



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL

CAMPUS DE CERRO LARGO

CURSO DE AGRONOMIA

ANDRESSA JANAÍNA PUHL

ESTIMATIVAS HORÁRIAS DE TEMPERATURA DO AR EM PASSO FUNDO – RS

CERRO LARGO

2016

ANDRESSA JANAÍNA PUHL

ESTIMATIVAS HORÁRIAS DE TEMPERATURA DO AR EM PASSO FUNDO – RS

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia com ênfase em Agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul

Orientador Prof. Dr. Sidinei Zwick Radons

CERRO LARGO

2016

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Puhl, Andressa Janaína
Estimativas horárias de temperatura do ar em Passo
Fundo - RS/ Andressa Janaína Puhl. -- 2016.
38 f.:il.

Orientador: Sidinei Zwick Radons.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
agronomia , Cerro Largo, RS, 2016.

1. Modelos matemáticos. 2. Estações meteorológicas.
3. Equações senoidais. I. Radons, Sidinei Zwick, orient.
II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

ANDRESSA JANAÍNA PUHL

**ESTIMATIVAS HORÁRIAS DE TEMPERATURA DO AR EM PASSO FUNDO
- RS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para a obtenção de grau de Bacharel em Agronomia com ênfase em Agroecologia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

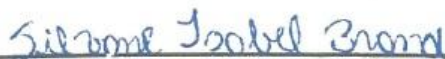
Orientador: Prof. Dr. Sidinei ZwickRadons

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:
25/11/2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Sidinei ZwickRadons - UFFS



Eng.ª Agrª Silvane Isabel Brand



Prof. Dr. Tiago Silveira Ferrera - UFFS

AGRADECIMENTOS

Agradeço á minha família pela paciência e compreensão em todos os momentos que me fiz ausente e por todo apoio ao longo desta caminhada. Agradeço ao meu orientador Sidinei Zwick Radons pela orientação, por transmitir seus conhecimentos e por fazer deste trabalho uma experiência positiva para mim. Agradeço a Banca Examinadora, pela leitura, atenção e contribuições muito importantes para minha vida acadêmica. Agradeço também, a instituição UFFS pelas oportunidades e conhecimentos adquiridos para minha vida pessoal e formação acadêmica e a todos as amizades que junto dela se construíram.

RESUMO

Os elementos meteorológicos constituem parâmetros determinantes na agricultura, sendo a temperatura do ar um dos principais elementos intimamente ligados às atividades agrícolas. Os elementos meteorológicos tendem a seguir um padrão de variação temporal diária e estes por sua vez são medidos por estações meteorológicas que podem ser convencionais ou automáticas. As estações meteorológicas diferem na forma de coleta (horários de leitura distintos), armazenamento e disponibilidade de dados. As estações meteorológicas convencionais realizam as leituras diárias em três horários convencionados nas (00 h, 12 h e 18 h UTC), proporcionando uma descrição menos exata da variação temporal diária dos elementos meteorológicos, uma vez que eles oscilam continuamente e podem resultar em erros de leitura e registro e em muito locais do país não se tem ainda a disponibilidade de dados advindos de estações meteorológicas automáticas que disponibilizam os dados meteorológicos nas 24 horas do dia. O trabalho tem, portanto, como objetivo verificar a partir de equações analíticas e semi-analíticas o comportamento da curva diária de variação da temperatura do ar em Passo Fundo, e obter modelos que expliquem a sua variação. Os dados foram obtidos da Estação Meteorológica Automática de Passo Fundo que foi transformado em um banco de dados horários estimados de temperatura do ar. Foram ajustados modelos analíticos da temperatura nos diferentes horários do dia, ou seja, nos pontos conhecidos da curva diária de variação temporal referente aos horários convencionados e feitas interpolações simples e adequações para equações senoidais desses valores. Para cada horário, a estimativa dos elementos meteorológicos se deu pelo modelo que apresentou o menor valor do desvio médio. Os modelos, portanto, descrevem bem a variação temporal dos elementos meteorológicos analisados (temperatura do ar), partindo de seus valores pontuais obtidos nas leituras dos horários convencionados, sendo a função senoidal a que apresentou em 11 de 21 horários a menor raiz do quadrado médio do erro (RQME) e os menores desvios médios. Nos horários da madrugada e nos momentos após os crepúsculos, quando ocorrem as mudanças de temperatura do ar mais acentuadas, a interpolação simples dos valores desempenhou melhor função comparada à função senoidal.

Palavras-chave: Modelos matemáticos. Estação meteorológica. Equações senoidais.

ABSTRACT

The meteorological elements are decisive parameters determinants in agriculture, being the air temperature, one of the main elements closely linked to agricultural activities. The meteorological elements tend to follow a pattern of daily temporal variation and these in turn are measured by meteorological stations that can be conventional or automatic. Weather stations differ in the form of collection (distinct reading times), storage and availability of data. The conventional weather stations perform daily readings at three time schedules standardized at (00AM, 12AM and 18AM UTC), providing less accurate description of the daily time variation of the meteorological elements, once that they oscillate continuously, and it can result in reading and registry errors. And on many places in the country, the availability of data from automatic meteorological stations that provide the meteorological data 24 hours per day is not yet available. Therefore, the aim of this work is check the behavior of the daily curve of air temperature variation in Passo Fundo, from analytical and semi-analytical equations and get models that explain the variation. The data were obtained from the Meteorological Station of Passo Fundo who was transformed into a bank of hourly data estimated from temperature. Were adjusted analytical models of temperature in different times of the day, i.e., in the known points of the curve of temporal variation relative to agreed schedules and it was made simple interpolation and adaptations for sinusoidal equations of these values. For each schedule, an estimate of the meteorological elements was given by the model that presented the lowest value of the mean deviation. Therefore, the models describes well the temporal variation of the analyzed meteorological elements (air temperature), starting from their punctual values obtained in the readings of the agreed times, being the sinusoidal function that submitted on 11 of 21 schedules the smallest mean square root of the error (RMSE) and lower average deviation. In the dawn schedules and after the twilight moments, when there were the more accentuated changes in the air temperature, the simple interpolation of the values performed the better function compared to the sinusoidal function.

Keywords: Mathematical models. Weather station. Sine-equations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Normais climatológicas de Temperatura média, máxima e mínima do ar para os meses em Passo Fundo/RS, referentes ao período de 1961 a 1990.	21
Figura 2 - Frequência relativa de ocorrência da temperatura mínima do ar em diferentes horários do dia nos meses do primeiro semestre do ano em Passo Fundo/RS, no período de junho de 2010 a setembro de 2015.	26
Figura 3 - Frequência relativa de ocorrência da temperatura mínima do ar em diferentes horários do dia nos meses do segundo semestre do ano em Passo Fundo/RS, no período de junho de 2010 a setembro de 2015.	27
Figura 4 - Frequência relativa de ocorrência da temperatura máxima do ar em diferentes horários do dia nos meses do primeiro semestre do ano em Passo Fundo/RS, no período de junho de 2010 a setembro de 2015.	28
Figura 5 - Frequência relativa de ocorrência da temperatura máxima do ar em diferentes horários do dia nos meses do segundo semestre do ano em Passo Fundo/RS, no período de junho de 2010 a setembro de 2015.	29
Figura 6 - Desvio médio e desvio padrão das estimativas de temperatura do ar (°C) em relação aos valores medidos em estação automática, em diferentes horários do dia, tendo como base os valores horários convencionados de medida (00 h, 12 h e 18 h UTC) e a temperatura mínima do ar, no período de junho de 2010 a setembro de 2015.	32
Figura 7 – Frequência de ocorrência dos desvios em diferentes magnitudes nas estimativas de temperatura do ar em relação aos valores medidos na estação meteorológica automática de Passo Fundo – RS, com base nos valores dos horários convencionados de medida (00 h, 12 h e 18 h UTC) e na temperatura mínima diária do ar, no período de junho de 2010 a agosto de 2015.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentuais mensais e anuais e número de dias sem falhas de dados na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada em Passo Fundo – RS, num período de junho de 2010 a setembro de 2015.	24
Tabela 2 - Funções utilizadas para a estimativa da temperatura do ar (°C) em diferentes horários do dia e seus respectivos valores de raiz do quadrado médio do erro (RQME).	31

LISTA DE ABREVIATURAS

$T(t)$ - Temperatura estimada no horário t

$T_{\text{mín}}(n+1)$ - Temperatura mínima do ar no dia subsequente

$T_{\text{máx.}}$ - Temperatura máxima

$T_{\text{mín.}}$ - Temperatura mínima

LISTA DE SIGLAS

Cfa	Clima subtropical úmido com verão quente
EMA	Estação Meteorológica Automática
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
RQME	Raiz do Quadrado Médio do Erro
UTC	Universal Time Coordinated

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS	14
2.2	TEMPERATURA DO AR.....	16
2.2.1	Temperatura do ar e os cultivos	17
2.3	DOENÇAS	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	MODELAGEM DA VARIAÇÃO TEMPORAL DIÁRIA DA TEMPERATURA DO AR	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	ANÁLISE QUANTITATIVA DOS DADOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA – INMET.....	24
4.2	TEMPERATURA DO AR.....	25
4.2.1	Horário de ocorrência das temperaturas extremas diárias do ar	25
4.3	FUNÇÕES PARA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO AR.....	29
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

A produção agrícola é uma atividade dependente das condições meteorológicas. Os fatores meteorológicos podem afetar as atividades metabólicas das plantas, interferindo na produção vegetal (SENTELHAS; MONTEIRO, 2009). As variáveis agroclimáticas que podem influenciar os cultivos de forma direta ou indireta são a temperatura do ar, precipitação, radiação solar, umidade relativa do ar, fotoperíodo e velocidade do vento. A temperatura do ar é a variável do clima que mais influencia o crescimento e desenvolvimentos das culturas (HOOGENBOOM, 2000). Sendo estes fatores, segundo Paz et al. (2009) que influenciam também na tomada de decisão e adoção de práticas agrícolas mais adequadas as condições verificadas.

