

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel

Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar



Dissertação

Disponibilidade de frio para o cultivo de espécies frutíferas na metade sul do Rio Grande do Sul.

Daiane Roschildt Sperling

Pelotas, 2021

Daiane Roschildt Sperling

Disponibilidade de frio para o cultivo de espécies frutíferas na metade sul do Rio Grande do Sul.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Edgar Ricardo Schöffel

Pelotas, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S749d Sperling, Daiane Roschildt

Disponibilidade de frio para o cultivo de espécies frutíferas na metade sul do Rio Grande do Sul / Daiane Roschildt Sperling ; Edgar Ricardo Schöffel, orientador. — Pelotas, 2021.

69 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. Número de horas de frio. 2. ENOS. 3. Frutíferas de clima temperado. I. Schöffel, Edgar Ricardo, orient. II. Título.

CDD : 634

Daiane Roschildt Sperling

Disponibilidade de frio para o cultivo de espécies frutíferas na metade sul do Rio
Grande do Sul

Dissertação aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em
Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola
Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 23/02/2021

Banca examinadora:

.....
Prof. Dr. Edgar Ricardo Schöffel (Orientador)

Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

.....
Prof. Dr. Roberto Trentin

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade de Santa Maria

.....
Prof. Dr. Marcelo Barbosa Malgarim

Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas

.....
Prof. Dr. Flavio Gilberto Herter (Suplente)

Doutor em Botanique Et Physiologie Vegetal pela Université Blaise Pascal Clermont
Ferrand

Dedico este trabalho aos meus pais e namorado.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço a Deus pela vida, por sempre me dar forças para seguir em frente e nunca me desamparar.

Agradeço aos meus pais Divo e Rejane Roschildt Sperling, pela educação, amor e dedicação, por me fazerem ser a pessoa que sou hoje, por sempre estarem ao meu lado me apoiando e incentivando, por sonhar este sonho comigo. Amo vocês!

Ao meu namorado Régis, obrigada por todo amor e companheirismo, obrigada pelas palavras de incentivo, pelos abraços apertados em momentos de dificuldade e os sorrisos sorridos juntos em momentos de alegria.

Aos colegas e amigos que fiz durante o mestrado, especialmente a Michele, obrigada pelos momentos compartilhados, pelas horas de estudo e aflição, obrigada pelas conversas, risadas e palavras de motivação.

A minha colega de apartamento, e amiga Maíra Moura, obrigada pela amizade, por sempre estar disposta a me ajudar e obrigada pelas risadas e momentos compartilhados.

Ao meu amigo Germano, obrigada por toda dedicação a ajuda, sempre disposto a auxiliar no que for preciso, a ti meu muito obrigada carregado de admiração.

Ao meu Orientador Edgar, sempre disposto a esclarecer tudo da melhor forma, obrigada pelos ensinamentos, dedicação e paciência.

Agradeço a FAEM, UFPEL e ao SPAF por terem proporcionado que este sonho de ser Mestre em Agronomia se concretizasse, aos professores desta entidade, obrigada pelos ensinamentos e valores repassados.

A Capes obrigada pela concessão da bolsa de mestrado, que fez com esse sonho fosse possível.

Agradeço a todos que me acompanharam nesta caminhada, aos que me ajudaram, me incentivaram e aos que torceram por mim, meu muito obrigada, esta conquista é nossa!

“A primeira e a mais respeitável de todas as artes é a agricultura”.

Jean Jacques Rosseau

Resumo

SPERLING, Daiane Roschildt. **Disponibilidade de frio para o cultivo de espécies frutíferas na metade sul do Rio Grande do Sul**. 2021. 69f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Universidade Federal de Pelotas, 2021.

A produção de frutíferas de clima temperado apresenta um papel importante no Brasil, e o Rio Grande do Sul tem se destacado na produção de algumas dessas frutas como por exemplo uva, ameixa, maçã, pêssego, figo, caqui, kiwi, entre outras. E com isso surge a necessidade de avaliar as condições climáticas regionais para o melhor planejamento e introdução de novas cultivares na metade Sul do Rio Grande do Sul. Com isso este trabalho vem com a proposta de quantificar a disponibilidade de horas de frio abaixo de 7,2°C para a metade sul do Rio Grande do Sul, bem como estimar o acúmulo de horas de frio e unidades de frio a partir de metodologia que permita o uso de dados de estações meteorológicas e estabelecer a probabilidade de ocorrência destas Horas de Frio e ao final determinar a variação anual de horas de frio e suas possíveis relações com o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). Para isso foram utilizados dados históricos de 1980 a 2019 dos meses de maio a agosto. Para determinação do Número de Horas de Frio (NHF) utilizou-se da contagem direta em termogramas para Pelotas, e o NHF foi estimado para as localidades de Pelotas, Bagé, Uruguaiana, Santa Vitória do Palmar, Santana do Livramento e Encruzilhada do Sul a partir da metodologia proposta por Angelocci et al. (1979). Foi empregada a probabilidade para verificar a ocorrência de frio ao longo dos anos. Além do NHF, foram estimadas as Unidades de Frio a partir dos métodos de Utah, Carolina do Norte e Utah e Carolina do Norte Modificados. E para verificar a relação do fenômeno ENOS com o NHF, os anos foram classificados em La Niña, El Niño e Neutro de acordo com a ocorrência do fenômeno nos meses mais frios do ano. A partir disso pôde-se concluir que o modelo proposto por Angelocci et al. (1979) é eficaz para estimar o Número de Horas de Frio e pode ser usado com segurança para essa finalidade. A disponibilidade média de horas de frio para os seis municípios da região Sul estudados são de 375,7, 273,4, 323, 429, 198,7, e 261,9 para Bagé, Uruguaiana, Santa Vitória do Palmar, Santana do Livramento, Encruzilhada do Sul e Pelotas respectivamente, apresentando grande variabilidade anual. A Região Sul do Rio Grande do Sul, não apresenta disponibilidade de horas de frio suficiente para realizar o cultivo de espécies criófilas que tenham alta necessidade em horas de frio, contudo, utilizando-se variedades e cultivares menos exigentes há possibilidade de cultivo. O emprego das unidades de frio não apresentou resultados satisfatórios para a região, sendo o modelo de estimativa de horas de frio proposto por Angelocci et al. (1979) a melhor opção. Em relação ao fenômeno ENOS pôde-se constatar que em anos de El Niño é verificado um número menor de horas de frio e em anos de La Niña há uma diminuição das temperaturas durante o outono e inverno e consequentemente há um maior acúmulo de horas de frio.

Palavras chaves: Número de horas de frio; ENOS; Frutíferas de clima temperado

Abstract

SPERLING, Daiane Roschildt. **Cold availability for the cultivation of fruit species in the southern half of Rio Grande do Sul**. 2021. 69f. Dissertation (MSc in Agronomy) – Graduate Program in Family Agricultural Production Systems. Federal University of Pelotas, Pelotas, 2021.

The production of temperate fruit trees plays an important role in Brazil, and Rio Grande do Sul has stood out in the production of some of these fruits such as grape, plum, apple, peach, fig, persimmon, kiwi, among others. And with that, the need arises to assess regional climatic conditions for better planning and introduction of new cultivars in the southern half of Rio Grande do Sul. Thus, this work comes with the purposal to quantify the availability of chilling hours below 7.2°C for the southern half of Rio Grande do Sul, as well as to estimate the accumulation of chilling hours and cold units based on methodology that allows the use of data from meteorological stations and establish the probability of occurrence of these Hours of Chiling and at the end determine the annual variation of hours of cold and their possible relations with the ENOS phenomena. For this, historical data from 1980 to 2019 from May to August were used. To determine the Number of Hours of Chiling, direct thermogram counting was used for Pelotas, and the NHF was estimated for the locations of Pelotas, Bagé, Uruguaiana, Santa Vitória do Palmar, Santana do Livramento and Encruzilhada do Sul a from the methodology proposed by Angelocci *et al.* (1979). The probability was used to verify the occurrence of cold over the years. In addition to NHF, Cold Units were estimated using the Utah, North Carolina and Modified Utah and North Carolina methods. And to verify the relationship between the ENOS phenomena and the NHF, the years were classified into La Niña, El Niño and Neutro according to the occurrence of the phenomenon in the coldest months of the year. From this it was possible to conclude that the model proposed by Angelocci *et al.* (1979) is effective for estimating the Number of Cold Hours and can be used safely for this purpose. The average availability of cold hours for the 6 municipalities in the Southern region studied is 375.7, 273.4, 323, 429, 198.7, and 261.9 NHF for Bagé, Uruguaiana, Santa Vitória do Palmar, Santana do Livramento, Encruzilhada do Sul and Pelotas respectively, presenting great annual variability. The South Region of Rio Grande do Sul does not have enough cold hours to cultivate cryophilic species that have a high requirement for cold hours, however, using less requeriment varieties and cultivars, there may be the possibility of cultivation. The use of cold units did not show satisfactory results for the region, and the model of cold hours estimates proposed by Angelocci *et al.* (1979) the best option. Regarding the ENOS phenomena, it was observed that in El Niño years there is a lower number of cold hours and in La Niña years there is a decrease in temperatures during autumn and winter and, consequently, there is a greater accumulation of chilling hours.

Key words: Number of cold hours; ENOS; Temperate fruit trees

Lista de Figuras

Figura 1. Localização da estação agrometeorológica da Pelotas - RS	30
Figura 2. Termohigrógrafo e termograma que são utilizados para medição e registro dos valores das temperaturas do ar.	31
Figura 3. Número de Horas de Frio anual (NHF), abaixo de 7,2° C, registrado em termogramas, no período de 1980 a 2019, em Pelotas - RS.....	34
Figura 4. Dispersão de dados do Número de Horas de Frio anual registrado (NHF registrado), em termógrafos, e estimado (NHF estimado), pelo modelo de Angelocci et al. (1979), para Pelotas.	36
Figura 5. Distribuição da série histórica conforme anos de ENOS.	38
Figura 6. Cadernetas de Observações meteorológicas pertencentes à estação agroclimatológica de Pelotas.....	45
Figura 7. Distribuição das horas de frio nas localidades estudadas.	50
Figura 8. Estimativas de Horas de Frio para Bagé.	51
Figura 9. Estimativas de Horas de Frio para Uruguaiana.	51
Figura 10. Estimativas de Horas de Frio para Santana do Livramento.....	52
Figura 11. Estimativas de Horas de Frio para Encruzilhada do Sul.....	52
Figura 12. Estimativas de Horas de Frio para Pelotas.....	53
Figura 13. Estimativas de Horas de Frio para Santa Vitória do Palmar.....	53
Figura 14. Distribuição média mensal de horas de frio para Bagé em anos de La Niña (a), El Niño (b) e Neutro (c), para o período de 1980 a 2019..	59

Lista de Tabelas

Tabela 1. Descrição das condições a serem atendidas para o emprego das equações, considerando a temperatura do ar em relação à temperatura de referência	32
Tabela 2. Distribuição do fenômeno ENOS ao longo da série histórica de acordo com os meses mais frios do ano (maio a agosto)	33
Tabela 3. Estatísticas para Número de Horas de Frio contadas em Termogramas (NHF registrado) e estimadas (NHF estimado) para Pelotas, no período de 1980 a 2019	35
Tabela 4. Probabilidade de ocorrência de horas de frio com temperatura abaixo de 7,2°C na região de Pelotas – RS.....	37
Tabela 5. Estatísticas do número de horas de frio registrado (NHF registrado) em termogramas em anos de El Niño, La Niña e Neutro, para o município de Pelotas, no período de 1980 a 2019	39
Tabela 6. Estatísticas do número de horas de frio estimado (NHF estimado), pelo modelo de Angelocci 1979, em anos de El Niño, La Niña e Neutro, para o município de Pelotas, no período de 1980 a 2019	39
Tabela 7. Coordenadas geográficas das estações meteorológicas convencionais cadastradas no INMET, dentro da área de abrangência da Metade Sul do Rio Grande do Sul	44
Tabela 8. Detalhamento dos casos e condições para o emprego das equações de estimativa da temperatura horária, considerando a temperatura do ar em relação à temperatura base.	45
Tabela 9. Localidades e respectivos anos com registros de dados meteorológicos .	46
Tabela 10. Modelos de unidades de frio (UF) nos modelos Utah (RICHARDSON et al.,1974) e Carolina do Norte (SHALTOUT; UNRATH,1983)	47
Tabela 11. Distribuição do fenômeno ENOS ao longo da série histórica de acordo com a ocorrência do evento nos meses mais frios do ano (maio a agosto)	48
Tabela 12. Estatísticas do NHF das seis localidades em estudo, para o período de 1980 a 2019	49
Tabela 13. Probabilidade de ocorrência de Horas de Frio na região Sul do Rio Grande do Sul	54

Tabela 14. Probabilidade de ocorrência dos valores médios de NHF em seis localidades da região Sul do Rio Grande do Sul	55
Tabela 15. Estatísticas das Unidades de Frio, definidas por quatro modelos, para seis localidades do Sul do Rio Grande do Sul.....	56
Tabela 16. Estatísticas da disponibilidade de frio em seis localidades do Sul do Rio Grande do Sul em anos sob influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS)	58

Lista Abreviaturas e Siglas

BDMEP	Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa
CV	Coeficiente de variação
DP	Desvio Padrão
EAPel	Estação Agroclimatológica de Pelotas
EN	El Niño
ENOS	El Niño Oscilação Sul
EP	Erro Padrão
HF	Horas de Frio
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LN	La Niña
N	Neutro
NHF	Número de Horas de Frio
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
P	Probabilidade
RS	Rio Grande do Sul
T ₂₁	Temperatura das 21 horas
T _m	Temperatura Mínima
T _{M1}	Temperatura Máxima do dia anterior
T _{M2}	Temperatura Máxima do dia.
TR	Temperatura de Referência
TSM	Temperatura da superfície do mar
UF	Unidades de frio
UTC	Tempo Universal Coordenado (<i>Coordinated Universal Time</i>)

Sumário

1 Introdução	14
1.1 Objetivo geral	17
1.1.1 Objetivos específicos	17
2 Revisão de literatura	18
2.1 Fruticultura e agricultura familiar	18
2.2 Dormência	19
2.3 Produtos para a quebra da dormência	21
2.3 Número de horas de frio	22
2.3.1 Modelo de número de horas de frio baixo de 7,2°C	23
2.3.2 Modelo de Estimativa de Horas de Frio por Angelocci et al. (1979)	23
2.4 Unidades de Frio	24
2.4.1 Modelo de Utah	24
2.4.2 Modelo Carolina do Norte	25
2.4.3 Modelo de Utah e Carolina do Norte Modificado	25
2.5 Fenômeno ENOS – El Niño Oscilação Sul	26
3 Capítulo 1 - Horas de frio em Pelotas, probabilidade de ocorrência e relação com o fenômeno ENOS	28
3.1 Introdução	28
3.2 Metodologia	30
3.3 Resultados e discussão	34
3.4 Conclusões	40
4. Capítulo 2 – Disponibilidade de Horas e Unidades de Frio na região Sul do Rio Grande do Sul	41
4.1 Introdução	41
4.2 Metodologia	43
4.3 Resultados e discussão	48
4.4 Conclusões	60
5 Considerações finais	61
Referências	63

1 Introdução

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, ficando somente atrás da Índia e da China, com uma produção média de 43,7 milhões de toneladas por ano e uma área cultivada com frutíferas de aproximadamente 2,4 milhões de hectares (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2020).

Nesse cenário participam as frutíferas de clima temperado, as quais estão distribuídas em 11 dos 26 estados brasileiros. O Rio Grande do Sul atua com aproximadamente 49,3% do total de frutas de clima temperado produzido no país (FACHINELLO et al., 2011), sendo o maior produtor nacional de uva, pêssego, figo, pera, nectarina, kiwi, amora preta e mirtilo (EMATER, 2020).

A temperatura do ar é um dos fatores que influenciam diretamente no crescimento vegetal, onde algumas espécies frutíferas de clima temperado, como as caducifólias, apresentam um período de repouso no qual as plantas paralisam seu crescimento, chamado de dormência. A dormência em frutíferas de clima temperado é uma fase do ciclo fenológico que permite a sobrevivência da planta em um período de condições não favoráveis, durante as baixas temperaturas do inverno. Assim, as oscilações de temperatura influenciam nos processos fisiológicos internos envolvidos na entrada e saída da dormência e podem estar relacionadas com diversos fatores ligados à anatomia, fisiologia ou metabolismo da planta (HAWERROT et al., 2010).

A necessidade de maior ou menor acúmulo de frio hibernar é variável de acordo com a cultivar, estado nutricional, além do tipo e da localização da gema na planta. Para que seja possível o início de um novo ciclo vegetativo na primavera, é necessária a exposição das plantas a um determinado período de baixas temperaturas (menor que 7,2°C), denominado de horas de frio para assim ocorrer a superação da dormência e a efetiva brotação (ANZANELLO, 2012).

Em algumas regiões podem haver temperaturas insuficientes para atender as necessidades das espécies, ou seja, o frio pode ser insuficiente para provocar a quebra natural da dormência de algumas cultivares criófilas. Isso pode acarretar em anomalias fenológicas e fisiológicas nas plantas, como a redução de crescimento, menor qualidade e produção de frutos, e diminuição do vigor e da longevidade da planta. Quando ocorre a falta de frio, é necessária a utilização de produtos indutores

para a superação da dormência, para que a planta possa iniciar um novo ciclo vegetativo e reprodutivo (CARBONIERI; MORAIS, 2015).

Nessa condição, é recomendada a escolha de cultivares adaptadas, sendo que os fatores determinantes para essa seleção estão relacionados aos locais de cultivo e necessidade de frio hibernar das cultivares. Fisiologicamente, essa relação é dada pelo balanço hormonal controlado por vários genes e pelo ambiente (WAGNER JUNIOR et al., 2010).

A metade Sul do Rio Grande do Sul é o objeto desta pesquisa devido à falta de informações disponíveis sobre o número de horas de frio. Região na qual há produção e investimentos no cultivo de frutíferas de clima temperado e espécies florestais criófilas (WREGGE et al., 2016), gerando diversificação para os produtores e uma opção para o desenvolvimento desta região.

