentar precipitação durante todos os meses do ano, e temperatura do mês mais frio superior à 3°C, que é dividido em duas classes climáticas a classe “b”, predominante no Planalto Meridional no Sul do Estado, com temperatura do mês mais quente inferior à 22°C, e nas demais regiões pertencem à área da classe “a”, com temperatura do mês mais quente superior à 22°C (SILVA, 2010).

As temperaturas apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e invernos bastante rigorosos, com ocorrência de geada e precipitação eventual de neve. As temperaturas médias variam entre 15 e 18°C com mínimas de até -10°C e máximas de 40°C no verão (MORENO, 1961). Este regime de temperaturas se deve à influência de massas de ar Marítima Tropical (mT), Marítima Polar (mP) e Continental Tropical (cT). A elevação das temperaturas no verão se deve principalmente pela atuação da massa de ar Continental Tropical no oeste do Estado. Já no inverno, se tem o avanço da massa de ar Marítima polar (mP), fazendo com que tenha uma expressiva redução nas temperaturas (SILVA, 2010).

No Estado durante as estações do ano temos grandes variações nas médias de temperatura como no inverno apresenta temperaturas médias, de 12°C na Campanha e na Depressão Central, temperaturas de 6°C e podendo chegar à temperaturas negativas na Serra, e variando entre 14 e 18°C na região costeira e no centro e oeste do Estado com temperaturas mais elevadas em relação às demais regiões (Figura 2c). O RS tem duas estações do ano onde as temperaturas não são muito elevadas com mínimas de 10°C chegando a 24°C nas estações de outono, e primavera onde as máximas são observadas mais nas regiões da planície costeira e no oeste do estado. Na campanha, na Depressão Central e serra temos variações de temperatura de 10 a 14°C (Figura 2b, 2d). O verão apresenta as temperaturas mais elevadas no Estado na costa litorânea e no oeste do estado com temperaturas acima de 26°C, na Campanha e na Depressão Central com temperaturas entre 22 a 24°C, e no planalto variando as temperaturas entre 14 a 24°C (Figura 2a).

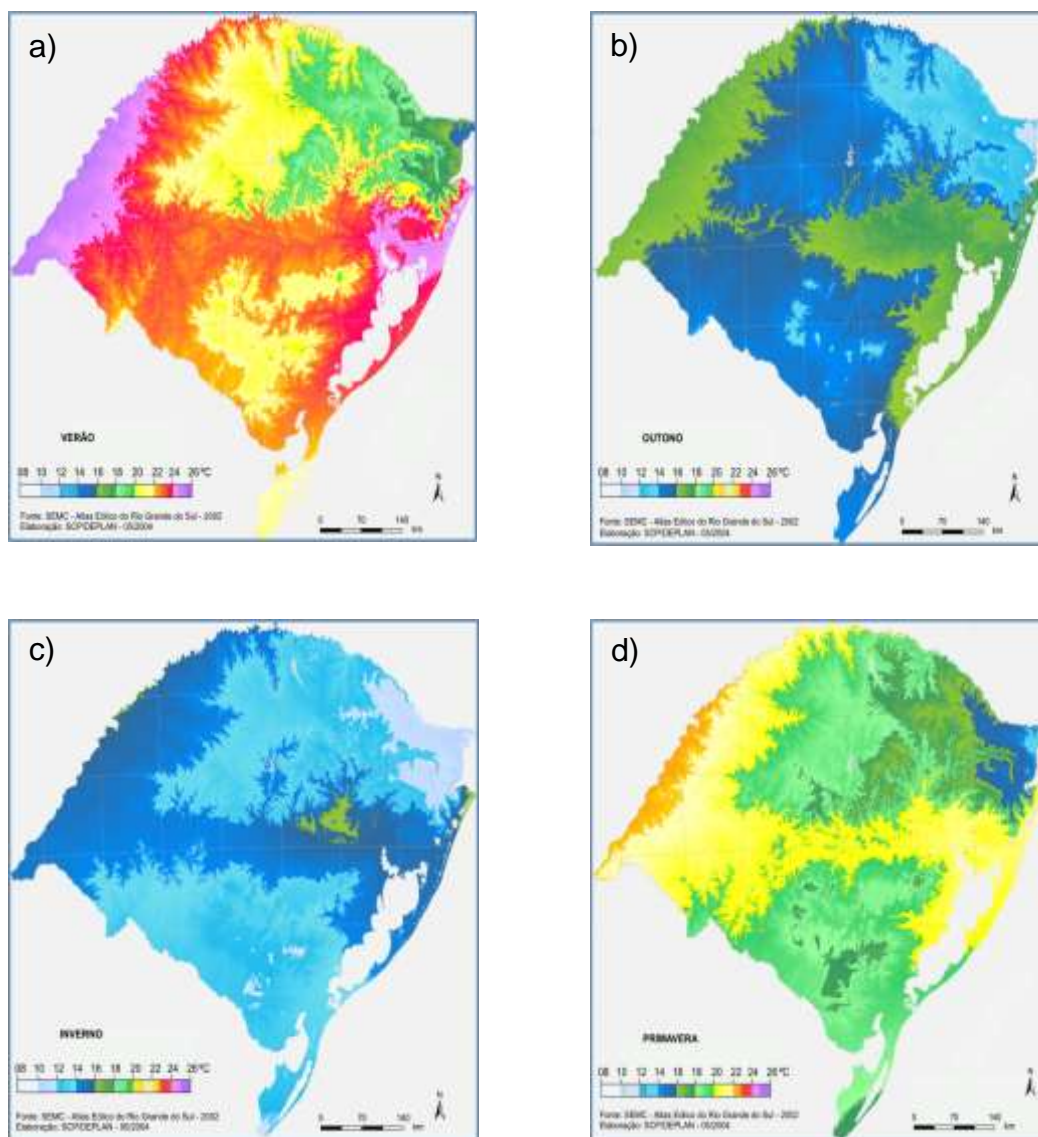


Figura 2. Variação sazonal da temperatura média do ar RS. (a) verão, (b) outono, (c) inverno, (d) primavera.  
 Fonte: ATLAS SÓCIO ECONÔMICO DO RS (2016).

Com relação às precipitações, o Estado apresenta uma distribuição relativamente equilibrada das chuvas ao longo de todo ano, em decorrência das massas de ar oceânicas que influenciam no Estado. O volume de chuvas, no entanto é diferenciado. Ao sul a precipitação média situa-se entre 1299 e 1500 mm e, ao norte a média está entre 1500 e 1800 mm, com intensidade maior de chuvas a nordeste do Estado, especialmente na costa do planalto, local com maior precipitação do Estado (Figura 3) (ATLAS SÓCIO ECONÔMICO DO RS, 2016).