As variáveis meteorológicas além de influenciar o crescimento e desenvolvimento dos cultivos, podem afetar também as plantas pela ocorrência de doenças. Dentre as principais variáveis climáticas que podem influenciar a ocorrência de doenças estão a temperatura e a umidade relativa do ar. É possível a partir de modelos de previsão de doenças, avaliar estas variáveis de grande importância a fim de prevenir epidemias (SENTELHAS, 2004).

Portanto, se tem estudos que visam o atendimento das necessidades agrícolas encontradas pelos produtores na ocorrência desses fenômenos climáticos que podem comprometer a produtividade dos cultivos. As Estações Meteorológicas possibilitam a realização desses estudos por meio da disponibilidade de uma série de dados meteorológicos diários. Assim, as Estações Meteorológicas podem ser Automáticas ou Convencionais.

As primeiras disponibilizam os dados a partir de registros que são realizados de forma automática contínua, já as segundas, realizam as observações dos elementos meteorológicos em quatro horários convencionados, das 00 h, 06 h, 12 h e das 18 h do horário de Greenwich (UTC – Universal Time Coordinated) (WMO, 2008), que correspondem respectivamente às 21 h, 03 h, 09 h e 15 h do horário oficial de Brasília, devido o fuso horário da Capital (UTC – 3h), não se tendo na maioria dos casos o registro da leitura das 06 h UTC, pois necessita-se ainda o manuseio de um profissional treinado, capaz de verificar e registrar os dados de uma série das variáveis meteorológicas.

Os avanços tecnológicos vêm permitindo um monitoramento climático de maior precisão a partir do uso dos dados das Estações Meteorológicas Automáticas. O uso de sensores permite uma melhor resolução e exatidão dos dados, portanto a realização de estudos

agroclimáticos é facilitada, pois o acesso aos dados é praticamente em tempo real, possibilitando uma rápida tomada de decisões em relação à aplicação de fungicidas, defensivos agrícolas, previsão de geadas, ocorrência de pragas e doenças, manejo da irrigação, realização do zoneamento agrícola, além de outras utilizações (SOUZA; GALVANI; ASSUNÇÃO, 2003).

Porém, nem sempre os dados das Estações Meteorológicas Automáticas contemplam uma série completa, ou seja, ocorrem falhas no sistema. Estas falhas derivam de problemas físicos, como interferências de sinal, desconexão de cabos entre outros, levando a uma série de dados vagos (STRASSBURGER et al., 2011). Assim é necessário fazer a utilização dos dados advindos das Estações Meteorológicas Convencionais, que não trazem tanta confiabilidade devido às leituras serem efetuadas basicamente em três horários e não abrangem de forma igual a gama de fenômenos avaliados pelas Estações Meteorológicas Automáticas.

Portanto, devido os horários de medida nas estações meteorológicas convencionais proporcionar uma descrição menos exata da variação temporal diária dos elementos meteorológicos, visto que esses elementos oscilam continuamente. Também ocorre que em muito locais do país não se tem ainda a disponibilidade de dados advindos de estações meteorológicas automáticas, apenas das convencionais e nestas não se tem à certeza quanto aos horários de ocorrência das temperaturas extremas diárias do ar. Assim, este trabalho tem como objetivo verificar a partir de equações analíticas e semi-analíticas o comportamento da curva diária de variação de temperatura do ar em Passo Fundo, e obter modelos que expliquem a sua variação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS

As atividades agrícolas tem o embasamento na produção e rendimento das culturas. Assim a adoção de técnicas podem auxiliar os produtores fornecendo assistência nas atividades realizadas, alcançando-se melhores rendimentos. É necessário um planejamento das práticas agrícolas a serem adotadas, a partir da união dos sistemas agrícolas com a oscilação dos elementos meteorológicos, levando em conta as considerações meteorológicas transcorridas e as instantâneas (HELDWEIN, 2006).

O INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) órgão do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, tem como intuito disponibilizar informações meteorológicas para a sociedade brasileira, para contribuir no avanço sustentável do país. O instituto promove o monitoramento, análise, previsão do tempo e clima que se fundamentarão em pesquisa aplicada e trabalhos diversos de resultados confiáveis e práticos (INMET, 2016).

Os dados meteorológicos podem ser obtidos a partir de registros contínuos, ou leituras feitas diretamente dos instrumentos meteorológicos, existindo assim, dois tipos de Estações Meteorológicas, as Convencionais e as Automáticas.

Galina e Verona (2004) colocam que as Estações Meteorológicas Convencionais operam com profissionais treinados, pois uma série de dados é obtida através da observação direta do tempo, como por exemplo, (altura e tipo de nuvens, visibilidade, etc), assim sendo, as convencionais exigem a presença diária de um observador. Os mesmos autores dividem os dados meteorológicos em classes distintas, de acordo com o número de elementos observados, sendo da primeira classe às medidas de todos os elementos do clima, nas de segunda classe, estão as que não realizam as medidas de pressão atmosférica, radiação solar e vento, já nas de terceira classe, estão a temperatura máxima, a mínima e a chuva.

Os dados obtidos das Estações Meteorológicas Convencionais são convencionados, ou seja, as observações dos elementos meteorológicos devem ser efetuadas as 00 h, 06 h, 12 h e as 18 h do horário de Greenwich (UTC – Universal Time Coordinated) (WMO, 2008), condizendo respectivamente às 21 h, 03 h, 09 h e 15 h do horário oficial de Brasília, devido o fuso horário da Capital (UTC – 3h). Na maioria dos casos, ocorre que a leitura das 03 h não é

efetuada, devido o custo de manter profissionais atuantes e dificuldade de assegurar o serviço em larga escala (RADONS, 2012). Além das leituras nos três horários convencionados, também são realizadas leituras da temperatura mínima e máxima do ar. A temperatura mínima do ar é lida no horário das 12 h UTC e refeita para a confirmação às 00 h UTC do dia seguinte, sendo que esta ocorre normalmente durante o período da noite ou amanhecer, já a temperatura máxima do ar é lida nas 00 h UTC do dia seguinte, ocorrendo normalmente durante o período da tarde (HELDWEIN et al., 1989).

Já as Estações Meteorológicas Automáticas tem a obtenção dos dados meteorológicos automatizados a partir de sensores que emitem sinais elétricos, que por sua vez são captados e armazenados, tendo-se o registro contínuo de todos os elementos e uma série de dados mais característicos, permitindo a programação do controle de dados que os usuários desejarem (GALINA; VERONA, 2004).

Portanto as Estações Meteorológicas Automáticas proporcionam maior eficiência, confiabilidade, facilidade de aquisição e uniformização dos dados, porém, os dados nem sempre estão disponíveis, pois podem ocorrer, por exemplo, danos físicos, como interferências no sinal, desconexão dos cabos, entre outros (STRASSBURGER et al., 2011). Assim é necessário o uso dos dados meteorológicos advindos das Estações Meteorológicas Convencionais que são menos representáveis. Neste caso se faz necessário à homogeneização da série de dados com a nova série, transferindo segurança da Estação Meteorológica Automática para a Convencional, de maneira que as duas séries obtidas possam ser consideradas uma série única, uma vez que o número de amostragem entre elas é distinto (SENTELHAS et al., 1997).

Os elementos meteorológicos variam de forma constante, dependendo do fluxo de ar próximo ao termômetro a oscilação pode ocorrer em questão de segundos, resultando em diferenças na temperatura do ar (WMO, 2008). Assim, no caso das Estações Meteorológicas Convencionais, não se tem certeza dos horários que ocorrem as temperaturas máximas e mínimas, já que as leituras dos dados são efetuadas em apenas três horários convencionados e estes podem muitas vezes ser resultantes de erros humanos de interpretação e digitação.

Em um estudo de previsão da requeima da batata em Santa Maria - RS realizado por Radons (2012), foram encontradas diferenças de temperatura do ar em dois horários distintos, uma tendência de superestimativa dos valores da Estação Meteorológica Automática para a Estação Meteorológica Convencional de Santa Maria, sendo visualizado às 00 h UTC e às 12 h UTC, desvios médios de 0,56 °C e 1,12 °C respectivamente, e às 18 h UTC, subestimativa, com desvio médio de -0,84 °C. A diferença de temperatura do ar constatada se da justamente

pelo horário distinto que são realizadas as leituras nas estações meteorológicas, já que as estações automáticas revelam os valores nos horários exatos, e as estações convencionais tem a leitura feita antes do horário convencionado para realizar a transmissão desses dados ao distrito de meteorologia até o horário requerido, sendo, neste período que a temperatura do ar pode variar, ocasionando os respectivos desvios.

Radons (2012) coloca também que os termômetros de álcool e mercúrio das estações meteorológicas convencionais, necessitam de um tempo diferente de resposta em relação aos sensores eletrônicos das estações meteorológicas automáticas, ocasionando superestimativas ou subestimativas de acordo com as variações da temperatura do ar.

2.2 TEMPERATURA DO AR

Na agricultura, principalmente nos períodos de safra, muitas vezes, os produtores encontram-se encurralados a tomar uma série de decisões que podem resultar em riscos. Estas decisões precisam ser tomadas rapidamente e estão diretamente ligadas às variáveis climáticas determinantes. Paz et al. (2009), relatam que entre os principais fatores que influenciam as práticas de manejo na agricultura estão as variáveis climáticas, como por exemplo, temperaturas extremas, umidade relativa do ar, velocidade do vento, precipitação, fotoperíodo e radiação solar.

