

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOMÁTICA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA *WEB* PARA
ESTIMATIVA NUMÉRICA DE DADOS
METEOROLÓGICOS DO RIO GRANDE DO SUL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Rafael Camargo Ferraz

**Santa Maria, RS, Brasil
2010**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA *WEB* PARA
ESTIMATIVA NUMÉRICA DE DADOS METEOROLÓGICOS
DO RIO GRANDE DO SUL**

por

Rafael Camargo Ferraz

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geomática, Área de Concentração Tecnologia da Geoinformação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau
Mestre em Geomática

Orientador: Prof. Adroaldo Dias Robaina

Santa Maria, RS, Brasil

2010

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Geomática**

A Comissão Examinadora , abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA WEB PARA ESTIMATIVA
NUMÉRICA DE DADOS METEOROLÓGICOS DO RIO GRANDE DO
SUL**

elaborada por
Rafael Camargo Ferraz

como requisito parcial para a obtenção de grau de **Mestre em
Geomática**

COMISSÃO EXAMINADORA:

**Adroaldo Dias Robaina, Dr.
(Presidente / Orientador)**

Marcia Xavier Peiter, Dr^a. (UFSM)

Sandra Maria Bochi da Silva, Dr^a (35^a CRE)

Santa Maria, 19 de janeiro de 2010

F381d Ferraz, Rafael Camargo, 1985-

Desenvolvimento de um sistema web para estimativa numérica de dados meteorológicos do Rio Grande do Sul / Rafael Camargo Ferraz. - 2010.
85 f. ; il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Geomática, 2010.
“Orientador: Prof. Adroaldo Dias Robaina”

1. Geomática 2. Interpolação espacial 3. Agrometeorologia 4. Web service I. Robaina, Adroaldo Dias II. Título

CDU: 631:551.5

Ficha catalográfica elaborada por
Patrícia da Rosa Corrêa – CRB 10/1652
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

Dedico

*Ao meu pai Alcides F. Ferraz
Mesmo não estando junto de mim,
Estarás sempre em meu coração.
A você, dedico todas as minhas vitórias, pois
É pensando em você que as conquisto.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por dar-me paz, saúde e força para superar as dificuldades e vencer os obstáculos da vida, em busca de novas conquistas.

À Universidade Federal de Santa Maria, mais especificamente ao Programa de Pós-Graduação em Geomática (PPGG), pelo apoio durante a realização do curso e por ter proporcionado a oportunidade de crescimento.

Ao Prof. Dr. Adroaldo Dias Robaina, meu reconhecimento, admiração e respeito, pelo exemplo de profissional e pesquisador.

À Prof^a Dr^a Márcia Xavier Peiter, pelo carinho, amizade e por ter acreditado na minha capacidade de trabalho. Obrigado pelo exemplo de caráter, equilíbrio, paciência e confiança.

À minha família, em especial aos meus pais Alcides e Marta que me oferecem todo o suporte para que eu vença e me sinta feliz, por terem me ensinado a valorizar o respeito, o companheirismo, a sinceridade, pela educação e lições de vida. À minha vó Eva, um exemplo de guerreira vitoriosa.

À minha amada noiva Angélica, que me ajudou e incentivou a buscar meus sonhos e “correr riscos” para conquistá-los. Agradeço o seu companheirismo, amizade e carinho, os quais me proporcionaram segurança. Agradeço por fazer parte de minha vida a mais de 8 anos e por ser esta pessoa especial que és para mim. À sua família, pela amizade, carinho e por terem me apoiado nessa caminhada.

Aos meus amigos Dani e Everton, que me apoiaram e ajudaram nesta caminhada, proporcionando momentos agradáveis. À meu amigo Darlan que, por várias vezes, me socorreu e auxiliou nas dúvidas em programação web. Fica a vocês meu sincero agradecimento e carinho.

*“A vida só pode ser compreendida olhando-se para trás,
mas só pode ser vivida olhando-se para frente.”*

Soren Kierkegaard

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Geomática
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA *WEB* PARA ESTIMATIVA NUMÉRICA DE DADOS METEOROLÓGICOS DO RIO GRANDE DO SUL

Autor: Rafael Camargo Ferraz
Orientador: Adroaldo Dias Robaina
Santa Maria, 19 de janeiro de 2010.

O clima influencia as mais diversas atividades humanas e o acesso aos dados climatológicos em tempo real, visa o fornecimento de informações que são fundamentais, principalmente para a agricultura. Atualmente existem poucas estações meteorológicas instaladas o que gera carência de informações, em âmbito mundial, para diversas regiões. Tendo em vista que o Estado do Rio Grande do Sul possui grande parte de sua economia baseada na agricultura e também a relevância das informações climatológicas, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema web de estimativa numérica de dados meteorológicos para o Estado, com base nas estações meteorológicas automáticas de superfície, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com o intuito de dispor os dados para as regiões as quais não possuem estações. Como modelo interpolador foi utilizado o inverso da potência da distância, aplicando os expoentes de 0 a 5 e, posteriormente comparando-os através dos coeficientes de correlação, regressão e índice de desempenho. Para a realização do sistema web foram utilizadas as linguagens de programação PHP, HTML e javascript, com suporte ao banco de dados MYSQL. Utilizou-se os programas Macromedia Dreamweaver 8.0 para a programação web e HeidiSQL para gerenciar o banco de dados. Dentre as nove variáveis analisadas, apenas quatro apresentaram ótimo desempenho, sendo elas: temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e ponto de orvalho. O modelo de interpolação com expoente 5 foi o que apresentou melhor desempenho para as quatro variáveis. Após definição do melhor método, criou-se o banco de dados SWIM (Sistema Web de Interpolação Meteorológica) em MySQL e desenvolveu-se o sistema web, o qual ofereceu rapidez, segurança e confiabilidade para a aplicação.

Palavras-Chave: Interpolação espacial, agrometeorologia, *web service*.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Master's degree program in Geomatics
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

DEVELOPMENT OF A WEB SYSTEM FOR NUMERICAL ESTIMATE OF METEOROLOGICAL DATA FROM RIO GRANDE DO SUL

Author: Rafael Camargo Ferraz
Supervisor: Adroaldo Dias Robaina
Santa Maria, 19th January, 2010.

Climate influences a large variety of human activities and the real-time access to climatic data aims for providing information that are fundamental in several human activities, mainly for agriculture. Nowadays there are few weather stations operating, which causes a lack of information at worldwide level, in different regions. Keeping in mind that the state of Rio Grande do Sul has a large part of its economy based on agriculture, as well as the climatological information's relevance, this study aims at developing a web system for numerical estimate of meteorological data in the RS's state, based on the automatical and superficial weather stations from the National Institute of Meteorology (INMET), in order to make the data available to the regions where there are no stations. The inverse distance weighting was used as an interpolation model, applying the exponents from zero (0) to five (5) and, later, comparing them through the coefficients of correlation, regression and the performance index. It was made use of programming languages as PHP, HTML and JavaScript to develop the web system, with support for MySQL database. The programs used were Macromedia Dreamweaver 8.0 and HeidiSQL; the first was used for web programming whereas the second was used to manage the database. Among the nine variables that was analysed, just four of them showed a great performance. They are: temperature, relative humidity, atmospheric pressure and dew points. The interpolation model with the exponent five (5) has shown the best performance regarding to the four variables. After defining the best method, it was created a MySQL database called SWIM (Meteorological Interpolation's Web System) and through it the web system was developed, which has offered quickness, security and reliability to the application.

Keywords: spatial interpolation, agrometeorology, web service

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 – Agrometeorologia e ciências relacionadas.....	20
FIGURA 2.2 – Distribuição e variação da precipitação média anual de 2002 do Rio Grande do Sul.	22
FIGURA 2.3 – Variação sazonal da temperatura no (a) verão, (b) inverno, (c) primavera e (d) outono, no Rio Grande do Sul, para o ano de 2002.	23
FIGURA 2.4 - Algumas estações meteorológicas do INMET localizadas nas cidades do RS	26
FIGURA 2.5 – Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET no Estado do Rio Grande do Sul.	28
FIGURA 2.6 – Diagrama de funcionamento da linguagem de programação PHP.....	34
FIGURA 3.1- acesso aos dados através do endereço eletrônico do INMET.	42
FIGURA 3.2 – Registro dos dados meteorológicos em formato texto.....	43
FIGURA 3.4 – Exemplo de aplicação em PHP, HTML e javascript, utilizando Macromedia Dreamweaver ®	48
FIGURA 3.5 – Estação local iniciada a partir do software EasyPHP 1.8.1	48

FIGURA 3.6 – Exemplo de gerenciamento de banco de dados MySQL utilizando o software HeidiSQL	48
FIGURA 4.1 – Triângulos delimitados a partir das estações meteorológicas do INMET instaladas no Rio Grande do Sul.	50
FIGURA 4.2 – Triângulos delimitados para aplicação no sistema web de interpolação meteorológica, a partir das coordenadas conhecidas das estação do INMET.....	65
FIGURA 4.3 – Diagrama de funcionamento básico do sistema de interpolação de dados meteorológico (SWIM).....	66
FIGURA 4.4 – Estrutura organizacional do banco de dados SWIM.....	67
FIGURA 4.5 – Estrutura organizacional e funcional do sistema web de interpolação meteorológica (SWIM).....	68
FIGURA 4.6 – Trecho do arquivo index.php.....	69
FIGURA 4.7 – Trechos dos arquivo programados (a) base.css e (b) reset.css....	70
FIGURA 4.8 – Trecho do arquivo configurável db.php.....	71
FIGURA 4.9 – Partes da programação em javascript (arquivo core.js).....	72
FIGURA 4.10 – Demonstração da programação de conexão utilizado no SIWM, configurados no calcular.php.....	72
FIGURA 4.11 – Parte da programação do arquivo function.php.....	73
FIGURA 4.12 –Trecho function.php.....	74

FIGURA 4.13 – Demonstração do comando de impressão dos valores interpolados, programado no arquivo calcular.php..... 74

FIGURA 4.14 - Programação visual do sistema web de interpolação meteorológica..... 75

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 – Estações meteorológicas de observação superficial do Instituto Nacional de Meteorologia implantadas no Estado do Rio Grande do Sul.	44
TABELA 3.2 - Classificação para o índice de desempenho do método proposto. Costa (2004)	47
TABELA 4.1 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável temperatura média.....	52
TABELA 4.2 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável temperatura média.....	52
TABELA 4.3 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável pressão atmosférica média.	53
TABELA 4.4 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável pressão atmosférica média.....	54

TABELA 4.5 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável umidade relativa do ar média.....	55
TABELA 4.6 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável umidade relativa do ar média.....	55
TABELA 4.7 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para variável ponto de orvalho médio.....	56
TABELA 4.8 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável ponto de orvalho médio.....	57
TABELA 4.9 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável direção do vento.....	57
TABELA 4.10 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável direção do vento.....	58
TABELA 4.11 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável rajada de vento.....	59
TABELA 4.12 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de	

concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável rajada de vento..... 59

TABELA 4.13 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável velocidade do vento..... 60

TABELA 4.14 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável velocidade do vento..... 60

TABELA 4.15 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável radiação solar..... 61

TABELA 4.16 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável radiação solar..... 62

TABELA 4.17 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável de precipitação..... 62

TABELA 4.18 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável de precipitação..... 63

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Agrometeorologia	18
2.2 Estações Meteorológicas	24
2.2.1 Estações Meteorológicas Convencional.....	24
2.2.2 Estações Meteorológicas Automáticas	25
2.3 Coleta de Dados Meteorológicos	26
2.3.1 Instituto Nacional de Meteorologia	27
2.3.2 Rede de Estações meteorológicas do Rio Grande do Sul	28
2.4 Geoestatística	29
2.4.1 Interpoladores Espaciais	30
2.4.2 Inverso da Potência da Distância.....	31
2.5 Aplicativos Web	32
2.5.1 Linguagem De Programação PHP, HTML e Javascript.....	33
2.5.1.1 Linguagem de programação PHP	33
2.5.1.2 Linguagem de programação HTML	36
2.5.1.3 Linguagem de programação <i>Javascript</i>	37
2.5.2 Banco de Dados.....	37
2.5.2.1 Banco de dados relacional	38
2.5.2.2 Structure Query Language SQL	39
2.5.2.3 MySQL	40
3 MATERIAIS E MÉTODOS	42
3.1 Determinação dos Dados e Interpolação	42
3.1.1 Análise dos Resultados da Interpolação	46
3.2 Desenvolvimento do Aplicativo Web	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1 Comparações entre os diferentes métodos	51
4.1.1 Comparação dos métodos para a variável temperatura média	51
4.1.2 Comparação dos métodos para a variável pressão atmosférica média.....	53
4.1.3 Comparação dos métodos para a variável umidade relativa do ar	

média.....	54
4.1.4 Comparação dos métodos para a variável ponto de orvalho médio....	56
4.1.5 Comparação dos métodos para a variável direção do vento.....	57
4.1.6 Comparação dos métodos para a variável rajadas de vento.....	58
4.1.7 Comparação dos métodos para a variável velocidade do vento.....	59
4.1.8 Comparação dos métodos para a variável radiação solar.....	61
4.1.9 Comparação dos métodos para a variável precipitação.....	62
4.2 Desenvolvimento do sistema.....	64
5 CONCLUSÕES.....	77
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

1 INTRODUÇÃO

O clima influencia nas mais diversas atividades humanas e em diferentes níveis, sendo que as situações adversas provocam conseqüências graves em impactos sociais e possíveis prejuízos econômicos, que por sua vez, podem ser irreparáveis ou irreversíveis. A preocupação com as variações climáticas remonta ao início da existência do homem, quando as forças naturais eram consideradas manifestações divinas. Com a evolução da humanidade, surgiram diversas correntes de pensamento sobre a relação homem-natureza, principalmente sobre o planejamento das atividades agrícolas diante das adversidades climáticas.

A agricultura é uma atividade econômica que possui forte dependência do clima, pois as condições atmosféricas influenciam todas as etapas das atividades agrícolas, desde o preparo do solo para o plantio até o preparo e o armazenamento dos produtos.

Para minimizar as perdas econômicas e produtivas provocadas pela variação do clima, surgiu o monitoramento climático, realizadas através das coletas diárias de elementos climáticos necessários e fundamentais para o planejamento do manejo e da irrigação na agricultura.

Na era moderna, as técnicas de coleta, processamento e análise de dados meteorológicos evoluíram rapidamente com o avanço da tecnologia da informação. Contudo, quanto maior o número de informações meteorológicas globais, regionais e locais, maior é a possibilidade de sucesso do planejamento agrícola. Atualmente, é possível realizar o monitoramento climatológico em tempo real sem precisar estar na propriedade, sendo que para obter os dados das estações é necessário que haja uma estação meteorológica automática interligada a um servidor que realiza o armazenamento, manipulação e gerenciamento das informações.

Infelizmente, no Brasil, essas estações são encontradas em números reduzidos, sendo que este problema pode ser ocasionado devido ao seu elevado custo, necessidade de atualização e a falta de pessoas especializadas para suporte técnico. No Rio Grande do Sul, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e o Instituto Nacional de Meteorologia, são os órgãos governamentais que possuem redes de estações meteorológicas cujos dados estão disponíveis para acesso através dos seus portais eletrônicos.

A modelagem matemática e a geoestatística são ferramentas que podem ajudar a suprir essas necessidades de informações. Utilizando as estações já instaladas e em operação, pode-se realizar interpolações espaciais dos dados meteorológicos, dispondo os dados para as regiões carentes de informações.

Tendo em vista a importância das informações meteorológicas e pela insuficiência de dados para diversas regiões, o presente trabalho tem como objetivo, desenvolver um sistema web que realiza estimativas numéricas dos dados meteorológicos para o Estado do Rio Grande do Sul, a partir das estações automáticas de superfície do Instituto Nacional de Meteorologia, utilizando o método de interpolação pelo inverso da potência da distância.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo, estão dispostas as revisões bibliográficas aplicadas no desenvolvimento do trabalho. Estão divididas em seções, sendo elas: agrometeorologia, estações meteorológicas, coleta de dados meteorológicos, geoestatística e aplicativo *web*.

2.1 Agrometeorologia

A agricultura é um sistema desenvolvido pelo homem para a obtenção de alimentos, fibras e energia e depende, sem dúvida, do tempo e do clima, ao se comparar com qualquer outra atividade humana (PEREIRA et al., 2002).

Por sua vez, a agricultura, por ser uma atividade depende das variáveis climáticas, pode obter resultados positivos ou até mesmo devastadores de acordo com seus níveis de ocorrências. A precipitação é um dos elementos climáticos que mais afeta a produção agrícola, devido a sua grande variabilidade tanto em quantidade como na distribuição (SANTOS, 2005). O impacto do clima pode tornar-se ainda mais grave a partir do momento em que o cenário estrutural e tecnológico estão despreparados para enfrentar as variações climáticas, o que ainda é comum nos dias atuais (JONES et al., 2000).

O conhecimento das variáveis meteorológicas, principalmente temperatura e precipitação, são indispensáveis para a caracterização do clima local e para orientar diversas atividades florestais ou agrícolas, como por exemplo, o melhor momento para o plantio, a necessidade de irrigação, a previsão de geada e o cálculo do índice de perigo de incêndio (SOARES & BATISTA, 2004).

Segundo a FAO (1990), os estudos direcionados a caracterização do clima de uma região ou área, tornam-se fundamentais na etapa de planejamento e definição de prioridades agrícolas e na formulação de projetos de pesquisa.

De acordo com Sedyama et al. (1978), o clima é um fator dominante no controle do crescimento das plantas e nas produções agrícolas, pois este interfere

durante todo o desenvolvimento de uma cultura. Assim sendo, uma região economicamente agrícola necessita de um acompanhamento contínuo das mudanças climáticas, pois segundo Ometto (1981) estes parâmetros exercem influência sobre todos os estágios da cadeia de produção agrícola e industrial, influenciando desde a preparação do terreno a ser plantado até comercialização.

A preocupação com as adversidades do tempo e do clima remonta ao início da existência do homem, quando as forças naturais eram consideradas manifestações divinas. Com a evolução da humanidade, surgiram diversas correntes de pensamento sobre a relação homem-natureza, principalmente sobre o planejamento das atividades agrícolas diante das adversidades climáticas (VOLPATO et al., 2008).

As condições meteorológicas afetam todas as etapas das atividades agrícolas e, adversidades no clima, levam constantemente a graves impactos sociais e a enorme prejuízos econômicos, muitas vezes difíceis de serem quantificados. Como as condições adversas do tempo são frequentes e muitas vezes difíceis de serem quantificadas, a agricultura constitui-se em atividade de grande risco (PEREIRA et al, 2002). É nesse sentido que o monitoramento do clima e a previsão do tempo vêm ganhando cada vez mais espaço nas tomadas de decisões do agronegócio.

A agrometeorologia é considerada o estudo das condições atmosféricas e suas consequências no ambiente rural. Tem sua principal aplicação no planejamento e na tomada de decisões em uma propriedade agrícola, seja na produção animal ou vegetal, sendo ferramenta indispensável no processo produtivo rural (VIEIRA & PICULLI, 2009).

A agrometeorologia tem se tornado uma ciência cada vez mais ligada às atividades agropecuárias, influenciando na escolha de variedades adaptadas, melhores épocas de plantio e/ou de poda (PEDRO JÚNIOR et al, 1993; LEÃO & SILVA, 2003), caracterização térmica ou graus-dia (PEDRO JÚNIOR et al, 1994; LEÃO & SILVA, 2003), previsão de safras (produtividade), previsão de épocas de colheita (PEDRO JÚNIOR et al., 1994), épocas favoráveis para pulverizações, manejo da irrigação, dentre outros. Uma atividade que, atualmente, vem se destacando é a geração de sistemas de alerta climáticos para doenças de plantas e necessidades hídricas das culturas.