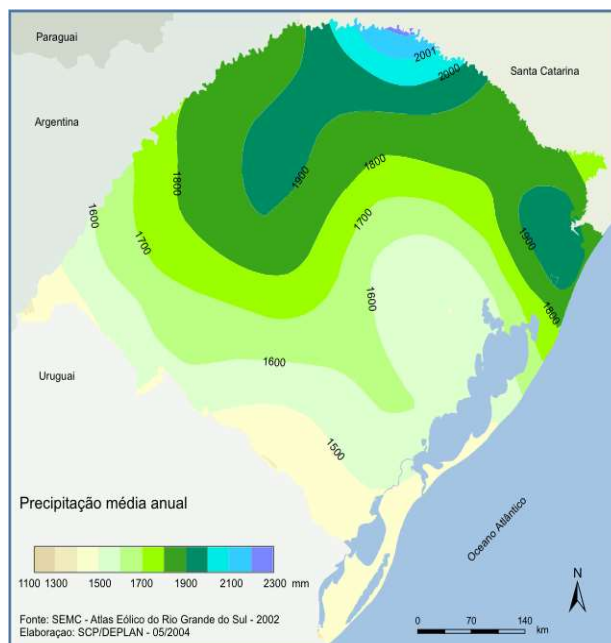


Figura 3. Precipitação média anual do RS.  
 Fonte: ATLAS SÓCIO ECONÔMICO DO RS (2016)

O RS por apresentar estas características climáticas faz com que tenha microclimas com uma grande variação nas temperaturas durante o ano. O conhecimento das horas de frio nas diferentes regiões do estado é muito importante para avaliação do desenvolvimento de cada cultura em um determinado período, além de descobrir áreas com um maior potencial para cada cultura de exigência em frio (WREGGE et al., 2003).

## 2.2. Horas de frio

Horas de frio (HF), ou unidades de frio, é o somatório do número de horas iguais ou inferiores a um determinado valor de temperatura base. O método mais utilizado é a soma diária das horas com temperaturas iguais ou inferiores a 7,2°C, durante o período maio a setembro (BOTELHO et al., 2006).

A importância de vários métodos de estimar o frio para superar a dormência não se deve somente à quantidade de frio necessário, mas também para um melhor desenvolvimento dos cultivares sob diferentes climas, para determinar a temperatura eficiente para um determinado cultivar, a identificação das regiões com um maior valor de horas de frio, possibilitam além da determinação de novas áreas de cultivo, um melhor aproveitamento de áreas favoráveis ao cultivo assim tendo um melhor rendimento da cultura (HELDWEIN et al., 1989). Para se superar as fases de

dormência de um determinado cultivar é necessário o acúmulo de HF abaixo de uma temperatura base. O frio é acumulativo e geneticamente controlado, que deve variar para cada tipo de cultura (MATZENAUER et al., 2007). O método mais usado durante anos para estimar a quantidade de frio necessária para superar a dormência foi o método da soma diária das horas abaixo de 7,2°C, durante o período de outono e inverno, que corresponde aos meses de maio a setembro. Este método por se considerar uma temperatura fixa, é considerado como um valor referencial, principalmente para as novas cultivares com menor exigência de horas de frio (PUTTI et al., 2003).

Diversos pesquisadores determinaram o regime de HF no Estado do Rio Grande do Sul utilizando diferentes métodos em seus estudos. Wrege et al. (2003) publicou o mapeamento das horas de frio para frutíferas de clima temperado no estado do RS, com base no cálculo do total de horas de frio para 30 locais do Estado. Para o cálculo foram usados dados das coordenadas geográficas das estações e sua altitude, mais o número de horas de frio no período de maio a setembro: assim, foi estabelecida uma equação de regressão que representasse todo Estado. Por meio dessa equação, foi calculado o número de horas de frio abaixo de 7,2°C em função da latitude, longitude e altitude, a qual foi utilizada para o mapeamento e aplicada em um programa desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o SPRING. Matzenauer et al. (2007) estimou o regime anual e estacional de horas de frio no estado do Rio Grande do Sul, que utiliza a temperatura mínima média mensal de maio a setembro e a temperatura média mensal anual, onde identificou as regiões com um maior potencial para o estabelecimento de fruteiras de clima temperado, na estação de inverno concentra cerca 70% do regime anual de horas de frio no Estado, e o restante distribuído de forma semelhante nas estações de outono e primavera. Damario et al. (1998) estimou o método simplificado para as estações agroclimáticas de horas de frio anuais, que utiliza a temperatura mínima média mensal de maio a setembro e a temperatura média anual, onde usou o método de regressão múltipla.

A necessidade de se estimar as horas de frio se deve pela importância do desenvolvimento de algumas frutíferas como pêssigo, morango e maçã. Estas frutíferas de clima temperado que requerem horas de frio, para que tenha seu período de dormência, período onde a planta para seu crescimento tem um exemplo como os pessegueiros de clima temperado onde maioria das variedades desta



cultura necessita de 600 a 1.000 horas de frio. Já em regiões subtropicais, as variedades de pessegueiros necessitam de mais de 75 horas. (CARAMORI, 2008). A necessidade de horas de frio acumuladas ( $< 10^{\circ}\text{C}$ ) para morangos no período de produção das mudas é um fator muito importante, quanto maior for quantidade de horas de frio maior será a produção de gemas vegetativas. (WREGGE et al., 2007).

Estudo feito para vários cultivares de maçã considerando diversos limites superiores de temperatura mínima do ar, para determinar qual seria as temperaturas mais eficazes para a indução da brotação dos cultivares, considerando para diferentes níveis superiores de temperatura mínima do ar. Concluiu-se que para cada cultivar pode se ter uma temperatura efetiva diferente assim podendo chegar até  $15^{\circ}\text{C}$  para cultivares que tem uma menor exigência de frio. Com um maior número de horas de frio o tempo médio de brotação foi menor, sendo independente da temperatura de indução da brotação PUTTI et al. (2003).

Para pessegueiros em dois ambientes diferentes considerando uma cultura está em um ambiente frio natural e outro as plantas estão submetidas em vasos de ar frio artificial, pode se concluir que a necessidade de frio para o cultivar 'precocinho' são em média 300 horas a  $2^{\circ}\text{C}$  igual a 15 unidade de frio sendo usado o método de Utah, outro modo foi de próximo de 200 horas abaixo de  $12^{\circ}\text{C}$  (CITADIN et al., 2002).