A temperatura do ar é controlada principalmente pela radiação solar incidente (CASTILLO; SENTIS, 2001). Os resfriamentos e aquecimentos do ar ocorrem pela mudança da radiação solar sobre a superfície terrestre, que podem ser diretamente sobre o solo ou sobre a vegetação, se tendo trocas de calor do ar com a superfície por condução e convecção, resultando nos movimentos de ar, ou seja, nos ventos (PILLAR, 1995). O que ocorre é que “durante o dia a temperatura se eleva rapidamente e segue subindo até uma a três horas depois que o sol alcança a altura máxima, sendo a radiação incidente maior que a emitida, á noite ela cai continuamente, registrando-se a mínima, geralmente ao nascer do sol.” (CASTILLO; SENTIS, 2001).

O conhecimento das variações diárias de temperatura do ar é importante para melhorar a precisão do cálculo das temperaturas médias diárias do ar e determinar o crescimento e desenvolvimento das culturas. “Esses processos podem ser estimados através da soma térmica, horas de frio e unidades de dormência, tempo de temperaturas letais, tempo de molhamento foliar, valores estimados de severidade de doenças” (LUCAS et al., 2011).

2.2.1 Temperatura do ar e os cultivos

A determinação das horas de frio é efetuada para verificar a viabilidade de cultivo das espécies em uma determinada região, pois algumas espécies vegetais são mais exigentes em termos de acúmulo de horas de frios. Um exemplo são as frutíferas de clima temperado, que necessitam de certa quantidade de frio durante o período hibernar para ocorrer a quebra da dormência (POLA; ANGELOCCI, 1993). Assim com o uso dos dados das estações meteorológicas existe a possibilidade de introduzir novas espécies vegetais em determinada região (ALVARENGA et al., (2002).

Para determinar as horas de frio, existem diferentes metodologias (POLA; ANGELOCCI, 1993), porém nem todos os modelos consideram as condições particulares de ocorrência da temperatura do ar nos diferentes tipos de dias (POLA, ANGELOCCI, 1993). Já modelos analíticos ou semi-analíticos são mais adequados, pois permitem a obtenção dos valores de temperatura em todos os horários por meio das estimativas (HELDWEIN et al., 1989).

Castillo e Sentis (2001), também abordam que a temperatura do ar, precipitação, radiação solar, umidade do ar, vento e evapotranspiração têm sido usados no estudo de eventos fenológicos, mas se tratando da temperatura, os dados mais utilizados são as temperaturas médias e acumuladas, ou qualquer medida que indique a temperatura verdadeira do ar ou do solo que se encontra o cultivo estudado. Existe, a partir desses parâmetros, uma gama de equações na literatura que procuram expressar a relação entre temperatura média anual e a ocorrência das fases fenológicas.

Taiz e Zeiger (2006) observam que a maior parte dos tecidos das plantas superiores não é capaz de sobreviver em exposição a temperaturas acima de 45 °C, apenas sementes e pólen podem suportar temperaturas mais elevadas, pois são células que estão em crescimento ou estão desidratadas. Altas temperaturas do ar estão diretamente relacionadas com fatores fisiológicos das plantas, uma vez que podem inibir a fotossíntese e a respiração celular (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Baixas temperaturas, por sua vez, estão relacionadas com a ocorrência de geadas, pois, segundo Bísaro (2007) a temperatura quando atinge valores abaixo de zero, leva ao congelamento dos tecidos vegetais, pois na existência de certa quantidade de umidade do ar, ocorre a condensação desta, tendo-se a formação de orvalho na superfície das folhas que

congelará com a posterior queda da temperatura. Esta geada é conhecida como geada branca. Ocorre também, quando a umidade do ar está baixa e não se tem a condensação, porém com a temperatura atingindo valores á baixo de zero, ocorre o rompimento das membranas das células e a morte do vegetal, esta é por sua vez, conhecida como geada negra.

A temperatura do ar também está diretamente ligada a evapotranspiração, “que é o processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e por transpiração das plantas, dependendo das condições da vegetação, do tamanho da área vegetada, e do suprimento de água pelo solo” (PEREIRA; ANGELOCCI; SENTELHAS, 2007).

Os estômatos constituem o principal regulador da transpiração nas plantas. Em condições de aumento da temperatura do ar se tem o fechamento estomático, pois se tem uma respiração maior que a fotossíntese que eleva a concentração de CO² (PIMENTA, 2004). Assim, “a transpiração é importante na planta, pois é ela que mantém a turgidez, promove a refrigeração da folha e promove o transporte dos nutrientes para o ápice da mesma” (BÍSCARO, 2007).

Como a temperatura do ar, a umidade relativa do ar é outra variável que influencia no crescimento e desenvolvimento vegetal. Segundo Sentelhas e Monteiro (2009) ela também é uma condicionante para a transpiração, pois afeta a intensidade de evaporação do ar. Podem-se observar problemas de ordem fisiológica, quando, por exemplo, a planta tiver que respirar muito devido à umidade relativa do ar estar muito baixa, além disso, sabe-se que na ocorrência do inverso, ou seja, da umidade relativa do ar e tempo de molhamento foliar ser muito alta, se ter o favorecimento populacional de microrganismos, especificamente de fungos e bactérias causadores de doenças.

“Existem vários modelos que relacionam o grau de desenvolvimento das culturas com a temperatura do ar, e um dos mais utilizados é o de graus dias” (BRUNINI et al., 1976). Uma espécie vegetal necessita de certa quantidade de energia para completar suas fases fenológicas bem como seu ciclo por completo, este acúmulo de energia é representado pela soma de graus térmicos que estão acima de uma temperatura base, sendo para cada espécie vegetal determinada uma temperatura base que pode ou não variar de acordo com o ciclo da mesma (CAMARGO; BRUNINI; MIRANDA, 1987). Assim, as medidas são baseadas em graus dias para a obtenção da velocidade de crescimento e desenvolvimento dos vegetais, uma vez que estas variáveis modificam-se de acordo com a temperatura (McMASTER; SMIKA, 1988).

O uso de modelos, portanto, que simulam o crescimento e desenvolvimento vegetal tem com base a temperatura do ar, permitindo a programação de atividades agrícolas e um

planejamento de sistemas, como por exemplo, manejo do solo nas áreas de cultivo e rotação de cultura nessas áreas.

2.3 DOENÇAS

A temperatura do ar, também esta relacionada com a ocorrência de doenças, ela controla a velocidade em que o patógeno e o hospedeiro se desenvolvem (TRENTIN, 2006). É preciso condições favoráveis de temperatura e umidade relativa do ar, pois a sobrevivência da maioria dos fungos fitopatogênicos depende destas condições, ou da presença de água no meio ambiente. Um micélio (estrutura do patógeno capaz de causar uma infecção) sobrevive somente em certa faixa de temperatura entre (-5 e 45 °C) (MICHHEREFF, 2001).

O progresso da doença vai ocorrer pela variação dos elementos meteorológicos ao longo do dia (AGRIOS, 2004). É importante, desta forma, conhecer esses elementos meteorológicos e a sua variação temporal, para desta forma recorrer a programas de análise de riscos de ocorrência de doenças, disponibilizando serviços de alerta, uma alternativa que pode auxiliar na tomada de decisões para a aplicação de fungicidas. Nestes sistemas se tem a identificação das condições favoráveis para o desenvolvimento de certa doença em determinada cultura e a indicação precisa do momento certo a realizar as aplicações de fungicidas (TRENTIN, 2006).

Radons (2012) observa de forma positiva a utilização de dados provenientes das Estações Meteorológicas Automáticas, por proporcionarem melhores estimativas de valores referentes ao molhamento foliar ou tempo em que umidade relativa do ar pode permanecer a certo valor para o uso em sistemas de previsão de doenças em locais desprovidos de Estações Meteorológicas Automáticas. Porém, justifica também a importância da manutenção dos dados provenientes das Estações Meteorológicas Convencionais para auxiliar casos que ocorrem falhas, devido a recorrentes panes e dificuldades de prestação de serviços.

Reis (2010) coloca que noites com temperaturas amenas, entre 16 a 20 °C e dias não muito quentes, de 20 a 27 °C serem as ideais para o desenvolvimento da requeima da batata, que tem como agente causal o fungo (*Phytophthora infestans*). A umidade relativa do ar também consiste segundo o autor, um fator condicionante para a infecção e esporulação deste patógeno, sendo os esporângios (estruturas onde são gerados os esporos dos fungos), produzidos sob condições de umidade relativa de 91 a 100%. Se essas condições perdurarem por alguns dias, é possível a ocorrência de perdas significativas de rendimento da cultura.

Um estudo de previsão da requeima na região andina, feito por Garcia et al. (2008), com base na temperatura diária das máximas e mínimas e os limites diários de precipitação para o cálculo de risco climático para a ocorrência da doença na cultura da batata. Este sistema de previsão demonstrou a importância do seu uso devido a quantificação mais exata do número de aplicações de fungicidas necessários a se fazer, trazendo benefícios aos produtores daquela região, uma vez que se tem redução dos custos e uso mais consciente de fungicidas.

Finholdt (2012) desenvolveu uma estação automática de alerta de doenças para a requeima nas culturas da batata e do tomate, que possibilitou a tomada de decisões para os momentos necessários de aplicações de fungicidas, pela quantificação dos valores de severidade, reduzindo-se em até 20% o número de aplicações em ambas às culturas. Isto foi possível, pela medição do molhamento foliar, temperatura e umidade relativa do ar.