Segundo Carlesso et al. (2007), as informações agrometeorológicas oferecem subsídios e alternativas para o desenvolvimento de práticas sustentáveis para uma

agricultura de melhor qualidade e lucratividade, oferecendo menores riscos, custos e impactos negativos ao ambiente. As informações permitem definir o momento e a dimensão da área de preparação do solo, data de semeadura, grupo de maturação de cultivares, planejamento e dimensionamento do parque de máquinas, momento e quantidade de água a ser irrigada, além de definições de aplicação e dosagem de produtos fitossanitários para controle de pragas e doenças.

A meteorologia agrícola é uma combinação de ciências físicas e biológicas e de fato forma uma valiosa ligação entre elas (MOTA,1977). Na figura 2.1 pode-se perceber as mais diversas ciências que estão relacionadas com a agrometeorologia.

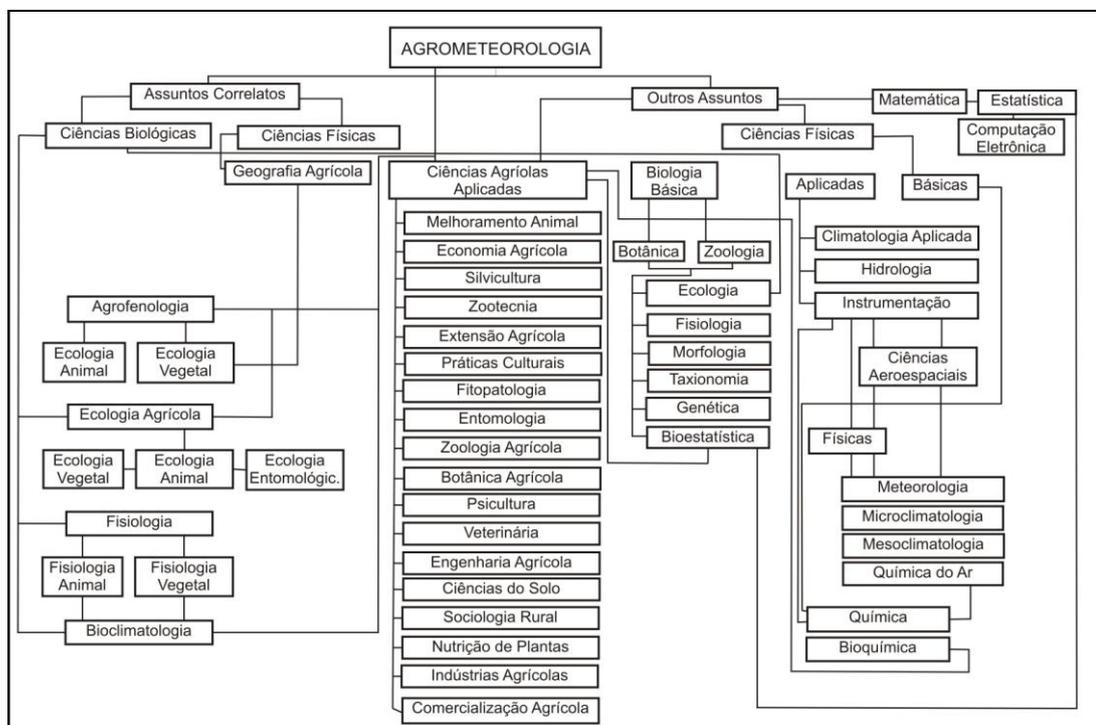


FIGURA 2.1 – Agrometeorologia e as ciências relacionadas. FONTE: MOTA (1997).

O Brasil tem como base econômica a agricultura e, para minimizar os efeitos providos pelo clima e aumentar a produção, utiliza-se diagnósticos e prognósticos da atmosfera, sendo estas, informações coletadas por estações agrometeorológicas instaladas em várias regiões. Estas seguem as recomendações OMM (Organização Meteorológica Mundial), criado em 1950 com finalidade de coordenar atividades meteorológicas de caráter operacional (CUNHA & MARTINS, 2004).

Recente pesquisa realizada por Caramori et al. (2002) permitiu caracterizar a situação atual da agrometeorologia operacional no Brasil, evidenciando o avanço ocorrido em alguns estados, com destaque para os três estados do Sul, além de São Paulo, Goiás e Ceará. Mesmo nesses estados, ainda há necessidade de ampliar e melhorar os sistemas existentes. O Rio de Janeiro e o Rio Grande do Sul têm planos de automatização das suas redes. Nos demais estados constatam-se somente alguns esforços isolados, havendo necessidade de investimentos na montagem de redes de estações automáticas e formação de equipes para geração de produtos adequados para a agricultura. Estados como Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia e Espírito Santo, que contribuem com uma parcela expressiva da produção agrícola brasileira, devem ter um tratamento prioritário. É necessário também contar com uma política de manutenção das equipes de pesquisa e suporte, para evitar que as instituições sejam forçadas a desativar estações e perder séries históricas valiosas, como vem ocorrendo em alguns locais. Existe uma tendência crescente das cooperativas agrícolas realizarem investimentos em coleta de dados meteorológicos nas suas respectivas áreas de atuação, visando auxiliar a tomada de decisão dentro do enfoque de agricultura de precisão. Fica evidente que os exemplos estaduais e regionais de agrometeorologia operacional são os mais bem sucedidos, devido ao melhor conhecimento da realidade da agricultura e melhor inserção no meio agrícola.

A agrometeorologia brasileira passou por um processo intenso de formação de pessoal e organização de equipes de ensino e pesquisa nos últimos anos, com resultados de grande impacto para as comunidades científica e rural. Paralelamente ao desenvolvimento de pessoal, os novos avanços tecnológicos na área de instrumentação que resultaram em sensores de rápida resposta, utilizados nas estações automáticas com transmissão de dados em tempo real, juntamente com novos computadores e *softwares* de processamento e banco de dados, permitiram ampliar a capacidade de aquisição e processamento das informações visando à geração de produtos para auxiliar a tomada de decisão na agricultura. Na fase em que se encontra a agricultura brasileira, em que a exploração agrícola passa por um processo acelerado de profissionalização, é cada vez mais crescente a busca de informações relacionadas ao tempo, clima e produtos agrometeorológicos para auxiliar a tomada de decisão. Com a difusão do acesso à internet no meio agrícola, a demanda por produtos agrometeorológicos deverá crescer rapidamente, abrindo

espaço para a geração desses produtos por parte de órgãos governamentais e privados (CARAMORI et al., 2002).

A região Sul do Brasil tem uma economia basicamente dependente da agricultura e, deste modo, existe uma estreita ligação entre as alterações climáticas e o ciclo de vida de determinadas culturas. Alterações drásticas no regime de chuvas podem provocar danos muitas vezes irreversíveis durante uma safra, causando desta maneira não só a escassez de alimentos, mas também alterações na economia local (FERRAZ et al. 2006).

O clima do Rio Grande do Sul é temperado do tipo subtropical, classificado como mesotérmico úmido. Devido à sua posição geográfica, entre os paralelos 27°03'42" e 33°45'09" latitude sul, e 49°42'41" e 57°40'57" longitude oeste, apresenta grandes diferenças em relação ao restantes dos estados do Brasil. A latitude reforça as influências das massas de ar oriundas da região polar e da área tropical continental e Atlântica. As movimentações e os encontros destas massas definem muitas das características climáticas do Estado (SEPLA-RS, 2009).

Ainda segundo a SEPLA-RS (2009), o Estado apresenta uma distribuição relativamente equilibrada das chuvas ao longo do ano. Na Figura 2.2, pode-se observar a distribuição e variação da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul.

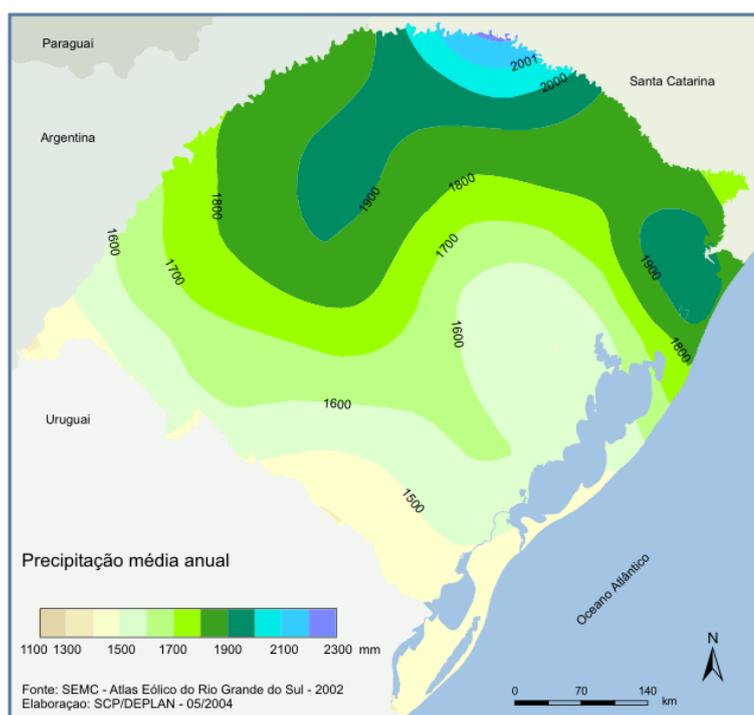


FIGURA 2.2 – Distribuição e variação da precipitação média anual até 2002 do Rio Grande do Sul.

O volume de chuvas é diferenciado, ao sul a precipitação média anual situa-se entre 1.299mm e 1500mm e, ao norte a média anual está entre 1.500 e 1800mm, com intensidade maior de chuvas à nordeste do Estado, especialmente na encosta do planalto, local com maior precipitação no Rio Grande do Sul.

Conforme a Secretaria Estadual de Planejamento (2009), as temperaturas apresentam grandes variações sazonais, conforme pode ser observado na Figura 2.3.

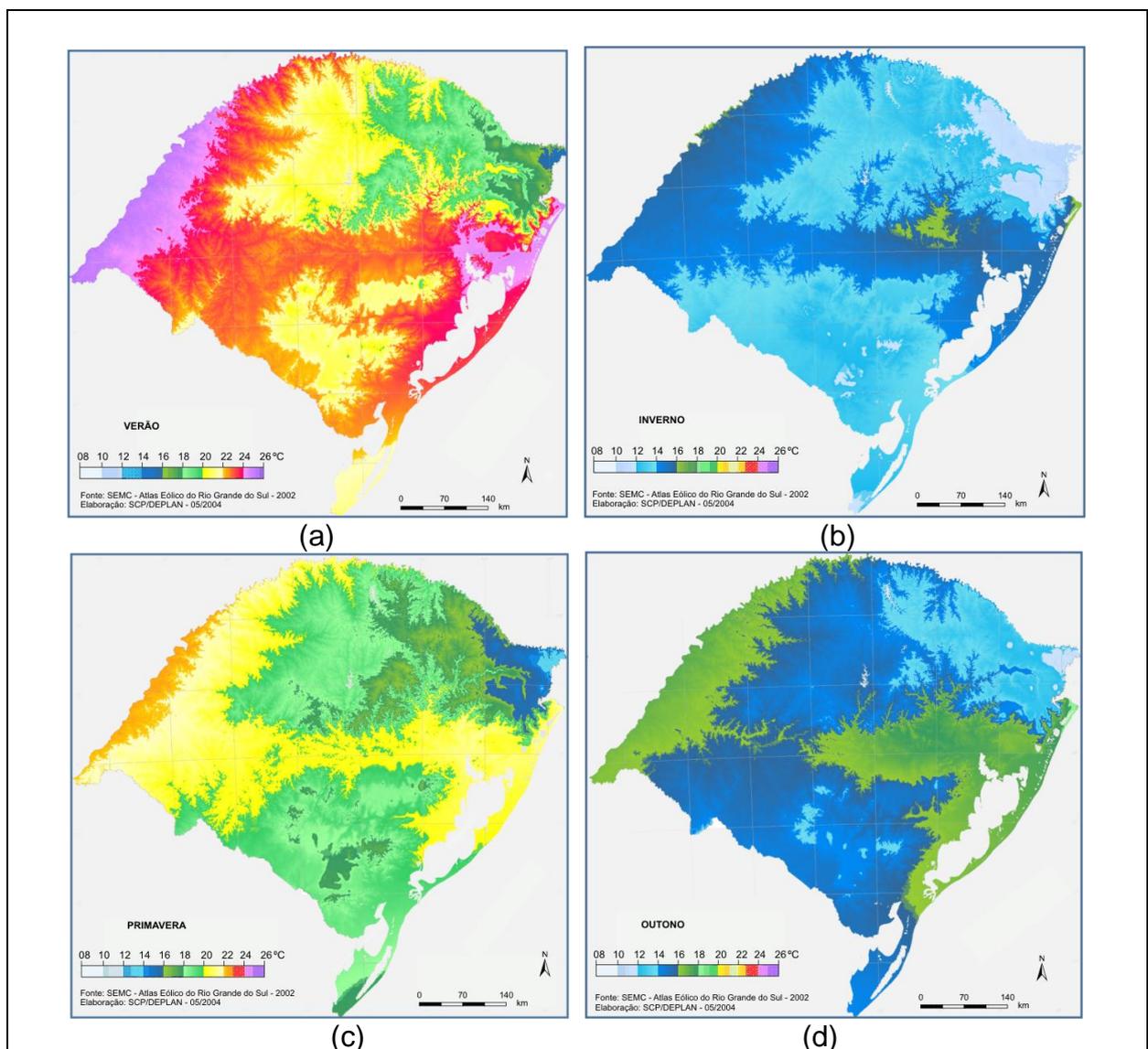


FIGURA 2.3 – Variação sazonal da temperatura no (a) verão, (b) inverno, (c) primavera e (d) outono, no Rio Grande do Sul, até o ano de 2002.

O Estado apresenta verões quentes e invernos bastante rigorosos, até com a ocorrência de geada e precipitação eventual de neve. As temperaturas médias variam entre 15°C e 18°C, com mínima de até -10°C e máximas de 40°C (SEPLARS, 2009).

2.2 Estações Meteorológicas

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) é o órgão especializado das Nações Unidas que tem como objetivo coordenar, normalizar e melhorar, os serviços de meteorologia em benefício das diversas atividades humanas (MOTA, 1977).

Para a implantação de uma estação meteorológica deve-se seguir parâmetros pré determinados pelo OMM, evitando relevo acidentado, mantendo os sensores em uma área bem exposta, evitar proximidade de maciços ou florestas (árvores e construções em geral), que possam projetar sombra na área da estação ou interferir nas condições atmosféricas locais (TUBELLIS & NASCIMENTO, 1992). Deve-se instalar o tripé com os sensores encima de uma base de concreto, geralmente de um metro quadrado, possibilitando um fácil acesso a mesma, evitando modificações posicionais. Ao redor deve-se manter limpo e preferencialmente com grama sempre aparada, com intuito de minimizar influencias externas que possam vir a interferir a veracidade dos dados coletados pelo aparelho

As estações meteorológicas podem ser convencionais ou automáticas. Nas convencionais é necessária a presença de um observador para fazer a leitura dos dados nos aparelhos. Este observador deve ser uma pessoa capaz e responsável para que os dados sejam confiáveis. Nas automáticas os dados são enviados eletronicamente para uma central de processamento (SOARES e BATISTA, 2004).

2.2.1 Estações Meteorológicas Convencional

A estação meteorológica convencional para fins florestais deve ter uma área mínima de 4x5m, cercada com tela de arame de 1,2m de altura, com a dimensão

maior no sentido norte-sul. O piso da estação, por convenção internacional, deve ser coberto com grama, mantida sempre verde e aparada. Os aparelhos indispensáveis são o pluviômetro, termômetro de máxima e mínima e o anemômetro (CARLESSO et al., 2007).

Ainda segundo Carlesso et al (2007), a estação convencional deve ter obrigatoriamente um abrigo meteorológico, feito de madeira, com laterais de venezianas e piso vazado. Dentro do abrigo ficam o psicrômetro, os termômetros e, se for o caso, termo-higrógrafo. A porta do abrigo deve abrir para o sul e o piso deve ficar 1,2 m de altura em relação do solo.

2.2.2 Estações Meteorológicas Automáticas

Uma estação meteorológica automática pode servir para diferentes propósitos, desde medidas simples de temperatura e umidade do ar para o monitoramento do tempo, como estações completas, para medidas de evapotranspiração de referência (ET_o). Quando o propósito for a estimativa da ET_o para fins de irrigação, a localização das estações deve seguir os mesmos princípios recomendados pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia) para estações convencionais. De uma maneira geral, a localização de uma estação meteorológica automática obedece às mesmas normas utilizadas para a instalação de estações convencionais. Por suas características de mobilidade, as estações meteorológicas automáticas podem ser colocadas em qualquer lugar onde tenha fornecimento de energia elétrica, quando as mesmas não estiverem acompanhadas de painel solar. O painel solar alimenta uma bateria recarregável, para energizar os sensores também no período noturno e em dias nublados (CARLESSO et al., 2007).

As estações automáticas ou ponto de coleta de dados (PCDs) geralmente são instaladas em locais remotos, muitas vezes de difícil acesso o que exige que os sensores que a compõem possuam boa confiabilidade reduzindo assim o número e o custo das visitas de manutenção corretivas e preventivas necessárias para garantir o fornecimento contínuo de dados (MAGINA, 2007).

A Figura 2.4, demonstra alguns exemplos instalações de estações meteorológicas automáticas do Instituto Nacional de Meteorológica.

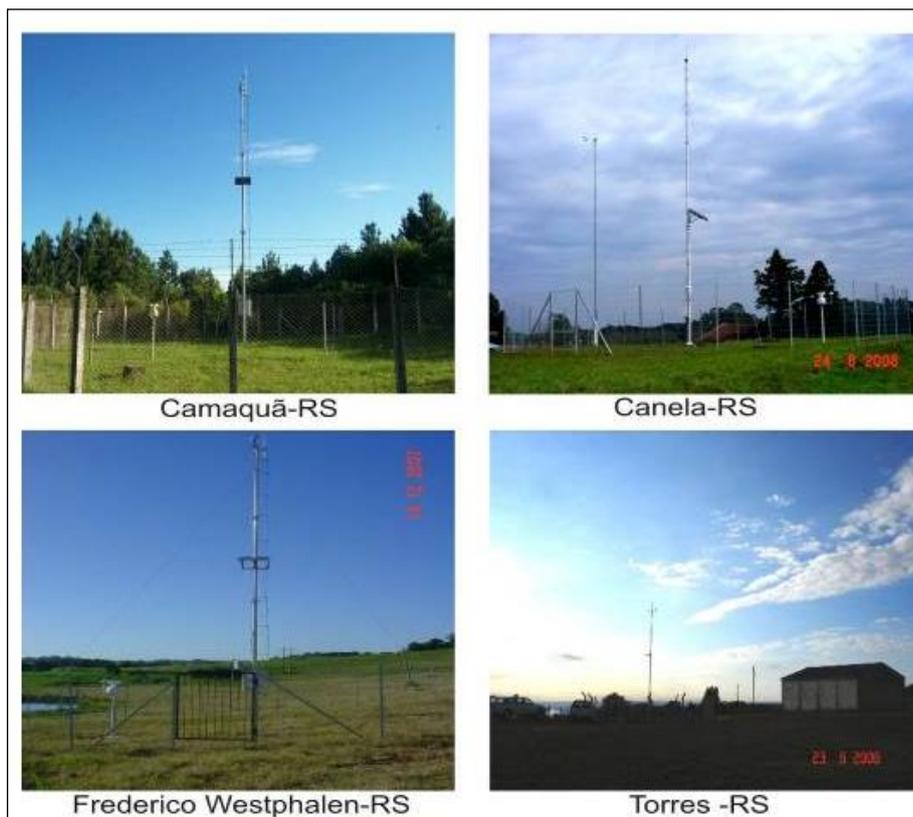


FIGURA 2.4 - Algumas estações meteorológica do INMET localizadas nas cidades do RS.