No cultivar de trigo a influência de temperaturas menores gera um resultado negativo no rendimento do grão gerando uma queda durante o período de enchimento de grãos e também na maturação fisiológica, tendo-se um valor negativo na extração de farinha correspondendo ao início do enchimento do grão (GUARIENTI et al., 2004).

No estudo de Matzenauer et al. (2005) foi identificado no Estado regiões com grande variabilidade no regime de horas de frio. Para os dois períodos de estudo de maio-setembro e maio-agosto para o período de 1956 a 2003, foram identificados que as localidades que apresentaram os maiores valores de horas de frio foram Vacaria na região do Planalto Superior, Farroupilha e Caxias do Sul, na Serra do Nordeste, Passo Fundo, Erechim e Soledade, no Planalto Médio e Bagé, Quaraí, Santana do Livramento, Alegrete e Jaguarão na região da Campanha (Figura 4).

Foram observadas as regiões com um maior número de horas de frio, tendo um maior potencial para cultivo de fruteiras de clima temperado. As regiões com um

maior número de horas de frio são Serra do Nordeste, Planalto Médio, Planalto Superior e Campanha.

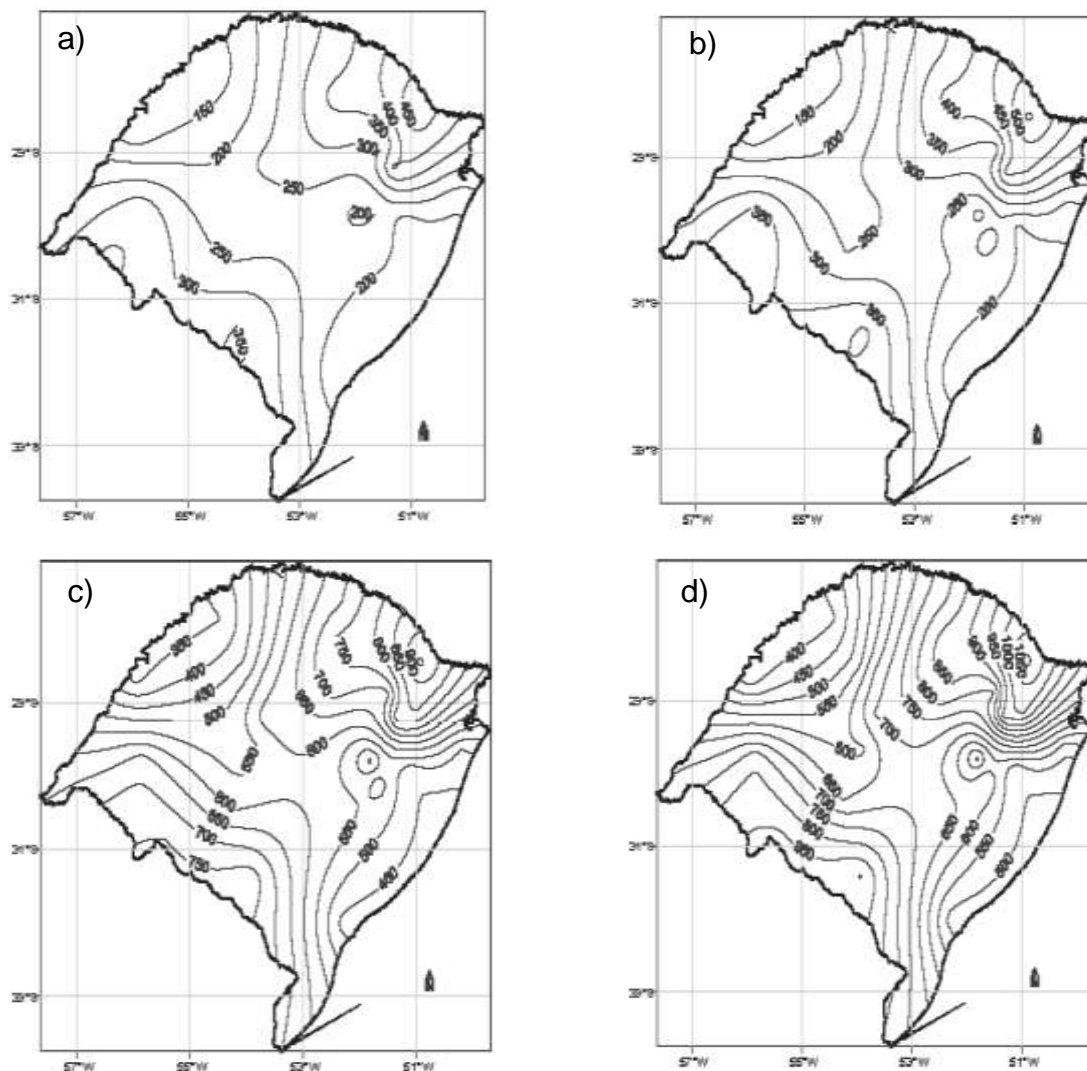


Figura 4. Mapa de horas de frios para o RS, a) Para temperatura 7°C período maio-agosto, b) Para temperatura 7°C período maio-setembro, c) Para temperatura 10°C período maio-agosto, d) Para temperatura 10°C período maio-setembro.

Fonte: Matzenauer et. al., 2005.

Para a estimativa das horas de frio existem vários métodos estatísticos como o uso de equações regressão de senoidal e analítico usados no trabalho do Pola; Angelocci (1993), Para o trabalho Heldwein et al. (1989) utilizou-se o modelo matemático formado pela combinação de duas distribuições a discreta e continua. Também pode-se calcular ocorrência de horas de frio pela distribuição normal em função das coordenadas geográficas, pelo modelo de regressão harmônica” (SILVA; PAZ; HERTER, 2002), equação de regressão linear múltipla “Stepwise” (PANDOLFO et al., 2005).

### 3. Materiais e Métodos

A determinação das horas de frio (HF) com temperaturas abaixo de 7 °C e 10 °C foram feitas com base em dados horários de temperatura mínima do ar ( $T_{\min}$ ), do período de 01 de maio à 30 de setembro, para os anos de 2007 a 2015 (Tabela 1), pertencentes ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). As estações foram divididas segundo a classificação de Meso-regiões feitas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) (Tabela 1, Figura 5).