O conhecimento do regime de horas de frio em diferentes regiões é de grande importância na avaliação da aptidão agrícola das diferentes condições climáticas. Assim, o zoneamento agroclimático para frutíferas de clima temperado é um excelente instrumento para escolha de espécies e cultivares. Nesses levantamentos é necessário considerar a informação da quantidade de frio acumulado, a precipitação pluviométrica, temperatura e umidade do ar em locais com distintos microclimas, possibilitando assim otimizar o momento e a quantidade a ser aplicada de indutores de superação de dormência (CARBONIERI; MORAIS, 2015).

As condições ambientais influenciam nas reações bioquímicas que condicionam o nível das substâncias reguladoras do crescimento, as quais controlam a entrada e saída da dormência. O conhecimento do efeito do frio sobre a brotação e floração nestas fruteiras é importante para a obtenção de cultivares melhor adaptadas a condições específicas de inverno de cada local e zoneamento agroclimático, buscando-se regiões onde essas plantas possam expressar seu máximo potencial agrônômico (CHEVARRIA, 2005).

Para mensurar a quantidade de frio necessária para superar a dormência das gemas, o modelo mais utilizado é o de Weinberger (1950), para o qual considera a soma diária das horas com temperaturas iguais ou inferiores a 7,2°C, durante o período de maio a setembro. As dificuldades para determinar uma temperatura-padrão para estimar o frio acumulado e as limitações do próprio método de cálculo de horas de frio abaixo de 7,2°C fizeram com que fossem desenvolvidos novos modelos (CARDOSO et al., 2015).

Indicadores como o de Carolina do Norte e Utah, podem ser tão ou mais eficientes que a contagem de horas de frio, já que temperaturas acima de 10°C a 12°C também têm efeito favorável na superação da dormência, assim como temperaturas acima de 21°C, durante o inverno, anulam o efeito do frio previamente acumulado (MINUZZI, 2018).

Estes modelos se baseiam no acúmulo de unidades de frio (UF), em que uma certa temperatura, exposta por uma hora, equivale a uma determinada quantidade de UF. Para regiões de clima ameno, em que é frequente a interrupção do inverno por altas temperaturas e que resultam em um efeito negativo sobre o frio acumulado, novos modelos foram desenvolvidos, como o modelo Dinâmico, o Utah Modificado e o Carolina do Norte Modificado. Os modelos de Utah Modificado e Carolina do Norte Modificado, diferente dos demais, baseiam-se em medidas de temperaturas máximas e mínimas diárias para o cálculo do acúmulo de frio (ANZANELLO, 2015).

Além do exposto, um fator de grande importância e que gera alterações no regime térmico e hídrico em diferentes regiões do mundo é atribuída ao El Niño Oscilação Sul (ENOS). O ENOS é um fenômeno de grande escala que resulta da interação entre oceano e atmosfera, caracterizado por anomalias na temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico Equatorial e que envolve duas fases extremas: fase quente, também conhecida como El Niño, e fase fria, referida como La Niña (GRIMM et al., 1998, 2000; BERLATO; FONTANA, 2003; MATZENAUER et al., 2017).

Os estudos com ENOS, em sua maioria, discutem sua relação com as alterações no regime de chuvas no Rio Grande do Sul, por exemplo, em anos com a presença da fase quente do ENOS há precipitação pluvial superior à média climatológica, e na presença da fase fria, a precipitação pluvial é menor que a média climatológica também na maioria dos meses do ano (FONTANA; BERLATO, 1997; MATZENAUER et al., 2017). Entretanto, até o presente momento, não foram identificados estudos acerca da relação deste fenômeno com o número de horas de frio.

1.1 Objetivo geral

Produzir conhecimento básico e aplicado sobre o somatório de horas de frio e de unidades de frio para a Metade Sul do Rio Grande do Sul, considerando diferentes metodologias de estimativa de frio hiberna para superação da dormência em frutíferas de clima temperado, e suas possíveis associações com o fenômeno ENOS.

1.1.1 Objetivos específicos

- a) Quantificar a disponibilidade regional de horas de frio anual e de unidades de frio anual para os municípios de Bagé, Encruzilhada do Sul, Pelotas, Santa Vitória do Palmar, Santana do Livramento e Uruguaiana;
- b) Comparar métodos de cálculo de unidades de frio com métodos de horas de frio e inferir qual melhor expressa a demanda de horas de frio regional para as espécies e variedades de frutíferas de clima temperado;
- c) Avaliar a associação da variação anual de horas de frio e de unidades de frio com o fenômeno ENOS;
- d) Quantificar o número de horas de frio abaixo de 7,2°C, a partir de metodologia que permita o uso de dados de estações meteorológicas.

2 Revisão de literatura

2.1 Fruticultura e agricultura familiar

De acordo com a Lei nº 11326, de 24 de julho de 2006, agricultor familiar aquele que obedece a alguns critérios como, ter uma área que não exceda a quatro módulos fiscais, a mão de obra na propriedade seja predominantemente da família, o gerenciamento do empreendimento seja realizado pela família e a renda familiar deve ser predominantemente da unidade familiar de produção (BRASIL, 2006).

Conforme informações do extinto Ministério do Desenvolvimento Agrário existem 4,4 milhões de propriedades familiares no Brasil, totalizando 84,4% do total de estabelecimentos agropecuários no país (BRASIL, 2016). Com isso este setor é responsável por 70% dos alimentos consumidos diariamente no Brasil, alimentos de qualidade e produzidos por agricultores familiares, que dentro da unidade familiar de produção se organizam, trabalham e que tiram da terra a sua fonte de renda e sobrevivência (BRASIL, 2017).

A fruticultura está fortemente ligada a agricultura familiar. Essa atividade é exercida na maioria dos estabelecimentos familiares, seja para o autoconsumo da família, ou como principal atividade geradora de renda.

A agricultura familiar se caracteriza por sua mão de obra ser de cunho familiar mas também pela diversidade em suas atividades. Pois em uma propriedade familiar encontra-se uma ampla variedade de produção de alimentos, como também pecuária, pesca e artesanato.

A fruticultura é uma destas atividades e auxilia no aumento da renda da família, tanto na comercialização das frutas in natura em feiras ou supermercados, como também no beneficiamento destas frutas transformando-os em subprodutos como, bolos, tortas, cucas, geleias, doces e sucos, além da opção de comercialização para indústrias e agroindústrias locais. Portanto, a produção familiar de frutas de clima temperado possui grande importância, tanto social quanto econômica (LAZZAROTTO et al., 2015).

A fruticultura de clima temperado, contribui com 7,6% da produção e 18,0% do valor bruto total da produção nacional de frutas. Neste contexto os agricultores familiares gaúchos e catarinenses são responsáveis por mais de 60% desta

produção (IBGE, 2015). Essas frutas geram renda a essas famílias, alimentam uma nação e movimentam a economia brasileira.

2.2 Dormência

A dormência é uma condição existente nas frutíferas de clima de temperado que faz com elas consigam sobreviver a condições de estresse, como é o caso de baixas temperaturas durante o inverno. Nesse processo ocorrem alterações no metabolismo das plantas, como modificações de processos fisiológicos específicos que estabelecem a aquisição da tolerância ao frio e a paralisação do crescimento (HAWERROTH, et al.,2010)

A dormência foi definida como fenômeno fisiológico caracterizado pela ausência de crescimento visível e pela atividade metabólica reduzida (SAMISH, 1954).

Com o intuito de universalizar a definição de dormência, Lang et al. (1987) conceituaram a dormência como sendo um processo de desenvolvimento envolvendo a suspensão temporária do crescimento de alguma estrutura vegetal contendo um meristema, caracterizado pelo controle do crescimento e aquisição da resistência ao frio. Estes autores classificaram a dormência em fases: paradormência, endodormência e ecodormência.

A primeira fase, chamada de paradormência, de acordo com Lang et al. (1985), a paradormência antecede a endodormência e é também chamada de inibição correlativa. Este fenômeno é resultante da influência fatores fisiológicos externos à estrutura afetada, em outras palavras, sofre influência de outro órgão da planta.

Um exemplo de paradormência é a dominância apical, em que não é visualizado o desenvolvimento das gemas axilares situadas abaixo de gemas terminais, pois as gemas axilares permanecem dormentes mesmo em condições favoráveis, e só retomam o crescimento se houver suspensão do fator de inibição. Para isto podem ser realizados tratamentos físicos como o corte da gema apical por exemplo. A eliminação do órgão inibidor permite o retorno quase que instantâneo do crescimento (LANG, et al.,1985).

A planta entra na condição de endodormência devido a condições ambientais desfavoráveis ao crescimento, como as baixas temperaturas ou déficit hídrico. Com

isso a planta paralisa o desenvolvimento da gema como forma de sobrevivência. Quando as gemas encontram-se nesta fase, mesmo exposta a uma condição ótima de desenvolvimento, ela não é capaz de iniciar a brotação. As gemas necessitam serem expostas previamente a condições ambientais que estimulem a superação deste estado, como por exemplo ficar expostas a um determinado número de horas de frio, para que então possam dar início a brotação. A fase da endodormência é a mais importante, pois somente se houver superação haverá sucesso na brotação e na produção de frutos (LANG et al.,1985).

A ecodormência ocorre após a fase da endodormência. Esta fase é regulada por fatores ambientais (temperatura, radiação solar, estresse hídrico, elementos nutritivos, ataque de patógenos, entre outros), que provocam uma parada temporária no crescimento e desenvolvimento das gemas. Nesta fase as gemas já acumularam sua necessidade em frio e só precisam da condição ideal para brotar, como por exemplo, temperaturas mais elevadas favoráveis ao seu desenvolvimento (LANG et al.,1985).

De acordo com Faust et al. (1997) a fase da endodormência pode ser ainda dividida em duas porções, a d-endodormência (profunda) e s-endodormência (superficial). Onde a d-endodormência ocorre a partir da paradormência, com possível sobreposição, até o pico de dormência. Nesse período os agentes químicos de indução de brotação/floração não possuem efeito de complementação ao frio. Já a s-endodormência ocorre após o pico de dormência, onde o uso de agentes químicos pode compensar o restante do requerimento de frio, o que antecipa e homogeniza a retomada de crescimento.

No entanto, não há um momento fixo que delimita as diferentes fases da dormência, porém há uma contínua transição de estados que resulta em momentos com maior predomínio de uma fase da dormência sobre as demais (ANZANELLO, 2012).

A superação natural da dormência envolve fatores internos e externos. Fatores internos como o balanço dos promotores de crescimento como citocininas e giberelinas e inibidores de crescimento como ácido abscísico. E fatores externos, como a temperatura, o fotoperíodo e a radiação solar, entre outros. Os quais afetam o nível de fitormônios, que por sua vez controlam as mudanças metabólicas que acabam promovendo a superação da dormência. O acúmulo de frio durante o

inverno é essencial para que plantas de clima temperado possam brotar e florescer normalmente (WALKER; SEELEY, 1973; LAVEE 1973; MARODIN et al.,1992).

Após a indução da dormência é necessário que haja certa regularidade e intensidade das baixas temperaturas, pois se ocorrerem oscilações térmicas durante o período de dormência, essas podem fazer com que a planta permaneça por um tempo maior em dormência e apresente desuniformidade tanto na brotação como na floração (PETRI et al.,1996).

Então para que as frutíferas de clima temperado iniciem um novo ciclo vegetativo na primavera, é imprescindível a exposição destas a um período de baixas temperaturas e esta ação contínua de baixas temperaturas por um determinado período, permite a superação da dormência (PETRI et al.,2006).

Assim, as baixas temperaturas agem em duplo processo, onde inicialmente contribuem para a paralisação do crescimento, aclimação ao frio e indução à dormência e, posteriormente, atuam na superação da dormência, iniciando um novo ciclo de produção (HAWERROT et al.,2010).

O frio atua como principal agente responsável pela entrada e saída da dormência das plantas caducifólias. Quando cultivadas em regiões com insuficiência de frio hibernar, ocorrem alguns problemas, como, baixa percentagem de brotação das gemas laterais, a forte dominância apical, com conseqüente inibição do crescimento das brotações laterais, desenvolvimento de longos ramos terminais, baixo número de ramos e esporões laterais, floração desuniforme, afetando drasticamente a produção (MARODIN et al.,1992). Essa situação pode ser superada com o uso de produtos de indução de quebra de dormência.

2.3 Produtos para a quebra da dormência

A maioria dos produtos utilizados na quebra da dormência são produtos químicos, como óleo mineral, cálcio cianamida, nitrato de potássio, cianamida hidrogenada, dinitro-ortho-cresol (DNOC), dinitro-ortho-butil-fenol (DNOPB), dinitro-butilfenol (DNBP), thiorueia, pentaclorofenolato de sódio, TCMTB (2-tiocitometiltio), benzotiazol 30%, thiadizuron (TDZ) e ácido giberélico. Entre estes produtos, a cianamida hidrogenada é a principal substância utilizada na indução da brotação de várias espécies frutíferas de clima temperado (PETRI et al.,1996; PETRI et al.,2006).

Além disso, atualmente no Brasil, somente o óleo mineral e a cianamida hidrogenada (H_2CN_2) são registrados como indutores de brotação em macieiras e outras culturas (Petri et al., 2002).

Estes produtos fazem com que o custo de produção se eleve, além de que a maioria deles são extremamente tóxicos a saúde humana e ao ambiente como, por exemplo, o Dormex®. Esse produto está classificado na classe toxicológica 1 como produto extremamente tóxico (Agrolinkfito) e pode provocar ulcerações nos olhos, pele e trato respiratório, além de causar vômito, hiperatividade parassimpática, dispnéia, hipotensão e desorientação (BOTELHO, 2007).

Produtos alternativos para a quebra de dormência como o extrato de alho, em alguns estudos mostraram resultados positivos, enquanto que em outros não. Resultados positivos foram encontrados por Botelho e colaboradores em 2005 em Guarapuava-PR utilizando porcentagens de misturas de extrato de alho com óleo mineral onde obtiveram resultados satisfatórios para a quebra de dormência em cultivares de macieiras Fuji-Kiku.

A disponibilidade de produtos alternativos é baixa e praticamente desconhecida e devido a isso, a maioria dos produtores utiliza a cianamida hidrogenada para a quebra artificial da dormência, pela facilidade da disponibilidade deste produto e por sua eficácia comprovada, mesmo que ela apresente altos níveis de toxidez.

De acordo com isso, faz-se necessário o conhecimento da disponibilidade de frio das regiões, para que possam ser introduzidas cultivares adaptadas e assim possa ocorrer a quebra natural da dormência e com isso venha a se evitar ou diminuir o uso de produtos químicos para a quebra da dormência.

2.3 Número de horas de frio

O termo número de horas de frio é bastante utilizado, principalmente quando se fala em frutíferas de clima temperado, em suma fica explícito que para a quebra de dormência estas frutíferas necessitam acumular certa quantidade de frio, horas de frio, para que assim possam iniciar um novo ciclo de produção. Para verificar a quantidade de horas de frio necessário para cada espécie de frutíferas de clima temperado, são utilizadas algumas metodologias de cálculo de horas de frio que estão descritas a seguir.

2.3.1 Modelo de número de horas de frio baixo de 7,2°C

O modelo de número horas de frio abaixo de 7,2°C foi proposto por Weinberger (1950), para cultivares de pessegueiro na Califórnia nos Estados Unidos. O modelo consiste na contabilização de horas em que a temperatura foi igual ou inferior a 45°F, que equivale a 7,2°C. Weinberger (1950) utilizou a soma de horas com temperatura $\leq 7,2^{\circ}\text{C}$ para determinar a necessidade de frio em horas de frio de pessegueiros em 11 anos de observação.

Apesar de arbitrária, a temperatura de 7,2°C é considerada como a temperatura base genérica para fruteiras de clima temperado e passou a ser utilizada universalmente para a determinação de horas de frio.

As cultivares apresentam necessidades diferentes de acúmulo de frio abaixo dessa temperatura de referência. Devido à facilidade de cálculo proposto neste modelo, este se tornou amplamente difundido e ainda hoje um dos métodos mais utilizados para quantificar o requerimento em frio das fruteiras de clima temperado (HAWERROTH et al., 2010).

Esta contabilização de horas de frio ainda é feita nos dias atuais. Ela é realizada com auxílio do termógrafo que registra a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), que resulta em um gráfico (termograma) com o registro da sua variação ao longo do dia.

2.3.2 Modelo de Estimativa de Horas de Frio por Angelocci et al. (1979)

O modelo proposto por Angelocci et al. (1979) propõem o uso de algumas equações matemáticas para estimar o total diário de horas abaixo de determinada temperatura-base.

Neste modelo faz-se uso somente dos valores diários das temperaturas máxima, mínima e da leitura da temperatura das 21 horas. Este estudo foi realizado em algumas localidades de São Paulo, onde foi feita a comparação entre os totais diários e mensais de horas de frio estimadas pelas equações propostas com os observados em termogramas, onde o modelo de estimativa apresenta um bom resultado de desempenho.

O modelo apresenta algumas vantagens como a dispensa do uso de registros contínuos de temperatura e também de que na maioria das localidades há uma maior disponibilidade de registros de temperaturas máximas, mínimas e das 21

horas, atribuindo maior facilidade no conhecimento das horas de frio de determinado local, além de eliminar o trabalho exaustivo de cotação em termogramas.

2.4 Unidades de Frio

Os modelos de Unidades de Frio consistem basicamente da conversão de temperaturas horárias em unidades de frio (UF), sendo que as unidades são acumuladas diariamente até atingirem um total que teoricamente corresponde ao final da fase de dormência de uma determinada cultivar.

2.4.1 Modelo de Utah

Richardson et al. (1974) propuseram um modelo de Unidades de Frio (UF), conhecido como modelo de Utah, que divide as temperaturas em faixas, atribuindo pesos a estas faixas, e foi inicialmente desenvolvido para superação de dormência em pessegueiros.

Este modelo atribui que as frutíferas de clima temperado quando expostas a 1 hora com temperaturas entre 1,5 e 2,4°C, equivale ao acúmulo de 0,5 unidades de frio, bem como quando expostas a temperaturas de 9,2 e 12,4°C. Quando expostas a temperaturas entre 2,5 e 9,1°C, tem-se o acúmulo de 1 unidade de frio, esta é a faixa de temperaturas mais eficaz do modelo. Já entre 12,6 e 15,9°C ou abaixo de 1,4°C não ocorre acúmulo de frio. Enquanto que quando expostas a uma hora a temperaturas entre 16 e 18°C tem efeito negativo, descontando 0,5 unidades de frio das unidades já acumuladas, bem como as temperaturas acima dos 18°C anulam uma unidade de frio a cada hora de exposição.