As vantagens de uma estação automática são: não necessitar de um observador e proporcionar informações contínuas, isto é, pode-se dispor dos dados meteorológicos a qualquer hora que se necessitar, bastando para isto programar o intervalo desejado entre as leituras. As desvantagens são o maior custo inicial e a necessidade mais freqüente de manutenção, pois os sensores necessitam de calibração periódica (SOARES & BATISTA, 2004).

2.3 Coleta de Dados Meteorológicos

Com o advento da era digital, as técnicas de coleta, processamento e análise de dados meteorológicos evoluíram rapidamente. O avanço da tecnologia da informação e o aporte das geotecnologias permitem inferências e processamento de um maior número de informações meteorológicas globais, regionais e locais, facilitando o sucesso do planejamento agrícola (VOLPATO et al., 2008).

Diante da tendência mundial de modernização da coleta dos dados, as Estações Meteorológicas Convencionais (EMC) com sua longa série de dados, estão sendo substituídas por Estações Meteorológicas Automáticas (EMA). Estas, pela facilidade de obtenção de dados em tempo real e de transmissão de dados sem a intervenção humana facilitam o monitoramento do tempo e a tomada de decisões nas mais diversas atividades humanas (RAMOS et al., 2007).

2.3.1 Instituto Nacional de Meteorologia

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) é um órgão federal criado em 1909 e subordinado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento que responde pelo registro e pelo tratamento dos dados meteorológicos e climatológicos do Brasil. Segundo a própria Instituição (2009), seu principal objetivo é gerar informações meteorológicas confiáveis à sociedade brasileira e influir construtivamente no processo de tomada de decisão, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do País, através do monitoramento, análise e previsão do tempo e do clima, fundamentados em pesquisa aplicada, no trabalho em parceria e no compartilhamento do conhecimento, com ênfase em resultados práticos e confiáveis.

O INMET possui mais de 400 estações meteorológicas de superfície distribuídas pelo Brasil, organizadas em 10 distritos regionais. Os dados são remetidos para Brasília, onde são digitalizados e armazenados em banco de dados próprio. O INMET gera os seguintes produtos e serviços: previsão do tempo diária para regiões, capitais e algumas das principais cidades do Brasil; avisos especiais sobre condições excepcionais do tempo; boletim agroclimatológico mensal e decenal, mediante assinatura do usuário, contendo mapas temáticos de precipitação, temperatura média, temperatura máxima, temperatura mínima, desvio da temperatura, evapotranspiração, déficit e excesso hídrico e desvio da precipitação; prognóstico climático trimestral; balanço hídrico. (CARAMORI et al., 2002).

As estações meteorológicas de superfície automática são compostas de uma unidade de memória central (“data logger”), ligada a vários sensores dos parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar,

precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc), que integra os valores observados minuto a minuto e os automaticamente a cada hora (INMET, 2009).

No Brasil a rede INMET é a maior rede de estações meteorológicas fazendo acompanhamento das informações climatológicas há mais de 50 anos. Mas não é a única existente, outros órgãos operacionais que possuem redes de observações de via terrestre, marítima, aérea ou espacial, atuam isoladamente, ou no sistema de cooperação, visando aumentar o conhecimento atmosférico, podendo ser realizadas previsões mais precisas, predisposta em tempo real (FIORESE et al., 2009).

2.3.2 Rede de Estações meteorológicas do Rio Grande do Sul

A rede de rede de estações automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no Rio Grande do Sul está localizada em 33 cidades, distribuídas conforme mostra a figura 2.5.

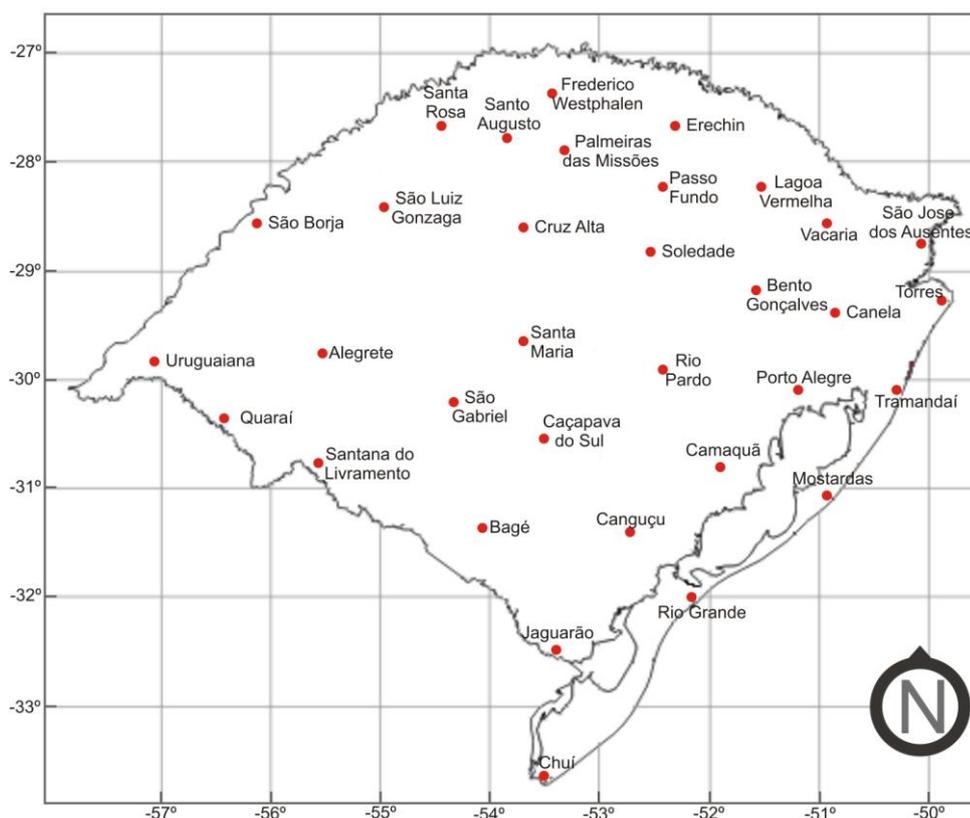


FIGURA 2.5 – Distribuição espacial das estações meteorológicas do INMET no Estado do Rio Grande do Sul.

Na Figura 2.5, pode-se notar a distância entre as estações e as áreas do Estado que não possuem cobertura de informações de dados meteorológicos.

Além do INMET, outras instituições públicas também são mantenedoras de redes de estações e geradoras de produtos agrometeorológicos. A Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Sul (FEPAGRO) também mantém estações meteorológicas em diversos pontos do Estado (CARLESSO et al., 2007).

Ainda conforme Carlesso et al. (2007), o departamento de Engenharia Rural da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), implantou uma rede de estações meteorológicas automáticas, constituída por 68 plataformas de coleta de dados nos Estados do Rio grande do Sul, Goiás, Distrito Federal, Minas Gerais, São Paulo, Bahia, Maranhão, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, além da República Oriental do Uruguai.

2.4 Geoestatística

O estudo da variabilidade espacial e temporal de uma variável de interesse pode ser feito através de técnica denominada geoestatística, que juntamente com a estatística clássica formam um par de ferramentas de extraordinária importância agrônômica, decorrente das inúmeras respostas dadas às mais variadas questões existentes que, até então, eram ignoradas (CARVALHO et al., 2003).

Pode-se definir geoestatística como modelos e métodos para os dados observados em um conjunto discreto de posições, de tal forma que o valor observado é estatisticamente relacionado com o valor amostrado dentro da região espacial. (SMITH et al., 2007).

A geoestatística está associada a uma classe de técnicas utilizadas para analisar e inferir valores de uma variável distribuída no espaço ou no tempo, transformando dados discretos em contínuos. Ela vem apresentando aplicação crescente na avaliação da variabilidade espacial de parâmetros de interesse em ciências agrárias, permitindo o mapeamento, a quantificação e a modelagem de fenômenos contínuos, através da interpolação dos pontos mostrados no solo (VIEIRA, 1997; SOUZA et al., 1998).

Inicialmente, a geoestatística foi utilizada na resolução de problemas de geologia e mineração. Trata-se da utilização de técnicas específicas, desenvolvidas na Escola de Minas de Paris (Matheron, 1962-1963). Para tanto, o autor foi bastante auxiliado pelos trabalhos estatísticos da escola sul-africana realizados em minas de ouro e urânio, que forneceram uma extensa gama de conhecimentos experimentais.

Dentre os estudos pioneiros que utilizaram a geoestatística na agrometeorologia podem-se citar Assad et al. (1993), que utilizaram a geoestatística para estudar a frequência e a probabilidade de ocorrência de veranicos na região dos Cerrados brasileiros, e Pellegrino et al. (1998), que utilizaram a geoestatística para gerar mapas de temperatura do ar, água disponível no solo e outras variáveis ambientais para o estado de São Paulo. A partir desses trabalhos, iniciou-se a disponibilização de dados agrometeorológicos espacializados na rede mundial de computadores (VOLPATO et al., 2008)

Avanços tecnológicos na agropecuária têm mostrado a importância de se medir a variação espacial e temporal de propriedades que afetam o rendimento das culturas, com o objetivo de otimizar o aproveitamento de recursos e diminuir custos.(CARVALHO et al., 2003).

2.4.1 Interpoladores Espaciais

A interpolação é uma técnica utilizada para a estimativa do valor de um atributo em locais não amostrados, a partir de pontos amostrados na mesma área ou região. A interpolação espacial converte dados de observações pontuais em campos contínuos, produzindo padrões espaciais que podem ser comparados com outras entidades espaciais contínuas. O raciocínio que está na base da interpolação é que, em média, os valores do atributo tendem a ser similares em locais mais próximos do que em locais mais afastados. Esse conceito também fundamenta a base das relações espaciais entre fenômenos geográficos, utilizando a correlação espacial como meio de diferença dos atributos estimados (CÂMARA & MEDEIROS, 1998).

Partindo-se de uma visão ampla e geral, o conceito que norteia a base teórica da interpolação espacial é a similaridade. Nessa linha de raciocínio, os valores de pontos próximos no espaço têm maior probabilidade de serem parecidos do que os

pontos que estão mais afastados. A interpolação espacial, portanto, assume que os atributos dos dados são contínuos e espacialmente dependentes. Estas considerações permitem o desenvolvimento dos métodos de interpolação espacial (IESCHECK, 2007).

Vários trabalhos têm utilizado métodos de interpolação espacial para estimativas de variáveis ou parâmetros geograficamente distribuídos, no entanto, muitos não têm se atentado para a necessidade de definir qual o melhor método de interpolação, não existindo até o momento, evidências que um método qualquer seja o melhor para diversas condições. Em estudos que utilizam a espacialização das informações, torna-se importante determinar o melhor método de interpolação para cada circunstância (LENNON & TUNNER, 1995), o que é realizado através da avaliação do desempenho dos interpoladores para as variáveis estudadas.

Segundo Ian & Wein (1998), quando citado por Amorim et al. (2003), as informações climatológicas para locais específicos são usualmente requeridas para a realização de simulações de diversos processos, mas estas informações não estão disponíveis para todas as localidades. Para suprir esta carência de dados, o uso de dados de estações climatológicas próximas pode ser realizado, onde se faz a interpolação espacial das variáveis climatológicas para gerar dados para um local específico ou para uma série de locais.

2.4.2 Inverso da Potência da Distância

A ponderação do inverso das distâncias (IPD) implementa explicitamente o pressuposto de que as coisas mais próximas entre si são mais parecidas do que as mais distantes. Para predizer um valor para algum local não medido, o IPD usa os valores amostrados à sua volta, que terão um maior peso do que os valores mais distantes, ou seja, cada ponto possui uma influência no novo ponto, que diminui na medida em que a distância aumenta (JAKOB & YOUNG, 2006).

O método do inverso da potência da distância estima a variável de interesse atribuindo maior peso a pontos mais próximos, é a técnica de interpolação mais simples. O método IPD é uma ferramenta de análise espacial que assume que cada amostra de ponto tem influência local que diminui com a distância. O uso do

interpolador IPD é recomendado quando a variável a ser mapeada diminui com a distância na localização amostrada (WEI & MCGUINNESS, 1973).

Segundo Mazzini & Schettini (2009), este método pode ser classificado tanto como um interpolador exato ou como suavizante, faz com que os pesos dos dados sejam avaliados durante o processo de interpolação, tal que a influência de cada ponto é inversamente proporcional à distância do nó da malha.

Vários trabalhos já foram desenvolvidos, utilizando dados climatológicos e a interpolação pelo método do inverso da potência da distância, onde pode-se citar Silva et al. (1999), Pinto (1999) e Assad et al. (1994) que sugerem trabalhar com métodos que determinam uma média ponderada dos parâmetros da equação de chuvas intensas pelo inverso da distância, geralmente com o quadrado da distância, obtendo-se, desta forma, uma equação de chuvas intensas para locais desprovidos de dados pluviométricos, utilizando dados de estações meteorológicas adjacentes.

2.5 Aplicativos Web

O interesse dos programadores pelo desenvolvimento para a internet já atinge um nível muito alto desde que o uso da *web* se popularizou. Isso ocorre, em grande parte, pela complexidade desses sistemas e pelo envolvimento cada vez maior de tecnologias variadas (LOBO, 2007).

O *WebService* é uma tecnologia que diz respeito a padrões de implementação de softwares distribuídos, fazendo com que aplicações consigam compartilhar facilmente informações diferentes. Segundo Ferreira (2002) os *WebServices* são componentes de desenvolvimento de aplicativos, baseados em códigos fontes abertos, que oferecem sistemas e informações pela Internet e que rodam em qualquer dispositivo de forma dinâmica, ou seja, tem como sua principal característica a interoperabilidade, possuindo a capacidade de integrar aplicações e programas distintos, inclusive quando estes mesmos são criados utilizando linguagem ou plataformas diferentes.

Os desenvolvedores de softwares e do mercado corporativo têm dado bastante atenção a *WebService*, com o advento da utilização de serviços distribuídos e disponibilizados em rede, seja ela uma local ou mundial. Com o seu

uso, é possível atualmente a concepção de um sistema que agregue serviços disponibilizados em outras máquinas e servidores numa única aplicação para o usuário final (MELO & NASCIMENTO, 2007).

A evolução das tecnologias de telecomunicação teve um impacto fundamental no aparecimento de novas plataformas e, conseqüentemente, a necessidades da disponibilidade de informações. Pretende-se que a informação seja disponibilizada a qualquer hora, em qualquer lugar e para qualquer plataforma. A portabilidade da informação passa a ser um requisito essencial no âmbito da sua distribuição através da Internet (ARAUJO & ROCHA, 2004).

A mobilidade associada a informações de localização permite selecionar a informação a ser disponibilizada, de forma que o conteúdo retornado seja filtrado de acordo com a posição geográfica do usuário. O uso da tecnologia *WebServices* na disponibilização de soluções visa atender estes requisitos, uma vez que ela permite que sistemas executados em diferentes ambientes se comuniquem (ARSANJANI et al., 2003).

Com o avanço da tecnologia e da capacidade de armazenagem e processamento dos sistemas computacionais, diversos modelos e técnicas quantitativas de previsão têm sido pesquisados, complementando e aprimorando as análises qualitativas por uma série de fatores, incluindo maior precisão (HARDIE et al., 1998).

O mais interessante, é que os sistemas não precisam ser desenvolvidos na mesma linguagem, nem estarem sob a mesma plataforma ou sistema operacional. Apenas as mensagens são trocadas entre eles e que seguem com um formato padrão, que é codificado e decodificado em ambos os lados (MELO & NASCIMENTO, 2007).

2.5.1 Linguagem De Programação PHP, HTML e Javascript

2.5.1.1 Linguagem de programação PHP

A linguagem Hypertext PreProcessor (PHP) foi desenvolvida em 1994 por Rasmus Lerdorf. As primeiras versões não foram disponibilizadas, sendo a primeira utilizada por outra pessoa foi em 1995. Era composto por um sistema bastante

simples que interpretava alguns macros e utilitários que rodavam por trás das homepages. Em 1997 deixou de ser um projeto, e passou a receber contribuições de outras pessoas para ter uma equipe de desenvolvimento mais organizada (MUTO, 2006).

A linguagem PHP vem evoluindo ao longo de mais de dez anos, tornando-se cada vez mais estável e acessível. A partir da versão 5, pode-se utilizar recursos da orientação a objetos e com isso temos uma aplicação mais estável e robusta (SCHMITZ, 2009).

É uma linguagem de programação baseada na linguagem C que é processada no servidor, ou seja, aquela que é executada no servidor *web* antes da página ser enviada através da internet ao cliente. As páginas que executam no servidor podem realizar acessos a banco de dados, conexões de rede, e outras tarefas para criar a página final que será vista pelo cliente (ALVAREZ, 2009).

A diferença de PHP com relação a linguagens semelhantes à Javascript é que o código PHP é executado no servidor, sendo enviado para o cliente apenas HTML puro (ROCHA, 2008).

Na figura 2.6, pode-se observar o processamento realizado por um aplicativo *web* desenvolvido na linguagem de programação PHP.

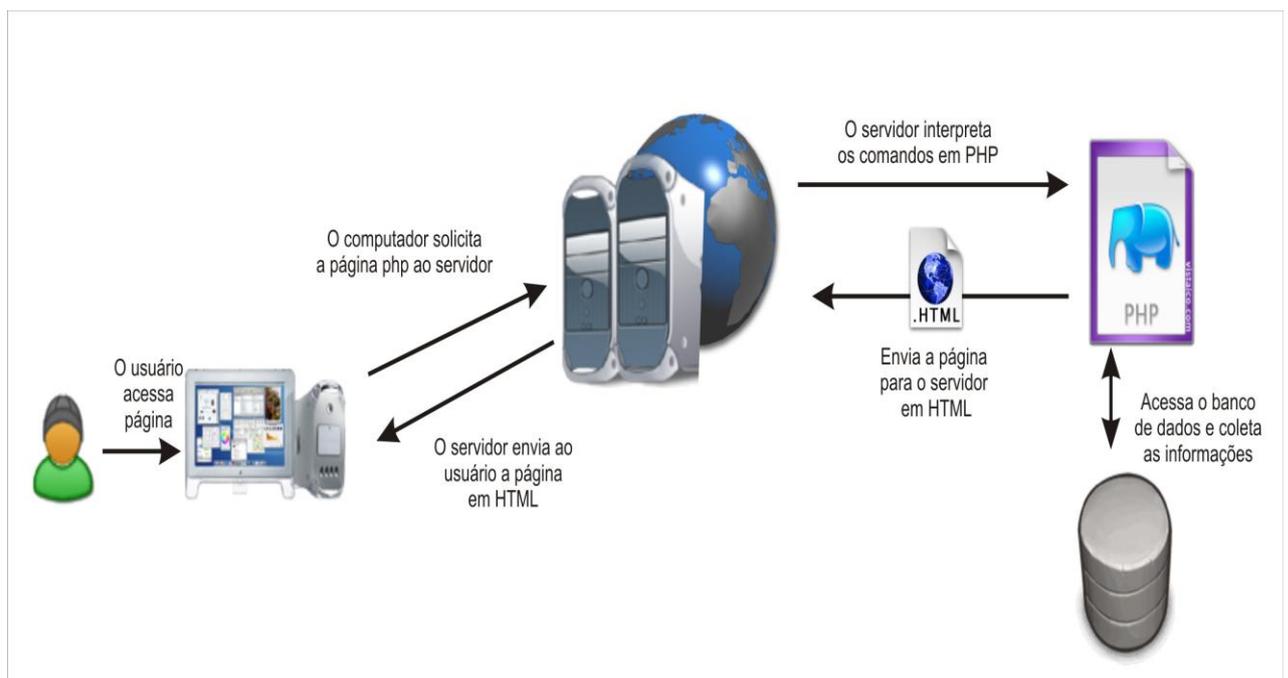


FIGURA 2.6 – Diagrama de funcionamento da linguagem de programação PHP.