Para cada localidade e faixa de temperatura (<7 °C e <10 °C) realizaram-se os seguintes passos:

1. Somatório do número de HF para cada dia;
2. Soma do número de HF para cada mês;
3. Calculou-se a soma de HF o período em cada ano.
4. Com base no cálculo para cada localidade, foi feita a média mensal e anual de horas de frio para o Rio Grande do Sul;
5. A partir dos somatórios para cada mês e ano, calculou-se a média de horas de frio em cada mês e período, entre os anos de 2007 a 2015. Essa média foi obtida em relação à série de dados existentes. Não foram estimados valores para dias com dados ausentes (sem registro). Portanto, o número de observações que geraram a média de horas de frio diária é diferente entre os dias do período.

A partir desta metodologia, pode-se, portanto, obter valores reais de horas de frio, já que em estimativas a partir de funções matemáticas sempre ocorre um erro.

Tabela 1. Classificação por meso-regiões e localização das estações meteorológicas automáticas do Rio Grande do Sul, pertencentes ao INMET utilizadas no estudo

Meso-regiões	Municípios	Latitudes	Longitudes	Altitude (m)
Centro Ocidental	Santa Maria	-29.72°	-53.72°	103
Centro Oriental	Rio Pardo	-29.87°	-52.38°	107
Metropolitana	Camaquã	-30.81°	-51.83°	92
	Porto Alegre	-30.05°	-51.17°	41
	Torres	-29.35°	-49.73°	8
Nordeste	Bento Gonçalves	-29.16°	-51.53°	623
	Lagoa Vermelha	-28.22°	-51.51°	834
	São José dos Ausentes	-28.75°	-50.06°	1244
Noroeste	Erechim	-27.66°	-52.31°	777
	Passo Fundo	-28.23°	-52.40°	681
	Santo Augusto	-27.85°	-53.79°	490
Sudeste	Caçapava do Sul	-30.55°	-53.47°	421
	Canguçu	-31.40°	-52.70°	447
	Jaguarão	-32.53°	-53.38°	31
	Rio Grande	-32.08°	-52.17°	5
Sudoeste	Uruguaiana	-29.84°	-57.08°	74
	Bagé	-31.35°	-54.01°	226
	Alegrete	-29.71°	-55.53°	121



Figura 5. Mapa das meso-regiões do Rio Grande do Sul, segundo classificação do IBGE.

#### 4. Resultados e Discussões

Pela análise feita das horas de frio para o Rio Grande do Sul no período de 2007 a 2015 (Figura 6), para os meses de maio a setembro, considerado dois limites de temperaturas diferentes, pode-se verificar que o ano que teve maior acúmulo de HF foi 2007, com valor de 546,3 e 1151,44 HF para temperaturas de 7° e 10°C, respectivamente. Teve-se o menor valor de horas de frio para o ano de 2015 com valores de 163,1 e 459,38 e para temperaturas de 7° e 10°C, respectivamente. Para os nove anos teve-se uma média de 363,03 HF para temperaturas abaixo de 7°C, e de 831,82 de HF para temperaturas menores de 10°C.

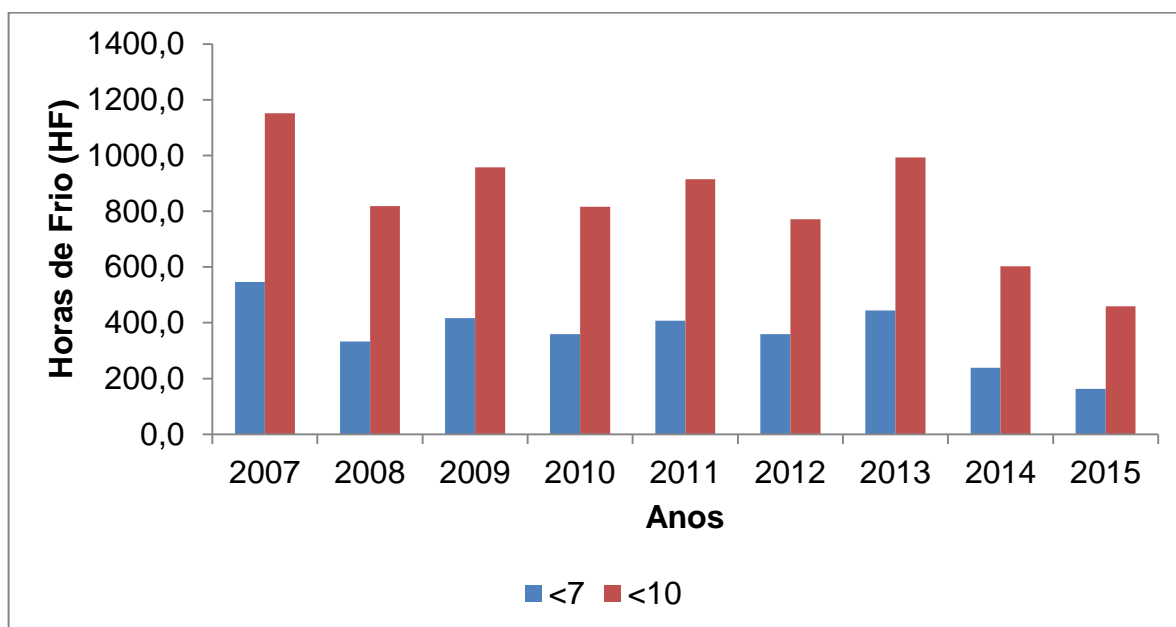


Figura 6. Horas de frio abaixo de 7 °C e 10 °C para o período de maio a setembro para o Estado do Rio Grande do Sul

Na análise feita para as HF durante os cinco meses em estudo pode-se observar que ao longo dos meses, a variação de HF obedece à uma curva simétrica

(Figura 7) durante os nove anos de dados, com menores valores nos meses de maio e setembro, com valores de 38,4 e 32,0 de HF para temperaturas abaixo de 7°C, e valores de 112,54 e 93,77 de HF, temperatura abaixo 10°C, o mês onde se teve os maiores valores foi julho com 124,1 e 239,5 respectivamente. Portanto, para o período de maio a setembro para o mesmo período, teve-se uma média de 72,62 de HF para temperaturas abaixo de 7°C, para temperaturas abaixo de 10°C teve-se para o período uma média de 166,36 de HF para os cinco meses do estudo.