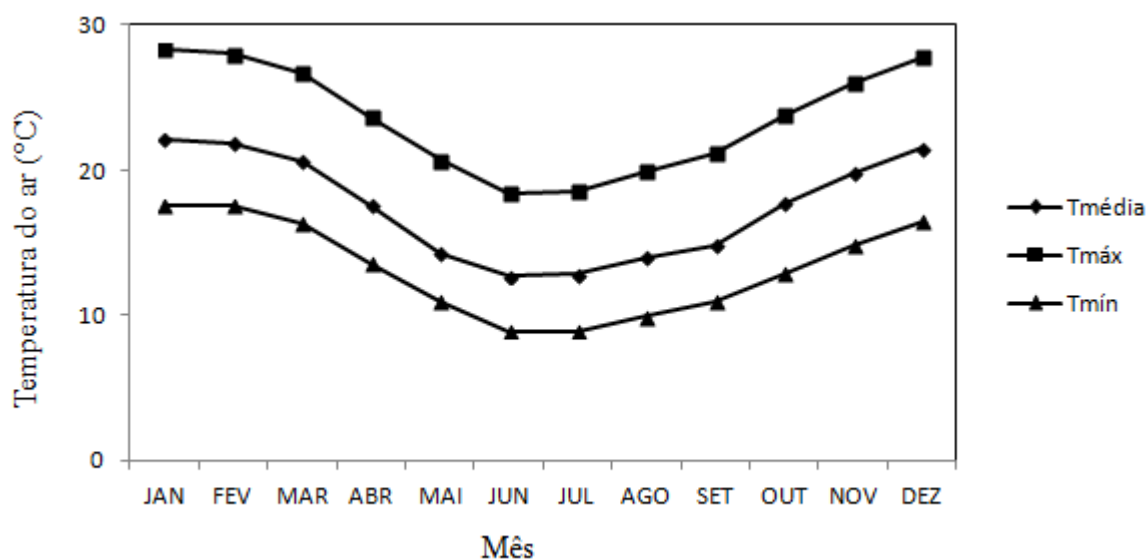
Os sistemas de alerta agrometeorológico ainda enfrentam alguns desafios, é preciso que em primeiro lugar o agricultor se convença que o uso desse sistema lhe trará benefícios de ordem financeira principalmente, para que depois ele aceite o treinamento de leitura e interpretação correta do sistema. Quando eventualmente um produtor possui uma estação meteorológica na propriedade, o sistema de alerta em alguns casos específicos precisa ser programado na própria estação, podendo ser necessário alguns ajustes de fenologia e fenometria das plantas, sendo necessária assistência técnica contínua ao produtor, ou qualificação do mesmo para operar (HELDWEIN, 2006).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados climáticos foram obtidos da Estação Meteorológica Automática (EMA) de Passo Fundo pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), de latitude: $-28^{\circ} 22' 68''$ e longitude: $-52^{\circ} 40' 35''$ a uma altitude de 681 metros.

Foram utilizados dados horários de temperatura do ar e temperatura mínima, obtidos da EMA com as 24 observações do dia, de junho de 2010 á agosto de 2015, sendo que o ano de 2014 não se teve o registro. O clima da região segundo a classificação de Köppen é Cfa, subtropical úmido com verão quente (MORENO, 1961). As médias mensais de temperatura do ar com base nas normais climatológicas de 1961 a 1990 variaram de $12,7^{\circ}\text{C}$ no mês de julho para $21,9^{\circ}\text{C}$ no mês de fevereiro (Figura 1). A média da temperatura mínima variou de $8,9^{\circ}\text{C}$ nos meses de junho e julho a $17,5^{\circ}\text{C}$ nos meses de janeiro e fevereiro. Já a média da temperatura máxima variou de $18,4^{\circ}\text{C}$ nos meses de junho e julho a $28,3^{\circ}\text{C}$ nos meses de janeiro.

Figura 1- Normais climatológicas de Temperatura média, máxima e mínima do ar para os meses em Passo Fundo/RS, referentes ao período de 1961 a 1990.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Totalizaram-se 1.448 dias num total de cinco anos avaliados. Apurou-se o aproveitamento dos dados obtidos da EMA-INMET, bem como a quantidade de dados utilizadas para a modelagem da variação temporal diária da temperatura do ar que se deu pela exclusão das datas que continham inconsistência de dados.

3.1 MODELAGEM DA VARIAÇÃO TEMPORAL DIÁRIA DA TEMPERATURA DO AR

Na busca para a geração de modelos teste a partir dos dados baixados, convencionados nas 00 h, 12h e 18h e também na temperatura mínima diária, se fez o uso de funções que se ajustem a certos padrões de variação diária dos elementos meteorológicos.

Foi efetuado o uso de modelos de equações analíticas ou semi-analíticas, que venham a explicar a variação dos elementos meteorológicos e que tenham significado físico, transparecendo os fluxos de energia que ocorrem no balanço de energia em uma superfície vegetada de uma estação meteorológica.

Nos pontos conhecidos da curva diária de variação temporal, foi feito o uso da interpolação desses valores, pela interpolação linear simples e adequando-as á equações senoidais. Pola e Angelocci (1993) utilizaram as seguintes fórmulas para a estimativa dos valores horários de temperatura do ar no período entre o momento da ocorrência da temperatura máxima do ar em um dia e o momento de ocorrência da temperatura mínima do ar no dia subsequente.

$$T(t) = T_{\text{máx}} + (T_{\text{mín } n+1} - T_{\text{máx}}) \text{sen} \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{t - t_{\text{máx}}}{t_{\text{mín } n+1} - t_{\text{máx}}} \right) \right] \quad (1)$$

Em que $T(t)$ é a temperatura estimada no horário t , $T_{\text{mín}(n+1)}$ é a temperatura mínima do ar no dia subsequente, t é o horário para o qual está sendo estimada $T(t)$, $t_{\text{máx}}$ é o horário da ocorrência da $T_{\text{máx}}$, assumindo como sendo as 18 h UTC e $t_{\text{mín } n+1}$ é o horário de ocorrência da $T_{\text{mín } n+1}$, assumindo como sendo ás 10 h UTC. Pola e Angelocci (1993) assumiram como base para a medida de tempo o horário de ocorrência da $T_{\text{máx}}$, este assumido como sendo base zero com a $T_{\text{mín}}$ ocorrendo 16 horas após.

Da mesma forma, para a descrição da variação horária da temperatura do ar entre o momento da ocorrência da temperatura mínima do ar e o momento da ocorrência da temperatura máxima do ar em um dia, Pola e Angelocci (1993), utilizaram a equação a seguir:

$$T(t) = T_{\text{mín}} + (T_{\text{máx}} - T_{\text{mín}}) \text{sen} \left[\frac{\pi}{2} \left(\frac{t - t_{\text{mín}}}{t_{\text{máx}} - t_{\text{mín}}} \right) \right] \quad (2)$$

Neste trabalho, a interpolação foi realizada entre os horários de temperatura conhecida ao longo do dia, considerando às 9h UTC como o horário de ocorrência da temperatura mínima diária do ar. Foram testadas interpolações por funções senoidais, semelhantes às utilizadas por Pola e Angelocci (1993) e também a interpolação linear entre os horários de temperatura conhecida.

Para cada horário assim, a estimativa dos elementos meteorológicos se deu pelo modelo que apresentou o menor valor do desvio médio. Quando as funções apresentaram o mesmo desvio médio foi usado, portanto, a função senoidal, por ser uma função com maior representatividade do padrão de variação diária dos elementos meteorológicos em relação à função linear (POLA; ANGELOCCI; 1993).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE QUANTITATIVA DOS DADOS DA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA – INMET

Foram obtidos 1.448 dias da estação meteorológica automática de Passo Fundo num total de cinco anos, de junho de 2010 á agosto de 2015, (sem o ano de 2014). Na Tabela 1 é possível verificar o aproveitamento dos dados obtidos da EMA – INMET

Tabela 1- Percentuais mensais e anuais e número de dias com as 24 observações diárias obtidos na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia, localizada em Passo Fundo – RS, num período de junho de 2010 a setembro de 2015.

Mês	Ano					Média (%)	Total (dias)
	2010	2011	2012	2013	2015		
Jan	0	100	100	100	100	80	124
Fev	0	100	100	100	100	80	113
Mar	0	100	100	97,6	100	79,5	124
Abr	0	100	100	100	100	80,0	120
Mai	0	100	100	100	100	80,0	124
Jun	100	100	99,9	99,2	100	99,8	150
Jul	99,8	99,7	100	99,9	100	99,9	155
Ago	99,8	100	100	100	99,9	99,9	155
Set	100	100	100	33,3	20,6	70,8	107
Out	100	100	100	0	0	60	93
Nov	100	100	98,3	0	0	59,7	90
Dez	100	100	100	0	0	60	93
Ano	58,3	99,9	99,8	69,2	68,4	79,1	1.448
Total (dias)	214	365	366	253	250		

Fonte: Elaborado pelo autor.

O ano com maior aproveitamento de dados foi 2011 com 100% de representatividade dos dias e 2012 com 99,8% dos dias. Já o ano de 2010 teve apenas 58,30% de representatividade dos dias, devido o registro ter sido computado apenas a partir do mês de junho daquele ano, tendo-se, portanto a falta de uma série de datas. Para o ano de 2011 e 2012, a série de dados computada foi completa, diferente dos anos 2013, 2014 e 2015. O ano de 2013 teve 69,2% de aproveitamento dos dias, tendo-se que o registro de dados ocorreu até o mês de setembro, bem como ocorreu para o ano de 2015.

Por mês, teve-se um aproveitamento de dados de no mínimo 60% nos meses de outubro e dezembro, com (93 dias), nos meses de julho e agosto, até no máximo 99,9% (155 dias). Devido às falhas (panes no sistema, problemas nos sensores de registro) que podem ocorrer e a não disponibilidade direta dos dados meteorológicos, visto que estes permanecem disponíveis apenas por um período de tempo determinado, é importante salientar a importância das estações meteorológicas convencionais serem mantidas a fim de suprir estas falhas, bem como o uso de modelos que venham a construir séries completas quando ocorrem os referentes problemas nas estações meteorológicas automáticas.