Esses endereços eletrônicos permitem uma interação com o usuário mediante formulários, parâmetros de localizador padrão de recursos (URL), conexões (links), entre outros, e que retornam páginas criadas em tempo real. O PHP pode ser utilizado na maioria dos sistemas operacionais, como Linux, variantes Unix (Solaris OpenBSD) e Microsoft Windows. Ele também é suportado pela maioria dos servidores *Web* atuais, incluindo Apache, Microsoft Information Server (IIS), Personal *Web* Server e muitos outros (MORAZ,2005).

Possivelmente a mais forte e mais significativa característica do PHP seja seu suporte a uma ampla variedade de sistemas de gerenciamento de bancos de dados (PHP GROUP, 2009), além de possuir capacidade de extensibilidade e oferecer aos usuários finais uma infra-estrutura sólida para diversos bancos de dados e protocolos. Outra característica chave do PHP é o suporte, a sintaxe para orientação a objetos que é bem mais consistente, melhorando assim o desempenho e o desenvolvimento de aplicações complexas.

Conforme Meloni (2000), o PHP é uma linguagem flexível, rápida e simples em seus requerimentos e poderoso em suas saídas. Dessa forma, com o PHP, tem a liberdade de escolher o sistema operacional e o servidor *Web* que desejar utilizar ou programação orientada a objetos (POO), ou ainda, uma mistura de ambas. Mesmo sem todos os recursos da POO, muitas bibliotecas de código e grandes aplicações são escritas somente nesse tipo de código (DALL'OGGIO, 2009).

Segundo Maziero (2001), o PHP oferece soluções simples para a construção de *sites* dinâmicos e usa em seu conceito várias características importantes, tais como, compatibilidade multi-plataformas, suporte a banco de dados, linguagem simples e interface com formulários. Juntamente com o PHP deve ser usado o HTML (*Hypertext Markup Language* - Linguagem de Marcação de Hipertexto), que não é nada mais do que textos escritos com marcas da linguagem (códigos indicando ao *browser* o que deve ser realizado).

Centenas de servidores em todo o mundo têm acesso ao PHP, garantindo que a sua aplicação possa ser utilizada na maioria deles. Com isso, pode-se desenvolver a aplicação *web* com segurança, e após o término do desenvolvimento, pode-se transferi-la para a internet sem problemas. (SCHMITZ, 2009). Conforme Dall'Oglio (2009), é a linguagem mais amplamente empregada nas aplicações *web* da atualidade.

2.5.1.2 Linguagem de programação HTML

O *Hypertext Markup Language (HTML)* foi desenvolvido em 1992 por Tim Berners Lee e Robert Caillau no CERN, correspondendo a uma complementação de SGML (*Standard Generalized Markup Language*). Originalmente o HTML definia estritamente a estrutura lógica de um documento, e não a sua aparência física. Mas com a pressão dos utilizadores, as versões posteriores do HTML foram forçadas a fornecer cada vez mais controles da aparência do documento (COSTA, 2007).

A linguagem HTML é considerada o padrão da *web* para armazenamento e distribuição de documentos eletrônicos, na forma de hipermídia. O HTML pode ser definido como um formato de texto com marcações (tags) utilizado para apresentar conteúdo num navegador. Uma vez que é uma linguagem bastante simples, com apenas alguns “comandos”, o HTML rapidamente tornou-se o mais popular para apresentar documentos formatados (RODRIGUES, 2007).

O HTML destaca-se entre as demais linguagens existentes no mercado pela sua ampla facilidade de manipular e estruturar páginas *Web*. Além disso, foi o primeiro código que surgiu para a programação de páginas *web* e aplicações para a internet. Apesar da aparência sofisticada, as páginas produzidas em HTML não passam de documentos de texto simples, que podem ser produzidos usando somente em um editor, como o Bloco de notas do Windows (BHON, 2004).

Com a linguagem HTML pode-se escrever e programar aplicativos acessíveis por qualquer computador independente de sua arquitetura ou sistema operacional. Além disso, o HTML pode ser facilmente associado a outras linguagens de programação preparadas para produção de *scripts* mais complexos, como o PHP (BOULIC, 2001).

Devido às limitações do HTML1.0, muitas extensões foram criadas nos últimos anos. Além das extensões do HTML, em si, um conjunto considerável de tecnologias foi criado para dar apoio às aplicações *web* tal como Javascript, Java, CGI, ASP, JSP, PHP, XML, CSS, dentre outras (RODRIGUES, 2007).

2.5.1.3 Linguagem de programação *Javascript*

O JavaScript surgiu com o nome de LiveScript, uma linguagem de criação de scripts elaborada especificamente para a Netscape Navigator. A Netscape, em conjunto com a Sun, mudou o nome para JavaScript. Atualmente, o JavaScript, é uma linguagem de programação orientada a objetos (KAUFMAN et al., 1997).

JavaScript é uma linguagem de *script* usada para criar páginas *WEB* interativas. Esta linguagem está, como em PHP, embutida dentro de códigos HTML, porém atua de uma forma diferente. A linguagem HTML serve para traduzir ao *browser* todos os componentes de uma página, como caixas de texto, botões, estilos de fonte, etc. (VANDER, 2005).

Ainda segundo Vander (2005), a linguagem JavaScript trata esses componentes interativamente dependendo de ações de usuários. Nesta linguagem é usado o paradigma de orientação a objetos, sendo que cada um dos componentes supracitados são tratados como objetos. Pode-se, portanto, utilizar métodos para alterar esses objetos ou criar eventos de acordo com sua situação, como por exemplo, ao ser acionado um botão da página.

2.5.2 Banco de Dados

Apesar de o termo “banco de dado” parecer um tanto quanto técnico para a maioria das pessoas, trata-se de um conceito amplamente conhecido e empregado por quase toda a população mundial. De fato, a grande maioria das pessoas hoje tem acesso a equipamentos, cujas funções, são de armazenamento de informações (FERRARI, 2007).

Tudo isso remete ao conceito de banco de dados, ou seja, um local no qual é possível armazenar informações, para consulta ou utilização, quando necessário, independente do aplicativo que se deseja usar para o armazenamento e manipulação das informações, todos os bancos de dados são constituídos por três elementos básicos: campos, registros e tabelas (FERRARI, 2007).

O banco de dados, segundo Guimarães (2001), é um recurso valioso que tem

levado ao desenvolvimento de uma enorme gama de conceitos e técnicas para o eficiente gerenciamento de informações.

Banco de dados nada mais é que um conjunto de dados integrados, que tem por objetivo atender a uma comunidade de usuários (HEUSER, 2000). Neste sistema protótipo, a ferramenta de banco de dados usada é o MySQL, por ser uma ferramenta de caráter livre, de fácil aprendizado, prática e ao qual o PHP tem suporte.

Através de comandos de programação em PHP, é possível ter acesso a bases de dados no MySQL, sendo permitida a pesquisa dos mesmos e até inserções e deleções de informações nas tabelas, conforme necessário (NIEDERAUER, 2004).

2.5.2.1 Banco de dados relacional

O modelo relacional para gerência de bancos de dados (SGBD) é um modelo de dados baseados em lógicas de predicados e na teoria de conjuntos (FERRARI, 2007).

Historicamente, ele é o sucessor do modelo hierárquico e do modelo em rede. Estas arquiteturas antigas são até utilizadas em alguns Centros de Dados com alto volume de dados, em que a migração é inviabilizada pelo custo que ela demandaria; existem ainda os novos modelos baseados em orientações ao objeto, que, na maior parte das vezes, são encontradas como kits de construção de SGBD, ao invés de um SGBD propriamente dito (FERRARI, 2007).

O modelo relacional foi o primeiro modelo de banco de dados formal. Somente depois, seus antecessores, os bancos de dados hierárquicos e em rede, passaram a ser também descritos em linguagem formal (ELMASRI & NAVATHE, 2005).

O modelo relacional foi inventado pelo Dr. Ted Codd e posteriormente mantido e aprimorado por Chris Date e Hugh Darwen como um modelo geral de dados. No terceiro Manifesto (1995), eles mostraram como o modelo relacional pode ser estendido com características de orientação ao objeto sem comprometer os seus princípios fundamentais (FERRARI, 2007).

A linguagem padrão para os bancos de dados relacionais são apenas vagamente remanescente do modelo matemático. Atualmente ela é adotada, apesar de suas restrições, porque é antiga e muito mais popular que qualquer outra linguagem de banco de dados (NIEDERAUER, 2008).

O modelo relacional permite ao projetista criar um modelo lógico consistente da informação a ser armazenada. Este modelo lógico pode ser refinado através de um processo de normalização. Um banco de dados construído puramente baseado no modelo relacional estará inteiramente normalizado. O plano de acesso, outras implementações e detalhes de operações são tratados pelo sistema DBMS, e não devem ser refletidos no modelo lógico (FERRARI, 2007).

Para Ferreira (2003), o sucesso dos sistemas de banco de dados relacionais pode ser atribuído a vários fatores. O modelo relacional é de fácil compreensão e possui uma fundamentação teórica forte. Além disso, foi adotada a linguagem de consultas padronizadas ANSISQL que é completamente integrada aos sistemas de banco de dados.

Desde o lançamento do System/R da IBM em 1980, os sistemas de banco de dados relacionais vêm dominando o segmento de gerenciamento de dados. Nos dias de hoje há diversos produtos comerciais de banco de dados relacionais tais como IBM DB2, Oracle, Informix, Microsoft Access, Microsoft SQL Server, Borland Interbase, MySQL e PostgreSQL (RODRIGUES, 2007).

2.5.2.2 Structure Query Language - SQL

A structure query language (SQL) é uma linguagem simples, em que facilmente podemos gravar alterar e recuperar informações de um site com segurança e rapidez. Ela foi desenvolvida pelo Departamento de Pesquisa da IBM como uma interface para o Sistema de Banco de Dados Relacionais SYSTEM R, no início dos anos 1970. Em 1996, a ANSI (American National Institute) publicou um padrão SQL, que se firmou como a linguagem-padrão para bancos de dados relacionais. A linguagem SQL tem como grande característica a capacidade de gerenciar índices sem controle individualizado de índice corrente, algo muito comum nos sistemas gerenciadores de arquivos (MORAZ, 2005).

Os computadores trabalham executando programas escritos em uma linguagem de programação de programação específicas. As linguagens de programações aos conjuntos de comandos e palavras-chave que devem ser utilizados respeitando regras de composição predefinidas, que constituem a sintaxe (FERRARI, 2007).

No decorrer dos anos, desde o surgimento da informática, foram criadas inúmeras linguagens de programação, cada qual com seus comandos e sintaxe, para tornar mais viável à interação do usuário com o computador (FERRARI, 2007).

No caso do SQL, estamos falando de uma linguagem um pouco diferente, antes de tudo porque pode ser usada exclusivamente para acessar dados em um banco de dados, isto é, trata-se de uma linguagem específica para a manipulação de tabelas de dados. Além disso, o SQL serve para criar rotinas de procedimentos a serem executados pelo computador, e som, para informar quais dados querem manipular. De fato, a finalidade do SQL é acessar dados (NIEDERAUER, 2004).

2.5.2.3 MySQL

O MySQL é um gerenciador de banco de dados multiusuário, que dá ao software a possibilidade de trabalhar em rede com diversos acessos simultâneos, e multitarefas, características que permite repartir a utilização do processador entre várias tarefas, simultaneamente (ULLMAN, 2003).

O MySQL foi originalmente desenvolvido pela empresa sueca TCX, que precisava de um servidor de banco de dados operando com grandes escala de dados, rapidamente e sem exigir caríssimas plataformas de hardware. A TCX opera desde 1996 com 40 bancos de dados, contendo 10.000 tabelas, das quais 500 têm mais de 10 milhões de linhas (MORAZ, 2005).

Comporta um avançado sistema de segurança. Quando nos conectamos a um MySQL Server, normalmente é solicitada uma senha de usuário. Essa informação pode ser lida no momento em que passamos do cliente para o servidor. O ideal e instalar o servidor *Web* com um protocolo de compressão e criptografia. O servidor Apache, por exemplo, já vem com mod_ssh e mod_ssl – isso faz com que a conexão TCP/IP entre cliente e servidor seja uma transação criptografada (MORAZ,

2005).

O MySQL trabalha de uma maneira diferente de outros bancos de dados ele possui o recurso “Tipo de Tabela” ou “Table Handler”. Para Carmo (2009), escolher corretamente o tipo de tabela é importante para que se possa utilizar poder total do MySQL.

O MySQL é um SGBD relacional que utiliza a linguagem padrão SQL e é largamente utilizado em aplicações para rede mundial de computadores (internet) e rede local de computador (intranet). É o mais popular entre os bancos de dados em código-fonte aberto. Há mais de cinco milhões de instalações do MySQL no mundo todo, inclusive sites com alto volume de dados e de tráfego, como Associated Press, Google, NASA e Suzuki (NIEDERAUER, 2008).

Ainda segundo Niederauer (2008), o MySQL é uma alternativa atrativa porque, mesmo possuindo uma tecnologia complexa de banco de dados, seu custo é baixo. Tem como destaque suas características de velocidade, escalabilidade e confiabilidade, o que vem fazendo com que ele seja adotado por departamentos de TI, desenvolvedores *web* e vendedores de pacotes de softwares.

Para a execução deste projeto o *software* MySQL foi definido como repositório de dados porque é um servidor robusto de bancos de dados SQL (Structured Query Language - Linguagem Estruturada de Consultas) muito rápido, multitarefa e multiusuário que pode ser usado em sistemas de produção com alta carga e missão crítica (MYSQL AB, 2009).

Os dados, disponibilizados pelo instituto, podem ser acessados e armazenados em formato de texto (.txt) e posteriormente exportados para atualização dos diferentes bancos de dados ou aplicativos. A figura 3.2 exemplifica a formatação dos dados após armazenamento em extensão .txt.

The screenshot shows a text editor window with the following content:

```

A811,18/04/2009,00,21.2,21.3,20.8,77,80,77 ,17.1,17.4,16.9,963.9,963.9,963.7,6.2,29 ,9.0,-3.54,0.0
A811,18/04/2009,01,21.1,21.5,21.1,74,77,74 ,16.4,17.1,16.4,963.7,963.9,963.6,6.8,25 ,8.9,-3.54,0.0
A811,18/04/2009,02,20.3,21.2,20.2,79,80,74 ,16.5,16.7,16.2,963.3,963.7,963.3,6.4,27 ,9.1,-3.54,0.0
A811,18/04/2009,03,20.4,20.4,20.0,77,79,77 ,16.4,16.5,16.3,963.0,963.3,962.9,7.3,12 ,10.0,-3.54,0.0
A811,18/04/2009,04,20.3,20.5,20.2,76,77,75 ,15.8,16.3,15.8,962.8,963.0,962.7,7.3,5 ,10.0,-3.54,0.0
A811,18/04/2009,05,20.1,20.4,19.9,74,77,74 ,15.4,15.8,15.4,962.7,962.9,962.7,6.8,359 ,9.8,-3.54,0.0
A811,18/04/2009,06,20.1,20.3,20.0,72,74,72 ,14.9,15.4,14.9,962.5,962.7,962.5,7.5,354 ,9.7,-3.54,0.0
A811,18/04/2009,07,20.1,20.2,19.8,69,72,69 ,14.3,14.9,14.3,961.9,962.5,961.9,8.2,353 ,10.5,-3.54,0.0
A811,18/04/2009,08,19.9,20.2,19.9,68,70,67 ,13.8,14.3,13.8,961.8,962.0,961.8,8.0,353 ,10.6,-3.54,0.0
A811,18/04/2009,09,19.5,20.0,19.5,70,70,68 ,14.0,14.0,13.8,961.9,961.9,961.8,7.8,354 ,10.5,-3.54,0.0
A811,18/04/2009,10,19.2,19.6,19.2,71,71,70 ,13.8,14.0,13.8,962.2,962.2,961.8,8.0,350 ,10.0,-3.44,0.0
A811,18/04/2009,11,19.5,19.5,19.2,72,73,70 ,14.4,14.4,13.8,962.4,962.4,962.1,8.6,343 ,10.8,150.6,0.0
A811,18/04/2009,12,20.2,20.2,19.5,72,73,70 ,15.1,15.1,14.4,962.7,962.8,962.4,7.7,331 ,11.1,744.3,0.0
A811,18/04/2009,13,22.7,22.7,20.2,64,72,64 ,15.6,16.1,15.1,962.7,962.9,962.5,6.8,320 ,12.0,1458.0,0.0
A811,18/04/2009,14,24.9,24.9,22.5,56,64,56 ,15.6,15.8,14.8,962.7,962.8,962.7,6.1,300 ,11.6,2029.0,0.0
A811,18/04/2009,15,26.3,26.3,24.8,50,56,49 ,15.0,15.9,14.7,961.8,962.7,961.8,8.0,300 ,11.6,2414.0,0.0
A811,18/04/2009,16,27.6,28.0,26.3,43,50,43 ,14.0,15.5,14.0,961.5,961.9,961.1,6.8,300 ,14.2,2635.0,0.0
A811,18/04/2009,17,27.9,28.3,27.1,39,48,39 ,12.8,15.5,12.8,960.6,961.5,960.6,9.7,306 ,15.5,2492.0,0.0
A811,18/04/2009,18,26.6,27.9,26.6,46,47,39 ,14.1,14.9,12.9,959.9,960.7,959.8,5.8,292 ,15.5,1326.0,0.0
A811,18/04/2009,19,26.0,26.9,25.9,51,51,44 ,15.0,15.0,13.5,960.2,960.3,959.7,4.6,254 ,10.3,981.4,0.0
A811,18/04/2009,20,25.0,26.0,24.9,54,55,50 ,14.9,15.2,14.3,960.4,960.4,960.0,2.9,256 ,9.0,678.1,0.0
A811,18/04/2009,21,23.2,25.0,23.2,59,59,54 ,14.8,15.2,14.6,960.2,960.4,960.1,4.9,302 ,7.0,298.1,0.0
A811,18/04/2009,22,22.5,23.2,22.3,61,63,59 ,14.5,14.9,14.5,960.8,960.8,960.1,4.3,279 ,6.9,5.885,0.0
A811,18/04/2009,23,22.6,22.7,22.2,60,62,60 ,14.4,14.6,14.4,961.1,961.2,960.8,2.7,264 ,6.9,-3.52,0.0
A811,19/04/2009,00,22.8,22.9,22.4,57,60,57 ,13.9,14.4,13.9,961.3,961.4,961.1,2.8,264 ,5.5,-3.47,0.0
A811,19/04/2009,01,19.9,22.8,19.9,71,71,57 ,14.5,14.5,13.9,961.5,961.5,961.2,4.8,168 ,8.3,-3.53,0.0
A811,19/04/2009,02,18.4,19.8,18.4,78,78,71 ,14.4,14.7,14.4,961.9,961.9,961.5,3.1,167 ,8.3,-3.50,0.0
A811,19/04/2009,03,17.7,18.4,17.7,83,83,78 ,14.7,14.8,14.4,961.9,962.1,961.9,3.1,149 ,5.2,-3.24,0.0
A811,19/04/2009,04,17.0,17.7,17.0,87,87,83 ,14.9,14.9,14.7,962.2,962.2,961.9,5.0,166 ,6.4,-3.24,0.0
A811,19/04/2009,05,16.5,17.0,16.5,94,94,87 ,15.6,15.6,14.9,962.4,962.6,962.1,4.8,167 ,6.6,-2.15,0.0
A811,19/04/2009,06,16.2,16.5,16.2,96,96,94 ,15.6,15.8,15.6,962.2,962.5,962.2,4.9,160 ,7.5,-1.00,0.0
A811,19/04/2009,07,15.7,16.2,15.6,95,97,95 ,14.9,15.6,14.9,962.1,962.3,962.0,5.2,164 ,9.1,-1.82,0.0
A811,19/04/2009,08,15.3,15.7,15.3,96,96,94 ,14.6,14.9,14.6,962.3,962.4,962.1,5.3,161 ,9.7,-2.91,0.0
A811,19/04/2009,09,14.8,15.3,14.8,97,97,96 ,14.3,14.7,14.3,962.9,963.0,962.3,5.2,170 ,9.5,-2.22,0.0
A811,19/04/2009,10,12.9,14.8,12.9,97,98,97 ,12.5,14.3,12.5,963.2,963.5,962.7,5.9,169 ,9.3,-1.80,0.4
A811,19/04/2009,11,12.7,12.9,12.6,95,97,95 ,11.9,12.5,11.9,964.3,964.3,963.2,3.7,175 ,9.3,42.70,0.0
A811,19/04/2009,12,12.8,12.8,12.6,92,95,90 ,11.5,11.9,11.2,965.4,965.5,964.3,4.1,192 ,6.5,121.8,0.0
A811,19/04/2009,13,13.7,13.7,12.8,88,92,86 ,11.7,11.7,10.9,965.6,965.8,965.4,2.9,178 ,7.2,341.7,0.0
A811,19/04/2009,14,14.1,14.5,13.7,80,88,80 ,10.7,11.9,10.7,965.9,965.9,965.3,4.4,174 ,7.0,732.7,0.0
A811,19/04/2009,15,15.7,15.8,14.1,66,81,66 ,9.4,11.0,9.1,965.8,966.2,965.8,4.0,172 ,8.1,1226.0,0.0
A811,19/04/2009,16,14.7,15.7,14.7,65,66,59 ,8.1,9.2,7.0,965.6,965.9,965.3,3.6,182 ,7.5,972.3,0.0

```

FIGURA 3.2 – Registro dos dados meteorológicos em formato texto.