Ou seja, temperaturas inferiores a 1,4°C e superiores a 12,5°C não são efetivas para a superação da dormência, bem como temperaturas superiores a 16°C são prejudiciais ao processo fisiológico da dormência.

De acordo com os autores, o modelo atribui valores positivos e negativos as diferentes faixas de temperaturas. O registro destes valores é efetuado de forma contínua durante um determinado período. Neste sentido o balanço final pode ser constantemente alterado, ora positivamente, ora negativamente, de acordo com a disponibilidade térmica do local em que se está sendo realizado o estudo.

2.4.2 Modelo Carolina do Norte

Shaltout & Unrath (1983) em estudos com a cultura da macieira, propuseram um método semelhante ao Utah, denominado Modelo Carolina do Norte. De acordo com este método, as temperaturas mais eficazes estão situadas na faixa entre 1,6°C e 16,4°C, somando 0,5 unidades de frio, com pico máximo em 7,2°C, onde nesta temperatura tem-se a soma de 1 unidade de frio. Já temperaturas inferiores a 1,6°C e temperaturas de 16,5 não são efetivas, ou seja, acumulam 0 unidades de frio. A partir da temperatura de 19°C tem-se o acúmulo negativo de frio, e este aumenta progressivamente, onde nesta temperatura tem-se o acúmulo de -0,5 unidades de frio, aos 20°C tem-se o acúmulo de -1 unidade de frio, aos 22,1°C tem-se o acúmulo de -1,5 unidades de frio e a partir dos 23,3°C tem-se o acúmulo de -2 unidades de frio, permanecendo constante neste patamar, mesmo que ocorram valores superiores.

Igualmente ao modelo de Utah, o modelo Carolina do Norte atribui valores positivos e negativos às diferentes faixas de temperatura e, com isto, o acúmulo térmico pode ser alterado constantemente, em função da contribuição de valores positivos ou negativos. Este método indica que podem existir diferentes contribuições ao acúmulo efetivo de frio para a superação da dormência e que estas contribuições são devidas as diferentes faixas de temperatura em que são submetidas (CARDOSO et al.,2015).

2.4.3 Modelo de Utah e Carolina do Norte Modificado

Devido as condições de clima ameno do sul do Brasil, Ebert et al. (1986) iniciaram uma série de estudos, e adaptaram os modelos de Unidades de frio de Utah e Carolina do Norte.

A metodologia e as faixas temperatura do ar são as mesmas dos métodos originais, o que foi modificado é de que as altas temperaturas resultassem em acúmulo negativo de frio somente para as condições até 96 horas após a última unidade positiva de frio ter sido registrada, de forma que as unidades de frio acumuladas sejam consideradas constantes até que novas unidades de frio positivas venham a ocorrer (EBERT et al.,1986).

2.5 Fenômeno ENOS – El Niño Oscilação Sul

O fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) altera o padrão de circulação geral da atmosfera. Com isso, acaba afetando o tempo e o clima de diferentes regiões do mundo, sendo o responsável pelos desvios extremos em relação ao clima normal (KANE, 2001).

O ENOS é constituído por duas fases extremas: a fase quente, denominada El Niño, caracterizada pelo aquecimento anormal das águas na região equatorial simultaneamente com diminuição da pressão atmosférica no Pacífico tropical leste. E a fase fria, denominada La Niña, caracterizada pelo resfriamento anormal das águas e aumento da pressão atmosférica na região leste do Pacífico (BERLATO; FONTANA, 2003).

O ENOS é caracterizado pela ocorrência de alterações ou anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) na região do Pacífico Equatorial. Quando as águas quentes migram para a região leste da bacia do Pacífico equatorial, define-se o El Niño, quando a anomalia de TSM é positiva, enquanto a La Niña é caracterizada quando a anomalia de TSM na região é negativa (GRIMM et al.,1998; BERLATO; FONTANA, 2003). O fenômeno inicia-se no começo do segundo semestre de um ano e termina no final do primeiro semestre do ano seguinte (BERLATO; FONTANA, 2003; BERLATO et al.,2005).

A condição normal de TSM na região central da bacia do Oceano Pacífico é a concentração de águas quentes na parte oeste e de águas frias na região leste. A essa condição normal das águas do Oceano Pacífico denomina-se de ano Neutro. (GRIMM et al.,1998).

O fenômeno ENOS tem como região de origem o Oceano Pacífico tropical, onde, em função dos ventos alísios, que sopram predominantemente de sudeste no Hemisfério Sul, há um padrão de circulação oceânica em que, na costa da América do Sul, as águas são normalmente frias e, no extremo oposto, região da Indonésia e costa da Austrália, as águas são, em geral, quentes. Essas diferenças de temperatura das águas entre o lado leste e oeste na bacia do Oceano Pacífico resultam em diferenças de pressão atmosférica na superfície e em uma circulação secundária da atmosfera nesta região conhecida como célula de Walker no sentido leste-oeste, com ascensão de ar na parte oeste do Pacífico tropical e correntes descendentes do ar. Essa circulação atmosférica faz com que a parte oeste do

Oceano Pacífico seja uma região de chuvas frequentes, e de forma oposta, a parte leste, junto à costa da América do Sul, seja uma região de chuvas escassas (CUNHA 1999; CUNHA et al., 2011).

No território brasileiro em anos com eventos de El Niño e La Niña há sempre a ocorrência de anomalias, podendo elas serem pequenas ou grandes (CUNHA, 1997). Sendo a parte norte da Região Nordeste e o leste da Amazônia (na faixa tropical) e a Região Sul (na faixa extra-tropical) as mais afetadas.

As anomalias climáticas mais recorrentes estão relacionadas ao regime de chuvas, mas o regime térmico também pode vir ser afetado. Como são eventos com fases opostas, nas regiões onde em anos de El Niño há excesso de chuvas, nos anos de La Niña pode ocorrer seca. No sul do Brasil, tem-se excesso de chuvas nos anos de El Niño e secas fortes em anos de La Niña. Apesar da influência dar-se durante todo o período de atuação desses eventos.

Há duas épocas de maior influência do ENOS sobre a chuva no Rio Grande do Sul: a primeira é nos meses de outubro a dezembro e a segunda, chamada de “repique”, ocorre nos meses de abril a junho (FONTANA e BERLATO, 1997).

3 Capítulo 1 - Horas de frio em Pelotas, probabilidade de ocorrência e relação com o fenômeno ENOS

3.1 Introdução

O Brasil é um grande produtor de frutas de clima temperado, sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor brasileiro de frutas de clima temperado como: uva, ameixa, maçã, pêssego, figo, caqui e kiwi, entre outras (EMATER, 2011).

Dentre os municípios produtores de frutíferas de clima temperado, Pelotas se destaca na produção de pêssegos, com uma produção de 30 a 40 milhões de quilos por ano, em três mil hectares plantados, e envolvendo cerca de 600 famílias na atividade (BRASIL, 2019).

As frutíferas de clima temperado são caracterizadas pelo seu hábito caducifólio e, ao final do outono, início do inverno, elas perdem suas folhas, reduzem e estabilizam suas atividades metabólicas e a planta entra em uma condição chamada de dormência. Essa condição permite que a planta sobreviva a esse período de estresse (temperaturas baixas). Esse mecanismo é devido a sincronização do desenvolvimento vegetal com as condições ambientais existentes e a interação entre ambos é determinante na manifestação e no controle da dormência em frutíferas de clima temperado (HAWERROTH et al., 2010).

Após a fase de dormência, um novo ciclo vegetativo deve-se iniciar, desde que a planta tenha acumulado uma determinada quantidade de frio, que varia conforme a espécie.

As baixas temperaturas são essenciais e se caracterizam por apresentar uma dupla função sobre os mecanismos de dormência das fruteiras de clima temperado, elas induzem tanto a entrada quanto a saída da dormência, permitindo uma nova brotação e floração (PUTTI, 2001).

A qualidade e a regularidade do frio são de extrema importância durante a dormência, para que haja o desenvolvimento das frutíferas de clima temperado e não ocorram danos a produção (GONÇALVES, 2014).

Algumas regiões podem apresentar a condição de frio insuficiente para a superação natural da dormência de algumas cultivares de frutíferas de clima temperado. Isso gera prejuízos fisiológicos e fenológicos à planta como floração e brotação desuniforme, dominância apical, atraso na brotação, redução da

frutificação efetiva, diminuição da qualidade e quantidade de produção de frutos, além de diminuir a longevidade da planta (MATZENAUER et al., 2005).

O conhecimento do requerimento de frio de determinado local é muito importante para escolha de espécies e cultivares e determinação do momento da superação de dormência. Isso se deve ao fato de que, em locais onde o frio é insuficiente para superar a dormência de algumas cultivares, há necessidade de aplicações de produtos químicos sintéticos para complementar seu requerimento em frio e iniciar um novo ciclo vegetativo e reprodutivo (MORAIS et al., 2015).

A cianamida hidrogenada (CH_2N_2) é o produto mais utilizado para auxílio da quebra de dormência nas frutíferas de clima temperado. Este produto é comercializado como Dormex®, e se constitui em uma solução aquosa que apresenta alta toxicidade (GUIMARÃES, 2013). Esse produto gera riscos à saúde do aplicador e ao meio ambiente, além de aumentar os custos de produção.

Para mensurar a quantidade de frio necessária para superar a dormência das gemas, existem modelos que permitem informar o acúmulo de frio em uma determinada região. O modelo mais utilizado é a soma diária das horas com temperaturas iguais ou inferiores a $7,2^\circ\text{C}$, durante o período de maio a setembro. Este é o modelo mais simples e faz o uso da contagem direta em termogramas. Porém é um método bastante trabalhoso e que para realiza-lo é necessário que se tenham estações meteorológicas com termógrafos em todos os locais.

Para superar esta limitação, em 1979, Angelocci e colaboradores desenvolveram algumas equações que permitem estimar as temperaturas horárias e a partir destas calcular as horas em que a temperatura do ar permanece abaixo de certo valor base, utilizando os dados diários de temperatura do ar, obtidos à partir de termômetros colocados em abrigo meteorológico padrão, em substituição ao uso de termógrafos.

O fenômeno ENOS é de grande importância e gera alterações nos regimes térmico e hídrico em diversas regiões do mundo. Esse fenômeno é resultante da interação entre o oceano e a atmosfera, e é caracterizado por anomalias na temperatura da superfície do mar (TSM) no Oceano Pacífico Equatorial e que envolve duas fases extremas: a fase quente (El Niño) e fase fria (La Niña). Esse fenômeno influencia principalmente no regime de chuvas na Região Sul do Brasil, mas não deixa suficientemente claro sua influência sobre a disponibilidade térmica nesta região (MATZENAUER et al., 2017).

Percebendo a importância da realização de pesquisas sobre o tema de acúmulo de horas de frio, este trabalho tem como objetivos: i) quantificar o número de horas de frio abaixo de $7,2^{\circ}\text{C}$ para o município de Pelotas; ii) estimar o acúmulo de horas de frio a partir de metodologia que permita o uso de dados de estações meteorológicas; iii) estabelecer a probabilidade de ocorrência de horas de frio em Pelotas; e iv) determinar a variação anual de horas de frio e suas possíveis relações com o fenômeno ENOS.

3.2 Metodologia

Para a realização deste trabalho foram consideradas as temperaturas horárias, medidas por termohigrógrafos, e as temperaturas máximas e mínimas diárias do ar, medidas por termômetros, referentes aos meses de maio, junho, julho e agosto do período de 1980 até 2019. Esses meses são aqueles considerados com temperaturas mais baixas e que exercem influência para o acúmulo de frio hibernal.

Os dados de temperaturas máximas e mínimas do ar e dados de leitura às 21 horas foram obtidos na Estação Agroclimatológica de Pelotas (EAPel). Essa estação está localizada no município de Capão do Leão – RS com as coordenadas $31^{\circ} 52' \text{ S}$, $52^{\circ} 21' \text{ W}$ e 13m de altitude, e faz parte de um convênio entre Universidade Federal de Pelotas e a Embrapa Clima Temperado (Figura 1).

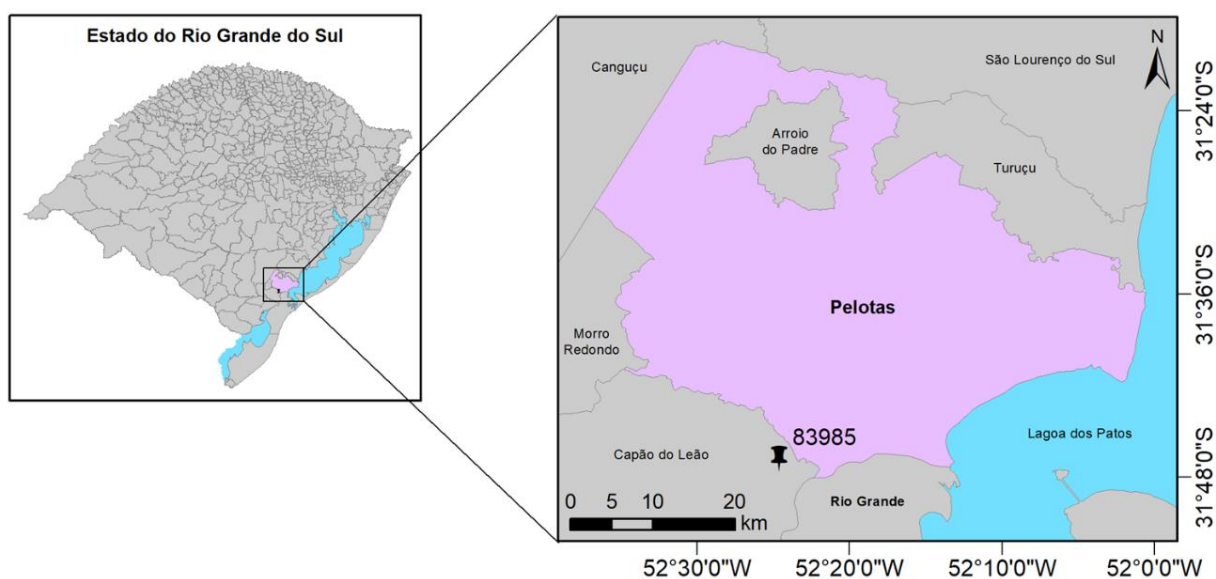


Figura 1 – Localização da Estação Agroclimatológica de Pelotas - RS

Para cada ano foi quantificado o (NHF) registrado em Pelotas, considerando o tempo, em horas, em que as temperaturas foram inferiores a $7,2^{\circ}\text{C}$. O NHF também foi estimado a partir do modelo proposto por Angelocci et al. (1979).

Para a quantificação do número de horas de frio (NHF registrada) foi realizada a contagem direta em gráficos de termohigrógrafos (termogramas) por meio do somatório de horas que a temperatura do ar permaneceu inferior à temperatura de $7,2^{\circ}\text{C}$ (Figura 2).

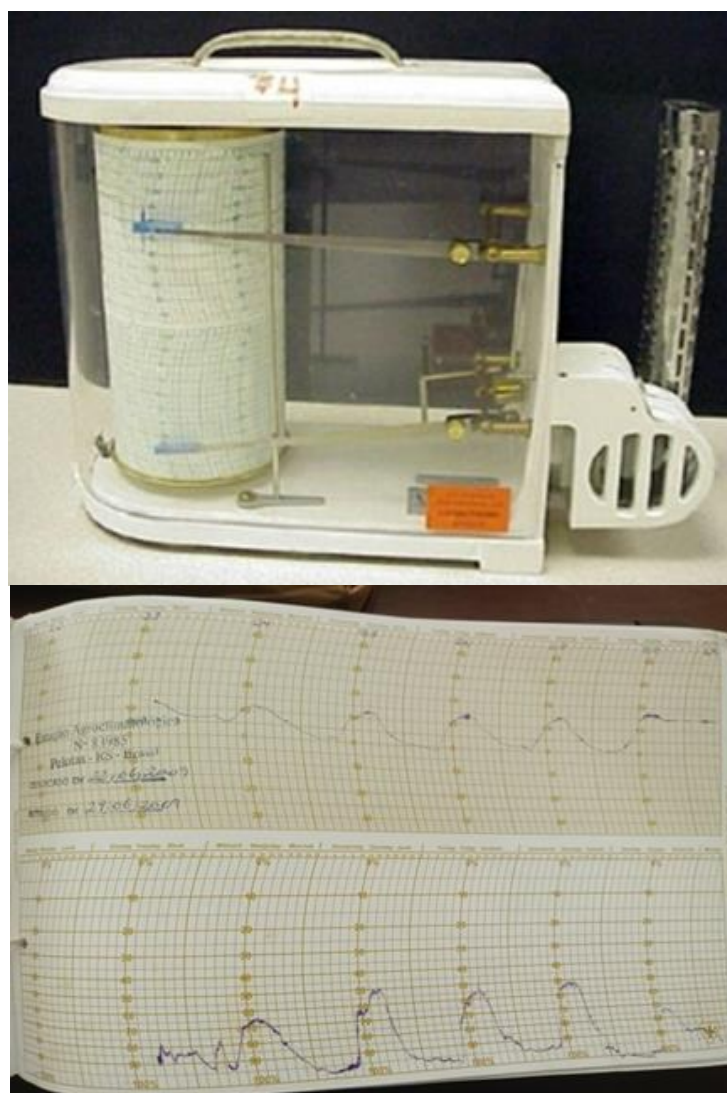


Figura 2 - Termohigrógrafo e termograma que são utilizados para medição e registro dos valores das temperaturas do ar.

A estimativa do número de horas de frio (NHF estimada) foi realizada a partir da metodologia proposta por Angelocci et al. (1979), fazendo uso de dados das leituras das temperaturas máxima e mínima do ar e da temperatura do horário das

21 horas. Definiu-se a temperatura de 7,2°C como a temperatura de referência (TR), onde somente temperaturas iguais ou inferiores a 7,2°C foram contabilizadas.

Essa metodologia constitui a estimativa do NHF considerando o uso de diferentes equações conforme as condições ambientais de temperatura em relação a TR. Nessas equações, foram inseridos os valores diários da temperatura do ar às 21 horas (T_{21}), da máxima no dia anterior (T_{M1}), da máxima do dia (T_{M2}), e da temperatura mínima (T_m) em relação à temperatura referência (TR) de 7,2°C, conforme observado na Tabela a seguir.