Porém, destes 1.448 dias obtidos da EMA –INMET, em 1.377 dias se teve os 24 registros para a análise dos dados estimados com os observados, uma vez que em 71 datas os dados apresentavam inconsistência e foram excluídos. A análise dos dados observados com os estimados representa, portanto 95,09% dos dias completos utilizados para análise de modelagem da variação temporal diária da temperatura do ar em Passo Fundo – RS.

4.2 TEMPERATURA DO AR

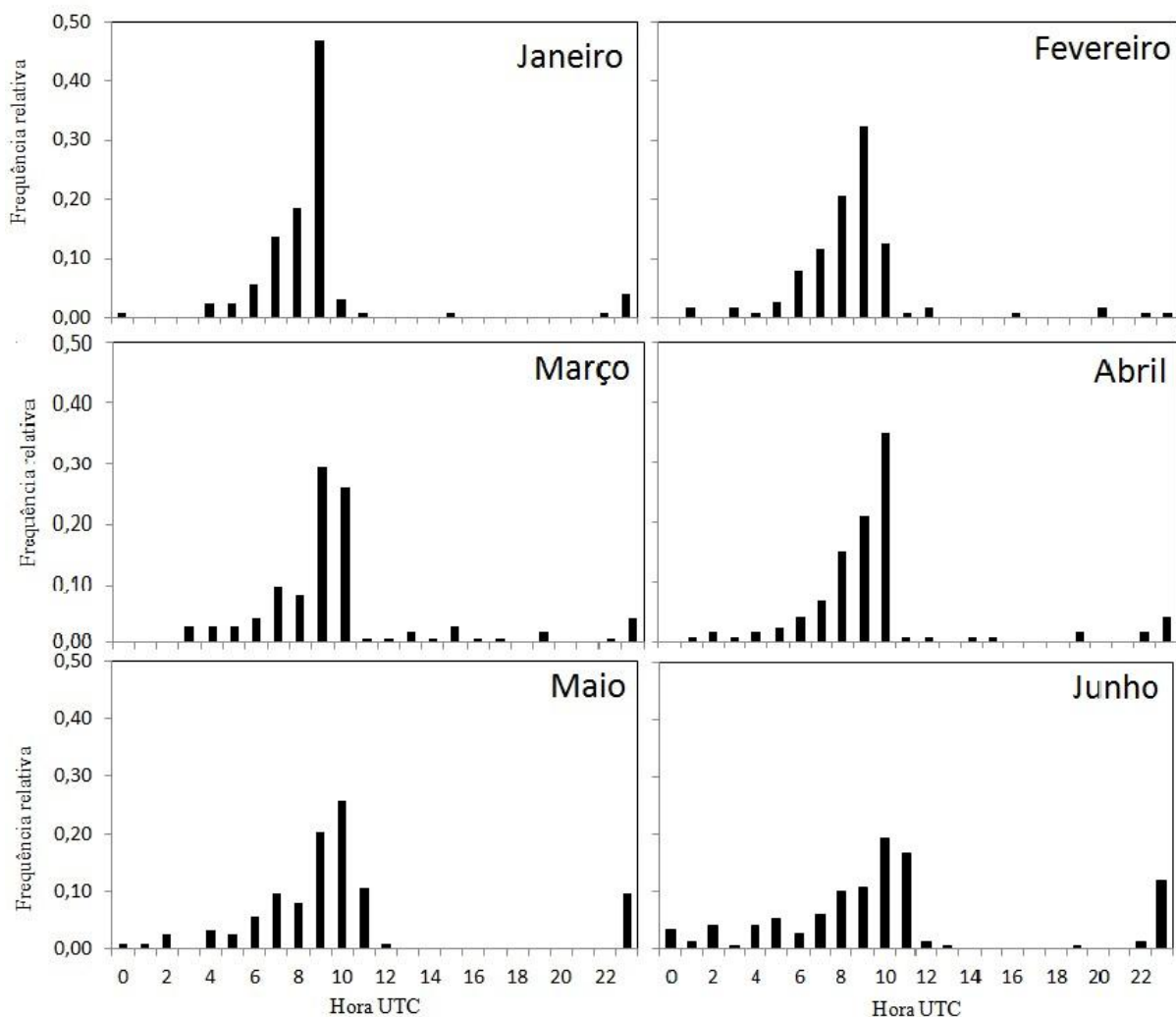
4.2.1 Horário de ocorrência das temperaturas extremas diárias do ar

As frequências de ocorrência da temperatura mínima diária do ar nos diferentes horários do dia estão representadas nas Figuras 2 e 3. O horário em que a temperatura mínima ocorreu com mais frequência nos meses de setembro a março foi as 9 h UTC, que corresponde às 06 h no horário oficial local. De abril a agosto a temperatura mínima ocorreu com mais frequência às 10 h UTC, que corresponde às 07 h no horário oficial local. Portanto se teve um atraso, assim como observado por Lucas et al. (2011), em que este foi o segundo horário de maior ocorrência da temperatura mínima em Santa Maria – RS. O atraso da ocorrência da temperatura do ar se da devido à diminuição do comprimento dos dias, tendo-se um maior acúmulo térmico diário ao longo do dia em função da variação do saldo de radiação, afetando, portanto, o horário de ocorrência da temperatura mínima (LUCAS et al. 2011).

A temperatura mínima diária do ar apresentou maior evidência de ocorrência às 9 h UTC, com a maior frequência (0,47) de temperatura mínima em janeiro. Nos meses de outubro, novembro e dezembro, a frequência com que a temperatura mínima foi registrada às 09 h UTC foi de (0,32, 0,33 e 0,35) respectivamente, sendo nestes meses a evidência mais

clara da ocorrência da temperatura mínima do ar. Nos demais meses (fevereiro e março) a frequência da temperatura mínima do ar foi (0,32 e 0,30) e (0,21, 0,20) nos meses de abril e maio, sendo a distribuição de ocorrência da temperatura mínima, portanto, menos nítida nesses meses. Para os demais meses a diferença de frequência entre os horários de registro da temperatura mínima do dia foram ainda menores, demonstrando maior variação no horário de seu registro.

Figura 2 - Frequência relativa de ocorrência da temperatura mínima do ar em diferentes horários do dia nos meses do primeiro semestre do ano em Passo Fundo/RS, no período de junho de 2010 a setembro de 2015.

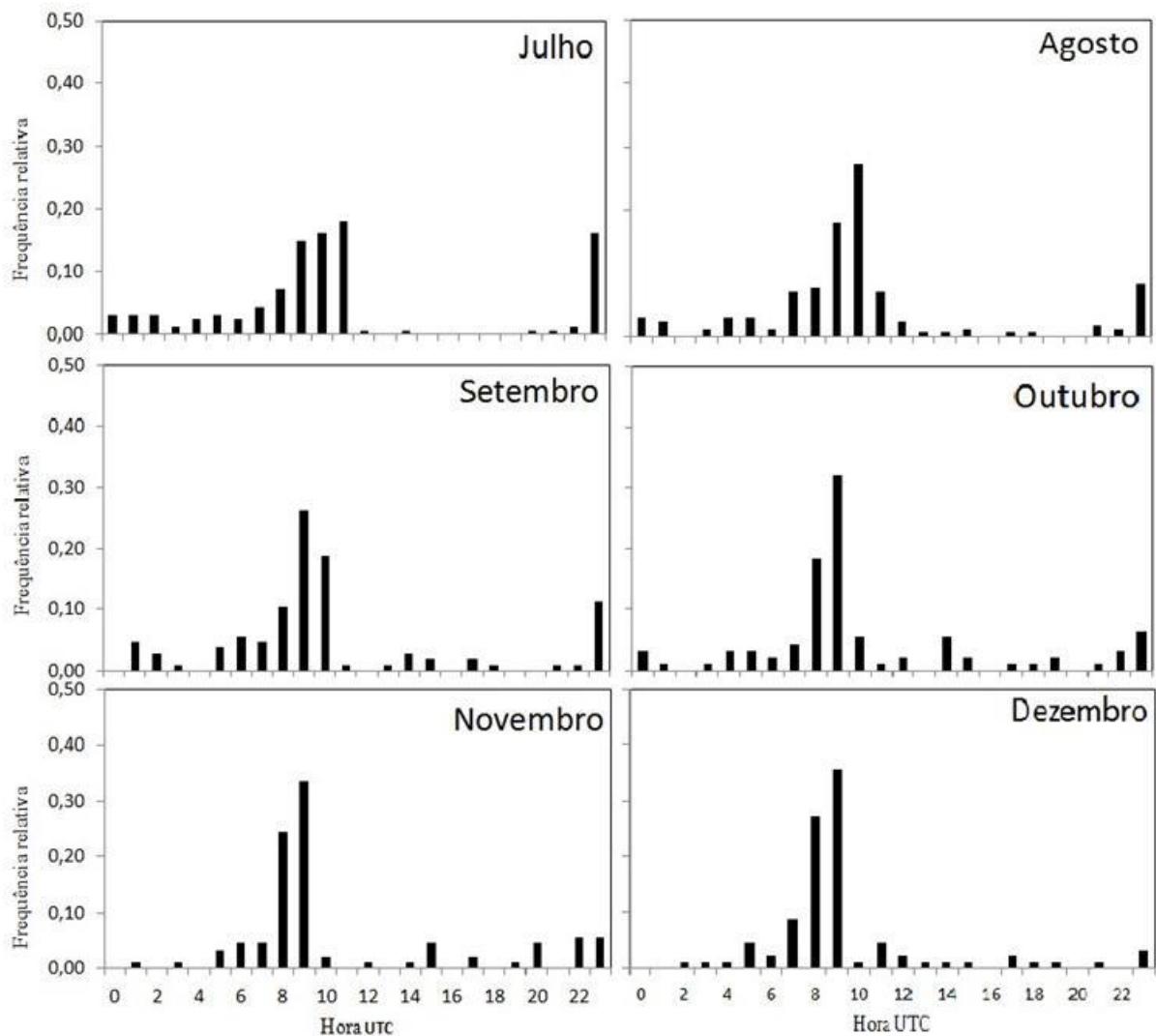


Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos meses de junho, julho e setembro, se tem um desvio nas estimativas dos elementos meteorológicos, ou seja, uma incerteza quanto o horário da ocorrência da

temperatura mínima, devido a diferença de frequência entre os horários de registro predominante em relação ao segundo horário predominante da temperatura mínima nesses meses ser de até 0,07. No mês de julho consiste em apenas 0,02 (Figuras 2 e 3). Esta ocorrência se assemelha á encontrada por Radons (2012) que obteve para estes mesmos meses uma diferença entre as frequências de até 0,09. Este fato ocorre principalmente devido a ocorrência de nevoeiros mais densos no inverno e outono (MORENO, 1961).