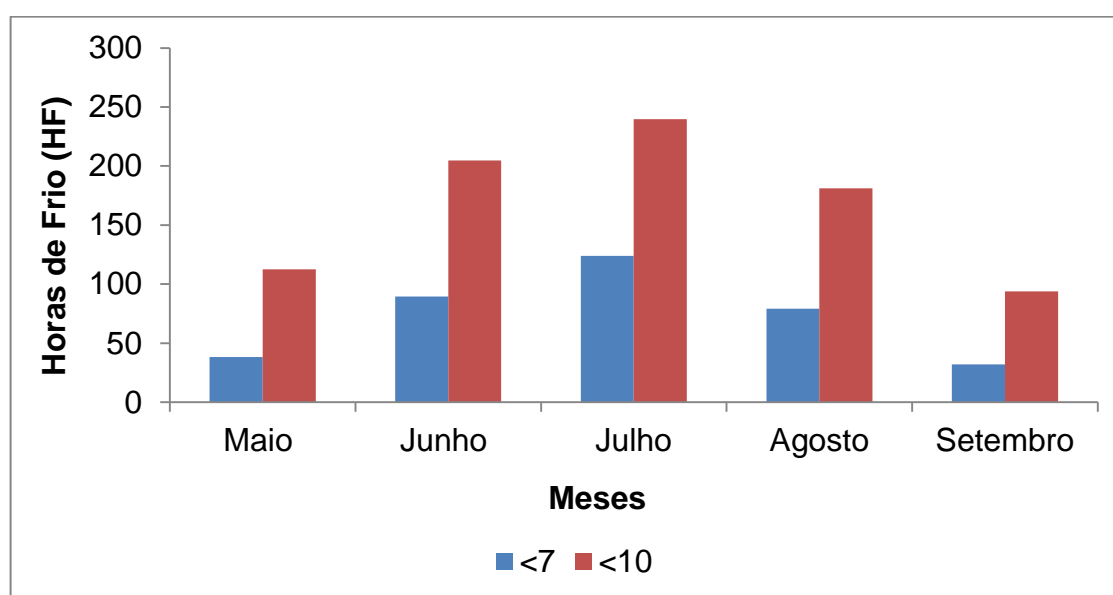


Figura 7. Média mensal das horas de frio abaixo de 7° e 10°C, para o período de 2007 a 2015.

Ao analisarmos a variação das HF dentro de cada ano, para os cinco meses durante o período deste estudo, foram observados que nem todos os meses representam muito bem a média feita para cada mês para os anos em estudo, onde em alguns anos os meses que apresentaram maiores valores de HF não é o mesmo mês que foi encontrado na média onde é o mês de julho (Figuras 8 e 9). Para temperaturas menores que 7°C, nos anos de 2008 e 2015 o mês os maiores valores acumulados de HF ocorreram no mês de junho, com valores de 126,06 e 74,06 de HF, respectivamente, já em 2010, 2013 e 2014 o mês que teve mais HF foi agosto com 136,39, 163,83 e 77,50 HF, respectivamente (Figura 8). Para mesma análise, para temperatura abaixo de 10°C temos que no ano de 2008 e 2015 o mês que foi observado maiores valores foi o mês de junho com valores de 255,67 e 160,0 de HF, respectivamente, e para 2010, 2013 e 2014 o mês que teve mais HF foi agosto com 253,56, 326,39 e 162,11 HF, respectivamente (Figura 9).

Pode-se observar que durante o período de estudo, o ano que registrou menor HF foi o ano de 2015 tanto para temperatura menores de 7° (Figura 8) e 10°C (Figura 9), onde o mês com maior HF foi o de junho com valores de 74,06 e 160 HF, respectivamente. O ano com maior HF foi 2007, onde o mês com maiores valores foi julho, com 195,94 e 362,38 HF, para 7°C e 10°C, respectivamente.