Tabela 1 - Descrição das condições a serem atendidas para o emprego das equações, considerando a temperatura do ar em relação à temperatura de referência.

Caso	Condições	Equação
1°	$T_R > T_m$; $T_R \leq T_{21}$; $T_R < T_{M1}$; $T_R < T_{M2}$;	$H = [9(T_R - T_m) / T_{21} - T_R] + [8(T_R - T_m) / T_{M2} - T_m]$
2°	$T_R > T_m$; $T_R \geq T_{21}$; $T_R < T_{M1}$; $T_R < T_{M2}$;	$H = [6(T_R - T_{21}) / T_{M1} - T_{21}] + [8(T_R - T_m) / T_{M2} - T_m] + 9$
3°	$T_R > T_m$; $T_R \geq T_{M1}$; $T_R \leq T_{M2}$;	$H = [8(T_R - T_m) / T_{M2} - T_m] + 16$
4°	$T_R > T_m$; $T_R \geq T_{M2}$; $T_R \geq T_{21}$; $T_R < T_{M1}$	$H = [6(T_R - T_{21}) / T_{M1} - T_{21}] + 17$
5°	$T_R > T_m$; $T_R \leq T_{M2}$; $T_R \geq T_{M1}$; $T_R < T_{M2}$	$H = [9(T_R - T_m) / T_{21} - T_m] + 8$
6°	$T_R \geq T_{M1}$; $T_R \geq T_{M2}$	$H = 24$
7°	$T_R \leq T_m$;	$H = 0$

TR= Temperatura de Referência; T_m = Temperatura Mínima; T_{21} = Temperatura das 21 horas; T_{M1} = Temperatura Máxima do dia anterior; T_{M2} = Temperatura Máxima do dia; H= Horas de frio

Fonte: Adaptado de Angelocci et al. (1979).

Após ter sido feita a contagem direta das horas de frio nos termogramas, os dados foram manipulados e organizados no software Microsoft Excel®, em conjunto com os dados de temperatura dos meses de maio, junho, julho e agosto, para cada ano da série histórica. De posse desses valores, foi realizada a estimativa das horas de frio a partir do método de Angelocci et al. (1979). Após isso os dois métodos foram comparados e analisados para verificar se o método de Angelocci et al. (1979) é um bom estimador de horas de frio.

Os dados foram submetidos a testes estatísticos, como análise da variância e estatística descritiva, onde foram obtidos os resultados de desvio padrão, erro padrão, coeficiente de variação, variância, média e mediana. Foram realizadas

análises de comparação de médias a partir do teste t, ao nível de 5% de significância e calculado o coeficiente de determinação cujo resultado foi plotado em gráfico de dispersão.

Para verificar a probabilidade de ocorrência anual de frio, foi utilizado um método simples de cálculo de probabilidade a partir da sequência dos valores horários estimados, baseando-se na ordenação crescente e decrescente destes valores. Se a ordenação for crescente, a probabilidade corresponderá a um valor igual ou menor que o limite escolhido e, quando for decrescente, corresponderá a um valor igual ou maior ao limite crítico escolhido.

Deste modo, para se avaliar a probabilidade de ocorrência (P) de um valor maior ou menor que um valor crítico, ordenou-se a sequência de dados em ordem decrescente, e se dividiu o número de ordem (m) correspondente à posição do valor crítico pelo número total de dados (n) mais 1, conforme a equação:

$$P = (m.100)/(n + 1) \quad (PEREIRA et al., 2007)$$

Para verificar a influência do fenômeno ENOS no acúmulo de horas de frio, os anos da série histórica foram classificados em El Niño, La Niña e Neutro de acordo com o evento que ocorria nos meses mais frios de cada ano (maio, junho, julho e agosto). Essa classificação foi obtida por meio das medições realizadas pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA). Na Tabela 2 estão apresentadas as ocorrências do fenômeno ENOS ao longo do período de realização desta pesquisa (1980 a 2019).

Tabela 2 - Distribuição do fenômeno ENOS ao longo da série histórica de acordo com os meses mais frios do ano (maio a agosto).

Evento	Anos de ocorrência
La Niña	1985, 1988, 1998, 1999, 2000, 2007, 2008, 2010 e 2011
El Niño	1982, 1983, 1987, 1991, 1997, 2002, 2004, 2009 e 2015
Neutro	1980, 1981, 1984, 1986, 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 2001, 2003, 2005, 2006, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017, 2018 e 2019

Fonte: NOAA (2020).

3.3 Resultados e discussão

Os valores de NHF anuais obtidos pela contagem direta nos termogramas estão representados na Figura 3, na qual é possível verificar que há grande oscilação do NHF de um ano para outro. Para o período entre 1980 e 2019, o menor valor de NHF foi de 88 horas obtido no ano de 1998, enquanto o maior valor foi 479 horas, verificado no ano de 2013. Para o período de 1997 a 2006, o NHF registrados foram baixos, sendo apenas um ano (2000) com valor acima de 250 horas.

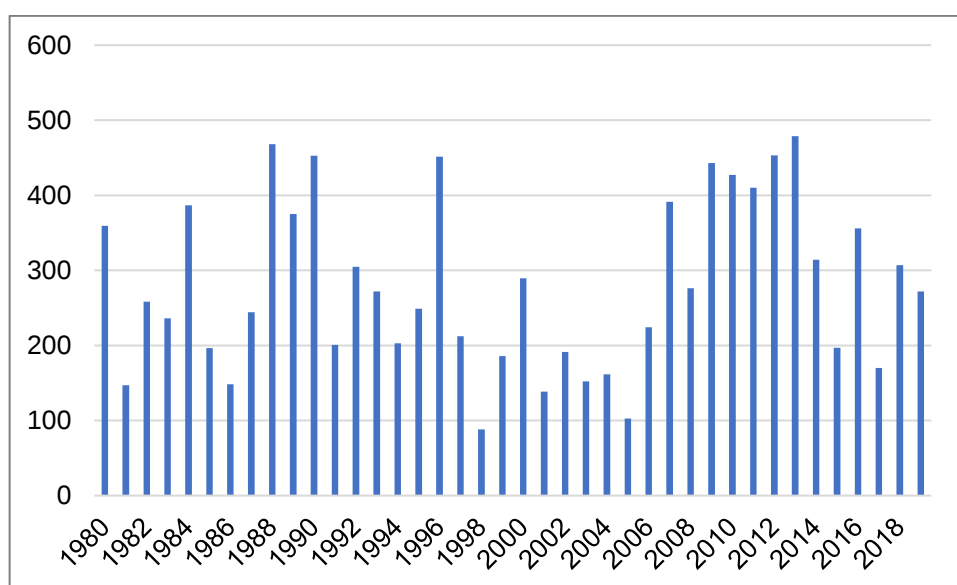


Figura 3 – Número de Horas de Frio anual (NHF), abaixo de 7,2° C, registrado em termogramas, no período de 1980 a 2019, em Pelotas - RS.

Ainda, de acordo com a contagem direta nos termogramas, em Pelotas ocorrem, em média 280 NHF anuais, porém devido à grande variação anual, são observados elevados índices de desvio padrão, de erro médio e de coeficiente variação apresentados na Tabela 3. Isto é compreensível, uma vez que a região Sul do Brasil, por ser de transição entre clima Temperado e clima Tropical, é caracterizada por grande variabilidade climática (WREGGE et al.,2006).

Quanto as estimativas do NHF a partir da metodologia proposta por Angelocci et al. (1979) obteve-se, em média, 262 NHF anuais (Tabela 3). Na comparação entre os valores de NHF registrados e estimados, não foi identificada diferença pelo teste t, uma vez que o valor do teste t foi inferior ao valor t Tabelado (Tabela 3). Isso

indica que o NHF médios de Pelotas, obtidos tanto por contagem direta ou estimadas pelo método de Angelocci et al. (1979) são supostamente iguais.

Ao analisar o erro padrão dos dois procedimentos de obtenção do NHF na Tabela 3, verifica-se que os valores foram próximos, mas proporcionam um intervalo de confiança mais restrito para o NHF estimado (246HF a 278HF) do que ao NHF registrado (262HF à 298HF). Além disso, os valores de desvio padrão e coeficiente de variação dos dois procedimentos, mesmo sendo elevados, sugerem menor dispersão dos dados estimados em relação à média e em termos relativos, respectivamente.

Isto indica que a metodologia de estimativa de NHF é bastante satisfatória pois mantém desempenho igual ou até melhor do que aqueles obtidos pela contagem direta nos termogramas. Ainda, de modo geral, os valores elevados de coeficiente de variação e de erro padrão evidenciam que há muita variação de acúmulo de frio entre os anos ao longo dessa série histórica de 40 anos, ou seja, não é possível esperar uma regularidade de horas de frio nesta região.

Tabela 3 - Estatísticas para Número de Horas de Frio contadas em Termogramas (NHF registrado) e estimadas (NHF estimado) para Pelotas, no período de 1980 a 2019.

Estatística	NHF Registrado	NHF Estimado
Média	279,87	261,92
Erro padrão	17,86	15,65
Mediana	265, 17	253,59
Desvio padrão	112,98	98,95
Coeficiente de Variação	39,9	37,3
t crítico	1,99	
Teste t	0,75*	

*Significativo a 5% de probabilidade.

A relação entre NHF estimado e NHF registrado pode ser observada na Figura 4. Observa-se que a curva de ajuste aos dados se aproxima bastante da linha 1:1, o que demonstra que o valor estimado acompanha a tendência do valor registrado. A equação ajustada tem interseção no valor zero, com isso o coeficiente linear da equação é suprimido, permanecendo apenas o coeficiente angular que apresentou valor 1,05, o qual demonstra uma pequena subestimativa do NHF estimado em relação aquele registrado por termógrafos.

Pela proximidade do valor unitário do coeficiente angular e o alto grau de ajuste da reta aos dados, caracterizado pelo coeficiente de determinação R^2 de 0,95, é possível inferir que o método de Angelocci et al. (1979) se mostrou um procedimento apropriado para quantificar o número de horas de frio, podendo ser assim utilizado para outras localidades que não possuem registro de NHF.

De acordo com o exposto, a estimativa de horas de frio a partir do método de Angelocci et al. (1979) apresenta um resultado satisfatório podendo ser utilizado para o resgate de informações meteorológicas de estações que não dispõem de termogramas mas sim de dados mais simples como as temperaturas máxima e mínima e temperatura das 21 horas.

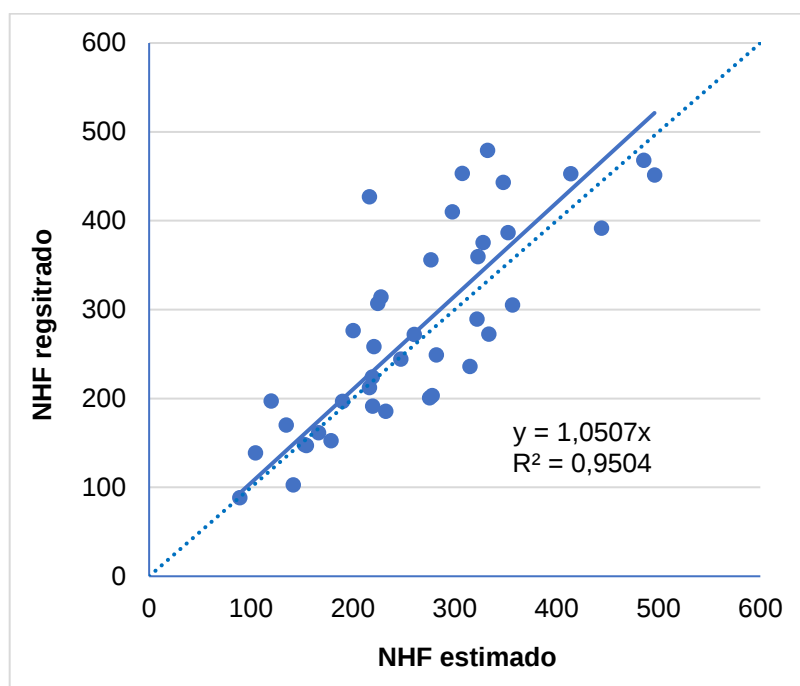


Figura 4 - Dispersão de dados do Número de Horas de Frio anual registrado (NHF registrado), em termógrafos, e estimado (NHF estimado), pelo modelo de Angelocci et al. (1979), para Pelotas.

Essa oportunidade de resgate de informações meteorológicas, dada pelo uso do procedimento proposto por Angelocci et al. (1979) é importante para estudos agrometeorológicos, pois além disso, poderá ser utilizado no acompanhamento de dados atuais.

Para estudos agrometeorológicos, conforme destacam Heldwein et al. (2000), é necessário que sejam analisadas as variações de ocorrência de frio de ano para ano, em cada local. É importante estabelecer a frequência de anos com frio insuficiente para a quebra de dormência natural das plantas para que, quando isso

ocorra, sejam adotadas práticas que amenizem os problemas decorrentes a essa condição. Isto justifica a necessidade de que se determine a probabilidade de ocorrência de frio acumulado para cada local.

Para verificar a regularidade de frio que ocorre na região de Pelotas, fez-se uso da análise da probabilidade onde pôde-se constatar que a média da série histórica, que é igual a 280 NHF, ocorre em 44% dos anos (Tabela 4). Logo, para espécies ou cultivares que necessitam desta quantidade de frio, será necessária a aplicação de produtos indutores da quebra de dormência artificial em 56% dos anos.

Cultivares com menor requerimento de horas de frio, que precisam de 100 a 150 horas de frio para a superação natural da dormência, mostram-se uma ótima opção, pois em 95 e 85% dos anos, respectivamente, tem sua condição naturalmente atendida. Porém, a antecipação da superação da dormência eleva à chance de exposição as geadas, ocasionando danos na floração ou na primeira fase de desenvolvimento do fruto. Já cultivares que necessitam de um maior acúmulo de horas de frio, na maioria dos anos é preciso fazer uso de produtos químicos para a superação da dormência.

Estes produtos fazem com que o custo de produção se eleve, além de que a maioria deles são extremamente tóxicos a saúde humana e ao ambiente. Para tanto, faz-se necessário ter um bom planejamento para evitar gastos desnecessários e prejuízos na qualidade de vida do agricultor e do meio ambiente.

Tabela 4 - Probabilidade de ocorrência de horas de frio com temperatura abaixo de 7,2°C na região de Pelotas – RS

Horas de Frio	Probabilidade de ocorrência (% anos)
100	95
150	85
200	68
250	54
280*	44
300	39
350	32
400 ou +	20

*média da série histórica

Sabe-se que o fenômeno ENOS tem grande influência no regime hídrico de vários locais e, com isso, vem a necessidade de investigar se há influência deste fenômeno no acúmulo de frio hibernal nas frutíferas de clima temperado. Na Figura 5 pode-se observar a distribuição dos anos da série histórica de acordo com o fenômeno ENOS, onde os anos foram classificados de acordo com a atividade do fenômeno nos meses de maio a agosto.

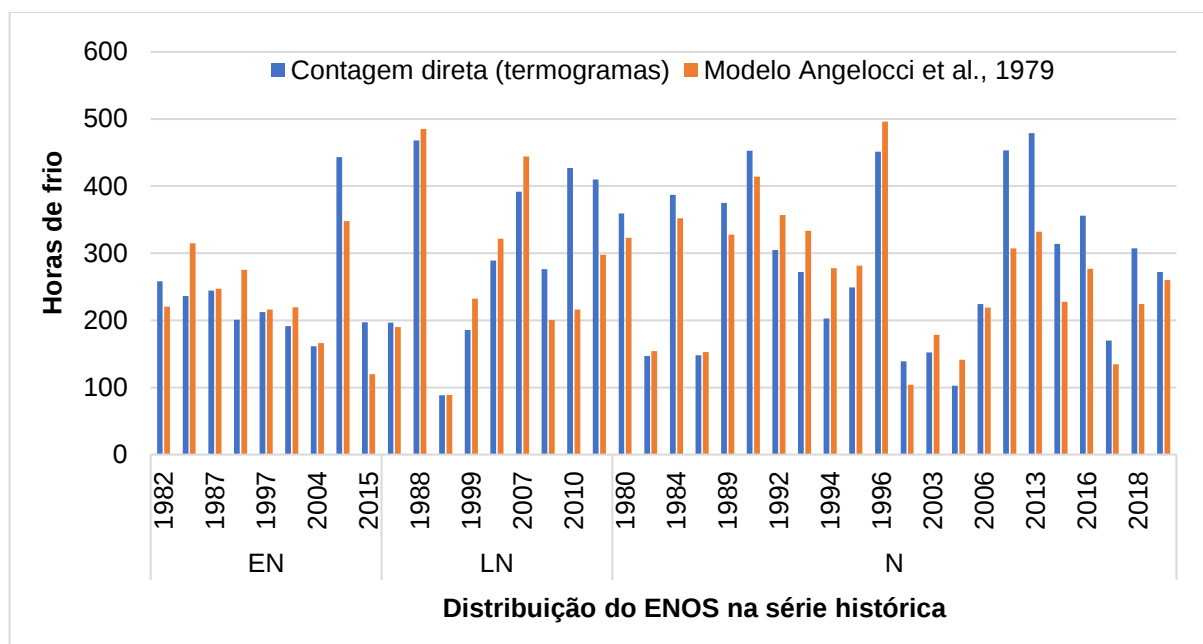


Figura 5 - Distribuição da série histórica conforme anos de ENOS.

Para anos com predomínio de efeitos El Niño, o agrupamento trouxe vantagens, evidenciando maior homogeneidade dos dados registrado e estimados, com menor desvio padrão (Tabela 5), e redução na disponibilidade anual de número de horas de frio, conforme pode ser visualizado na Figura 5 e constatado por meio da média de 236 NHF (Tabela 5).

Entretanto, a análise dos dados nesse conjunto apresenta menor confiabilidade dos dados estimados, devido ao aumento do erro padrão, em comparação com os dados gerais apresentados na Tabela 3. Além disso, em anos de El Niño foram obtidos valores de coeficientes de variação menores, evidenciando maior regularidade do número de horas frio registrados nestes anos da série histórica.