Figura 3 - Frequência relativa de ocorrência da temperatura mínima do ar em diferentes horários do dia nos meses do segundo semestre do ano em Passo Fundo/RS, no período de junho de 2010 a setembro de 2015.

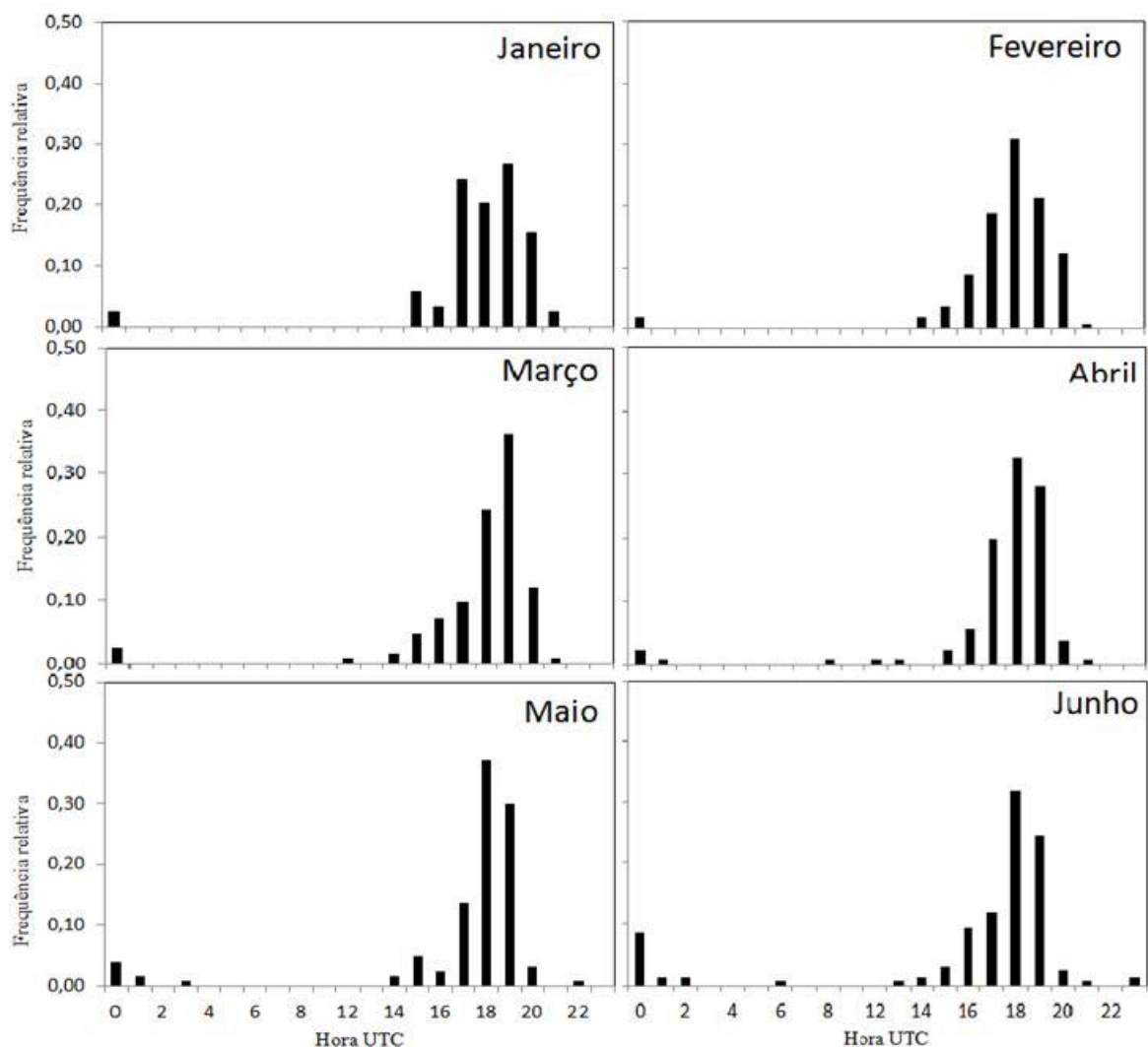


Fonte: Elaborado pelo autor.

As figuras 4 e 5 mostram a frequência relativa de ocorrência da temperatura máxima nos diferentes horários, apresentando esta maior frequência relativa nos horários das 18 h

UTC e das 19 h UTC, assim como Strassburger et al. (2011) que observaram como sendo próximo a esses horários que ocorrem as temperaturas máximas. De abril a agosto e também em outubro, novembro, dezembro e fevereiro as máximas ocorreram as 18 h UTC que corresponde as 15 h no horário oficial local. Em janeiro, março e setembro, as máximas ocorreram no horário das 19 h UTC (16 h no horário oficial local).

Figura 4 - Frequência relativa de ocorrência da temperatura máxima do ar em diferentes horários do dia nos meses do primeiro semestre do ano em Passo Fundo/RS, no período de junho de 2010 a setembro de 2015.

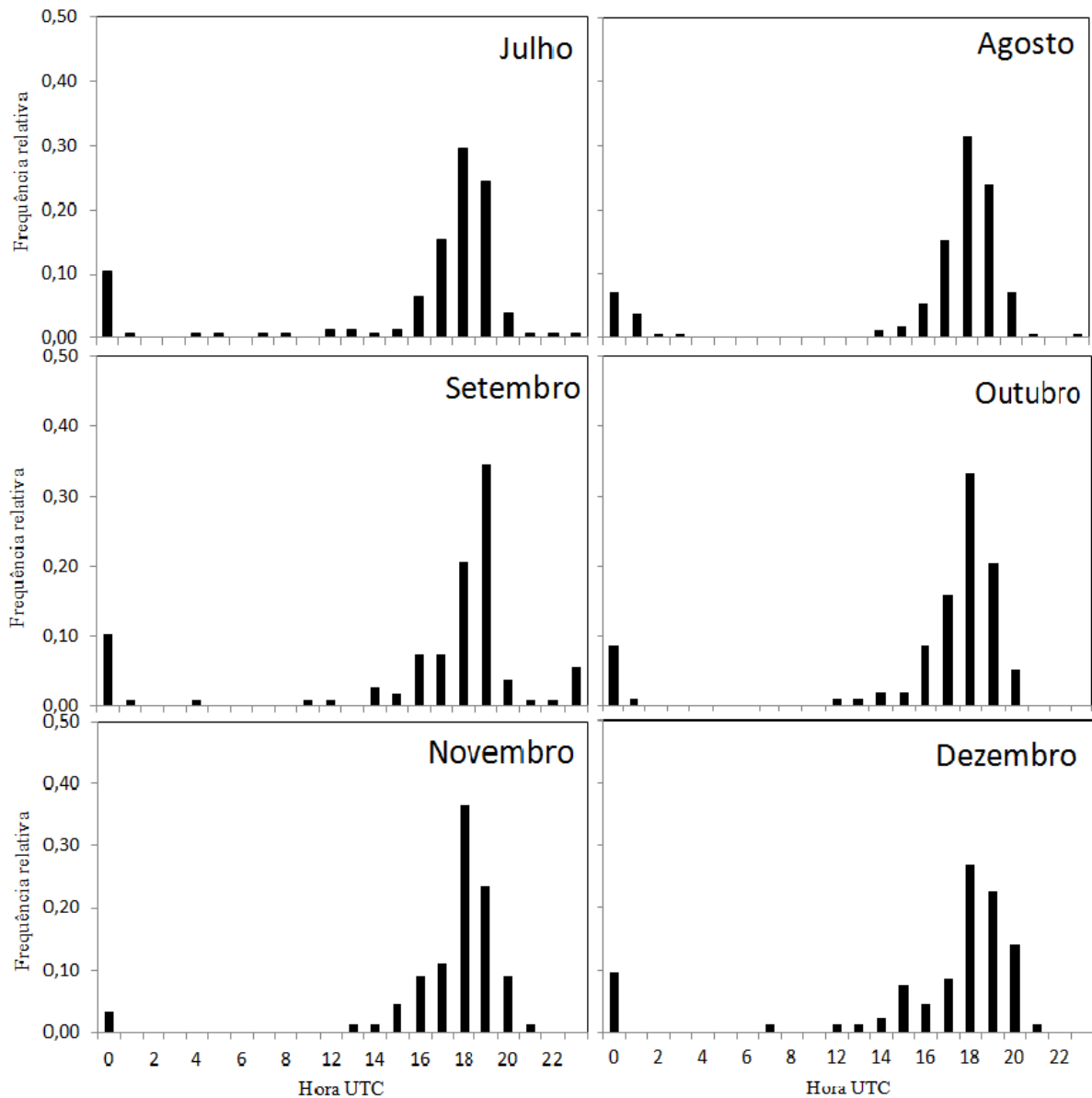


Fonte: Elaborado pelo autor.

Em alguns meses como dezembro, janeiro, março e também de abril até agosto a diferença entre os principais horários em que a temperatura máxima mais ocorreu foi de até

0,08. Sendo que, nos meses de abril e dezembro não ultrapassou de 0,04 e para o mês de janeiro esta diferença foi ainda menor, não ultrapassando 0,02 (Figuras 4 e 5).