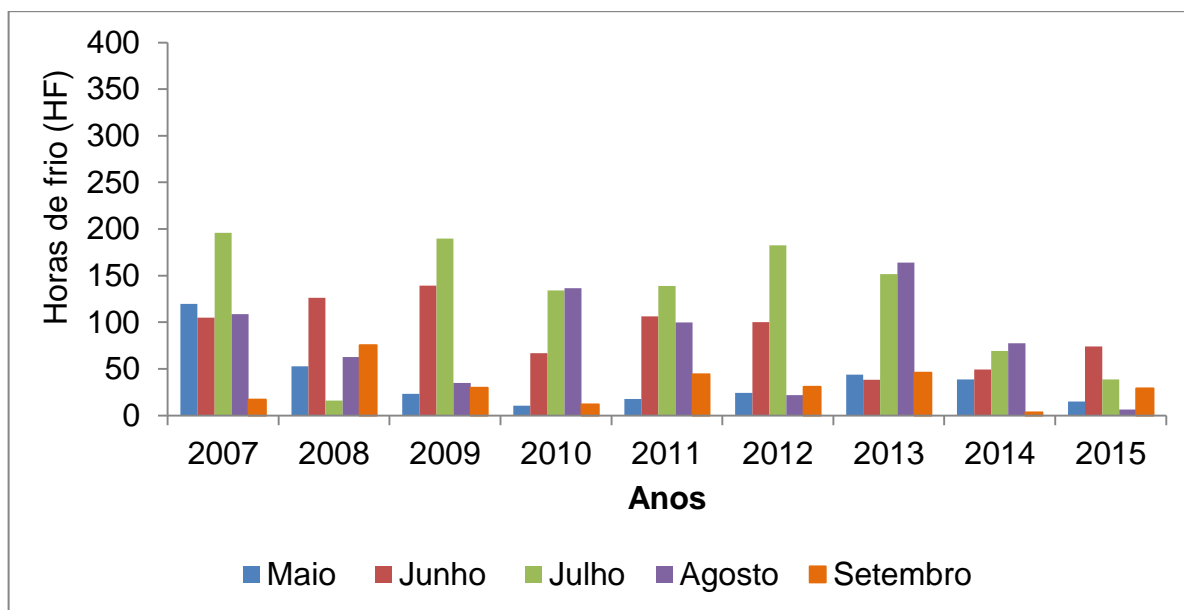


Figura 8. Média mensal abaixo de 7°C de HF para o Estado do Rio Grande do Sul

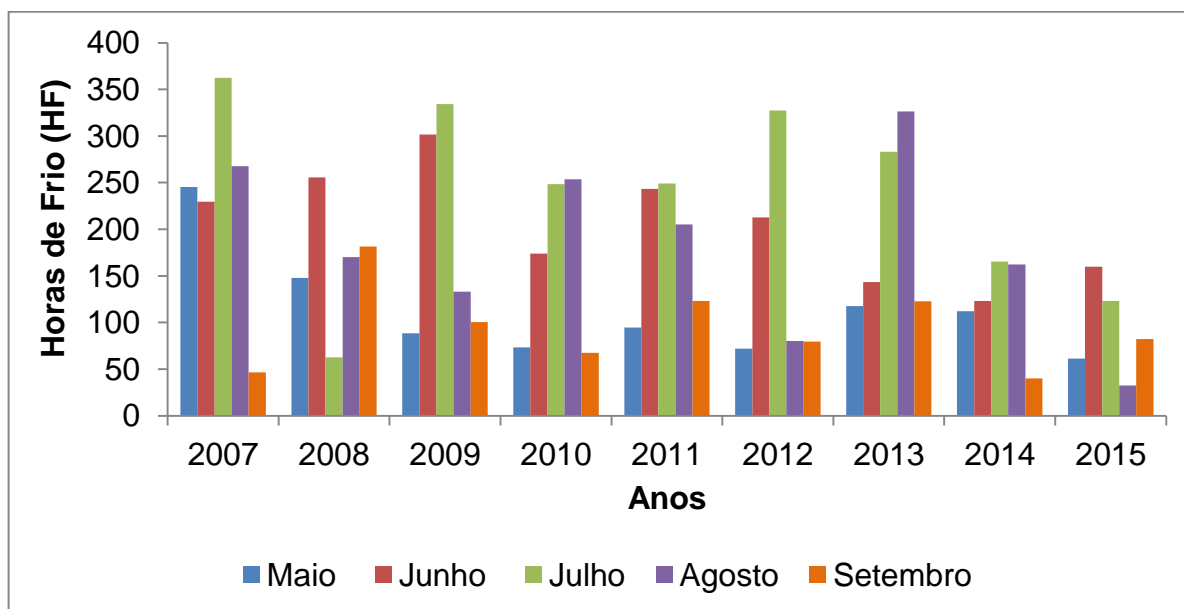


Figura 9. Média mensal abaixo de 10°C de HF para o Estado do Rio Grande do Sul

Tabela 2. Porcentagem dos dados faltantes para as 18 cidades para o período de maio a setembro de 2007 a 2015.

Municípios	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Alegrete	0,36	2,22	2,87	0,36	0,00
Bagé	8,96	7,41	8,24	3,94	0,37
Bento Gonçalves	0,36	3,33	15,05	18,64	12,96
Caçapava do Sul	6,45	9,63	6,09	5,02	3,70
Camaquã	3,23	15,93	10,04	3,94	7,04
Canguçu	7,89	22,22	19,71	20,43	10,74
Erechim	23,30	23,70	12,90	8,96	6,30
Jaguarão	3,23	11,11	7,53	1,43	3,33
Lagoa Vermelha	1,79	14,81	11,83	2,51	5,56
Passo Fundo	0,72	0,37	1,43	0,36	1,11
Porto Alegre	3,23	2,22	1,08	1,43	0,00
Rio Grande	0,36	3,33	2,15	2,51	8,89
Rio Pardo	1,43	13,70	13,62	5,38	3,33
Santa Maria	5,38	8,15	20,07	4,66	4,07
São Augusto	0,36	0,00	2,15	11,83	0,00
São José dos Ausentes	3,58	11,11	9,32	9,68	6,67
Torres	11,11	9,63	3,58	4,30	2,59
Uruguaiana	0,36	3,33	4,30	1,79	8,15

Neste estudo para os cinco meses para o período de 2007 a 2015 pode-se observar que os dados faltantes (Tabela 2) para as temperaturas registradas nos termogramas foram verificados que as cidades que tiveram um maior número de dados faltantes foram às cidades de Canguçu e Erechim que tiveram valores acima de 20% de dados faltantes, para as de mais cidades os valores ficaram a baixo de 14% de dados faltantes. Então isso pode ter interferido na quantificação dos das horas de frio por não se ter temperaturas para alguns dias dos meses em estudo. Principalmente nos meses de junho de julho onde se tem uma maior frequência de temperaturas menores para linear que foi adotado neste estudo. Assim poder ia-se ter encontrado maiores valores de horas de frio para estas cidades onde se teve um maior número de dados faltantes para o período de maio a setembro.



Para os dados mensais do período de maio a setembro (Tabela 3), para o estudo, em sete meso-regiões pertencentes ao estado do Rio Grande do Sul, verificou-se os meses que apresentam os maiores valores de HF são nos meses de junho e julho, sendo que, na maioria das localidades apresenta maiores valores no mês de julho. Os meses de maio e setembro apresentam os menores valores de horas de frio para o período, o que é igual ao padrão para a média do RS, apresentada na Figura 7.

Considerando-se os valores médios mensais do número de horas de frio abaixo de 7°C e 10°C, observou-se que o maior valor para todos os municípios foi registrado no mês de julho (Tabelas 3 e 4). Para temperaturas abaixo de 7°C, a região Nordeste foi a que apresentou maior HF em todos os municípios que a representam, com o maior valor observado de 220 horas no mês de julho em São José dos Ausentes (Tabela 3). Em geral, as regiões NE, NO, SE e SO, apresentaram valores médios de HF superiores à 100 HF no mês de julho.

Para a temperatura abaixo de 10°C, a região que apresentou maior HF foi a Sudeste, embora o maior valor de HF no mês de julho tenha sido registrado em São José dos Ausentes, localizada na região NE, com 379 HF. Em geral as regiões com HF superiores a 200 HF para o mês de julho foram SE, NE e SO, com 284, 277 e 269 HF, respectivamente (Tabela 4).

Em relação ao HF total para o período de maio a setembro, para as sete meso-regiões escolhidas para o RS, pode-se observar uma variação de 128 a 826 horas com temperaturas abaixo de 7°C e, de 281 a 1648 horas abaixo de 10°C (Tabela 5). Como esperado, as HF abaixo de 10°C são maiores, uma vez que, principalmente, no mês de setembro há uma menor frequência de temperaturas menores de 7°C. Comparando-se os resultados alcançados neste trabalho, com os obtidos por Matzenauer et al. (2005), verifica-se na maioria dos locais avaliados, as diferenças são pequenas, variando em torno de 15% para mais para menos. No entanto, para algumas localidades, as diferenças observadas são maiores. É o caso de Uruguaiana onde se verificou que os valores obtidos neste trabalho são superiores aos encontrados por Matzenauer et al. (2005), que obtiveram valores de 294 horas abaixo de 7°C e, 691 horas abaixo de 10°C, para o período de maio a setembro. Neste trabalho os valores foram de 369 abaixo de 7°C e 804 horas abaixo de 10°C, para os mesmos períodos.