Pode-se verificar que dados estão dispostos (Figura 3.2), sendo estes respectivamente: código da estação no INMET, data, hora em UTM, temperatura instantânea (°C), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), umidade instantânea (%), umidade máxima (%), umidade mínima (%), ponto de orvalho instantânea (°C), ponto de orvalho máximo (°C), ponto de orvalho mínimo (°C), pressão atmosférica instantânea (hPa), pressão atmosférica máxima (hPa), pressão atmosférica mínima (hPa), velocidade do vento (m/s), direção do vento (°), rajada de vento (m/s), radiação (KJ/m) e chuva (mm).

Utilizou-se as informações das 33 estações meteorológicas distribuídas nas cidades do Estado do Rio Grande do Sul, conforme a tabela 3.1.

TABELA 3.1 – Estações meteorológicas de observação superficial do Instituto Nacional de Meteorologia implantadas no Estado do Rio Grande do Sul.

CIDADES	CÓDIGO DA ESTAÇÃO	LATITUDE (° ' ")	LONGITUDE (° ' ")	ALTITUDE (m)
Alegrete	A617	-29° 42' 42"	-55° 31' 34"	121
Bagé	A827	-31° 20' 52"	-54° 0' 48"	230
Bento Gonçalves	A848	-29° 10' 2"	-51° 32' 5"	640
Caçapava do Sul	A812	-30° 32' 52"	-53° 28' 3"	450
Camaquã	A838	-30° 48' 38"	-51° 50' 5"	108
Canela	A879	-29° 22' 8"	-50° 49' 39"	830
Canguçu	A811	-31° 24' 21"	-52° 42' 4"	464
Chuí	A899	-33° 44' 30"	-53° 22' 17"	26
Cruz Alta	A853	-28° 36' 13"	-53° 40' 25"	432
Erechim	A828	-27° 39' 37"	-52° 18' 23"	765
Frederico Westphalen	A854	-27° 23' 44"	-53° 25' 46"	490
Jaguarão	A836	-32° 33' 15"	-53° 22' 35"	47
Lagoa Vermelha	A844	-28° 13' 19"	-51° 30' 44"	842
Mostardas	A878	-31° 14' 52"	-50° 54' 21"	10
Palmeiras das Missões	A856	-27° 55' 12"	-53° 19' 3"	642
Passo fundo	A839	-28° 13' 46"	-52° 24' 14"	684
Porto Alegre	A801	-30° 3' 0"	-51° 9' 60"	46,97
Quaraí	A831	-30° 22' 7"	-56° 26' 14"	124
Rio Grande	A802	-32° 1' 60"	-52° 6' 0"	2,46
Rio Pardo	A813	-29° 52' 24"	-52° 22' 57"	111
Santa Maria	A803	-29° 42' 0"	-53° 42' 0"	95
Santa Rosa	A810	-27° 32' 1"	-54° 17' 6"	276
Santana do Livramento	A804	-30° 49' 60"	-55° 36' 0"	328
Santo Augusto	A805	-27° 51' 0"	-53° 46' 60"	550
São Borja	A830	-28° 38' 58"	-56° 0' 56"	83
São Gabriel	A832	-30° 20' 29"	-54° 18' 39"	126
São José dos Ausentes	A829	-28° 45' 5"	-50° 3' 30"	999,99
São Luiz Gonzaga	A852	-28° 25' 2"	-54° 57' 45"	245
Soledade	A837	-28° 51' 13"	-52° 32' 30"	667
Torres	A808	-29° 21' 1"	-49° 43' 59"	4,5
Tramandaí	A834	-30° 0' 35"	-50° 8' 7"	1
Uruguaiana	A809	-29° 50' 33"	-57° 4' 57"	62,31
Vacaria	A880	-28° 30' 49"	-50° 52' 58"	986

Posteriormente, com as coordenadas de cada estações, foram delimitados as áreas para a realização da comparação entre os métodos de interpolação e para aplicação no sistema *web* de interpolação de dados meteorológicos.

Como modelo interpolador, utilizou-se método do inverso da potência da distância, com expoentes entre 0 e 5, onde realizou-se a comparação do melhor grau a ser aplicado no desenvolvimento do sistema *Web*, considerando-se duas hipóteses: (i) aplicação do modelo com latitude e longitude e (ii) utilizando latitude, longitude e altitude.

A interpolação por meio da potência do inverso da distância foi realizada através da equação:

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{(d_i)^B} \cdot X_i \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{(d_i)^B} \right)} \quad [1]$$

Onde X_p são as variáveis interpoladas, X_i : valor da variável de i -ésima localidade vizinha; d_i : distância euclidiana entre o i -ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado, B o expoente de ponderação (peso) e n é o número de pontos utilizados para interpolar a amostra.

Conforme Landin (2000), o expoente de ponderação pode ser selecionado e os mesmos possuem o efeitos sobre os resultados estimados.

Para determinar a distância euclidiana, utilizou-se a equação

$$d_{ip} = \sqrt{(x_i - x_p)^2 + (y_i - y_p)^2 + (z_i - z_p)^2} \quad [2]$$

Onde d_{ip} é a distância entre o i -ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostral, x_i é a latitude da i -ésima localidade vizinha, x_p a latitude do ponto amostrado, y_i é a longitude da i -ésima localidade vizinha, y_p a longitude do ponto amostrado, z_i é a longitude da i -ésima localidade vizinha e z_p a longitude do ponto amostrado

Quando realizado a aplicação apenas da latitude e longitude, é desconsiderado o valor de z_i e z_p , devendo utilizar a equação:

$$d_{ip} = \sqrt{(x_i - x_p)^2 + (y_i - y_p)^2} \quad [3]$$

3.1.1 Análise dos Resultados da Interpolação

A análise dos dados interpolados foram realizadas através da regressão linear ($Y = a + b \cdot X$), onde x representam os valores determinados do banco de dados climatológicos do INMET e Y representam os valores interpolados através do Inverso da Potência da Distância (IPD).

Para realizar a comparação foi utilizada a análise de regressão entre os valores dos dados climatológicos interpolados pelos diferentes expoentes com o objetivo de se obter o coeficiente de correlação (r) e o índice de concordância de Wilmont (c).

O coeficiente de correlação (r) permite quantificar o grau de associação entre as duas variáveis envolvidas na análise (SCHNEIDER, 1998), sendo seu campo de variação entre -1 e 1 e quanto maior o seu valor absoluto maior o grau de associação entre os valores observados e os valores estimados.

O coeficiente de correlação (r) pode ser estimado por:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - E)(O_i - O)}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (E_i - E)] [\sum_{i=1}^n (O_i - O)]}} \quad [4]$$

Onde E_i são os valores interpolado, O_i os valores observados, E a média dos valores interpolado e O a média dos valores observados.

O índice de concordância (c) fornece o grau de exatidão entre as variáveis envolvidas, uma vez que está relacionada a diferença entre os valores estimados em relação aos valores observados, sendo seu campo de variação de 0 (nenhuma concordância) a 1 concordância perfeita (WILLMONT, 1981).

O índice de concordância pode ser calculado pela expressão:

$$c = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (E_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|E_i - O| + |O_i - O|)^2} \quad [5]$$

Onde E_i são os valores estimados, O_i os valores observados e O a média dos valores observados.

Conhecendo-se esses indicadores foi determinado o índice de desempenho I_d , segundo Camargo e Sentelhas (1997), pode ser calculado por:

$$I_d = r \cdot c \quad [6]$$

O índice I_d tem a finalidade de avaliar o desempenho do método proposto, considerando as seguintes classes de interpretação (Tabela 3.2), de acordo com Costa (2004).

TABELA 3.2 - Classificação para o índice de desempenho do método proposto. Costa (2004)

Classes	Valores de I_d	Desempenho
1	> 0.85	Ótimo
2	0.76 a 0.85	Muito Bom
3	0.66 a 0.75	Bom
4	0.61 a 0.65	Regular
5	0.51 a 0.60	Fraco
6	0.41 a 0.50	Muito Fraco
7	< 0.41	Péssimo

3.2 Desenvolvimento do Aplicativo *Web*

Para o desenvolvimento do aplicativo *web* foi utilizada as linguagens de programação PHP e JavaScript, integrados na linguagem padrão HTML. O JavaScript foi utilizada na aplicação para melhorar o desempenho das funções internas.

O programa Macromedia Dreamweaver ® versão 8 (figura 3.4), foi utilizado para realizar a programação do aplicativo *web*.

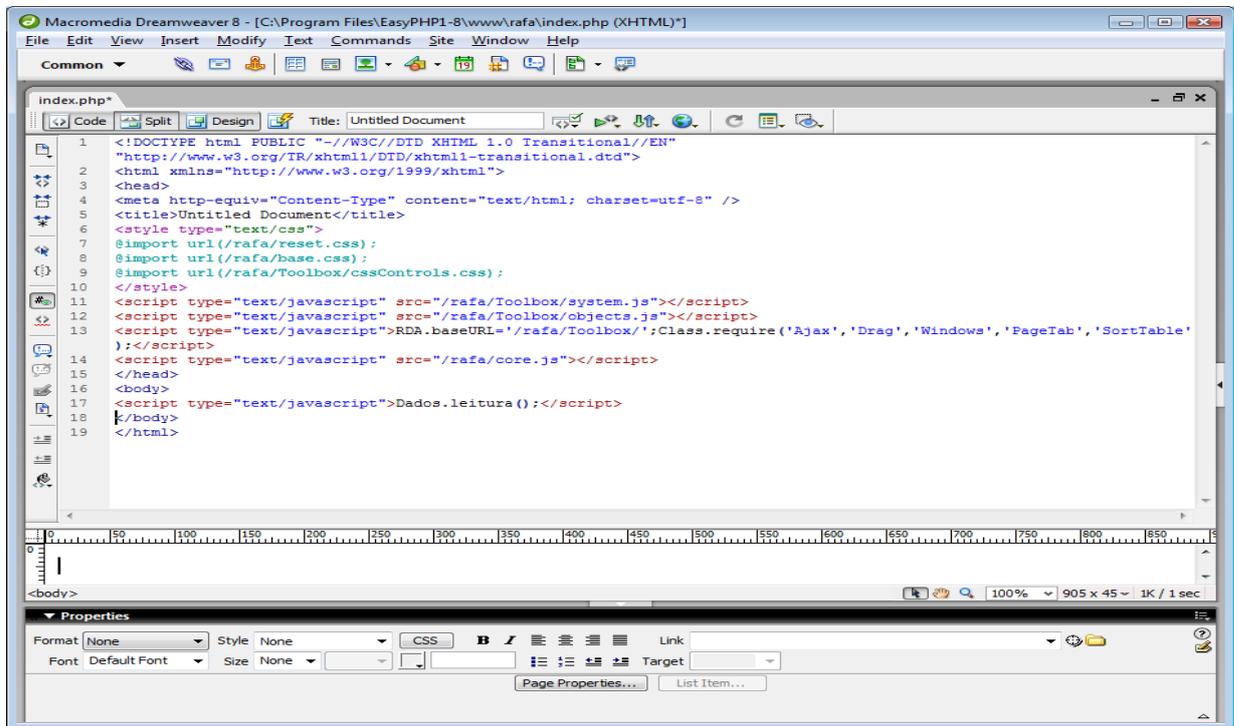


FIGURA 3.4 – Exemplo de aplicação em PHP, HTML e javascript, utilizando Macromedia Dreamweaver ®

O programa tem suporte as mais diversas linguagens de programação e pode ser desenvolvido em forma visual e por código, o que é um grande diferencial dentre os software de programação.

Para a programação de aplicativos em linguagem PHP, necessita-se um servidor local Apache. Durante o desenvolvimento do aplicativo, utilizou-se o pacote de tríade EasyPHP 1.8.1 (figura 3.5), que consta o servidor apache, suporte php e banco de dados MySQL.

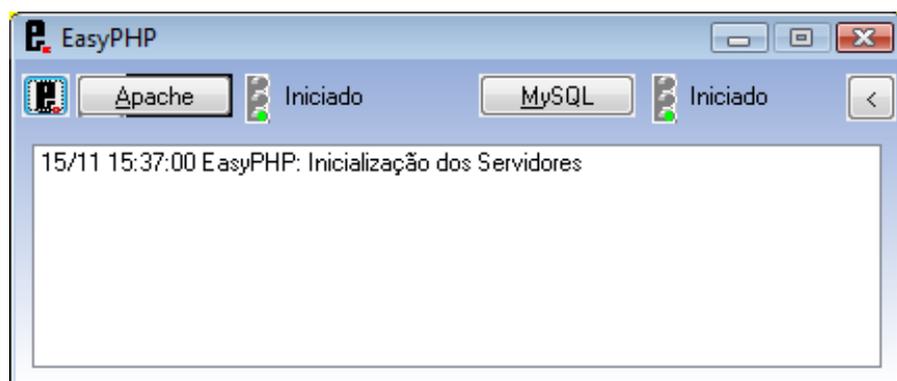


FIGURA 3.5 – Estação local iniciada a partir do software EasyPHP 1.8.1

O pacote EasyPHP 1.8.1, pode ser adquirido gratuitamente no endereço eletrônico <http://www.easyphp.org>.

Os dados meteorológicos obtidos no INMET constituíram o banco de dados do sistema *web*, sendo mesmo atualizado semanalmente. O banco de dados foi desenvolvido em MySQL, por ser um bando de dados flexível, seguro e com alto desempenho para o desenvolvimento em aplicativos *web*.

O banco de dados em MySQL foi administrado com o programa HeidiSQL® versão 4 (figura 3.6), que está disponível para aquisição gratuitamente no endereço eletrônico <http://www.heidisql.com>.

The screenshot shows the HeidiSQL interface with the following table data (rows 1-31):

id	data	hora	TI	TMe	TM	UL	UMa	UMa	PTI	PTMa	PTM	PRI	PRMa	PRM	VV	VD	VR	R	CH
1	2008-05-02	1	12,7	12,7	12,4	87,0	90,0	86,0	10,6	10,7	10,4	1008,8	1009,1	1008,8	1,0	207,0	1,9	-3,0	0,0
2	2008-05-02	2	12,6	12,7	12,5	89,0	91,0	87,0	10,9	11,1	10,5	1008,9	1009,1	1008,8	0,7	42,0	1,6	-2,0	0,0
3	2008-05-02	3	12,6	12,9	12,6	91,0	91,0	89,0	11,2	11,3	10,9	1008,7	1009,0	1008,7	0,8	83,0	1,7	-2,0	0,0
4	2008-05-02	4	12,5	12,7	12,5	90,0	91,0	88,0	10,9	11,2	10,8	1008,2	1008,7	1008,2	0,5	70,0	2,4	-3,0	0,0
5	2008-05-02	5	12,3	12,5	12,3	92,0	92,0	90,0	11,0	11,1	10,8	1007,3	1008,2	1007,3	0,6	145,0	1,5	-3,0	0,0
6	2008-05-02	6	12,7	12,9	12,3	93,0	93,0	92,0	11,6	11,7	11,0	1007,1	1007,7	1007,1	0,8	91,0	2,1	-3,0	0,0
7	2008-05-02	7	12,8	12,8	12,7	95,0	95,0	93,0	12,0	12,0	11,6	1006,4	1007,2	1006,4	1,5	154,0	2,1	-2,0	0,6
8	2008-05-02	8	13,1	13,2	12,8	95,0	95,0	95,0	12,4	12,4	12,0	1006,1	1006,4	1006,1	1,3	142,0	3,3	-2,0	0,0
9	2008-05-02	9	13,3	13,3	13,1	96,0	96,0	95,0	12,7	12,7	12,4	1005,0	1006,2	1005,0	1,5	154,0	2,4	-2,0	0,4
10	2008-05-02	10	13,5	13,5	13,3	96,0	96,0	95,0	12,8	12,8	12,7	1006,1	1006,2	1005,7	2,0	121,0	3,9	-1,0	0,4
11	2008-05-02	11	13,6	13,6	13,5	96,0	96,0	96,0	13,0	13,0	12,8	1005,9	1006,4	1005,9	1,9	141,0	3,8	10,0	1,0
12	2008-05-02	12	13,9	14,0	13,6	95,0	96,0	95,0	13,2	13,3	13,0	1006,5	1006,6	1005,9	2,3	148,0	6,1	48,0	2,0
13	2008-05-02	13	13,9	14,0	13,9	96,0	96,0	95,0	13,3	13,3	13,1	1006,7	1006,7	1006,5	2,4	152,0	4,3	78,0	3,4
14	2008-05-02	14	14,2	14,2	13,9	95,0	96,0	95,0	13,5	13,5	13,3	1006,6	1006,8	1006,5	2,9	169,0	6,3	112,0	3,8
15	2008-05-02	15	14,9	15,2	14,2	93,0	96,0	93,0	13,8	14,3	13,4	1005,8	1006,6	1005,7	5,0	158,0	8,1	531,0	1,8
16	2008-05-02	16	12,0	14,9	14,8	94,0	94,0	92,0	13,9	14,0	13,6	1005,1	1005,8	1005,1	4,5	161,0	8,1	321,0	1,8
17	2008-05-01	1	7,0	7,9	6,8	94,0	94,0	91,0	6,1	6,8	6,0	1009,4	1009,6	1009,3	1,3	98,0	2,0	-4,0	0,0
18	2008-05-01	2	6,9	7,0	6,6	93,0	94,0	93,0	5,7	6,2	5,7	1009,8	1009,8	1009,2	0,2	166,0	2,0	-4,0	0,0
19	2008-05-01	3	6,0	7,1	6,0	93,0	93,0	92,0	4,9	6,0	4,9	1010,3	1010,3	1009,8	0,5	100,0	2,8	-4,0	0,0
20	2008-05-01	4	6,2	6,2	5,9	94,0	95,0	93,0	5,2	5,3	4,9	1010,9	1010,9	1010,2	0,6	346,0	1,7	-4,0	0,0
21	2008-05-01	5	6,2	6,2	5,5	96,0	96,0	94,0	5,5	5,5	4,8	1011,1	1011,1	1010,9	0,7	282,0	1,6	-3,0	0,0
22	2008-05-01	6	6,6	6,6	6,1	94,0	96,0	94,0	5,8	5,8	5,3	1011,4	1011,5	1011,1	0,8	201,0	2,6	-3,0	0,0
23	2008-05-01	7	6,7	6,8	6,6	94,0	94,0	93,0	5,8	5,9	5,7	1011,0	1011,4	1011,0	1,2	342,0	2,1	-4,0	0,0
24	2008-05-01	8	7,2	7,3	6,7	93,0	94,0	93,0	6,2	6,2	5,8	1010,4	1011,1	1009,8	2,1	34,0	3,7	-3,0	0,0
25	2008-05-01	9	7,6	7,6	7,2	92,0	93,0	91,0	6,4	6,4	6,1	1010,6	1010,7	1010,0	0,9	2,0	3,7	-3,0	0,0
26	2008-05-01	10	8,3	8,3	7,5	89,0	93,0	89,0	6,6	6,6	6,4	1010,0	1010,6	1009,3	2,7	65,0	5,4	-3,0	0,0
27	2008-05-01	11	8,9	8,9	8,3	84,0	89,0	84,0	6,4	6,6	6,2	1009,1	1010,1	1008,8	3,4	107,0	6,5	59,0	0,0
28	2008-05-01	12	10,3	10,3	8,9	82,0	87,0	82,0	7,4	7,5	6,4	1008,9	1009,6	1008,7	2,6	118,0	7,4	442,0	0,0
29	2008-05-01	13	12,0	12,0	10,3	78,0	83,0	77,0	8,2	8,4	7,4	1009,3	1009,3	1008,9	3,4	104,0	7,5	677,0	0,0
30	2008-05-01	14	12,9	12,9	12,0	73,0	78,0	72,0	8,3	8,4	7,9	1009,0	1009,4	1008,9	3,7	96,0	8,1	537,0	0,0
31	2008-05-01	15	14,8	14,9	12,9	66,0	73,0	65,0	8,6	8,9	8,0	1009,4	1009,6	1009,0	4,0	111,0	8,5	1505,0	0,0