Figura 5 - Frequência relativa de ocorrência da temperatura máxima do ar em diferentes horários do dia nos meses do segundo semestre do ano em Passo Fundo/RS, no período de junho de 2010 a setembro de 2015.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A ocorrência da temperatura máxima em horários noturnos foi verificada em muitos dos meses avaliados, assim como observado por Heldwein et al. (2011), especialmente no horário das 00 h UTC, que corresponde as 21 h no horário oficial local, sendo esse tipo de

evento possível devido a metodologia do cálculo, pois o horário considerado como início do dia (00 h UTC) é o horário das 21 horas do dia anterior. No inverno, como por exemplo, no mês de agosto, (Figura 5) a temperatura da tarde não chega a ser maior que a temperatura registrada no horário das 00 h UTC que corresponde portanto na temperatura medida do dia anterior, sendo esta, a temperatura máxima anotada.

4.3 FUNÇÕES PARA ESTIMATIVA DA TEMPERATURA DO AR

As equações escolhidas foram com base nos critérios estabelecidos para a estimativa da temperatura do ar, como exposto na Tabela 2. Desta forma, observou-se que as funções senoidais apresentaram menor RQME na maioria dos horários, ou seja, em 11 dos 21 horários, bem como os menores desvios médios, servindo estes como principal critério de escolha da equação. Nos horários da madrugada e nos momentos após os crepúsculos, quando ocorrem as mudanças de temperatura do ar mais acentuadas, a função linear, ou seja, a interpolação simples dos valores desempenhou melhor função comparada à função senoidal. Para os horários da 00 h, 12 h, 18 h UTC, a estimativa da temperatura do ar não foi realizada, visto que estes horários possuem os dados disponíveis, pois são os horários convencionados de observações nas estações meteorológicas convencionais.

Os horários do dia em que se obtiveram os menores erros nas estimativas de temperatura do ar, indicados pelas menores RQMEs e desvios médios, foram os horários das 01 h, 02 h e das 11 h UTC com (0,3, 0,9 e 0,8 °C) para os valores da RQMEs e para os desvios médios foram os horários das 01 h, 06 h, 07 h, 10 h, 17 h, 21 h, 22 h e 23 h UTC com (-0,1 ou 0,1 °C). Já os maiores valores resultantes das estimativas horários mais distantes dos horários convencionados, chegaram a (4,6, 4,5 e 4,3 °C) nos horários das 9 h, 8 h e 7 h UTC para os valores da RQME e às 10 h e 11 h UTC, para os valores dos desvios médios (0,8 e 0,9 °C) como é possível verificar na Tabela 2.

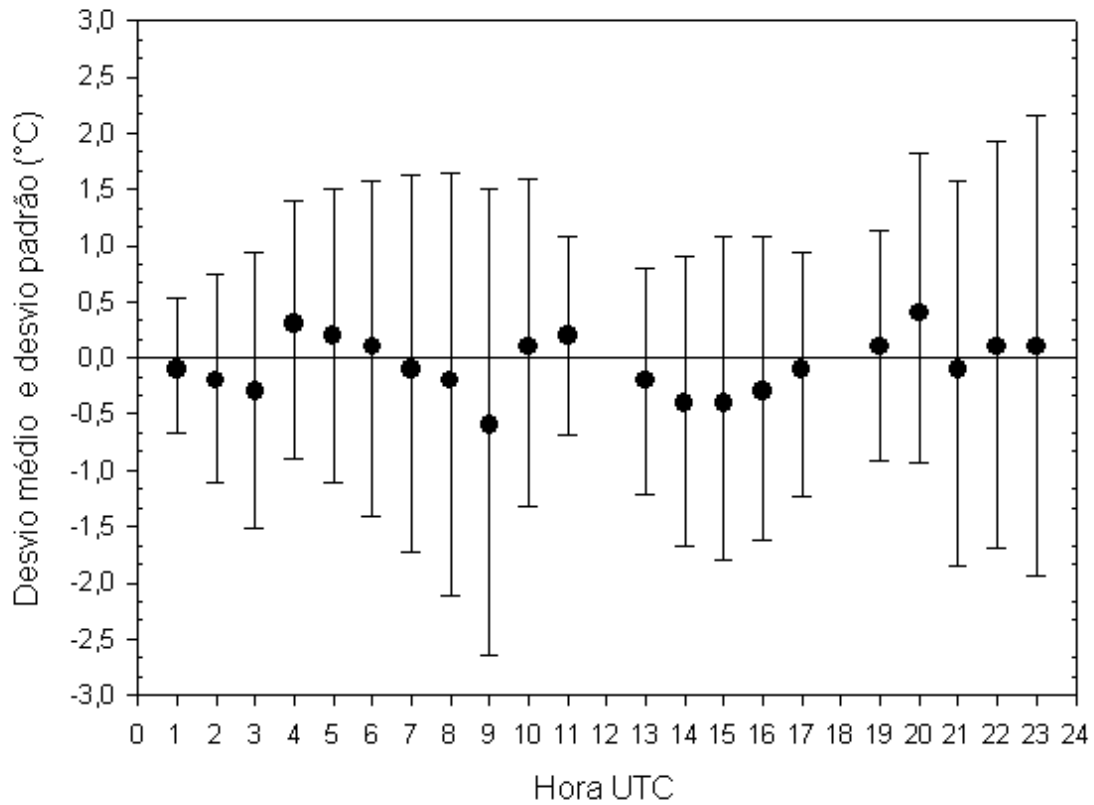
Tabela 2 - Funções utilizadas para a estimativa da temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) em diferentes horários do dia e seus respectivos valores de raiz do quadrado médio do erro (RQME) e desvios médios.

HORA UTC	RQME ($^{\circ}\text{C}$)		Desvio médio ($^{\circ}\text{C}$)		Função Utilizada
	Senoidal	Linear	Senoidal	Linear	
0	-	-	-	-	-
1	0,4	0,3	-0,1	0,1	Senoidal
2	0,9	0,6	-0,2	0,2	Senoidal
3	1,6	1,0	-0,3	0,3	Senoidal
4	2,4	1,4	-0,4	0,3	Linear
5	3,2	1,8	-0,5	0,2	Linear
6	3,9	2,2	-0,6	0,1	Linear
7	4,3	2,8	-0,6	-0,1	Linear
8	4,5	3,6	-0,6	-0,2	Linear
9	4,6	4,8	-0,6	-0,6	Senoidal
10	2,1	2,1	0,8	0,1	Linear
11	1,5	0,8	0,9	0,2	Linear
12	-	-	-	-	-
13	1,1	1,3	-0,2	-0,6	Senoidal
14	1,8	2,8	-0,4	-1,2	Senoidal
15	2,2	3,6	-0,4	-1,3	Senoidal
16	1,9	3,1	-0,3	-1,2	Senoidal
17	1,2	1,7	-0,1	-0,8	Senoidal
18	-	-	-	-	-
19	1,0	1,5	0,1	-0,6	Senoidal
20	2,1	2,7	0,4	-0,6	Senoidal
21	3,1	3,0	0,9	-0,1	Linear
22	3,3	3,3	1,0	0,1	Linear
23	3,7	4,2	0,6	0,1	Linear

Fonte: Elaborado pelo autor.

Assim, quanto mais distante estiver o horário da estimativa, no tempo, de um horário convencional de medida, maior tende ser o seu erro. O erro decorre devido às estimativas de temperatura de o ar serem baseadas nos valores observados nos três horários convencionados de medida, bem como para os horários imediatamente após os crepúsculos, em que as estimativas tendem a ter uma precisão e exatidão menor, devido, nesses horários ser mais acentuada a mudança da temperatura do ar, sendo as equações incapazes de descrever esta mudança.

Figura 6 - Desvio médio e desvio padrão das estimativas de temperatura do ar (°C) em relação aos valores medidos em estação automática, em diferentes horários do dia, tendo como base os valores horários convencionados de medida (00 h, 12 h e 18 h UTC) e a temperatura mínima do ar, no período de junho de 2010 a setembro de 2015.



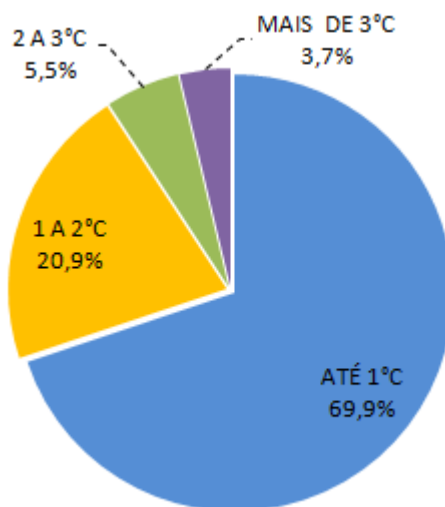
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 6 está representado o desvio médio e o desvio padrão das estimativas de temperatura do ar nos diferentes horários do dia, sendo os pontos centrais das barras verticais a média das diferenças entre as temperaturas observadas e as estimadas pelas equações descritas em materiais e métodos. Já nas extremidades das barras verticais o desvio padrão da média. Os resultados apresentados na Figura 6 afirmam que “quando mais afastada temporalmente é a estimativa de um dos três horários de medida na estação convencional maior é o módulo da diferença e o seu desvio padrão” (RADONS, 2012). Quanto aos horários mais próximos dos horários convencionados de medida a diferença média tende a ser menor dos demais horários, demonstrando que a diferença na média em alguns casos é mínima, como por exemplo, nos horários das 10 h, 11 h, 13 h, 01 h e 23 h UTC e nos horários de final

da manhã e início da tarde (14 h às 17 h UTC). A diferença média na maioria dos horários é menor do que os demais horários, não ultrapassando 0,1 °C.