Tabela 3. Média Mensal do número de Horas de Frio para temperaturas menores de 7°C, no período de maio a setembro do período de 2007 à 2015 das estações automáticas do Rio Grande do Sul.

<b>Mesorregiões</b>	<b>Municípios</b>	<b>Maió</b>	<b>Junho</b>	<b>Julho</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>
Centro Ocidental	Santa Maria	32	92	94	60	23
Centro Oriental	Rio Pardo	20	54	78	40	11
Metropolitana	Camaquã	31	71	118	69	18
	Porto Alegre	13	31	58	23	3
	Torres	24	76	105	63	20
Nordeste	Bento Gonçalves	36	86	119	84	28
	Lagoa Vermelha	50	105	129	99	45
	São José dos Ausentes	127	210	220	179	127
Noroeste	Erechim	34	80	114	85	37
	Passo Fundo	38	96	125	89	36
	Santo Augusto	27	69	97	63	26
Sudeste	Canguçu	37	105	173	122	43
	Jaguarão	49	114	162	87	34
	Rio Grande	23	68	104	40	7
	Caçapava do Sul	31	81	145	106	37
Sudoeste	Alegrete	46	107	142	77	28
	Bagé	61	128	177	111	47
	Uruguaiana	34	96	141	77	22

Tabela 4. Média Mensal do número de Horas de Frio para temperaturas menores de 10°C, no período de maio a setembro do período de 2007 a 2015 das estações automáticas do Rio Grande do Sul.

<b>Meso-regiões</b>	<b>Municípios</b>	<b>Mai</b>	<b>Junho</b>	<b>Julho</b>	<b>Agosto</b>	<b>Setembro</b>
Centro Ocidental	Santa Maria	101	186	195	152	70
Centro Oriental	Rio Pardo	71	149	185	135	49
Metropolitana	Camaquã	99	183	233	179	72
	Porto Alegre	41	119	168	103	30
	Torres	24	76	105	63	20
Nordeste	Bento Gonçalves	118	215	219	176	86
	Lagoa Vermelha	152	221	233	189	118
	São José dos Ausentes	320	360	379	308	280
Noroeste	Erechim	111	181	219	159	96
	Passo Fundo	118	215	237	178	96
	Santo Augusto	27	69	97	63	26
Sudeste	Canguçu	126	266	324	275	145
	Jaguarão	128	242	300	226	102
	Rio Grande	76	173	221	147	42
	Caçapava do Sul	109	226	291	240	112
Sudoeste	Alegrete	114	212	251	168	76
	Bagé	127	282	306	254	146
	Uruguaiana	100	210	251	178	65

Tabela 5. Soma Total das Horas Frio para o período de maio a setembro no período de 2007 a 2015 das estações automáticas do Rio Grande do Sul.

<b>Meso-regiões</b>	<b>Municípios</b>	<b>Horas de frio &lt;7°C</b>	<b>Horas de Frio &lt;10°C</b>
Centro Ocidental	Santa Maria	301	704
Centro Oriental	Rio Pardo	202	590
Metropolitana	Camaquã	305	767
	Porto Alegre	128	461
	Torres	289	289
Nordeste	Bento Gonçalves	352	814
	Lagoa Vermelha	428	911
	São José dos Ausentes	863	1648
Noroeste	Erechim	350	766
	Passo Fundo	384	843
	Santo Augusto	281	281
Sudeste	Canguçu	480	1136
	Jaguarão	446	998
	Rio Grande	242	660
	Caçapava do Sul	399	976
Sudoeste	Alegrete	400	821
	Bagé	524	1116
	Uruguaiana	369	804

As localidades que apresentaram os maiores valores de horas de frio tanto abaixo de 7°C como de 10°C, foram São José dos Ausentes na região Nordeste, com 863 e 1648 HF, e Bagé na região Sudoeste, com 524 e 1116 HF, respectivamente (Tabela 5). As regiões centro Oriental e Centro Ocidental, foram as

que apresentaram menores valores de HF, com 202 e 301 HF, abaixo de 7°C, respectivamente (Tabela 5).

No trabalho de Matzenauer et al. (2005) para o período maio a setembro para os municípios de Alegrete, Bagé e Uruguaiana da meso-região Sudoeste, Erechim e Passo Fundo meso-região Noroeste, Jaguarão, Rio Grande da meso-região de Sudeste, Santa Maria da meso-região Centro Ocidental, observou os seguintes valores para temperatura abaixo de 7°C encontrou os seguintes valores : 382, 410, 294 para os municípios da meso-região Sudoeste, 364, 422 para a meso-região Noroeste, 351, 164 para a meso-região do Sudeste, 228 para meso-região Centro Ocidental. Para temperatura abaixo de 10°C para as meso-regiões citadas acima, foram encontrados os seguintes valores: 792, 902, 691, 811, 886, 782, 479, 886, 594. Neste trabalho para mesmos municípios das meso-regiões citadas anteriormente para temperatura abaixo de 7°C, foram obtidos para os municípios de Alegrete, Bagé e Uruguaiana os valores de 400, 524 e 369, respectivamente, Erechim e Passo Fundo os valores obtidos foram de 350 e 384, Jaguarão e Rio Grande valores de 446 e 242, Santa Maria valores de 301. Para temperatura abaixo de 10°C foi obtido os para cada meso-região as HF para meso-região Sudoeste os valores de 821, 1116, 804 para meso-região Noroeste 766, 846 meso-região Sudeste valores 998, 660 para o Centro Ocidental 704 HF.

Segundo Heldwein et al. (1989) através de modelos analíticos para a cidade de Santa Maria estudo feito para temperatura menor que 7°C, considerando até o dia 15 de setembro obteve-se valores de 279 HF, já para o modelo de regressão, considerando a mesma temperatura base chegou a valores de 256 de HF com uma probabilidade de 50% de ocorrência de HF abaixo da temperatura base. Neste estudo Santa Maria registou um acúmulo de 301 HF considerando para mesma temperatura base, está diferença dos valores obtidos entre os dois trabalhos pode ter influência das equações usadas, por serem dados estimados e não observados, portanto inserem erros nos resultados, e também pode ter uma influência no período por estar considerando de abril a setembro.