FIGURA 3.6 – Exemplo de gerenciamento de banco de dados MySQL utilizando o software HeidiSQL

Para a atualização dos dados do banco de dados, foram realizadas as entradas das informações no banco de dados MySQL de forma manual através da importação de dados em formato *.txt*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados meteorológicos foram coletados do período de 13/07/2008 à 30/07/2009, sendo que neste intervalo de tempo, várias estações apresentaram-se inoperantes.

Com base na listagem de cidades onde estão implantadas as estações meteorológicas de observações automáticas de superfície, foram delimitados os triângulos base para a aplicação do sistema de interpolação numérica de dados meteorológicos. A Figura 4.1, apresenta as cidades e como ficaram constituídos os triângulos.

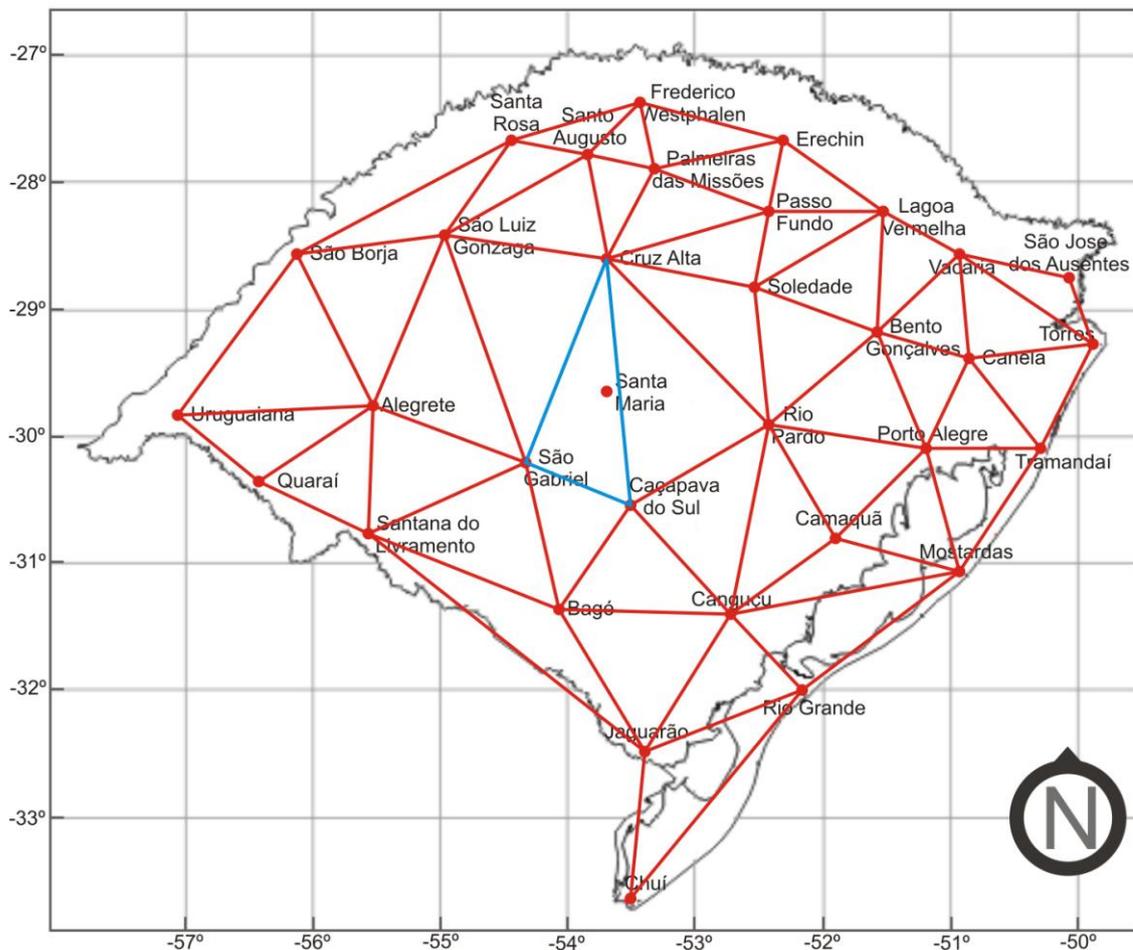


FIGURA 4.1 – Triângulos delimitados a partir das estações meteorológicas do INMET instaladas no Rio Grande do Sul.

Como mostra a Figura 4.1, o triângulo formado pelas cidades de São Gabriel, Caçapava do Sul e Cruz Alta, foi utilizado como base para a comparação entre o melhor método de interpolação. Para a escolha deste triângulo, como base para a aplicação dos métodos, levou-se em consideração o número de observações e a sua continuidade. Após a triagem no banco de dados, foram utilizadas informações do período de 05/01/2009 a 31/06/2009, totalizando 4097 observações para cada variável em estudo.

4.1 Comparações entre os diferentes métodos

Foram realizados testes nas amostras de todas as variáveis em estudo, a saber: temperatura média, umidade relativa do ar média, pressão atmosférica média, ponto de orvalho médio, direção do vento, velocidade do vento, rajada de vento, radiação solar e precipitação pluvial, sendo todas diárias e do mesmo período.

Para realizar a comparação foram construídas tabelas que apresentam os valores dos dados meteorológicos obtidos pelas estações do INMET (I0) e os determinados através da aplicação do método de interpolação pelo inverso da potência da distância em seus diferentes expoentes, sendo IP0 para expoente 0, IP1 para expoente 1, IP2 para expoente 2, IP3 para expoente 3, IP4 para expoente 4 e IP5 para expoente 5. Para obter um melhor resultado, as comparações foram realizadas de duas formas: (i) utilizando-se as informações de latitude e longitude das estações e, (ii) aplicando-se a latitude, longitude e altitude.

4.1.1 Comparação dos métodos para a variável temperatura média

A Tabela 4.1 apresenta os valores dos coeficientes de correlação “r”, índice de concordância “c”, índice de desempenho “d” e classe de desempenho para os métodos analisados para a variável temperatura média, utilizando as informações de latitude e longitude.

TABELA 4.1 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável temperatura média.

Método	r	c	d	Desempenho
IPD 0	0,9680	0,9539	0,9234	ÓTIMO
IPD 1	0,9696	0,9562	0,9271	ÓTIMO
IPD 2	0,9702	0,9558	0,9273	ÓTIMO
IPD 3	0,9704	0,9544	0,9261	ÓTIMO
IPD 4	0,9704	0,9527	0,9245	ÓTIMO
IPD 5	0,9702	0,9511	0,9228	ÓTIMO

Os valores do índice de desempenho “d”, para todos os métodos estudados apresentaram valores maiores que 0,85, o que os classifica quanto ao desempenho comparativo como ótimo, e permite determinar que o método IP2 apresentou melhor desempenho.

A Tabela 4.2 apresenta os valores dos coeficientes de correlação “r”, índice de concordância “c”, índice de desempenho “d” e classe de desempenho para os métodos analisados para a variável temperatura média, utilizando as informações de latitude, longitude e altitude.

TABELA 4.2 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável temperatura média.

Método	r	c	d	Desempenho
IPD 0	0,9680	0,95386	0,9234	ÓTIMO
IPD 1	0,9687	0,94800	0,9183	ÓTIMO
IPD 2	0,9663	0,93949	0,9078	ÓTIMO
IPD 3	0,9660	0,93845	0,9065	ÓTIMO
IPD 4	0,9660	0,93835	0,9064	ÓTIMO
IPD 5	0,9660	0,93834	0,9064	ÓTIMO

Assim como para a aplicação dos métodos utilizando latitude e longitude, os valores do índice de desempenho “d”, também apresentaram valores maiores que 0,85 para todos os modelos estudados, o que os classifica quanto ao desempenho comparativo como ótimo, e permite determinar que o método IP0 apresentou melhor desempenho.

Ao analisar a Tabela 4.1 e 4.2, observou-se que, de maneira geral, ocorreram pequenas variações entre os interpoladores e os métodos que utilizaram a latitude e longitude, apresentaram melhor desempenho, com destaque para o IP2.

Para Amorim et al (2003), quando comparado com outros métodos de interpolação, o inverso do quadrado da distância, mostrou-se mais indicado para as estimativas de temperatura.

Para o estado do Rio Grande do Sul, alguns trabalhos foram realizados para estimar a temperatura média, onde Ferreira et al. (1971), Buriol et al. (1973), Estefanel et al. (1973) e Filho et al. (2006), obtiveram ótimos resultados quando utilizado as coordenadas geográficas de altitude e latitude.

4.1.2 Comparação dos métodos para a variável pressão atmosférica média

Na Tabela 4.3, estão dispostos os resultados obtidos na comparação entre os valores interpolados e o amostral, para a variável de pressão atmosférica, utilizando as informações de latitude e longitude como determinantes da distâncias entre os pontos.

TABELA 4.3 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável pressão atmosférica média.

Método	r	c	d	Desempenho
IPD 0	0,2565	0,19066	0,0489	PÉSSIMO
IPD 1	0,3966	0,23913	0,0948	PÉSSIMO
IPD 2	0,6016	0,29151	0,1754	PÉSSIMO
IPD 3	0,8087	0,34337	0,2777	PÉSSIMO
IPD 4	0,9317	0,39342	0,3665	PÉSSIMO
IPD 5	0,9782	0,44217	0,4325	MUITO FRACO

Os valores do índice de desempenho “d”, para os métodos estudados apresentaram desempenho comparativo muito fraco e péssimo, e não são indicados para aplicação no sistema com os modelos de interpolação estudado.

A Tabela 4.4 apresenta os valores dos coeficientes de correlação “r”, índice de concordância “c”, índice de desempenho “d” e classificação do desempenho para a variável de pressão atmosférica, utilizando como referencial de posicionamento a latitude, longitude e altitude dos pontos.

TABELA 4.4 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável pressão atmosférica média.

Método	R	c	d	Desempenho
IPD 0	0,2565	0,1906	0,0489	PÉSSIMO
IPD 1	0,8077	0,5412	0,4371	MUITO FRACO
IPD 2	0,9935	0,8824	0,8767	ÓTIMO
IPD 3	0,9959	0,9218	0,9180	ÓTIMO
IPD 4	0,9959	0,9251	0,9213	ÓTIMO
IPD 5	0,9959	0,9254	0,9216	ÓTIMO

Ao contrário dos valores estabelecidos pelos métodos de interpolação utilizando a latitude e longitude, os valores do índice de desempenho “d”, para os métodos com a latitude, longitude e altitude, apresentaram desempenho ótimo para IPD2, IPD3, IPD4 e IPD5, com destaque para o modelo IPD5 que obteve 0,9216 de índice de desempenho.

Dentre os dois métodos utilizados, o que utiliza a latitude, longitude e altitude, apresentou o melhor desempenho. Segundo Barbosa (2006), a temperatura, precipitação atmosférica, pressão atmosférica, nebulosidade, entre outros elementos climáticos, sofrem variações de acordo com a latitude, altitude e cobertura local.

4.1.3 Comparação dos métodos para a variável umidade relativa do ar média

Como nas demais variáveis climáticas, a umidade relativa do ar foi interpolada com base na latitude e longitude e também na latitude, longitude e altitude e seus valores estão dispostos em tabelas .

O coeficiente de correlação, índice de concordância e desempenho dos métodos e a classificação dos mesmos, utilizando a latitude e longitude na

determinação das distâncias entre os vértices e o ponto amostrado, estão dispostos na Tabela 4.5.

TABELA 4.5 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável umidade relativa do ar média.

Método	r	c	d	Desempenho
IPD 0	0,8720	0,84239	0,7345	BOM
IPD 1	0,8805	0,84029	0,7399	BOM
IPD 2	0,8849	0,83592	0,7397	BOM
IPD 3	0,8869	0,83139	0,7374	BOM
IPD 4	0,8875	0,82728	0,7342	BOM
IPD 5	0,8870	0,82363	0,7306	BOM

Os valores do índice de desempenho “d”, para todos os métodos estudados apresentaram valores entre 0,71 a 0,80, o que os classifica quanto ao desempenho comparativo como bom, e permite determinar que o método IP1 apresentou melhor desempenho.

A Tabela 4.5 apresenta os valores dos coeficientes de correlação “r”, índice de concordância “c”, índice de desempenho “d” e classe de desempenho para os métodos analisados para a variável umidade relativa do ar média, utilizando as informações de latitude, longitude e altitude.

TABELA 4.6 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável umidade relativa do ar média.

Método	r	c	d	Desempenho
IPD 0	0,9319	0,9045	0,8430	MUITO BOM
IPD 1	0,9969	0,9925	0,9894	ÓTIMO
IPD 2	1,0000	0,9999	0,9999	ÓTIMO
IPD 3	1,0000	0,9999	1,0000	ÓTIMO
IPD 4	1,0000	0,9999	1,0000	ÓTIMO
IPD 5	1,0000	0,9999	1,0000	ÓTIMO

Os valores do índice de desempenho “d”, para os métodos estudados apresentaram desempenho comparativo entre muito bom e ótimo, e permite

determinar que os métodos IP2, IP3, IP4, IP5 apresentaram os melhores desempenhos.

Ao comparar os valores da Tabela 4.3 e 4.4, pode-se observar que os métodos utilizando as informações de latitude, longitude e altitude, apresentaram melhor desempenho.

Para Barbosa (2006), os elementos climatológicos sofrem variações em suas características, de acordo com a altitude de um ponto.

Segundo Vianello et al (1991), em escala regional ou local, vários fatores podem influenciar nas variações, como por exemplo a altitude.

4.1.4 Comparação dos métodos para a variável ponto de orvalho médio

As comparações entre os métodos para o ponto de orvalho médio estão apresentados na Tabela 4.7.

TABELA 4.7 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável ponto de orvalho médio.

Método	R	c	d	Desempenho
IPD 0	0,4136	0,2545	0,1053	PÉSSIMO
IPD 1	0,5843	0,4446	0,2598	PÉSSIMO
IPD 2	0,7677	0,6717	0,5157	FRACO
IPD 3	0,8911	0,8293	0,7390	BOM
IPD 4	0,9436	0,8970	0,8464	MUITO BOM
IPD 5	0,9597	0,9182	0,8812	ÓTIMO

Os valores do índice de desempenho “d”, para os métodos estudados, o melhor desempenho foi apresentado pelo IP5 com índice 0,8812, o que o classifica como ótimo.

A Tabela 4.8 apresenta os valores do coeficiente de correlação, índice de concordância, coeficiente de desempenho e classificação do desempenho analisados para a variável ponto de orvalho médio, utilizando as informações de latitude, longitude e altitude como referência.

TABELA 4.8 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável ponto de orvalho médio.

Método	r	c	d	Desempenho
IPD 0	0,4136	0,2545	0,1053	PÉSSIMO
IPD 1	0,8753	0,8122	0,7109	BOM
IPD 2	0,9505	0,9109	0,8658	ÓTIMO
IPD 3	0,9505	0,9110	0,8658	ÓTIMO
IPD 4	0,9504	0,9109	0,8657	ÓTIMO
IPD 5	0,9504	0,9109	0,8657	ÓTIMO

Os valores do índice de desempenho “d”, para os métodos estudados apresentaram desempenho comparativo péssimo, bom e ótimo, e o modelo de interpolação IPD2 é o que apresentou melhor desempenho.

O método utilizando as informações de latitude e longitude demonstrou-se com maior desempenho, apresentando índice 0.8812 para o modelo IPD2.

4.1.5 Comparação dos métodos para a variável direção do vento

A Tabela 4.9 apresenta os valores dos coeficientes de correlação “r”, índice de concordância “c”, índice de desempenho “d” e classe de desempenho para os métodos analisados para a variável direção do vento, utilizando as informações de latitude e longitude.

TABELA 4.9 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável direção do vento.

Método	r	c	d	Desempenho
IPD 0	0,5616	0,74972	0,4211	MUITO FRACO
IPD 1	0,5527	0,74660	0,4127	MUITO FRACO
IPD 2	0,5401	0,74058	0,4000	PÉSSIMO
IPD 3	0,5282	0,73426	0,3879	PÉSSIMO
IPD 4	0,5182	0,72836	0,3775	PÉSSIMO
IPD 5	0,5097	0,72286	0,3684	PÉSSIMO

Os valores do índice de desempenho para todos os métodos estudados apresentaram desempenho comparativo muito fraco e péssimo, e não são indicados para aplicação no sistema com os modelos de interpolação estudado.

Na Tabela 4.10 estão dispostos as informações referente ao coeficiente de correlação, índice de concordância e desempenho e a classificação do desempenho para as variáveis de longitude, latitude e altitude para a direção do vento.

TABELA 4.10 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável direção do vento.

Método	R	c	d	Desempenho
IPD 0	0,5616	0,7497	0,4211	MUITO FRACO
IPD 1	0,4920	0,7085	0,3486	PÉSSIMO
IPD 2	0,4577	0,6856	0,3138	PÉSSIMO
IPD 3	0,4540	0,6830	0,3101	PÉSSIMO
IPD 4	0,4536	0,6828	0,3098	PÉSSIMO
IPD 5	0,4536	0,6828	0,3097	PÉSSIMO

Os valores do índice de desempenho para todos os métodos estudados apresentaram desempenho comparativo muito fraco e péssimo, e não são indicados para aplicação no sistema.