Para anos classificados como Neutros (N) ou com La Niña (LN), infelizmente, não foi possível obter melhores índices estatísticos, uma vez que a comparação entre as estatísticas avaliadas, disponíveis nas Tabelas 3, 5 e 6, aumentaram

quando os anos foram agrupados em LN e N. Na Figura 5 é possível observar que nos anos com a presença desses dois fenômenos (LN e N) há grande irregularidade do número de horas de frio, com grandes oscilações ao longo da série histórica.

Ao aplicar a análise da variância, pelo teste F, foi obtido o valor de 0,404 que é um valor muito maior que 0,05 e com isso pode-se dizer que este não foi significativo pela análise da variância tanto para as localidades e nem entre os eventos.

Tabela 5 - Estatísticas do número de horas de frio registrado (NHF registrado) em termogramas em anos de El Niño, La Niña e Neutro, para o município de Pelotas, no período de 1980 a 2019.

Estatística	NHF registrado		
	La Niña	El Niño	Neutro
Média	303,63	235,75	283,74
Erro padrão	43,141	30,995	25,924
Mediana	289,33	206,42	272,17
Desvio padrão	129,42	87,667	118,8
CV (%)	42,63	37,19	41,87

Destaca-se que, em anos com La Niña, a média foi de 304 NHF registrada (Tabela 5), ou seja, nos anos com este evento, houve uma maior ocorrência de frio comparado com os anos de El Niño e Neutros. O mesmo pode ser observado na Tabela 6 quanto ao número de horas de frio estimado (NHF estimado).

Tabela 6 - Estatísticas do número de horas de frio estimado (NHF estimado), pelo modelo de Angelocci 1979, em anos de El Niño, La Niña e Neutro, para o município de Pelotas, no período de 1980 a 2019

Estatística	NHF estimado		
	La Niña	El Niño	Neutro
Média	275,09	238,26	264,36
Erro padrão	42,205	26,523	21,974
Mediana	232,15	233,16	276,51
Desvio padrão	126,62	75,018	100,7
CV (%)	46,03	31,49	38,09

Esses resultados corroboram com aqueles obtidos por Pohlmann e Lazzari (2018) em estudos sobre a caracterização climática da região de Cachoeira do Sul – RS. Os autores observaram que em anos com fenômeno La Niña ocorreu diminuição da temperatura média do ar, enquanto em anos Neutros e de El Niño a temperatura média do ar foi maior.

Porém, conforme destacado anteriormente, em anos de La Nina (LN), além de apresentar as maiores médias de acúmulo de frio, há também maiores valores de erro padrão, desvio padrão e coeficiente de variação comparado com anos com outros eventos, com irregularidade no acúmulo de frio durante estes anos com LN.

Para a região de Guarapuava, estado do Paraná, estudo conduzido por Bueno (2020), avaliando as condições de temperaturas máximas e mínimas na região constatou que em condições de El Niño, nos meses de outono e inverno, há condições de menor amplitude térmica com temperaturas médias e mínimas mais elevadas e, que em condição de La Niña, ocorrem temperaturas mais baixas nesse período.

De acordo com o exposto, verifica-se que, em anos de La Niña com condições de temperaturas mínimas mais baixas, há uma maior ocorrência de horas de frio e melhores condições para as frutíferas de clima temperado. Já em anos de El Niño, com ocorrência de temperaturas mínimas mais elevadas, há uma menor ocorrência de frio na região de Pelotas, acarretando em dificuldades para a superação natural da dormência em frutíferas de clima temperado.

3.4 Conclusões

Com base na metodologia proposta, verificou-se que, em Pelotas, o Número de Horas de Frio médio é de 280 horas abaixo de 7,2°C e apresenta grande variabilidade anual. Além disso, os resultados obtidos permitiram verificar que:

- As horas de frio superam 100, 280 e 400 horas em 95%, 44% e 20% dos anos, respectivamente.
- O modelo proposto por Angelocci et al. (1979) é eficiente para estimar o Número de Horas de Frio e pode ser usado com segurança para essa finalidade.
- Em anos de El Niño são verificados menor NHF em Pelotas.

4. Capítulo 2 – Disponibilidade de Horas e Unidades de Frio na região Sul do Rio Grande do Sul

4.1 Introdução

Para garantirem a sua sobrevivência em condições adversas no período de inverno, as frutíferas de clima temperado com folhas caducas como, por exemplo, maçã, pêra, uva, pêssego e entre outras, suspendem temporariamente o crescimento visível dos tecidos entrando em estado de dormência (FIALHO et al., 2020).

Nos vegetais a dormência pode ser classificada em paradormência, ecodormência e endodormência (LANG et al., 1987). A paradormência se caracteriza pela inibição correlativa, onde o crescimento de um órgão é inibido pela ação de um ou vários órgãos. A ecodormência é causada por fatores ambientais (temperatura, estresse hídrico e outros) que prejudicam o desenvolvimento da gema, enquanto a endodormência está atribuída a uma condição intrínseca da gema, que impede o crescimento meristemático e tem seu efeito eliminado pela exposição a períodos com baixas temperaturas, próximas a 7°C (LANG et al., 1987).

Para superar a endormência e iniciar um novo ciclo vegetativo a planta deverá ter acumulado uma determinada quantidade de frio (MINUZZI, 2018). Assim, durante o inverno é indispensável que ocorram temperaturas baixas e contínuas para que assim as plantas possam iniciar um novo ciclo vegetativo, com normalidade de brotação e de floração (CARDOSO et al., 2012).

Em regiões ou anos com inverno ameno, onde a quantidade de frio requerida não satisfaz as necessidades da planta, ocorrem anomalias que prejudicam o ciclo produtivo e a longevidade da planta. Quando se tem essa condição, pode-se facilmente observar a ocorrência de baixa taxa de brotação e floração ao longo do ramo da planta (LEITE, 2020), com consequente diminuição da produtividade.

Uma solução para amenizar as perdas na condição de frio insuficiente é o uso de produtos químicos para a indução da brotação. O uso destes produtos aumenta os custos de produção, e também apresentam riscos de contaminação devido à alta toxicidade presente em algumas substâncias, como a cianamida hidrogenada (HAWERROT, 2010).

A quantificação das horas de frio local e/ou regional é muito importante e necessária para o planejamento e o manejo de frutíferas de clima temperado. Para a metade Sul do RS, com localidades que apresentam uma boa disponibilidade de dados, é possível quantificar a disponibilidade de frio existente e, posteriormente, estimá-lo em locais sem monitoramento detalhado e características climáticas semelhantes. Atualmente, existem vários modelos que permitem estimar o acúmulo de frio em uma determinada região. Cada modelo considera diferentes informações para o acúmulo de horas e unidades de frio.

O modelo de acúmulo de horas de frio abaixo de $7,2^{\circ}\text{C}$ é o mais simples a ser adotado, pois contabiliza as horas que ficam abaixo deste valor. Para realizar essa contabilização, se faz necessário o uso de termógrafos que geram termogramas nos quais são realizadas as leituras dos valores acumulados abaixo de $7,2^{\circ}\text{C}$. Esse trabalho é exaustivo e em várias regiões não é possível ser replicado, por falta de registro da temperatura horária nas estações meteorológicas.

Angelocci et al. (1979) elaboraram um conjunto de equações que a partir da posse dos dados das temperaturas máximas, mínimas e da leitura das 21 horas possibilitam estimar o acúmulo de frio de determinado local, especialmente, regiões onde não há registro da temperatura horária local.

Um procedimento alternativo ao modelo de acúmulo de horas de frio abaixo de $7,2^{\circ}\text{C}$ é o modelo de unidades de frio (UF), que atribuem valores unitários de frio para diferentes faixas de temperatura. Entre os modelos de unidades de frio desenvolvidos, se destacam os modelos Utah (Richardson et al., 1974) e Carolina do Norte (SHALTOUT; UNRATH, 1983), elaborados para as culturas do pessegueiro e macieira, respectivamente. Nesses modelos os valores são expressos em unidades de frio e não consideram um valor fixo de temperatura, ou seja, uma dada temperatura exposta pelo período de uma hora será equivalente a uma determinada quantidade de unidades de frio (BOTELHO et al., 2006).

Os modelos Utah e Carolina do Norte foram desenvolvidos para condições do hemisfério Norte, com inverno com certa regularidade de frio, condição esta que não ocorre no Sul do Brasil, onde os invernos são mais amenos. Considerando isso, Ebert et al. (1986) adaptaram os modelos Utah e Carolina do Norte para as condições do Sul do Brasil, onde tem-se oscilações de temperaturas durante o inverno. Os autores modificaram os dois modelos de unidades de frio, a fim de que as altas temperaturas resultassem em acumulação negativa de frio, somente até 96

horas após a última unidade positiva de frio ter sido registrada. Com isso, as unidades de frio acumuladas foram consideradas constantes até que novas unidades de frio positivas viessem a ocorrer.

O fenômeno (ENOS) é caracterizado por anomalias na temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico e influencia as condições atmosféricas do planeta (GRIMM et al., 1998). É conhecido pelas suas duas fases: uma quente (El Niño) e outra fria (La Niña) e ocasiona desvios extremos em relação ao clima normal, sendo responsável pelas chamadas anomalias climáticas persistentes, durando de 6 a 18 meses (CUNHA et al., 2011).

No Sul do Brasil, os anos de El Niño se caracterizam principalmente pelo aumento da quantidade de chuvas nos meses de setembro e outubro, com repique em abril. Em anos de La Niña, tem-se a redução de chuvas especialmente no final da primavera e durante o verão. O ENOS afeta também, direta ou indiretamente, outras variáveis atmosféricas, como a temperatura e a umidade do ar (DALMAGO et al., 2018).

Devido a importância de determinar a disponibilidade de frio em determinada região e a sua variabilidade de ocorrência ao longo dos anos, os objetivos deste trabalho são: (a) quantificar a disponibilidade regional de horas de frio anual e de unidades de frio anual para municípios da metade Sul do Rio Grande do Sul; (b) comparar métodos de cálculo de unidades de frio com métodos de horas de frio e inferir qual procedimento (ou método) melhor expressa a disponibilidade regional de horas de frio para as espécies e variedades de frutíferas de clima temperado e (c) avaliar a associação da variação anual de horas de frio e de unidades de frio com o fenômeno ENOS.

4.2 Metodologia

Para a realização deste trabalho foi utilizada a série histórica meteorológica do período de maio de 1980 até agosto de 2019. Os dados de temperatura máxima e mínima do ar, e da leitura de temperatura do ar para os horários das 9h, 15h e 21h foram obtidos junto ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). As estações meteorológicas convencionais selecionadas foram Bagé, Encruzilhada do Sul, Pelotas, Santa Vitória do Palmar, Santana do Livramento e Uruguaiana, e estão

localizadas na Metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul, com potencial para o cultivo de plantas frutíferas de clima temperado. As coordenadas geográficas e altitude das estações meteorológicas convencionais são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Coordenadas geográficas das estações meteorológicas convencionais cadastradas no INMET, dentro da área de abrangência da Metade Sul do Rio Grande do Sul.

Estação	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)
Bagé	-31,33	-54,10	242,31
Encruzilhada do Sul	-30,53	-52,51	427,75
Pelotas	-31,78	-52,41	13,00
Santa Vitória do Palmar	-33,51	-53,35	24,01
Santana do Livramento	-30,83	-55,60	328,00
Uruguaiana	-29,75	-57,08	62,31

Fonte: Dados do INMET.

Para Pelotas, os dados das temperaturas máximas e mínimas e das leituras dos horários das 9h, 15h e 21h foram obtidos junto à Estação Agroclimatológica de Pelotas (EAPel), convênio entre Universidade Federal de Pelotas e a Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Capão do Leão (RS), a partir de registros em cadernetas de observações agrometeorológicas (Figura 6). Já para as demais localidades estes dados foram obtidos junto ao INMET.

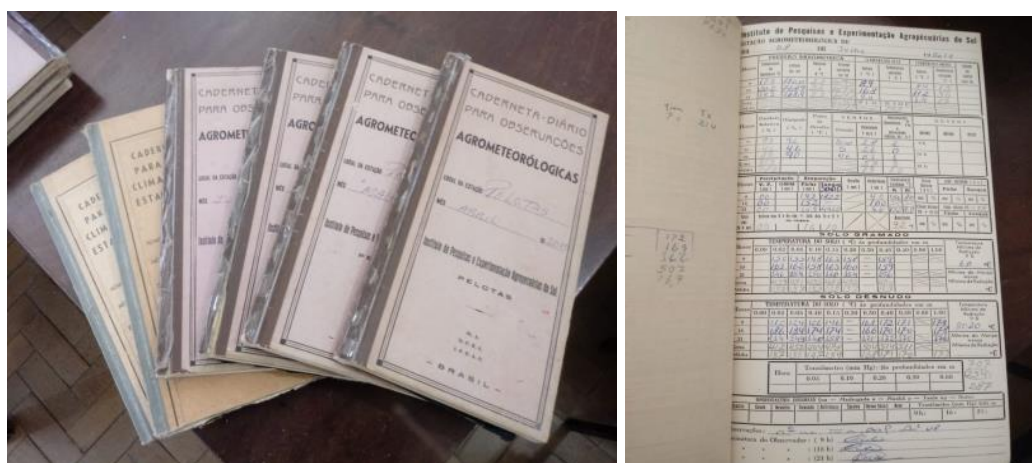


Figura 6 - Cadernetas de Observações meteorológicas pertencentes à estação agroclimatológica de Pelotas.

O Número de Horas de Frio (NHF) para cada ano e localidade foi estimado a partir do modelo proposto por Angelocci et al. (1979). Nesse modelo, a estimativa do número de horas de frio se dá considerando o uso de diferentes equações conforme as condições ambientais de temperatura observada em relação à temperatura de referência (TR), que é 7,2°C. A escolha das equações (Tabela 8) foi determinada a partir das condições definidas para cada caso, baseadas dos valores diários da temperatura do ar às 21 horas (T₂₁), temperatura máxima no dia anterior (T_{M1}), temperatura máxima do dia (T_{M2}) e temperatura mínima (T_m).

Tabela 8 - Detalhamento dos casos e condições para o emprego das equações de estimativa da temperatura horária, considerando a temperatura do ar em relação à temperatura base.

Caso	Condições	Equação
1°	$T_R > T_m$; $T_R \leq T_{21}$; $T_R < T_{M1}$; $T_R < T_{M2}$;	$H = [9(T_R - T_m) / T_{21} - T_R] + [8(T_R - T_m) / T_{M2} - T_m]$
2°	$T_R > T_m$; $T_R \geq T_{21}$; $T_R < T_{M1}$; $T_R < T_{M2}$;	$H = [6(T_R - T_{21}) / T_{M1} - T_{21}] + [8(T_R - T_m) / T_{M2} - T_m] + 9$
3°	$T_R > T_m$; $T_R \geq T_{M1}$; $T_R \leq T_{M2}$;	$H = [8(T_R - T_m) / T_{M2} - T_m] + 16$
4°	$T_R > T_m$; $T_R \geq T_{M2}$; $T_R \geq T_{21}$; $T_R < T_{M1}$	$H = [6(T_R - T_{21}) / T_{M1} - T_{21}] + 17$
5°	$T_R > T_m$; $T_R \leq T_{M2}$; $T_R \geq T_{M1}$; $T_R < T_{M2}$	$H = [9(T_R - T_m) / T_{21} - T_m] + 8$
6°	$T_R \geq T_{M1}$; $T_R \geq T_{M2}$	$H = 24$
7°	$T_R \leq T_m$;	$H = 0$

TR= Temperatura de Referência; T_m= Temperatura Mínima; T₂₁ Temperatura das 21 horas; T_{M1}= Temperatura Máxima do dia anterior; T_{M2}= Temperatura Máxima do dia; H= Horas de frio

Fonte: adaptado de Angelocci et al. (1979).

Esta modelagem proposta por Angelocci et al. (1979), teve desempenho promissor na estimativa de horas de frio para o município de Pelotas. O desempenho do modelo foi verificado a partir da comparação dos dados estimados com os registros verificados nos termogramas da estação, e os resultados foram apresentados e discutidos no Capítulo 1. Assim, esse mesmo procedimento foi replicado para outras localidades da região Sul do Rio Grande do Sul, a fim de quantificar a disponibilidade de frio em cada local, com base disponibilidade de registros de dados históricos desde 1980 a 2019 (Tabela 9).

Tabela 9 - Localidades e respectivos anos com registros de dados meteorológicos

Localidade	Anos com registros
Pelotas	1980 a 2019
Bagé	1980 a 1984; 1988 a 2000; 2002 a 2019
Encruzilhada do Sul	1980 a 1983; 1988 a 2019
Santa Vitória do Palmar	1980 a 1984; 1988 a 1992; 1994 a 2019
Santana do Livramento	2002 a 2018
Uruguaiana	1983; 1992 a 2000; 2002 a 2018

Fonte: Elaboração a partir de dados do INMET

Para verificar a probabilidade de ocorrência (P) anual de frio em Bagé, Encruzilhada do Sul, Pelotas, Santa Vitória do Palmar, Santana do Livramento e Uruguaiana foi utilizado a equação da probabilidade, utilizando-se da sequência dos valores de horas de frio e baseando-se na ordenação crescente e decrescente destes valores, se dividiu o número de ordem (m) correspondente à posição do valor crítico pelo número total de dados (n) mais 1, conforme a equação:

$$P = (m. 100)/(n + 1) \quad (PEREIRA et al., 2007)$$

A partir das leituras das temperaturas dos horários das 9h, 15h e 21h, (12:00, 18:00 e 00:00 UTC respectivamente), foram calculados incrementos de temperaturas e assim pode-se estimar as temperaturas horárias para as estações selecionadas. Com os valores horários das temperaturas, pôde-se estimar as unidades de frio para cada uma das seis localidades da região Sul.

Para quantificar a estimativa de Unidades de Frio (UF) foram utilizados os dois métodos mais usuais, os modelos Utah (RICHARDSON et al., 1974) e Carolina do Norte (SHALTOUT; UNRATH, 1983).

Foram empregados os valores estimados da temperatura, convertidos em unidades de frio, utilizando diferentes classes de temperatura com diferentes índices de eficiência na conversão de horas de frio em unidades de frio, para cada modelo conforme descrito na Tabela 10, podendo os valores serem acrescidos ou subtraídos do total acumulado de forma contínua.