Para o trabalho de Silva; Paz; Herter (2002) para estudo realizado para cidade de Pelotas que está inserida na meso-região do Sudeste para o período de maio a agosto considerando temperaturas iguais ou inferiores de 7,2°C obteve-se valores de 400 a 450 HF, utilizando método regressão harmônica. Com os dados obtidos neste trabalho pode se observar que está próximo dos dados observados na

mesma região onde municípios próximos a Pelotas registraram valores não muito diferentes como os municípios de Canguçu, Jaguarão e Caçapava do Sul onde foram obtidos os seguintes valores 480, 446 e 399, respectivamente. Assim pode verificar que os modelos estatísticos não diferem muito com os dados observados.

## 5. Conclusões

Com base nos dados de 2007 a 2015, para sete meso-regiões do RS, no período de maio à setembro, pode-se concluir que:

- ✓ O Rio Grande do Sul possui uma grande variabilidade no regime de horas de frio;
- ✓ O ano com maior HF foi 2007 e o de menor HF 2015;
- ✓ O mês com maior HF é julho;
- ✓ As regiões com maior HF abaixo de 7°C e 10°C foram a Nordeste e Sudoeste;
- ✓ As regiões com menor HF, abaixo de 7°C e 10°C, foram as Centro Oriental e Centro Ocidental;
- ✓ O município com maior HF foi São José dos Ausentes, em função da maior altitude.

## Referências Bibliográficas

ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. Disponível em:  
<<http://www.atlassocioeconomico.rs.gov.br/>>. Acesso em 11 out. 2016.

BOTELHO, R. V.; AYUB, R. A.; MÜLLER, M. M. L. Somatória de frio e de unidades de frio em diferentes regiões do Estado do Paraná. **Scientia Agraria**, v.7, n. 1-2, p. 89-96, 2006.

CARAMORI, P. H.; CAVIGLIONE, J. H.; WREGE, M. S.; HERTER, F. G.; HAUAGGE, R.; GONÇALVES, S. L.; CITADIN, I.; RICCE, W. S. Zoneamento agroclimático para pessegueiro e a nectarineira no estado do Paraná, **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 30, n. 4, p. 1040-1044, Dezembro 2008.

CITADIN, I.; RASEIRA, M. C. B.; HERTER, F. G.; SILVEIRA, C. A. P. Avaliação da necessidade de frio em pessegueiro, **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal – SP, V. 24, n. 3, p. 703 – 706, Dezembro 2002.

DAMARIO, A.; PASCALE, A. J.; BUSTOS, C. Método simplificado para la estimation agroclimática de “Horas de Frio” anuales. **Revista da facultade de agronomia**, Buenos Aries, v. 18, n. 1, p. 93-97, 1998.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. S.; SCMTIZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, SP. Volume Especial, E 109-120, Outubro 2011.

GUARIENTI, E. M.; CIACCO, C.; F.; CUNHA, G. R.; DELDUCA, L. J. A.; CAMARGO, C. M. O. Influência das temperaturas mínima e máxima em características de qualidade industrial e em rendimento de grãos de trigo, **Ciência Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 505 – 515, out – dez 2004.



HELDWEIN, A. B.; ANGELOCCI, J. R.; ESTEFANEL, V.; SNHEIDER, F. M.; BURIOL, G. A. Avaliação de modelos de estimativa de horas de frio para Santa Maria, RS, **Revista Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, p. 45-92, 1989.

HERTER, F. G.; WREGE, M. S.; RASEIRA, M. C. B.; PEREIRA, I.S.; STEINMETZ, S. **Zoneamento agroclimático do pessegueiro e da Nectarineira para o Rio Grande do Sul**. 1.ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2002. 27p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos. Ed: Rima, 2006. 550 p.

MATZENAUER, R.; BUENO, A. C.; FILHO, A. C.; DIDONÉ, A. I.; MALUF, J. R. T.; HOFMAN, G.; TRINDADE, J. K.; STOLZ, A., SAWASATO, J. T.; VIANA, D. R. Horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 11, n. 1-2, p. 71-76, 2005.

MATZENAUER, R.; BUENO, A. C.; MALUF, J. R. T.; WREGE, M. S.; VIANA, D. R.; SANTOS, M.; CUNHA, L. F. Regime anual e estacional de horas de frio no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 13, n. 1-2, p. 11-16, 2007.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961, p: 42.

PASCALE, A. J; MOTA, F. S. Aspectos bioclimáticos da cultura de trigo no Rio Grande do Sul, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 123 - 140, 1966.

PANDOLFO, C.; MASSIGNAM, A. M.; HAMMES, L. A.; PINTO, E. S. P. Espacialização das probabilidades de número de horas de frio (HF=7,2°C) em Santa Catarina. In: XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2005, Campinas, São Paulo. **Anais...** Campinas, São Paulo, 2005.

POLA, A. C.; ANGELOCCI, L. R. Avaliação de modelos de estimativa do número diário de "Horas de Frio" para o estado de Santa Catarina, **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Piracicaba, SP, v. 1, n. 1, p. 105-116, 1993.

PUTTI, G. L.; PETRI, J. L.; MENDEZ, M. E. Temperaturas efetivas para a dormência da macieira, **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v. 25, n. 2, p. 210-212, Agosto 2003.

SARTORI, M. G. B. **A dinâmica do clima no Rio Grande do Sul: indução empírica e conhecimentos científicos**. Terra Livre. São Paulo, p. 27-49, 2003.

SILVA, J. B.; PAZ, S. R.; HERTER, F. G. Disponibilidade das horas de frio ( $hf \leq 7,2^{\circ}\text{C}$ ) na encosta da serra do Sudeste, em Pelotas, RS, XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2002, p. 480-485.

SILVA, M. V. **Análise sazonal de regime hidrológico do Rio Grande do Sul no período de 1977 a 2006: impacto de sistemas meteorológicos no regime hídrico do Estado em 2006**. 2010. 120 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Pós - Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

WREGGE, M.S.; HERTER, F. G.; STEINMETZ, S. Mapeamento das Horas de frio para Frutíferas de Clima Temperado no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UNIFRA, SBA, UFSM, 2003, p. 473 - 474.

WREGGE, M. S.; JÚNIOR, C. R.; ANTUNES, L. E. C.; OLIVEIRA, R. P.; HERTER, F. G.; STEINMETZ, S.; GARRASTAZU, M. C.; MATZNAUER, R.; JOÃO, P. L.; SANTOS, A. M. **Zoneamento agroclimático para produção de mudas de morangueiro no Rio Grande do Sul**. 1. Ed. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 27p.