Ao observar as tabelas 4.9 e 4.10, pode-se dizer que o método do inverso da potência da distância não obtém desempenho satisfatória para estimar os valores da direção do vento, visto que, apresentaram baixo coeficiente de correlação e índice de desempenho.

4.1.6 Comparação dos métodos para a variável rajadas de vento

A Tabela 4.11 apresenta os valores dos coeficientes de correlação “r”, índice de concordância “c”, índice de desempenho “d” e classe de desempenho para os métodos analisados para a variável rajada de vento, utilizando as informações de latitude, longitude e altitude.

TABELA 4.11 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável rajada de vento.

Método	r	c	d	Desempenho
IPD 0	0,7269	0,71167	0,5173	FRACO
IPD 1	0,7334	0,72929	0,5348	FRACO
IPD 2	0,7329	0,73970	0,5422	FRACO
IPD 3	0,7305	0,74488	0,5441	FRACO
IPD 4	0,7277	0,74666	0,5433	FRACO
IPD 5	0,7249	0,74638	0,5410	FRACO

Os valores do índice de desempenho para todos os métodos estudados apresentaram desempenho comparativo fraco, e não são indicados para aplicação no sistema com os modelos de interpolação estudado.

Na Tabela 4.12 estão dispostos as informações referente ao coeficiente de correlação, índice de concordância e desempenho e a classificação do desempenho para as variáveis de longitude, latitude e altitude para a rajada de vento.

TABELA 4.12 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável rajada de vento.

Método	r	c	d	Desempenho
IPD 0	0,7269	0,7116	0,5173	FRACO
IPD 1	0,7168	0,7336	0,5259	FRACO
IPD 2	0,6999	0,7262	0,5083	MUITO FRACO
IPD 3	0,6980	0,7253	0,5062	MUITO FRACO
IPD 4	0,6978	0,7252	0,5060	MUITO FRACO
IPD 5	0,6978	0,7252	0,5060	MUITO FRACO

Assim como na amostra anterior, os valores do índice de desempenho para todos os métodos estudados não apresentaram desempenho satisfatório, e não são indicados para aplicação no sistema com os modelos de interpolação estudado.

4.1.7 Comparação dos métodos para a variável velocidade do vento

Na Tabela 4.13 estão dispostas as informações referentes ao coeficiente de correlação, índice de concordância e desempenho e a classificação do desempenho

para a variável velocidade, utilizando da longitude e latitude para obtenção da distância

TABELA 4.13 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável velocidade do vento.

Método	R	c	D	Desempenho
IPD 0	0,5748	0,56948	0,3273	PÉSSIMO
IPD 1	0,5874	0,59791	0,3512	PÉSSIMO
IPD 2	0,5939	0,61926	0,3677	PÉSSIMO
IPD 3	0,5980	0,63395	0,3791	PÉSSIMO
IPD 4	0,6010	0,64344	0,3867	PÉSSIMO
IPD 5	0,6029	0,64912	0,3914	PÉSSIMO

Os valores do índice de desempenho “d”, para todos os métodos estudados apresentaram desempenho comparativo péssimo, e não são indicados para aplicação no sistema com os modelos de interpolação estudado.

Na Tabela 4.14 estão dispostos as informações referente ao coeficiente de correlação, índice de concordância e desempenho e a classificação do desempenho para as variáveis de longitude, latitude e altitude para a velocidade do vento

TABELA 4.14 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável velocidade do vento.

Método	R	c	d	Desempenho
IPD 0	0,5748	0,6437	0,3700	PÉSSIMO
IPD 1	0,6056	0,6454	0,3909	PÉSSIMO
IPD 2	0,5914	0,6443	0,3811	PÉSSIMO
IPD 3	0,5897	0,6438	0,3797	PÉSSIMO
IPD 4	0,5895	0,6438	0,3795	PÉSSIMO
IPD 5	0,5895	0,6438	0,3795	PÉSSIMO

Assim como no modelo anterior, os valores do índice de desempenho “d”, para todos os métodos estudados apresentaram desempenho comparativo péssimo, e não são indicados para aplicação no sistema com os modelos de interpolação estudado.

Através da Tabela 4.13 e 4.14 observa-se que os valores não apresentaram desempenho esperado para os modelos de interpolação pelo inverso da potência da distância, obtendo um coeficiente de correlação entre 0,5748 à 0,6056. Amorim (2009), obteve o coeficiente de correlação máximo de 0,40 em estudo realizado utilizando o modelo interpolador no expoente 2.

4.1.8 Comparação dos métodos para a variável radiação solar

A Tabela 4.15 apresenta os valores dos coeficientes de correlação “r”, índice de concordância “c”, índice de desempenho “d” e classe de desempenho para os métodos analisados para a radiação solar, utilizando as informações de latitude e longitude.

TABELA 4.15 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável radiação solar.

Método	r	c	d	Desempenho
IPD 0	0,8527	0,78935	0,6731	BOM
IPD 1	0,8407	0,77481	0,6514	BOM
IPD 2	0,8243	0,75497	0,6223	REGULAR
IPD 3	0,8080	0,73534	0,5942	FRACO
IPD 4	0,7935	0,71786	0,5696	FRACO
IPD 5	0,7808	0,70271	0,5487	FRACO

Os valores do índice de desempenho para todos os métodos estudados variaram de fraco a bom, sendo que o IPD0 apresentou maior índice de desempenho.

Na Tabela 4.16 estão dispostos os valores do coeficiente de correlação, concordância e desempenho, obtidos nas comparações entre os métodos para a variável de rajada de vento, utilizando longitude, latitude e altitude para obter a distância entre as bases de dados e o ponto amostral.

TABELA 4.16 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável radiação solar.

Método	R	c	d	Desempenho
IPD 0	0,8527	0,7893	0,6731	BOM
IPD 1	0,7527	0,6700	0,5043	MUITO FRACO
IPD 2	0,7130	0,6250	0,4457	MUITO FRACO
IPD 3	0,7087	0,6203	0,4396	MUITO FRACO
IPD 4	0,7083	0,6198	0,4391	MUITO FRACO
IPD 5	0,7083	0,6198	0,4390	MUITO FRACO

Os valores do índice de desempenho para todos os métodos estudados variaram de muito fraco a bom, sendo que o IPD0 apresentou maior índice de desempenho. Comparando as Tabelas 4.14 e 4.15, ambos os modelos estão apresentando modelo bom para o IPD0 e com o mesmo índice 0,6731.

Amorim et al. (2009), obteve coeficiente de correlação que variaram entre 0,73 a 0,91. Para os métodos utilizados, obteve-se coeficientes de correlação maiores quando utilizado as informações de latitude e longitude, variando entre 0,7808 a 0,8527, conforme pode ser analisado na Tabela 4.15.

4.1.9 Comparação dos métodos para a variável precipitação

Na Tabela 4.17 estão dispostas as comparações entre os métodos para a variável de precipitação pluvial, utilizando longitude e latitude.

TABELA 4.17 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude e longitude para a variável de precipitação.

Método	R	c	d	Desempenho
IPD 0	0,1927	0,6895	0,1328	PÉSSIMO
IPD 1	0,1837	0,6951	0,1277	PÉSSIMO
IPD 2	0,1658	0,6897	0,1144	PÉSSIMO
IPD 3	0,1483	0,6800	0,1009	PÉSSIMO
IPD 4	0,1345	0,6698	0,0901	PÉSSIMO
IPD 5	0,1240	0,6601	0,0819	PÉSSIMO

Os valores do índice de desempenho “d”, para todos os métodos estudados apresentaram desempenho comparativo péssimo, e não são indicados para aplicação no sistema com os modelos de interpolação estudado.

Na Tabela 4.18 estão dispostas as comparações entre os métodos para a variável de precipitação pluvial, utilizando longitude e latitude e altitude.

TABELA 4.18 - Valores do coeficiente de correlação (r), do índice de concordância (c), do coeficiente de desempenho (d) e da classificação do desempenho dos métodos utilizando latitude, longitude e altitude para a variável de precipitação.

Método	r	c	d	Desempenho
IPD 0	0,1927	0,6895	0,1328	PÉSSIMO
IPD 1	0,1078	0,6334	0,0683	PÉSSIMO
IPD 2	0,0859	0,6030	0,0518	PÉSSIMO
IPD 3	0,0838	0,5995	0,0502	PÉSSIMO
IPD 4	0,0836	0,5992	0,0501	PÉSSIMO
IPD 5	0,0836	0,5992	0,0501	PÉSSIMO

Assim como no modelo anterior, os valores do índice de desempenho, para todos os métodos estudados apresentaram desempenho comparativo péssimo, e não são indicados para aplicação no sistema com os modelos de interpolação estudado.

Pode-se observar nas tabelas 4.17 e 4.18, que o coeficiente de correlação e o índice de desempenho são maiores para expoentes, o que demonstra uma tendência de melhorar o desempenho do modelo para estimativa de precipitação na medida que diminui o valor do expoente.

Para Reis et al. (2005), quando comparado o modelo IDP com expoente de 2 a 5, observou que, quanto maior for o expoente, maior será o erro médio entre os valores estimados e o esperado, mas tal resultado, não permitem recomendar um ou outro método de interpolação. Segundo Amorim et al. (2008), o método do inverso do quadrado da distância demonstrou-se acessível para a estimação da precipitação no Estado de Alagoas, uma vez que apresentou melhor coeficiente de correlação com os dados observados e menor desvio padrão. Mesmo assim, com os resultados obtidos, sugeriu estudos mais detalhados para a recomendação de um método de interpolação mais adequado para a precipitação.

Para Amorin et al. (2005), a distribuição espacial e quantitativa de precipitação são as mais críticas entradas de modelos que simulam interações entre clima, terra e a biosfera.

Após analisados os resultados das comparações entre as variáveis e os métodos de interpolação, pode-se observar que dentre as 9 variáveis estudadas, apenas a temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e ponto de orvalho, possuíram desempenho ótimo e na, maioria das vezes, ocorreu quando utilizou-se das informações de latitude, longitude e altitude para determinar a distância entre as bases e o ponto amostral.

Segundo Amorim et al.(2003), após avaliar diferentes modelos de interpolação, não foi possível observar um método de interpolação ideal para todas as variáveis climáticas, indicando a necessidade de uma avaliação prévia do melhor método para cada circunstância.

Conforme os resultados apresentados, recomenda-se o uso do modelo de interpolação pelo inverso potência da distância com expoente 5, visto que apresentou desempenho ótimo nas variáveis aceitas pela comparação entre os métodos.

4.2 Desenvolvimento do sistema

Após a análise das comparações entre os expoentes da interpolação pelo inverso da potência da distância e estabelecer o melhor modelo a ser utilizado, iniciou-se o processo de desenvolvimento do sistema *web* que recebeu o nome de SWIM, originado da expressão “Sistema *Web* de Interpolação Meteorológica”.

Inicialmente, foram definidas alguns funções básicas do sistema, como a as formas de consulta e obtenção dos dados meteorológicos e as novas regiões de formadas a partir das estações do Instituto Nacional de Meteorologia.

A Figura 4.2, ilustra a distribuição da rede de pontos de coleta de dados meteorológicos do INMET e a delimitação das áreas formas por ela e aplicada no sistema SIWM.

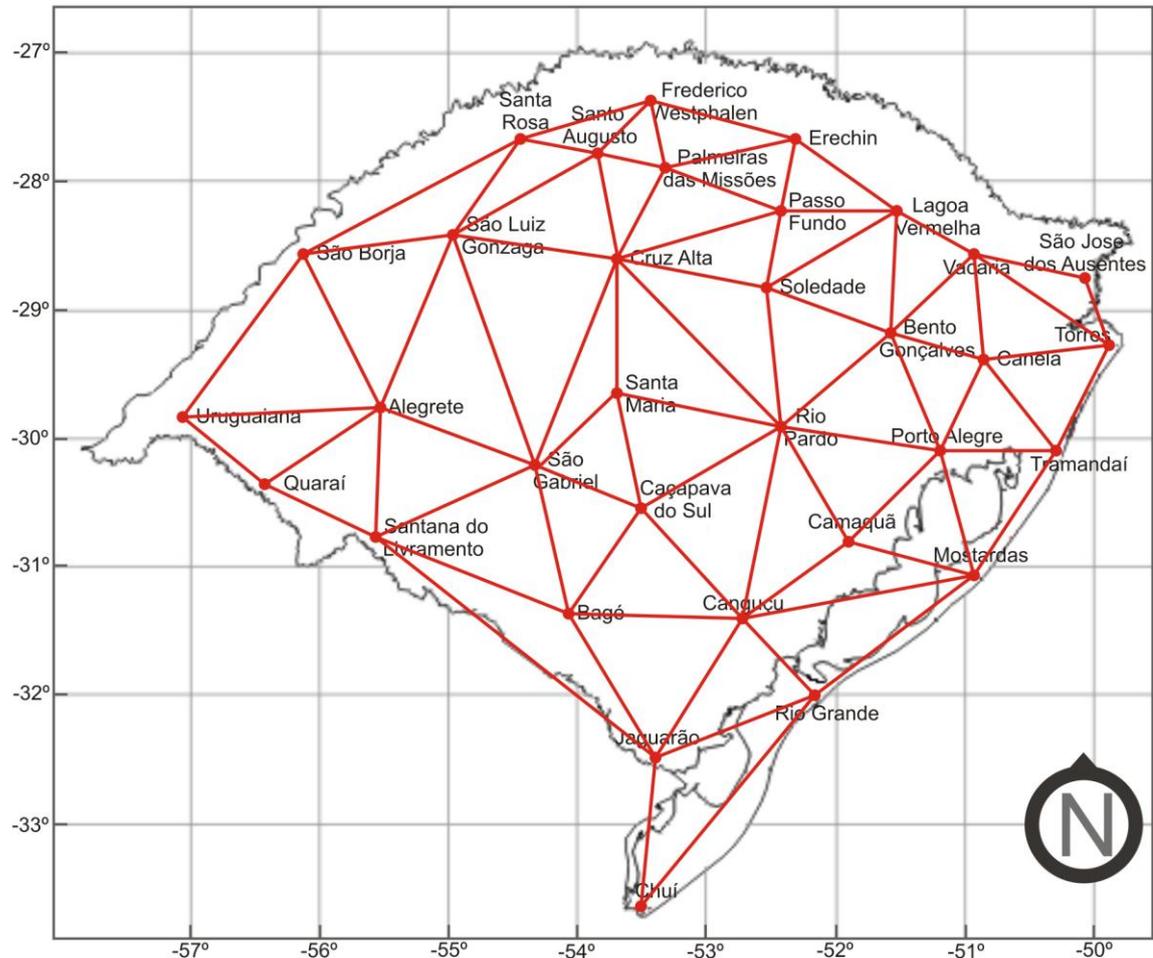


FIGURA 4.2 – Triângulos delimitados para aplicação no sistema *web* de interpolação meteorológica, a partir das coordenadas conhecidas das estação do INMET.

O sistema SWIM possui duas formas de consultas, o que estabelece dois tipos de funcionamentos, sendo eles (i) opção visual, que visa realizar a consulta a partir de uma localização aproximada através do mapa apresentado na página de pesquisa; (ii) opção por formulário, onde é realizada a consulta a partir de uma posição exata, registrada nos campos a ele reservado no sistema.

A primeira opção de consulta, leva em consideração as informações de latitude e longitude e a segunda opção de consulta, utiliza-se das informações de latitude, longitude e altitude, estabelecida pelo usuário do sistema.

O diagrama do funcionamento básico do SIWM para o cálculo dos dados meteorológicos é apresentado na Figura 4.2.

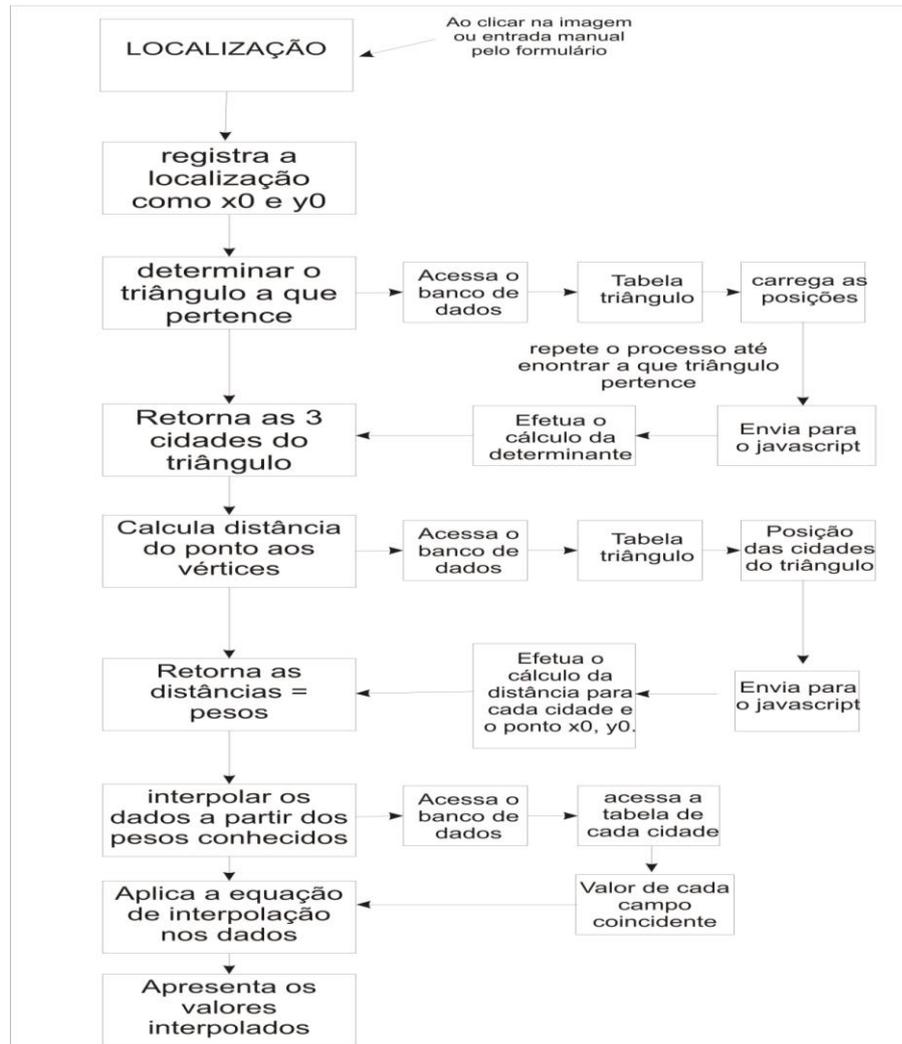


FIGURA 4.3 – Diagrama de funcionamento básico do sistema de interpolação de dados meteorológico (SWIM).

A obtenção do resultado é consequência do processo de armazenamento de informações e cálculo, sendo que, conforme citado no capítulo de material e métodos, utilizou-se da linguagem de programação php e javascript, o que permite que o sistema seja dinâmico, rápido e seguro.

Sengundo Silva et al. (2008), a linguagem de programação PHP possui uma ótima integração com o sistema gerenciador de banco de dados MySQL, presente em muitas das aplicações para internet e pode se utilizado em aplicações complexas.