Tabela 10 - Modelos de unidades de frio (UF) nos modelos Utah (RICHARDSON et al.,1974) e Carolina do Norte (SHALTOUT; UNRATH,1983).

UF	Modelo de Utah	Modelo Carolina do Norte
	Temperatura (°C)	Temperatura (°C)
0,0	<1,40	<1,1
0,5	1,5 a 2,4	1,6
1,0	2,5 a 9,1	7,2
0,5	9,2 a 12,4	13,0
0,0	12,5 a 15,9	16,5
-0,5	16,0 a 18,0	19,0
-1,0	>18,0	20,7
-1,5		22,1
-2,0		>23,3

Fonte: Modelos Utah (RICHARDSON et al.,1974) e Carolina do Norte (SHALTOUT; UNRATH, 1983).

Considerando que, durante o inverno no Sul do Brasil, são verificadas condições de oscilação de temperatura do ar, também foi aplicada a metodologia dos modelos de Utah Modificado e Carolina do Norte Modificado. Para isto, foi executada a mesma metodologia dos modelos de origem diferindo por restringirem o número de dias com UF positivas, incorporando efeitos negativos para temperaturas mais elevadas, passíveis de sofrer influência de altas temperaturas, após 96 horas da última acumulação de NHF com temperaturas altas, ou seja, quando os períodos de temperatura alta ultrapassar 96 horas, cessará o desconto de UF do total já acumulado.

Para verificar uma possível influência do fenômeno ENOS no acúmulo de horas de frio e de unidades de frio, os anos da série histórica foram classificados em El Niño, La Niña e Neutro de acordo com o evento que ocorria nos meses mais frios de cada ano. Essa classificação foi obtida por meio das medições realizadas pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA, 2021). Na Tabela 11 está apresentada a ocorrência do fenômeno ENOS de acordo com a sua distribuição ao longo da série histórica.

Tabela 11 - Distribuição do fenômeno ENOS ao longo da série histórica de acordo com a ocorrência do evento nos meses mais frios do ano (maio a agosto)

Evento	Anos de ocorrência
La Niña	1985, 1988, 1998, 1999, 2000, 2007, 2008, 2010 e 2011
El Niño	1982, 1983, 1987, 1991, 1997, 2002, 2004, 2009 e 2015
Neutro	1980, 1981, 1984, 1986, 1989, 1990, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 2001, 2003, 2005, 2006, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017, 2018 e 2019

Fonte: NOAA (2020).

Os dados de horas de frio e de unidades de frio para cada localidade foram submetidos a análises estatísticas, realizada em planilhas eletrônicas, com isso obteve-se os valores das médias, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação, e aplicação do teste de Tukey a 5% de probabilidade com o auxílio do software Past. A partir do somatório do NHF anual foi possível elaborar figuras que permitem representar e compreender o comportamento e a variabilidade do NHF ao decorrer da série histórica, em cada localidade.

4.3 Resultados e discussão

Na Tabela 12 estão descritas as estatísticas das horas de frio nas seis localidades. Pode se observar que a maior disponibilidade anual de frio, entre localidades analisadas, ocorre em Santana do Livramento (429,4 NHF), ao passo que a menor disponibilidade ocorre em Encruzilhada do Sul (198,7 NHF).

Tabela 12 - Estatísticas do NHF das seis localidades em estudo, para o período de 1980 a 2019

Local	Média	EP	CV (%)	DP
Bagé	375,7 a	21,6	34,5	129,5
Uruguiana	273,4 bc	24,3	46,1	126,0
Santana do Livramento	429,4 a	46,2	37,3	160,1
Santa Vitória do Palmar	323,0 ab	20,3	37,7	121,7
Encruzilhada do Sul	198,7 c	12,8	38,5	76,6
Pelotas	261,9 bc	15,6	37,3	99,0

EP= Erro Padrão; CV=Coeficiente de Variação; DP= Desvio Padrão

Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores médios do NHF (Tabela 12) se assemelham às informações disponíveis no Atlas climático do Rio Grande do Sul (WREGE et al. 2011), iguais a 362 NHF para Bagé, 224 NHF Encruzilhada do Sul e 270 NHF Uruguiana, e diferem das 304 NHF verificadas para Santana do Livramento. Para a confecção desse atlas, Wrege et al. (2011) consideraram os dados do período de maio a agosto, de 1976-2005, contabilizando as horas de frio abaixo de 7,2°C, por meio da cotação diária de termogramas e por interpolação de pontos a partir de modelos matemáticos.

Os resultados satisfatórios obtidos com o modelo de Angelocci et al. (1979) nesse trabalho, corroboram com os resultados de Santos et al. (2017). Esses autores avaliaram diferentes modelos para estimativas de NHF para as regiões sul e sudoeste do Paraná, e observaram que o método de Angelocci et al. (1979) apresentou um bom desempenho, tendo resultados semelhantes aos observados nesse estudo.

Além disso, ao analisar os dados apresentados na Tabela 12, verifica-se que as localidades do sul do Rio grande do Sul apresentam valores elevados de coeficiente de variação e desvio padrão e, conseqüentemente, alta variabilidade anual entre os anos ao longo da série histórica, o que indica que não há regularidade de horas de frio anual na região sul do Rio Grande do Sul.

Essa variabilidade do somatório de frio é prejudicial ao estabelecimento das frutíferas de clima temperado, dificultando a escolha das melhores cultivares adaptadas para cada região já que nos anos com menor índice de acúmulo de frio tem-se os processos de brotação e floração prejudicados, além da redução na produtividade (TANASIJEVIC et al., 2014; MORAIS; CARBONIERI, 2015).

Na Figura 7 é possível observar a partir de diferentes gradientes de cores a distribuição média das horas de frio na metade sul do Rio Grande do Sul, facilitando a localização das localidades com maior e menor disponibilidade de frio.

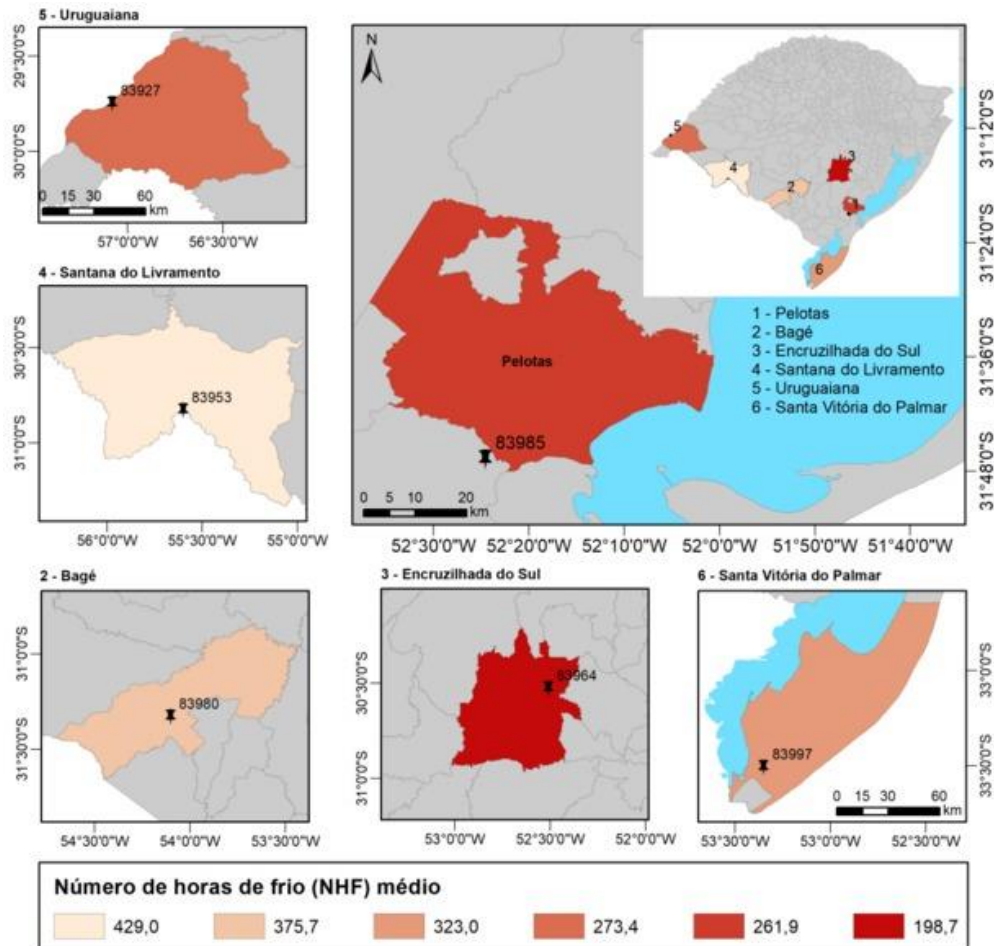


Figura 7 - Distribuição das horas de frio nas localidades estudadas

Nas Figuras 8 a 13 pode ser observado que durante a série histórica o maior acúmulo de frio se deu no ano de 2007, em todos os locais, e em sequência pelos anos de 1988, 1996, 1992 e 2013. Verifica-se, ainda, que o menor acúmulo de horas de frio ocorreu nos anos de 1998, 2015 e 2017.

O ano de 2007, entre as localidades estudadas, os valores mais altos para HF foram verificados em Bagé (Figura 8), Uruguaiiana (Figura 9) e Santana do Livramento (Figura 10). É possível observar que Uruguaiiana chegou a registrar um somatório próximo a 700 horas de frio, enquanto em Bagé e em Santana do Livramento há registros de próximo de 800 e 900 horas de frio respectivamente neste ano.

Nas Figuras 8, 10 e 13 estão apresentadas as localidades com as maiores médias de ocorrência de NHF, Bagé com 375,7 HF, Santana do Livramento com 429,4 HF e Santa Vitória do Palmar com 323 HF, respectivamente.

Nas Figuras 9, 11 e 12 estão apresentadas as localidades com a menor disponibilidade média de HF, onde Uruguaiana apresenta 273,4 HF, Encruzilhada do Sul 198,7 HF e Pelotas conta com 261,9 HF, respectivamente.

Nessas Figuras é possível observar a variação do acúmulo de HF ao longo da série histórica, em que em alguns anos há um grande acúmulo de frio, enquanto que em outros anos esse acúmulo é muito pequeno, e por isso se faz necessário ter conhecimento da disponibilidade de frio que ocorrem em cada região.

A partir de informações detalhadas, como essas apresentadas nas Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13 é possível realizar os zoneamentos de aptidão climática para as frutíferas de clima temperado e estabelecer a escolha de cultivares mais apropriadas para o local de cultivo (WREGGE et al., 2016; LUEDELING et al., 2009).

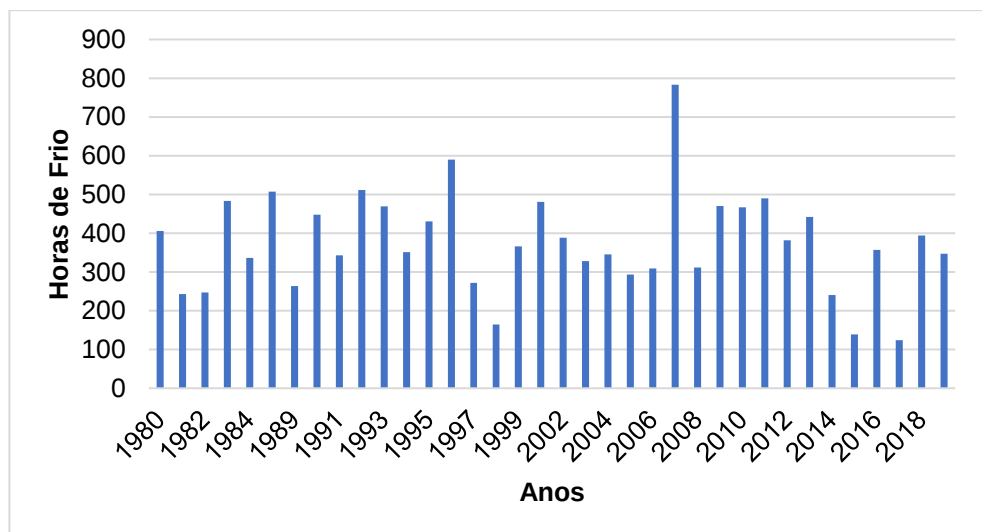


Figura 8 - Estimativas de Horas de Frio para Bagé.

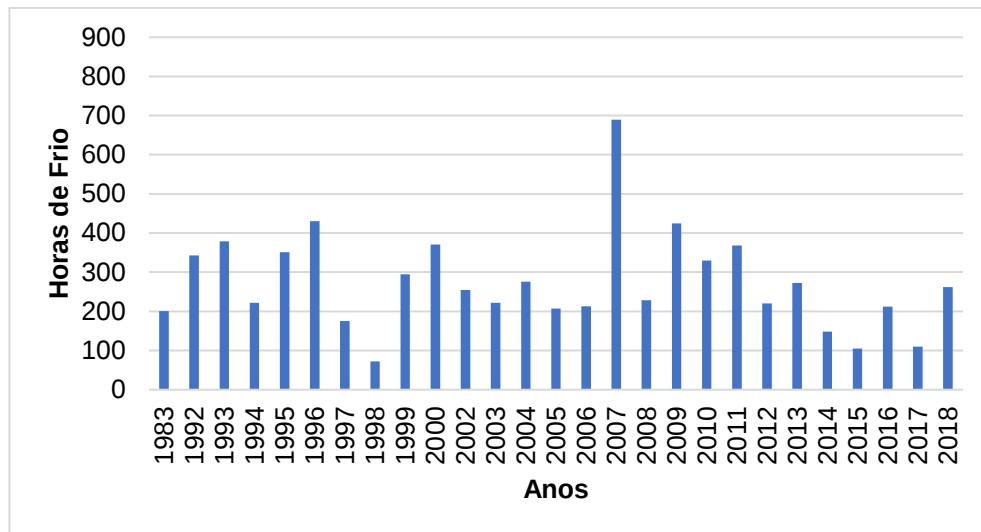


Figura 9 - Estimativas de Horas de Frio para Uruguaiana.

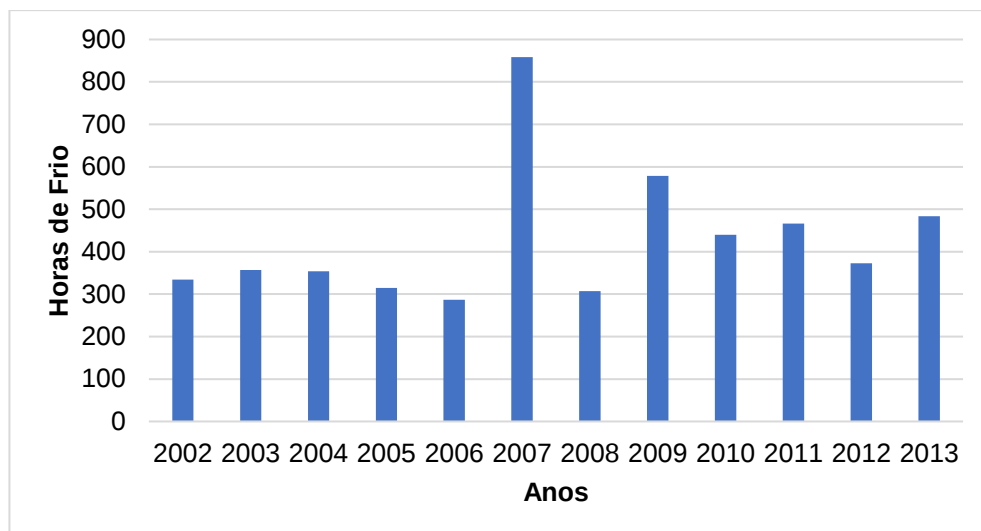


Figura 10 - Estimativas de Horas de Frio para Santana do Livramento.

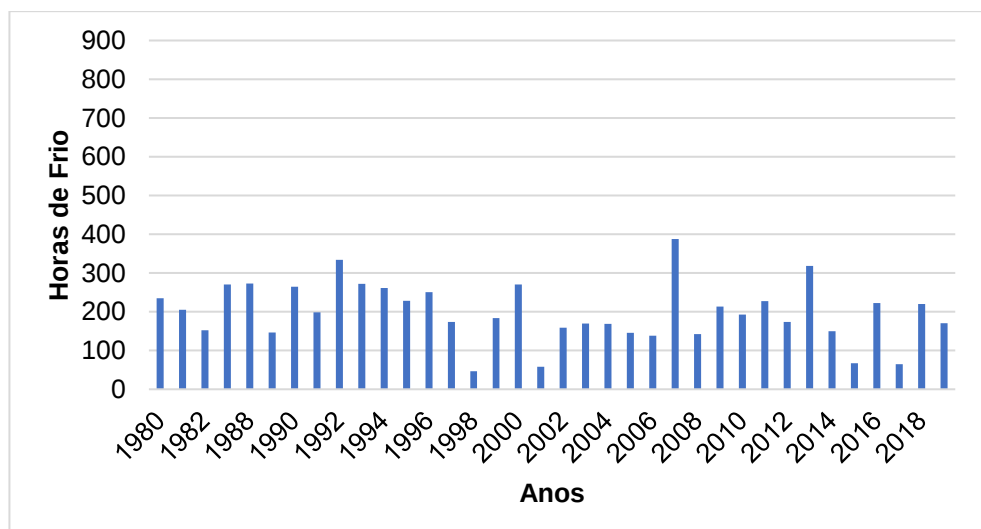


Figura 11 - Estimativas de Horas de Frio para Encruzilhada do Sul.