Nos horários da 01 h às 03 h UTC nas 13 h às 17 h UTC e nos horários de ocorrência da temperatura mínima (07 h, 08 h e 09 h UTC) existe uma tendência de subestimativa que chega ao maior valor em módulo às 09 h UTC (-0,6 °C). A tendência de superestimativa dos valores de temperatura do ar ocorre das 04 h às 06 h UTC, das 10 h às 11 h UTC e nos horários de ocorrência da temperatura máxima (19 h e 20 h UTC), com o maior valor de desvio médio de superestimativa ocorrendo às 20 h UTC (0,4 °C).

Figura 7 – Frequência de ocorrência dos desvios em diferentes magnitudes nas estimativas de temperatura do ar em relação aos valores medidos na estação meteorológica automática de Passo Fundo – RS, com base nos valores dos horários convencionados de medida (00 h, 12 h e 18 h UTC) e na temperatura mínima diária do ar, no período de junho de 2010 a agosto de 2015.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Tem-se, portanto, que em 69,9% dos horários de estimativa da temperatura do ar estimada pelos modelos diferiu em menos de 1 °C do valor obtido da estação meteorológica automática de Passo Fundo (Figura 7). Já em 20,9% dos momentos a diferença dos valores foi de 1 a 2 °C e em 5,5% de 2 a 3 °C e apenas 3,7% o erro foi superior a 3 °C, constatando - se, portanto uma boa precisão das estimativas horárias de temperatura do ar em Passo Fundo – RS.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os desvios médios e valores de RQME encontrados no trabalho tem uma precisão satisfatória, demonstrando que o uso de equações analíticas e semi-analíticas descrevem bem o comportamento da curva diária de temperatura do ar, com valores que se aproximam dos horários convencionados de medida em Passo Fundo –RS.

Dependendo da finalidade de uso dos dados, modelos mais precisos podem ser requeridos.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, George N. **Plant pathology**. 5th ed. San Diego: Academic Press, Fifth Edition, 2004. p. 316.
- ALVAREGA, Â. A.; ABRAHÃO, E.; RAMOS, D. J.; CHALFUN, J. N. N. Estimativa das unidades e horas de frio em Lavras (MG). **Ciênc. agrotec.**, Lavras. v. 26, n. 6, p. 1344- 1347, Nov/dez., 2002.
- BÍSCARO, Guilherme Augusto. **Meteorologia agrícola básica**. UNIGRAF. Mato Grosso do Sul. 2007. p. 87.
- BRUNINI, O.; LISBÃO R. S.; J. B. BERNARDI, J. B.; FORNASIER, J. B. Temperatura – Base para alface cultivar “White Boston”, em um sistema de unidades térmicas. **Bragantina - Revista Científica do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**.,Campinas. v. 35, n. 19, p. 213-219, jul.1976.
- CAMARGO, M. B. P.; BRUNINI, O.; MIRANDA, M. A. C. Temperatura-Base para cálculo dos graus-dia para cultivares de soja em São Paulo. Parte da dissertação do primeiro autor como requisito para a obtenção do grau de Mestre em Agronomia (Agrometeorologia). In: **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 2, n.2, p. 115 - 121, 1987.
- CASTILLO, Francisco Elias.; SENTIS, Francesc Castellví. **Agrometeorología**. 2. ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 2001. p. 190.
- FINHOLDT, Gustavo. **Desenvolvimento e avaliação de um sistema automático e alerta de doenças em plantas**. 2012. 87 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Programa de pós-graduação em engenharia agrícola, Viçosa, 2012.
- GALINA, M. E.; VERONA, J. A. Fontes de observações meteorológicas no Estado de São Paulo. **Revista Estudos Geográficos**, Rio Claro. v. 2 (1), p. 107 - 118. jun. 2004.
- GARCIA, B. I. L., SENTELHAS, P. C.; TAPIA, L. R.; SPAROVEK, G. Climatic risk for potato late blight in the Andes region of Venezuela. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 65, n.especial, p. 32-39, 2008.
- HELDWEIN, A. B.; ANGELOCCI, L. R.; ESTEFANEL, V.; SCHNEIDER, F. M.; BURIOL, G. A. Avaliação de modelos de estimativa de horas de frio para Santa Maria, RS. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 19, n. 1-2, p. 45-92, jan./jul. 1989.
- HELDWEIN, Arno Bernardo. Princípios para implementar alertas agrometeorológicos fitossanitários. In: Simpósio de Melhoramento Genético e Previsão de Epifitias em Batata, 1., 2006, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, CCR, Departamento de Fitotecnia, 2006. p. 56-89.
- HELDWEIN, Arno Bernardo.; et al. Horário de ocorrência da temperatura máxima diária do ar em Santa Maria, RS. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2011, Guarapiri – ES. **Anais eletrônicos**..Guarapiri ES: SESC Centro de Turismo de Guarapari, 2011.

Disponível em: <http://www.sbagro.org.br/anais_congresso_2011/cba2011/trabalhos/01/cba01_281_450.pdf>. Acesso em: 25 agost. 2016.

HOOGENBOOM, Gerrit. Contribution of agrometeorology to the simulation of crop production and its application. **Agricultural and Forest Meteorology**, 103, 137-157, 2000.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Sobre o INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=sobre_inmet>. Acesso em: 25 de mar. 2016.

LUCAS, Dionéia Daiana Pitol.; et al. Horário de ocorrência da temperatura mínima diária do ar Santa Maria, RS. In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2011, Guarapiri – ES. **Anais eletrônicos**. Guarapiri ES: SESC Centro de Turismo de Guarapari, 2011. Disponível em: <http://www.sbagro.org.br/anais_congresso_2011/cba2011/trabalhos/01/cba01_138_406.pdf>. Acesso em: 25 de mar. 2016.

MICHEREFF, Sami Jorge. **Fundamentos de Fitopatologia**. Apostila de curso. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, - UFRPE, 2001. p. 172.

McMASTER, G. S.; SMIKA, D. E. Estimation and evaluation of winter wheat phenology in the central great plains. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 43, n. 1, p. 1-18, jan./mar. 1988.

MORENO, José Alberto. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura do Rio Grande do Sul, Diretoria de Terras e Colonização, Secção de Geografia. 1961, 61p.

PAZ, Rosidalva Lopes Feitosa.; et al. Sistema de suporte a decisões agronômicas via web para o Estado de Goiás. In: XVI Congresso Brasileiro de Agroclimatologia, 2009, Belo Horizonte. **Anais eletrônicos**. Belo Horizonte: Grandarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções, 2009. Disponível em: <<http://www.simehgo.sectec.go.gov.br/downloads/publicacoes/artigos/293.pdf>>. Acesso em: 25 de mar. 2016.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Apostila de curso. Escola Superior de Agricultura - Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP. ed. Revista e Ampliada, 2007. p. 192.

PIMENTA, José Antonio. Relações Hídricas. In: KERBAUY, Gilberto Barbante. **Fisiologia Vegetal**. 1. ed. São Paulo: Guanabara Koogan, 2004. cap. 1. p. 1-39.

PILLAR, Valério De. **Clima e vegetação**. [manuscrito]. UFRGS, Departamento de Botânica. 1995.

POLA, A. C.; ANGELOCCI, L. R. Avaliação de modelos de estimativa do número diário de horas de frio para o Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 105-116, jan./dez. 1993.

RADONS, Sidinei Zwick. **Análise numérica de risco climático de ocorrência de queima na cultura da batata na região central do Rio Grande do Sul**. 2012. 102 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

REIS, Ailton. **Requeima: doença destrutiva e comum ao tomateiro e á batateira.** EMBRAPA - Hortaliças. Circular Técnico 78. 2010. f. 6. Disponível em <http://www.cnpq.embrapa.br/paginas/serie_documentos/publicacoes2010/cot_78.pdf>.

Acesso em: 25 de mar. 2016.

SENTELHAS, P. C.; MORAES, S. O.; PIEDADE, S. M. S.; PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; MARIN, F. R.. Análise comparativa de dados meteorológicos obtidos por estações convencionais e automáticas. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n2, p. 2016, jul/dez. 1997.

SENTELHAS, Paulo Cesar. **Duração do período de molhamento foliar: aspectos operacionais da sua medida, variabilidade espacial em diferentes culturas e sua estimativa a partir do modelo de Penman-Monteith.** Piracicaba: ESALQ/USP Tese (Livre – Docência em Agrometeorologia). 2004. 161p.

SENTELHAS, Paulo Cesar.; MONTEIRO, José Eduardo Boffino de Almeida. Agrometeorologia dos Cultivos – Informações para uma Agricultura Sustentável. In: MONTEIRO, José Eduardo B. A. (Org.) **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola.** Brasília, DF: INMET, 2009. V. 1, p. 2– 12.

SOUZA, I. A.; GALVANI, E.; ASSUNÇÃO, H. F. Estudo comparativo entre elementos meteorológicos monitorados por estações convencional e automática na região de Maringá, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum: Technology**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 203-207, jul./dez. 2003.

STRASSBURGER, A. S.; MENEZES, A. J. E. A; PERLEBERG, T. D.; EICHOLZ, E. D.; MENDEZ, M. E. G.; SCHÖFFEL, E. R. Comparação da temperatura do ar obtida por estação meteorológica convencional e automática. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 26, n. 2, abr./jun. 2011.

TAIZ, Lincoln.; ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia Vegetal.** 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 618 p.

TRENTIN, Gustavo. **Avaliação de sistemas de previsão de ocorrência de *phytophthora infestans* em batata.** 2006, 100 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Curso de pós-graduação em Agronomia, Santa Maria, 2006.

WMO. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation.** 7th ed. 2008. 681 p. Disponível em: <https://www.wmo.int/pages/prog/gcos/documents/gruanmanuals/CIMO/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.pdf>. Acesso em: 25 de mar. 2016.