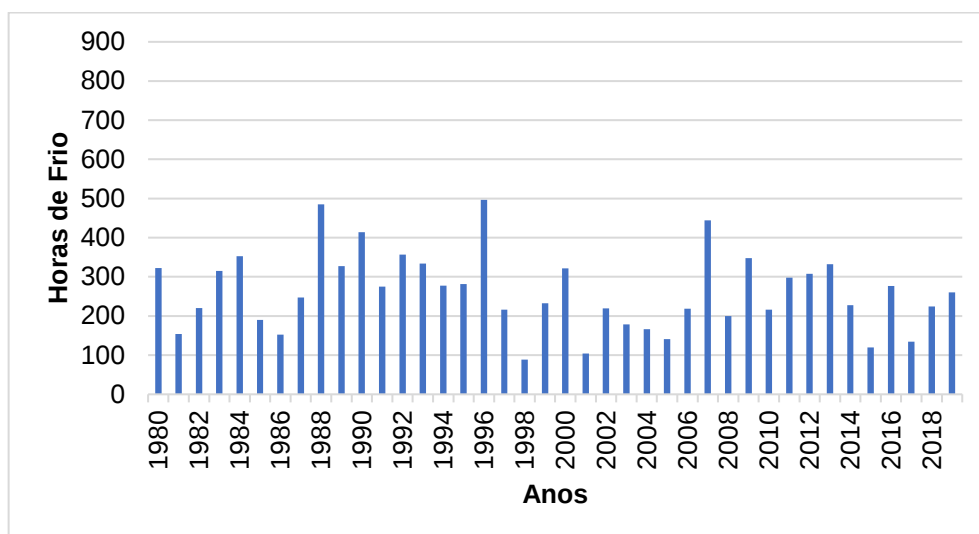


Figura 12 - Estimativas de Horas de Frio para Pelotas.

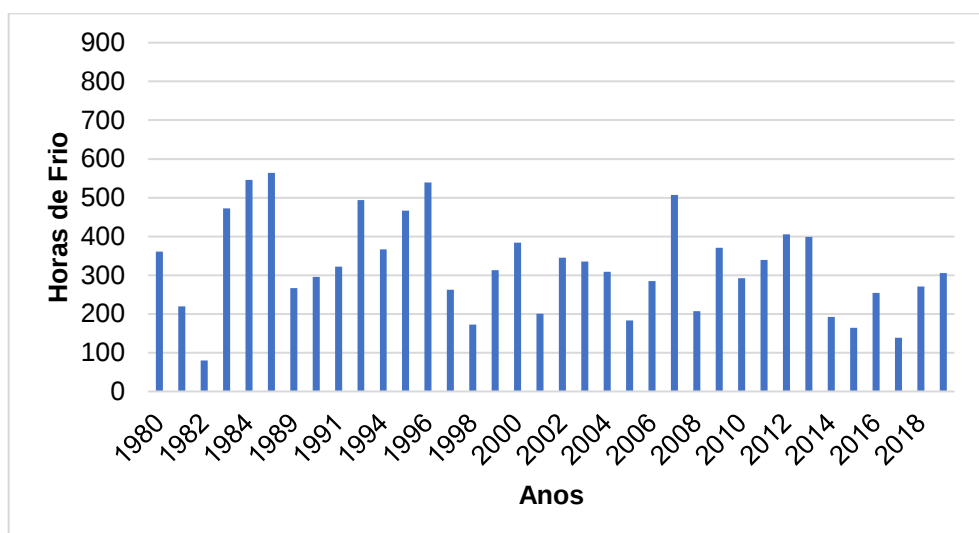


Figura 13 - Estimativas de Horas de Frio para Santa Vitória do Palmar.

Para evitar problemas no cultivo de frutíferas de clima temperado, é preciso conhecer as condições climáticas de cada região e a probabilidade de ocorrência de frio de cada local.

Na Tabela 13 estão descritas as probabilidades de ocorrência de HF para as seis localidades da região Sul do Rio Grande do Sul, na qual pode se observar que, em mais de 70 e 80% dos anos, as regiões de Bagé e Santana do Livramento, respectivamente, acumulam mais de 300 horas de frio. Essas condições permitem a implantação de cultivares que necessitam de um maior acúmulo de frio.

Nos locais com menor acúmulo em frio, como Encruzilhada do Sul, Uruguiana e Pelotas, esta condição será atendida somente em 8, 32 e 34% dos anos, respectivamente, enquanto em Santa Vitória do Palmar esta condição ocorre em, aproximadamente, 50% dos anos.

Tabela 13 - Probabilidade de ocorrência de Horas de Frio na região Sul do Rio Grande do Sul

Probabilidade de ocorrência (%)						
NHF	Bagé	Encruzilhada do Sul	Santa Vitória do Palmar	Santana do Livramento	Uruguiana	Pelotas
100	97	86	95	100	93	95
150	92	76	92	100	82	85
200	89	49	81	100	79	73
250	81	27	73	92	50	49
300	73	8	54	85	32	34
350	54	3	35	62	25	15
400 ou +	38	0	22	38	11	10

Cultivares com menor necessidade em frio com 100 horas de frio, como observado na Tabela 13, serão atendidas na maioria dos anos (de 86 a 100% dos anos). Cultivares que necessitam de 150 a 200 horas de frio são atendidos de 73 a 100% dos anos dependendo do local, com exceção de Encruzilhada do Sul, que possui baixa disponibilidade de frio.

Para amenizar os problemas de falta de frio para a quebra de dormência natural das plantas, são utilizados produtos indutores para a superação da dormência, a mais utilizada é a cianamida hidrogenada (C_2H_2) que é altamente tóxica para o homem e para a natureza. Porém com o monitoramento e observando a ocorrência anual de frio no período da dormência, é possível se ter um melhor retorno das aplicações dos produtos e um menor desperdício (ANZANELLO 2020).

Conhecer e identificar as necessidades de frio das cultivares no período de dormência auxilia os produtores e técnicos no planejamento, manejo e uso racional de produtos indutores de brotação (ANZANELLO et al., 2018).

Na Tabela 14 estão descritas o NHF médio e a probabilidade de ocorrência destas médias ao decorrer dos anos. É possível observar que as médias tendem a ocorrer de 38 a 49% dos anos, ou seja, segundo a metodologia de ordenamento decrescente estabelecido para cálculo da probabilidade, em mais da metade dos anos ocorre um acúmulo de frio abaixo da média. Esses resultados favorecem à

necessidade de uso de produtos de quebra de dormência na maioria dos anos nestas regiões para cultivares com essas médias de acúmulos de horas de frio.

Tabela 14 - Probabilidade de ocorrência dos valores médios de NHF em seis localidades da região Sul do Rio Grande do Sul.

Local	Média de NHF	Probabilidade de ocorrência (% anos)
Bagé	375,7	46
Encruzilhada do Sul	198,7	49
Santa Vitória do Palmar	323	46
Santana do Livramento	429	38
Uruguaiana	273,4	39
Pelotas	261,9	49

No estudo de Wrege et al. (2006), simulando o impacto do aquecimento global no somatório de HF, indica que, caso a temperatura mínima do ar aumentasse em 1°C, haveria considerável aumento das áreas com menor NHF e se aumentasse em 3°C não haveria áreas com mais de 350 NHF no Rio Grande do Sul. Dessa forma, áreas como Bagé e Santana do Livramento que apresentam uma média um pouco maior que 350 NHF em aproximadamente 40% dos anos, passariam a apresentar menos NHF para as frutíferas de clima temperado.

Na Tabela 15 estão descritas as estatísticas das unidades de frio, conforme as quatro metodologias (Utah, Utah Modificado, Carolina do Norte e Carolina do Norte Modificado) abordadas. Pode-se observar que em Pelotas e Uruguaiana (Tabela 15) essas metodologias resultaram em acumulação negativa de frio, ou seja, são metodologias que não são indicadas para esses dois locais, pois não auxiliam na compreensão da disponibilidade de frio local. Para as demais localidades, o modelo de Utah modificado obteve as melhores e maiores médias de acúmulo de frio, seguido pelos modelos de Utah e Carolina do Norte Modificado. O Modelo Carolina do Norte obteve os menores valores médios de acúmulo de horas de frio em todos os locais, com exceção de Santa Vitória do Palmar.

Essas diferenças de valores entre os métodos de Unidades de Frio devem-se principalmente às diferentes faixas de temperatura que resultam nas unidades de frio. Nos modelos de Utah e Carolina do Norte, e suas modificações, algumas faixas de temperatura têm peso zero, enquanto temperaturas superiores a 16 e 19°C,

respectivamente, são computadas negativamente, o que acaba resultando em menores acúmulos de unidades de frio.

Tabela 15 - Estatísticas das Unidades de Frio, definidas por quatro modelos, para seis localidades do Sul do Rio Grande do Sul

Modelos de Unidades de Frio					
Local	Estatística	Utah	Utah Modificado	Carolina do Norte	Carolina do Norte Modificado
Pelotas	Média	-79,8	4,2	-103,0	-67,5
	EP	60,7	51,4	62,4	59,7
	DP	384,1	325,4	394,6	377,3
	CV (%)	-480	7747	-383	-560
Santa Vitória do Palmar	Média	365,4	403,8	379,2	404,1
	EP	66,0	63,2	58,7	57,4
	DP	395,7	379,4	352,0	344,6
	CV (%)	108	93	92	85
Santana do Livramento	Média	327,7	354,5	230,0	247,9
	EP	107,5	101,3	108,4	98,6
	DP	372,5	351,0	375,4	341,5
	CV (%)	113	99	163	138
Bagé	Média	251,5	295,0	146,9	189,1
	EP	73,9	70,4	78,7	74,2
	DP	443,2	422,2	472,3	445,3
	CV (%)	176	143	321	235
Uruguaiana	Média	-284,8	-184,3	-455,7	-371,2
	EP	92,0	81,2	101,5	90,4
	DP	477,9	422,1	527,2	469,8
	CV (%)	-167	-229	-116	-127
Encruzilhada do Sul	Média	110,0	151,4	60,3	85,6
	EP	61,6	56,6	62,2	59,4
	DP	369,4	339,6	373,3	356,5
	CV (%)	336	224	619	416

EP= Erro Padrão; DP= Desvio Padrão e CV= Coeficiente de Variação

Estes métodos não seriam recomendáveis na metade sul do RS, devido a temperaturas amenas durante o inverno. Conforme Petri et al. (2006), os modelos de Utah e Carolina do Norte foram desenvolvidos para condições climáticas do Hemisfério Norte, que apresentam menores variações de temperatura nos períodos de outono e inverno, enquanto nas condições do sul do Brasil, no período de outono e inverno, durante o período hibernal, ocorrem grandes oscilações na temperatura.

Além disso, é possível verificar que os modelos modificados para as condições do sul do Brasil, não tiveram desempenho superior ao dos demais modelos. Esses resultados diferem dos encontrados por Ebert et al. (1986), onde os autores adaptaram os modelos de Utah e Carolina do Norte para as condições regionais de Videira, Caçador e São Joaquim, no estado de Santa Catarina, e verificaram que o uso dos modelos de unidades de frio, ao invés do tradicional monitoramento de horas abaixo de $7,2^{\circ}\text{C}$, foi vantajoso pela utilização de faixas mais amplas de temperaturas.

Como a região Sul do Rio Grande do Sul está situada em uma região de transição climática (subtropical – temperada), há muita variação entre as temperaturas diurnas e noturnas. Conforme Allan (2004) essa variação durante o período hibernar ocorre mais frequentemente em regiões com clima subtropical do que em regiões de clima temperado, onde os dias e noites não apresentam nuvens, ocorrendo maior perda de calor radiante durante a noite.

Conforme pode ser observado na Tabela 15, os quatro modelos de cálculo das Unidades de Frio apresentaram elevado erro e desvio padrão, o que limitam as suas indicações para as condições do sul do Rio Grande do Sul. As estimativas distintas de horas e unidades de frio pelos modelos também foram verificadas por Minuzzi (2018), que concluiu que a oscilação climática no período do inverno no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina acaba ocasionando desempenhos distintos nos modelos.

Na Tabela 16 estão descritas as estatísticas relação do acúmulo de horas de frio com o fenômeno ENOS. Em todos os locais, em anos com a presença do fenômeno La Niña, tem-se um maior acúmulo de horas de frio associados a maiores valores de erro padrão, desvio padrão e coeficiente de variação.

Em anos de El Niño são encontrados os menores valores médios de acúmulos de horas de frio (Tabela 16). Isso corrobora com o estudo feito por Bueno (2020), em que na fase de El Niño nos meses de outono e inverno são esperadas condições de menor amplitude térmica, com temperaturas mínimas e médias mais elevadas. Segundo o mesmo autor, na fase de La Niña ocorre o inverso, tem-se temperaturas mais baixas neste período.

Entre as fases Neutra e de El Niño não é possível identificar qual apresenta maior regularidade de acúmulo de frio nesta região, pois conforme pode ser

observado na Tabela 16 onde as estatísticas como, o erro padrão, desvio padrão e coeficiente de variação não apresentaram o mesmo desempenho entre os locais.

Guimarães e Reis (2012) analisaram as temperaturas máximas, mínimas e médias decorrentes de 265 estações convencionais do Brasil e concluíram que os eventos El Niño e La Niña possuem uma forte influência nas temperaturas nos meses de inverno. De acordo com os autores, na fase de La Niña há tendência de diminuição das temperaturas no Brasil, e na fase de El Niño, tem-se um aumento das temperaturas.

Tabela 16 – Estatísticas da disponibilidade de frio em seis localidades do Sul do Rio Grande do Sul em anos sob influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS)

Local	ENOS	Média	EP	DP	CV (%)
Bagé	LN	446,37	63,37	179,25	40,16
	EM	336,04	40,92	115,73	34,44
	N	363,24	23,66	105,81	29,13
Encruzilhada do Sul	LN	215,36	35,74	101,08	46,94
	EM	175,33	20,47	57,90	33,02
	N	201,41	16,50	73,79	36,64
Pelotas	LN	275,09	42,21	126,62	46,03
	EM	238,26	26,52	75,02	31,49
	N	264,36	21,97	100,70	38,09
Santa Vitória do Palmar	LN	347,47	47,90	135,47	38,99
	EM	290,75	43,29	122,45	42,11
	N	326,20	26,74	119,57	36,66
Santana do Livramento	LN	517,83	118,67	237,35	45,84
	EM	422,29	78,21	135,46	32,08
	N	362,96	33,84	75,67	20,85
Uruguaiana	LN	336,27	70,68	186,99	55,61
	EM	239,29	44,50	109,01	45,56
	N	256,55	24,04	89,96	35,07

EP= Erro Padrão; DP= Desvio Padrão e CV= Coeficiente de Variação

Na Figura 14 estão representadas as horas de frio anual e sua distribuição mensal em anos com a ocorrência do evento de ENOS em Bagé, esta localidade foi utilizada pela sua boa disponibilidade de dados ao longo da série histórica para efeito demonstrativo da distribuição de NHF. Pode-se observar que, no período de 1980 a 2019, os anos Neutros (Figura 14c) predominaram durante a série histórica em relação aos fenômenos de El Niño (Figura 14b) e La Niña (Figura 14a). Isto evidencia que o período selecionado há uma abrangência representativa da

distribuição de fenômenos ENOS, pois Bueno et al. (2020) averiguaram períodos de neutralidade atmosférica apresentam predominância em relação as fases de El Niño e La Niña.

É possível observar na Figura 14 que os meses que mais contribuem para o acúmulo de frio hibernal são os meses de junho e julho, ainda que o mês de agosto também apresente uma taxa de acúmulo considerável. Os resultados corroboram com aqueles obtidos por Matzenauer (2005), o qual identificou que os valores mais elevados de NHF ocorrem no período de junho a agosto, e que na maioria das localidades observadas, o mês mais frio é julho.

No mês de agosto, em anos de El Niño, em nenhum ano foi observado valores maiores de 100 NHF, ao passo que, em anos de La Niña e Neutros, houveram vários anos com valores acima de 100 NHF no mês de agosto, especialmente em anos de La Niña.

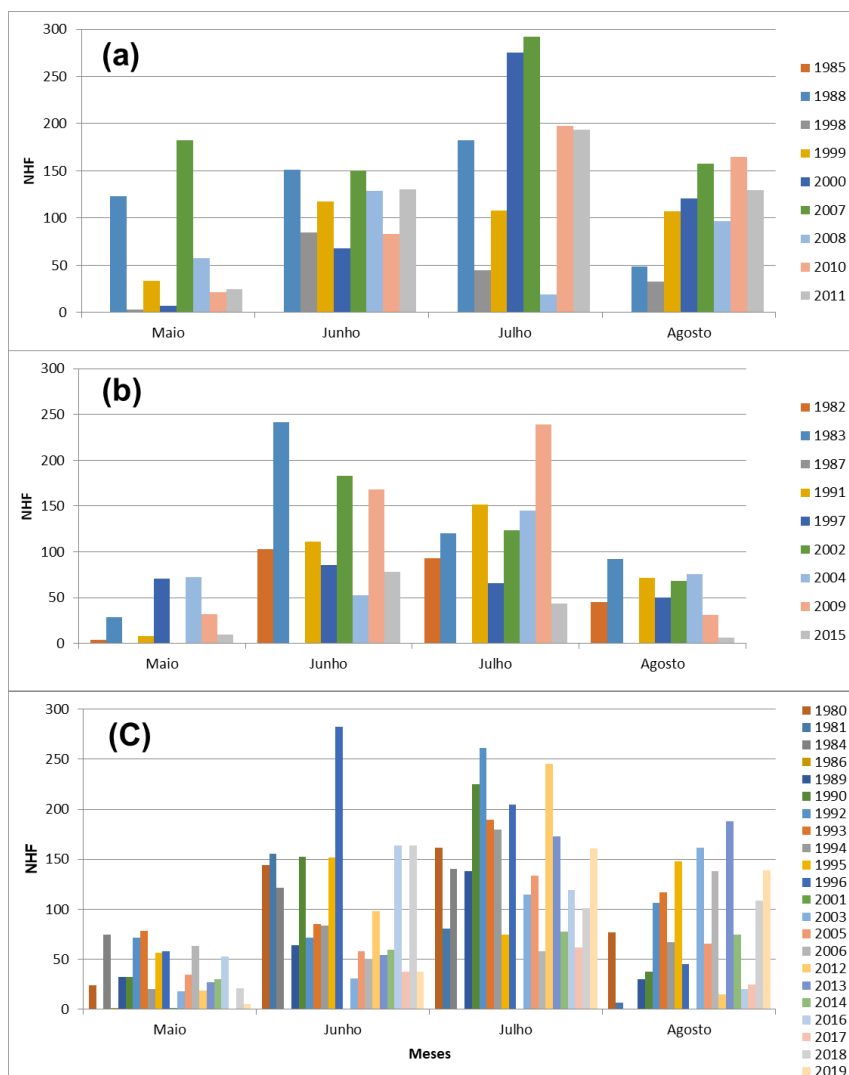


Figura 14 - Distribuição média mensal de horas de frio para Bagé em anos de La Niña (a), El Niño (b) e Neutro (c), para o período de 1980 a 2019

4.4 Conclusões

A disponibilidade média de horas de frio para os seis municípios da região Sul estudados são de 375,7, 273,4, 323, 429, 198,7 e 261,9 NHF para Bagé, Uruguaiana, Santa Vitória do Palmar, Santana do Livramento, Encruzilhada do Sul e Pelotas, respectivamente, para o período de 1980 a 2019.

A Região Sul do Rio Grande do Sul não apresenta disponibilidade de horas de frio suficiente para realizar o cultivo de espécies vegetais criófilas que necessitam de um elevado acúmulo de NHF, contudo, utilizando-se variedades e cultivares de menor requerimento em frio, há possibilidade de cultivo.

A metodologia de unidades de frio não apresentou resultados satisfatórios para a região, sendo o modelo de estimativa de horas de frio proposto por Angelocci et al. (1979) a melhor opção.

5 Considerações finais

O Brasil se destaca no cenário da fruticultura, e a fruticultura de clima temperado vem contribuindo com uma generosa parcela neste setor. Dentre os estados que se destacam na produção de frutíferas de clima temperado, o Rio Grande do Sul se mostra bastante promissor, produzindo uma grande diversidade destas frutíferas.

Pelo fato da metade Sul do Rio Grande do Sul estar situada em uma zona de transição, entre clima temperado e tropical, tem-se uma variabilidade climática bastante grande neste estado. Devido a isso faz-se necessário cada vez mais buscar a realização de pesquisas e estudos voltados a esmiuçar e procurar identificar a variação do clima nesta região.

Esta dissertação traz uma pequena contribuição nessa temática e procurou determinar a disponibilidade de frio para seis localidades da metade sul do RS, sendo essas, Bagé, Pelotas, Santa Vitória do Palmar, Santana do Livramento, Encruzilhada do Sul e Uruguaiana, a partir de metodologias que fazem uso de dados de estações meteorológicas disponíveis nestes locais.

A partir da metodologia de contagem direta em termogramas para Pelotas, que dispunha desses dados, obtendo-se um dado observado, considerado verdadeiro de fato, e após realizando a estimativa do NHF pelo método de Angelocci et al. (1979), estas metodologias foram comparadas e verificou-se que esse método de estimativa de NHF apresentou um resultado satisfatório e a partir disso essa metodologia foi replicada para as demais localidades resultando no levantamento do NHF destas regiões.

Devido a variação das temperaturas, os modelos de Unidades de Frio não apresentaram um bom desempenho, concluindo que o modelo de estimativa de NHF é o melhor modelo para verificar a disponibilidade de frio na metade Sul do RS.

Sempre se teve ao alcance uma ampla gama de informações sobre a interferência do fenômeno ENOS no regime de chuvas em todo mundo, mas em relação a interação deste fenômeno com o NHF não haviam registros e estudos. Por isso optou-se por abordar esse assunto nesta dissertação e a partir da análise dos

dados pôde-se perceber que em anos de La Niña as temperaturas durante o outono e inverno são menores o que faz ter um maior NHF nestes anos, porém há uma grande variabilidade de NHF nos anos com ocorrência desta fase fria. Já em anos com o predomínio da fase quente, El Niño, tem se um aumento das temperaturas mínimas durante o outono e inverno, o que faz com que se tenha um menor NHF nestes anos, resultando em um menor acúmulo de frio hibernar para a quebra de dormência.

Com a identificação da disponibilidade do número de horas de frio e probabilidade de ocorrência é possível realizar um melhor planejamento sobre as cultivares adaptadas a essas condições, e assim, ter um melhor controle se haverá a necessidade de aplicação de produtos indutores da quebra artificial da dormência. Definir quais espécies podem ou não ser introduzidas nessa região, bem como foi visto, cultivares muito exigentes não terão suas necessidades atendidas, cultivares com pouco e médio requerimento de frio (100 a 300NHF) são uma boa opção para a região sul do RS, pois na maioria dos anos tem sua necessidade suprida naturalmente.

Além de que em anos de El Niño com o menor acúmulo de NHF, os produtores já estarão atentos para a possível aplicação de produtos artificiais para a quebra de dormência.

De acordo com isso, estudos referentes a essas temáticas são muito relevantes, pois auxiliam na tomada de decisão e no planejamento tanto na hora de se implantar um pomar de frutíferas de clima temperado como também se é necessário ou não fazer uso da aplicação de produtos para a superação da dormência, o que muitas vezes evita gastos desnecessários e previne a saúde do produtor rural.

Referências

- ALLAN, P. Winter chilling in areas with mild winters: Its measurement and supplementation. **Acta Horticulturae**, Nauni, v. 662, p. 47-52, 2004.
- ANGELOCCI, L. R.; De CAMARGO, M. B. P.; PEDRO JUNIOR, M. J.; ORTOLANI, A. A.; ALFONSI, R. R. Estimativa do total de horas abaixo de determinada temperatura base através das medidas diárias de temperatura do ar. **Bragantia Revista Científica do Instituto Agrônomo Campinas**, v. 38, n. 4, p. 27-36, 1979.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2017. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2017. Disponível em <<http://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2017/03/>>. Acesso em agosto de 2019.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2018. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2018. Disponível em: <<http://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-da-fruticultura/>>. Acesso em agosto de 2019.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2020. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2019. Disponível em: <http://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2020/> . Acesso em novembro de 2020.
- ANZANELLO, R. **Fisiologia e modelagem da dormência de gemas em macieira**. 2012. 281f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- ANZANELLO, R.: **Especificidade de modelos para previsão da superação da dormência em frutíferas de clima temperado**. 2015 Apresentação de trabalho. Programa de Pós graduação em Fitotecnia UFRGS, Disponível em: <https://www.ufrgs.br/agronomia/materiais/userfiles/Anzanello.pdf>. Acesso em: 18 setembro de 2019.
- ANZANELLO, R.; FIALHO, F. B.; SANTOS, H. P.; TONIETIO, J.; MARODIN, G. A. B.; BERGAMASCHI, H. Superação da dormência de gemas de videira em resposta a variações térmicas no período hibernar. In: **XXI Congresso Brasileiro de Fruticultura**, 2010, Natal, RN. Anais... Natal, RN: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010.
- ANZANELLO, R.; LAMPUGNANI, C. S. Requerimento de frio de cultivares de pessegueiro e recomendação de cultivo no Rio Grande do Sul. **Revista Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.26, n.1, p. 18-28, 2020.
- BERLATO, M.A.; FONTANA, D.C. **El Niño e La Niña**: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, p.110, 2003.

BOTELHO, R.V.; MÜLLER, M.M.L. Extrato de alho como alternativa na quebra de dormência de gemas em macieiras cv. Fuji Kiku. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 037-041, 2007.

BOTELHO, R. V.; AYUB, R. A.; MÜLLER, M. M. L. Somatória de horas 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.

BRASIL. **Presidência da República**, Casa Civil. Lei número 11.326 de 24 de julho de 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11326.htm> Acesso em 11 de maio de 2020.

BRASIL. **Ministério do Desenvolvimento Agrário**: 70% dos alimentos que vão à mesa dos brasileiros são da agricultura familiar. 2017. Disponível em: <<http://www.mda.gov.br/sitemda/noticias/brasil>> Acesso em: 11/05/2020.

BUENO, J. C. M.; JADOSKI, S. O.; LIMA, V. A.; BUENO, N. M. M. Fases do Enos e características da precipitação pluvial e temperatura na região de Guarapuava, Sul do Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 5, 2020.

CARBONIERI, J.; MORAIS, H. Horas E Unidades De Frio Em Pomares De Maçã Com Diferentes Microclimas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP v. 37, n. 1, p. 01-12, 2015.

CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHI, H.; BOSCO, L. C.; DE PAULA, V. A.; NACHTIGAL, G. R. Unidades de frio para macieiras na região de vacaria – RS, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 37, n. 2, p. 289-295, 2015.

CARDOSO, L. S.; BERGAMASCHII, H.; BOSCOI, L. C.; DE PAULA, V. A.; MARODIN, G. A. B.; CASAMALI, B.; NACHTIGAL, G. R. Disponibilidades climáticas para macieira na região de Vacaria, RS. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.11, p.1960-1967, 2012.

CHAVARRIA, G. **Efeito de temperaturas de 10°C e 15°C na floração e brotação de pessegueiro avaliado através de enxerto de ramos produtivos no outono**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, 2005.

CORDEIRO, A. P. A.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; ALVES, R. C. M. Tendências climáticas das temperaturas do ar no estado do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.09, n.03 p. 868-880, 2016.

CUNHA, G. R.; PIRES, J. C. F.; DALMAGO, G. A.; SANTI, A.; PASINATO, A.; SILVA, A. A. G.; ASSAD, E. D.; ROSA, C. M. El Niño/La Niña - Oscilação Sul e seus impactos na agricultura brasileira: fatos, especulações e aplicações. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, RS, v.121, 2011.

CUNHA, G.R.; DALMAGO, G.A.; ESTEFANEL, V. ENSO influences on wheat crop in Brazil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.7, p.127-138, 1999.

DALMAGO, G. A.; GOUVÊA, J. A.; CUNHA, G. R.; BIANCHI, C. A. M.; SANTI, A. El Niño e La Niña influenciam o rendimento de grãos de canola no Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Trigo**, Passo Fundo, RS 2018.

EBERT, A.; PETRI, J.L.; BENDER, R.J.; BRAGA, H.J. First experiences with chill units models in southern Brazil. **Acta Horticulturae**, Hague. v. 184, p. 89- 96, 1986.

EMATER/RS. **Fruticultura**. Sistema de produção vegetal. 2020. Online. Disponível em: <http://www.emater.tche.br/site/area-tecnica/sistema-de-producao-vegetal/fruticultura.php>. Acessado 25 set. 2020.

ENSO: Recent evolution, current status and predictions. **National Oceanic and Atmospheric Administration**, 2019. Disponível em: <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/lanina/enso_evolution-status-fcsts-web> Acesso em: 13 ago. 2019.

EREZ, A.; LAVIE, S. The effect of climatic conditions on dormancy development of peach buds. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 96, n. 6, p. 711-714, 1971.

FACHINELLO, J. C.; PASA, M. S.; SCHMITZ, J. D.; BETEMPS, D. L. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Rev. Bras. Fruticultura** Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. 109-120, outubro 201.

FAUST, M.; EREZ, A.; ROWLAND, L. J.; WANG, S. Y.; NORMAN, H. A.. Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance, and release. **HortScience**, American Society for Horticultural Science. 1966-, v. 32, n. 4, p. 623-629, 1997.

FIALHO, F. B.; DOS SANTOS, H. P.; ANZANELLO, R. Modelo matemático para avaliação da dormência em gemas de plantas frutíferas de clima temperado Bento Gonçalves, RS. **Circular técnica**, n.151, 2020.

FIORAVANÇO, J. C. A cultura da pereira no Brasil: situação econômica e entraves para o seu crescimento. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.37, n.39, 2007.

FONTANA, D.C., BERLATO, M.A. Influência do El Niño Oscilação Sul sobre a precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.5, n.1, p.127-132. 1997.

GONÇALVES, B.H.L, **Teores de Carboidratos em Pessegueiro cultivados em clima subtropical**, Botucatu 2014, 70f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, São Paulo, 2014.

GRIMM, A.; FERRAZ, S.E.T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.11, p.2863-2880, 1998.

GUIMARÃES, J.C. **Liberação da dormência e dinâmica de carboidratos em gemas de videiras Niágara Rosada (*Vitis labrusca* L.) em região tropical**, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Tese), Campos dos Goytacazes, 86f, 2013.

HAWERROTH, F. J.; HERTER, F. G.; PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; PEREIRA, J. F. M. Dormência em frutíferas de clima temperado. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Clima Temperado**, Pelotas, p 57, 2010.

HELDWEIN, A. B. *et al.* Disponibilidade de horas de frio na região central do Rio Grande do Sul: 1 – ocorrência de valores acumulados para diferentes níveis de probabilidade. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.5, p.747-754, 2000.

INMET: Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados meteorológicos**, 2020. Disponível em: < <https://portal.inmet.gov.br/> > Acesso em: Jul. 2020.

KANE, R. P. 2001. Limited effectiveness of El Niños in causing droughts in NE Brazil and the prominent role of Atlantic parameters. **Revista Brasileira de Geofísica**, v.16, n.2, p.231-236.

LANG, G. A; EARLY, J. A.; MARTIN, G. C.; DARNELL, R. L. Endo-, para-, ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. **HortScience**, Alexandria, v.22, n.3, p. 371-377, 1987.

LAVEE, S. Dormancy and break in warm climates; consideration of growth regulator involvement. **Acta Horticulture**, Leuven, v.34, p.255-234, 1973.

LAZZAROTTO, J. J.; MONTEIRO, R.; TAFFAREL, J. C.; FIORAVANÇO, J. C. Panorama Socioeconômico e Tecnológico da Produção Familiar Gaúcha e Catarinense de Frutas de Clima Temperado. **Embrapa Uva e Vinho**, Bento Gonçalves, RS 2015.

LEITE, G. B. A origem da heterogeneidade da brotação em regiões de inverno ameno. **Revista Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v.33, n.1, p.20-23, 2020.

MARODIN, G. A. B.; FRANCISCONI, A. H. D.; GALLOIS, E. S. P. Efeito de produtos químicos na quebra de dormência e produção de Pereira (*Pyrus communis*, L.) cv. Packham's Triumph. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.1, p.155 - 160, 1992.

MATZENAUER, 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.; RADIN, B; MALUF, J. R. T. O fenômeno ENOS e o regime de chuvas no Rio Grande do Sul. **Agrometeoros**, Passo Fundo, v.25, n.2, p.323-331, 2017.

MINUZZI, R. B. Modelagem estatística para a estimativa mensal de horas e unidades de frio em regiões de planalto do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n.6, p. 474-480, 2018.

MAULIÓN, E.; VALENTINI, G. H.; KOVALEVSKI, L. PRUNELLO, M.; MONTI, L. L.; DAORDEN, M. E.; QUAGLINO, M.; DOMINGO, G.; CERVIGNI, L. Comparison of methods for estimation of chilling and heat requirements of nectarine and peach genotypes for flowering. **Scientia Horticulturae**. v.177, p. 112–117, 2014.

NOAA: Episódios de frio e calor por temporada. **Climate Prediction Center**, 2020. Disponível em: <
https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
 > Acesso em: 21 out. 2020.

PELOTAS. **Prefeitura municipal de Pelotas. No Dia da Agricultura, pêssego é lembrado com destaque**. Pelotas, 17 out. 2019. Online. Disponível em:
<http://www.pelotas.rs.gov.br/noticia/no-dia-da-agricultura-pessegueo-e-lembrado-com-destaque>. Acesso em 05 de janeiro de 2021.

PAULA, G. M.; STRECK, N. A.; ZANON, A. J.; ELTZ, F. L. F.; HELDWEIN, A. B.; FERRAZ, S. E. T. Influência do fenômeno El Niño na erosividade das chuvas na região de Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1315-1323, 2010.

PEREIRA, R. A. *et al.* **Meteorologia Agrícola**. 2007. Online. Disponível em:
http://www.esalq.usp.br/departamentos/leb/aulas/lce306/MeteorAgricola_Apostila2007.pdf. Acessado 28 set. 2020.

PERUZZO, S. N.; MARCHI, V. V.; SANTOS, H. P.; FIALHO, F. B.; SOUZA, D. A. Necessidade de horas de frio para a superação da endodormência em cultivares *Vitis labrusca* L.. In: **IV Salão de Iniciação Científica e Inovação Tecnológica, na III Semana de Educação, Ciência e Cultura do IFRS**, 2014, Bento Gonçalves-RS. Anais do IV Salão de Iniciação Científica e Inovação Tecnológica, p. 1-5. 2014.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; PÓLA, A. C. Dormência e indução da brotação da macieira. **Manual da cultura da macieira**, GED/EPAGRI: Florianópolis-SC, p.261-298. 2002.

PETRI, J. L.; PALLADINI, L. A.; SCHUCK, E.; DUCROQUET, J. P. H.; MATOS, C. S.; POLA, A. C A Cultura da Macieira. Dormência e indução da brotação de fruteiras de clima temperado. Florianópolis, **Boletim técnico**, EPAGRI. p.110, 1996.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B.; COUTO, M.; FRANCESCOTTO, P. Avanços na cultura da macieira no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal - SP, Volume Especial, E. p.048-056, 2011.

PETRI, J.L. Formação de flores, polinização e fertilização. A cultura da macieira. Florianópolis, **EPAGRI**, p.229-260, 2006.

POHLMANN, V.; LAZZARI, M. Caracterização climática da região de Cachoeira do Sul (Rio Grande do Sul) quanto à temperatura do ar **Revista Eletrônica Científica UERGS**, v.4, n5, p. 643-650, 2018.

PUTTI, L.G. **Estudo das necessidades de frio e calor para a brotação de cultivares de macieira (*Malus doméstica*, Borck.)**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas. p. 61, 2001.

RICHARDSON, E.A.; SEELEY, S.D.; WALKER, D.R. A model for estimating the completion of rest for Redhaven and Elberta peach trees. **HortScience**, v. 9, p. 331-332, 1974.

SANTOS, D. F. dos; LEITE, R. R. M.; MARTINS, F. B. Avaliação de métodos de estimativa de números de horas frio para o sul e sudoeste do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 21, p. 401-416, 2017.

SHALTOUT, A.D.; UNRATH, C.R. Rest completion prediction model for Starkrimson Delicious apples. **HortScience**, v. 108, n. 6, p. 957-961, 1983.

WAGNER JÚNIOR, A; FABIANE, K. C.; OLIVEIRA, J. S. M. A.; ZANELA, J.; CITADIN. Divergência genética em pessegueiros quanto à relação à podridão-parda e frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. especial, p. 552–557, out. 2011.

WALKER, D. R.; SEELEY, S.D. The rest mechanism in deciduous tree fruits as influenced by plant growth substances. **Acta Horticulture**, Leuven, v.34, p.235-239, 1973.

WREGE, M. S. *et al.* **Zoneamento agroclimático para pereira no Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 29, 2006.

WEINBERGER, H. Chilling requirements of peach varieties. Proceeding of the American Society for **Horticultural Science**. v. 56 p. 122-128. 1950.