Todas as informações foram armazenadas no banco de dados Mysql denominado SWIM, proveniente de Sistema Web de Interpolação Meteorológica, que está estruturado em tabelas, conforme mostra Figura 4.4



FIGURA 4.4 – Estrutura organizacional do banco de dados SWIM

Na tabela “triangulo”, conforme pode ser visualizada na Figura 4.4, estão registradas as 48 regiões formadas no Estado do Rio Grande do Sul, como mostrado na Figura 4.2. Nos campos “cidade1”, “cidade2” e “cidade3”, são registrados os nomes das três cidades que formam o triângulo; nos campos “X1”, “Y1”, “X2”, “Y2”, “X3” e “Y3” são armazenadas as coordenadas das cidades transformadas em pixel, extraídas do mapa que está na aplicação visual do sistema *web*. Nos campos “Xb1”, “Yb1”, “Zb1”, “Xb2”, “Yb2”, “Zb2”, “Xb3”, “Yb3” e “Zb3”, estão registrados as coordenadas de latitude, longitude e altitude, respectivamente, de cada cidade que formam os vértices do nosso triângulo.

Na tabela “cidades”, estão registradas as chaves de acesso e de chamada de dados. No campo “cidade” está registrado o nome que aparecerá no sistema quando realizado a consulta, no campo “chave” é como a cidade está registrada nos campos “cidade1”, “cidade2” e “cidade3” da tabela “triangulo” e o campo “tabela” é o registro do nome que aparece nas tabelas de cada cidade com as informações meteorológicas. A principal característica desta tabela é a possibilidade de trabalhar com nome de tabelas mais curtos e ela transpor as mesmas para o campo visual de forma correta quanto a sua ortografia, o que cabe ressaltar, dentro de um banco de dados, não é possível denominar as tabelas utilizando caracteres como “ç” e acentos.

Nas 33 tabelas restantes, estão dispostas as informações meteorológicas de cada estação, sabendo que os campos são: data, é a data da informação; hora, é a hora que foi coletada a informação; TI, é temperatura instantânea; TMx, é a temperatura máxima; TMi, temperatura mínima; UI, é a umidade relativa do ar instantânea; UMa, é umidade relativa do ar máxima; UMi, é a umidade relativa do ar mínima; PTi, é o ponto de orvalho instantâneo; PTMa, é o ponto de orvalho máximo; PTMi, é o ponto de orvalho mínimo; PRI, é a pressão atmosférica instantânea; PRMa, pressão atmosférica máxima; PRMi, é pressão atmosférica mínima; VV, é a velocidade do vento; VD, é a direção do vento; VR, é o registro de rajada de vento; R, é a radiação solar e CH, é a precipitação.

Este modelo de banco de dados mostrou-se eficiente para aplicação o sistema. Para Moratelli (2002), o servidor de banco de dados MySQL, é confiável no armazenamento das informações e sua performance é satisfatória. Silva et al. (2008), defini MySQL como um servidor robusto de banco de dados SQL, sendo rápido, com multitarefa e multiusuário.

Após determinadas as tabelas e campos, a programação do sistema *web* é definida e estruturada como mostra na Figura 4.5.

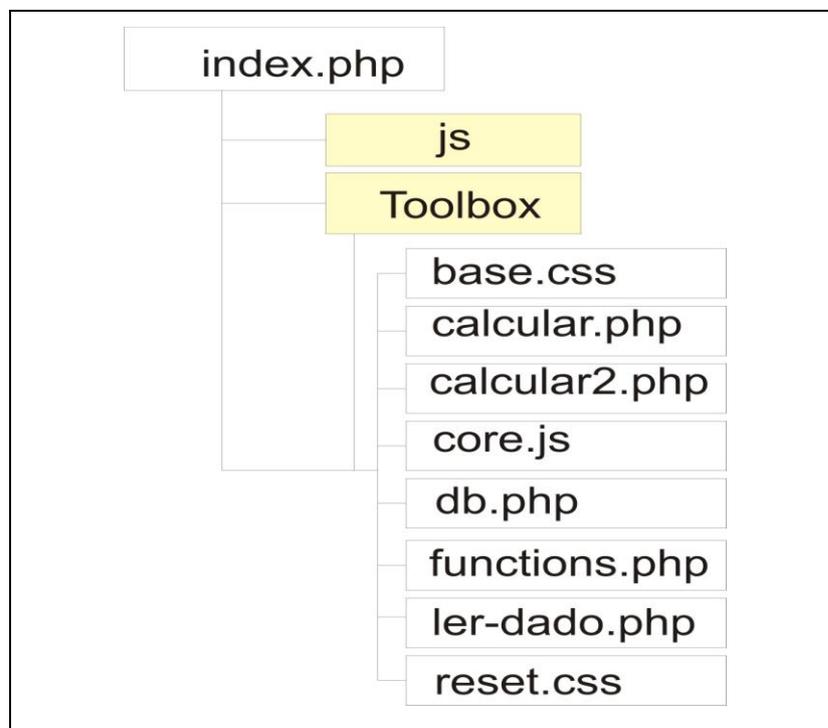


FIGURA 4.5 – Estrutura organizacional e funcional do sistema *web* de interpolação meteorológica (SWIM).

Como mostra a Figura 4.5, o sistema *web* é composto por nove arquivos e duas pastas em seu diretório raiz. Estes arquivos são responsáveis pelo acesso ao sistema, armazenamento, cálculo e distribuição dos dados, além de processar as funções para a geração das informações.

Em um site, o arquivo-chave é o `index`, que é responsável pelo acesso inicial aos sites hoje disponíveis na rede mundial de computadores. Sendo assim, o arquivo “`Index.php`”, é o gestor do sistema, e contém informações e configurações da parte visual e de código, como mostra a figura 4.6.

```
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD XHTML 1.0 Transitional//EN" "http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-transitional.dtd">
<html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml">
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=utf-8" />
<title>SIM - Sistema de Interpolação Meteorológica</title>
<style type="text/css">
@import url(/rafa/reset.css);
@import url(/rafa/base.css);
@import url(/rafa/Toolbox/cssControls.css);
</style>
<script type="text/javascript" src="/rafa/Toolbox/system.js"></script>
<script type="text/javascript" src="/rafa/Toolbox/objects.js"></script>
<script type="text/javascript">RDA.baseURL='/rafa/Toolbox/';Class.require('Ajax','Drag','Windows','PageTab','SortTable');</script>
<script type="text/javascript" src="/rafa/core.js"></script>
</head>
<body>
<script type="text/javascript">Dados.leitura();</script>
</body>
</html>
```

FIGURA 4.6 – Trecho do arquivo `index.php`.

A Figura 4.6 apresenta a página codificada do arquivo “`inde.php`”, onde está a configuração inicial do sistema, como o título e carregando as bibliotecas utilizadas na programação.

As pastas “`Toolbox`” e “`JS`” contém as bibliotecas de aplicação visual e de funções em javascript, respectivamente, e são carregadas no arquivo `index.php`, como pode ser vista na Figura 4.6, o que possibilita que essas bibliotecas sejam utilizadas por todas os demais arquivos do sistema.

Os arquivos “`reset.css`” e “`base.css`”, são utilizados para melhorar as configurações visuais, sendo que o padrão “.css” é utilizado na padronização de fonte, margens e tamanho de texto. A Figura 4.7 apresenta trechos dos arquivos.

```

.formulario .input-text {border:1px solid #A0A1AA; background:#FFF; padding:3px; font-size:(
.formulario .form-field {margin:10px 0 0 10px;}
.formulario fieldset {padding:5px; margin:5px; border:1px solid #AAA; background:#F5F5F5;}
.formulario .legend {padding:10px 0 3px 10px; margin-bottom:3px;font-weight:bold; display:b
.formulario .form-field label {display:block;font-size:8pt;font-family:'Tahoma',Verdana, Ar
.formulario .form-field input,
.formulario .form-field textarea {font-size:0.8em; font-weight:normal;display:block;font-far
.formulario .form-field input.required {border:2px solid #F60; border-bottom:2px solid #F90;

.windowwarning {font-size:.9em; text-align:left; margin:2px; background:#FFC url(/sistema/ir

.tabela-de-dados {width: 100%; border:1px solid #CCC; border-collapse:collapse; margin:15px
.tabela-de-dados td { padding:4px; background:#FFF }
.tabela-de-dados thead td,
.tabela-de-dados tfoot td { padding:8px; background:#F0EFED; white-space:nowrap}
.tabela-de-dados tfoot td a,
.tabela-de-dados tfoot td a:hover { font-size:0.8em; color:#06C; text-decoration:none; font-
.tabela-de-dados tfoot td img {vertical-align:middle}
.tabela-de-dados td { padding:4px; }

```

(a)

```

html, body, div, span, applet, object, iframe,
h1, h2, h3, h4, h5, h6, p, blockquote, pre,
a, abbr, acronym, address, big, cite, code,
del, dfn, em, font, img, ins, kbd, q, s, samp,
small, strike, strong, sub, sup, tt, var,
dl, dt, dd, ol, ul, li,
fieldset, form, label, legend,
table, caption, tbody, tfoot, thead, tr, th, td {
margin: 0;
padding: 0;
border: 0;
outline: 0;
font-weight:normal;
font-style: inherit;
font-family: inherit;
vertical-align: baseline;
}
:focus { outline:0; }
body {
line-height: 1;
color: black; ..

```

(b)

FIGURA 4.7 – Trechos dos arquivos programados (a) base.css e (b) reset.css.

No arquivo base.css (Figura 4.7a) estão programadas as configurações referentes as disposições de tabelas, formulários, botões e relatórios, sendo que todos seguirão este padrão, o que possibilita um melhor visual para o usuário. Já o arquivo reset.css (Figura 4.7b), lista todas as possibilidades de fonte, tamanho de fonte, parágrafos, bordas, cores e estilos de fontes, que serão utilizados no sistema.

Todas as informações meteorológicas estão registradas no banco de dados SWIM, onde é acessado para a obtenção das variáveis para o cálculo e as informações dos triângulos e das cidades que os compõem. O acesso ao banco de dados pelo sistema SWIM é realizado pelo arquivo db.php, conforme mostra a Figura 4.8.

```

<?php
require_once('functions.php');
$E=array('_db'=>'localhost','_dbu'=>'root','_dbp'=>'', '_DB'=>'SWIM');
@eval(@base64_decode('QG15c3FsX2NvbW51Y3QoJEVbJ19kYiddLFRFwYdfZGJlJ10sJEVbJ19kYnAnXSk7QG15c3FsX3N1bGVjdF9kYigkRVs');

$Campos=array('TI','TMx','TMi','UI','UMa','UMi','PTI','PTMa','PTMi','PRI','PRMa','PRMi','VV','VD','VR','R','CH');
$Legendas=array(
'TI'=> 'Temp. Inst.',
'TMx'=> 'Temp. Máxima',
'TMi'=> 'Temp. Mín.',
'UI'=> 'Umidade Inst.',
'UMa'=> 'Umidade Máx.',
'UMi'=> 'Umidade Min.',
'PTI'=> 'P.O. Inst.',
'PTMa'=>'P.O. Máx.',
'PTMi'=>'P.O. Min.',
'PRI'=> 'Pressão Inst.',
'PRMa'=>'Pressão Máx.',
'PRMi'=>'Pressão Min.',
'VV'=> 'Vento Vel.',
'VD'=> 'Vento Dir.',
'VR'=> 'Vento Raj.',
'R'=> 'Radição',
'CH'=> 'Chuva');

```

FIGURA 4.8 – Trecho do arquivo configurável db.php

Neste arquivo estão programadas as configurações de acesso ao banco de dados MySQL, apresentando sua localização, o usuário, senha e banco de dados que será utilizado no sistema. Além destas conexões, também foi realizada a legenda de cada campo do banco de dados, o que possibilita um melhor entendimento dos usuários do sistema.

Segundo Silva et al. (2008), é necessário a preocupar-se com os usuários que não possuem o conhecimento específico em agrometeorologia ou meteorologia, sendo indispensável apresentar a legenda dos campos.

O arquivo core.js, é de suma importância para o SWIM, pois nele estão contidas as funções e configurações desenvolvidas na linguagem de programação Javascript. A pagina core.js é inicializada no arquivo index.php e é utilizada em diferentes partes do processo de obtenção dos resultados da estimativa numérica.

A opção visual de localização do ponto amostral pelo usuário do sistema, tem com processo inicial, a captura das coordenadas de latitude e longitude sobre o mapa apresentado na tela do sistema, e este procedimento de coleta e registro da posição é realizado em javascript e programado no arquivo core.js, conforme ilustra a Figura 4.9.

```

leitura:function() {
  windowManager.create({u:'/rafa/ler-dado.php',w:470,H:235,L:510,T:435,title:'Dados',draggable:false,closeable:false});
  var resultado = windowManager.create({u:'',w:490,H:585,L:10,T:5,title:'Resultado',draggable:false});
  Dados.objDestino = resultado.client;
  var win = windowManager.create({u:'',w:470,H:422,L:510,T:5,title:'origem',draggable:false});
  var img = document.createElement('img');
  img.id = 'image';
  img.src= '/rafa/mapa.jpg';
  img.onmousemove = showPos;
  img.onclick = Dados.calcular;
  win.client.appendChild(img);
}
};
function showPos(ev) {
  var o = window['theObject'];
  var pos = Objects.getMouseoffset(this,ev);
  Dados.x = pos.x;
  Dados.y = pos.y;
  $('dadox').value = pos.x;
  $('dadoy').value = pos.y;
  return;
}
}

```

FIGURA 4.9 – Partes da programação em javascript (arquivo core.js).

Na Figura 4.9, pode-se observar as configurações do mapa utilizado pelo sistema e a função que registra as coordenadas do ponto a ser amostrado as informações. A função leitura, configura o posicionamento e tamanho do mapa na tela do sistema, além de carregar a imagem salva no arquivo raiz do aplicativo e de aplicar sobre a imagem a função “showPos”.

Ao posicionar o ponteiro do mouse sobre o região do mapa e clicado uma vez com o botão esquerdo, as coordenadas x e y do ponto é capturada são registradas pela função “showpPos(ev)”, que os armazena como XP (x do ponto) e YP (y do ponto) em unidade de pixel, para posterior utilização.

No arquivo calcular.php, estão programados os cálculos realizados pelo sistema na linguagem php. A Figura 4.10 apresenta trecho do arquivo calcular.php.

```

$PT=explode(',',$_REQUEST['PT']);
$P1=explode(',',$_REQUEST['P1']);
$P2=explode(',',$_REQUEST['P2']);
$P3=explode(',',$_REQUEST['P3']);

$r=@mysql_query("SELECT * FROM triangulos ORDER BY id");

$T = NULL;
while($a=@mysql_fetch_assoc($r) {
  if( Verificar( $a['X1'],$a['Y1'],$a['X2'],$a['Y2'],$a['X3'],$a['Y3'], $PT[0], $PT[1] )) { $T = $a; break; }
}

```

FIGURA 4.10 – Demonstração da programação de conexão utilizado no SIWM, configurados no calcular.php

Após a obtenção das coordenadas do ponto escolhido pelo usuário do sistema, é definida a qual região o ponto pertence. Para isso, é acessado o banco de dados SWIM e na tabela “triangulo”, é coletado as coordenadas X1, Y1, X2, Y2, X3 e Y3. de cada triângulo em ordem de registro no banco de dados, conforme mostra a Figura 4.10.

As informações do ponto escolhido pelo usuário é registrado na variável PT[0] e PT[1], e a verificação de que triângulo pertence é realizada a partir da função “verificar”, programada no arquivo “function.php”, conforme mostra a Figura 4.11.

```
function Verificar($X1, $Y1, $X2, $Y2, $X3, $Y3, $XP, $YP) {
    $detA = ($XP*$Y1 + $X1*$Y2 + $X2*$YP - $X1*$YP - $X2*$Y1 - $XP*$Y2);
    $detB = ($XP*$Y2 + $X2*$Y3 + $X3*$YP - $X2*$YP - $X3*$Y2 - $XP*$Y3);
    $detC = ($XP*$Y3 + $X3*$Y1 + $X1*$YP - $X3*$YP - $X1*$Y3 - $XP*$Y1);
    return EstaDentro($detA,$detB,$detC);
}

function Sinal($n) { return ($n<0?0:($n==0?1:2)); }

function EstaDentro ($Sinal1=-1,$Sinal2=-1,$Sinal3=-1) {
    $Resultados = array(0=>1,1=>1,2=>0,3=>0,4=>1,5=>0,6=>0,7=>0,8=>0,9=>1,10=>1,11=>0,12=>1,13=>1,14=>1,
26=>1,27=>0);
    $S1=Sinal($Sinal1);
    $S2=Sinal($Sinal2);
    $S3=Sinal($Sinal3);
    return ($Resultados[$S1 + $S2 * 3 + $S3 * 9]==1);
}
```

FIGURA 4.11 – Parte da programação do arquivo function.php

Como mostra a Figura 4.11, os pontos são enviados para a função denominada “verificar” que realiza o cálculo da determinante. Após realizar a determinante, a função “EstaDentro” estabelece as condições para que o ponto seja pertencente ao triângulo do banco de dados, caso contrário, é realizado o mesmo cálculo com o próximo triângulo registrado na tabela até encontrar a área em que o ponto pertence.

Determinado o triângulo que o ponto pertence, são enviadas informações para o arquivo function.php que determina a distância entre o ponto e os vértices desse triângulo, que é formado pelas coordenadas das estações. A Figura 4.12, mostra trechos da programação do arquivo function.php.

```

function Media() {
    list($t1,$W1,$t2,$W2,$t3,$W3) = func_get_args();
    return @number_format(($t1 * $W1 + $t2 * $W2 + $t3 * $W3) / ($W1+$W2+$W3),5,'.','');
}

function distanciaAB($A, $B) {
    $d = sqrt( pow($A[0]-$B[0], 2) + pow($A[1]-$B[1], 2) );
    return $d!=0 ? 1/$d : 1;
}

```

FIGURA 4.12 – Trecho function.php

A função “distanciaAB” (Figura 4.12), processa a distância entre o ponto e os vértices do triângulo selecionado e realiza o cálculo de inversão da distância que é enviado para o arquivo calcular.php que as registra como variável W1, W2 e W3. Os campos das variáveis climáticas registradas no banco de dados são carregadas como t1, t2 e t3, em ordem por cidades. Essas informações são atribuídas a função “Media”, no arquivo function.php, que realiza a interpolação numérica, pelo método do inverso da potência, dos dados meteorológicos com base nas informações das cidades do triângulo e os pesos atribuídos a elas.

O resultado da interpolação é aplicado no arquivo calcular.php, conforme mostra a Figura 4.13.

```

7 $data1=strip_tags(pd($_REQUEST['data1'],'/','-'));
8 $data2=strip_tags(pd($_REQUEST['data2'],'/','-'));
9
0 $dC1=@mysql_query("SELECT * FROM `{$Cidade1['tabela']}` WHERE data>='$data1' AND data<='$data2' ORDER BY data DESC,hora ASC");
1 $dC2=@mysql_query("SELECT * FROM `{$Cidade2['tabela']}` WHERE data>='$data1' AND data<='$data2' ORDER BY data DESC,hora ASC");
2 $dC3=@mysql_query("SELECT * FROM `{$Cidade3['tabela']}` WHERE data>='$data1' AND data<='$data2' ORDER BY data DESC,hora ASC");
3 while($C1=@mysql_fetch_assoc($dC1)) {
4     $C2=@mysql_fetch_assoc($dC2);
5     $C3=@mysql_fetch_assoc($dC3);
6     ?> <tr>
7         <td><?php echo pd($C1['data'],'-','/'); ?></td>
8         <td><?php echo $C1['hora'].'hs'; ?></td>
9     <?php
0         foreach ($Campos as $FIELD) {
1             $t1 = $C1[$FIELD]; $t2 = $C2[$FIELD]; $t3 = $C3[$FIELD];
2             ?>
3             <td><?php echo Media($t1,$W1,$t2,$W2,$t3,$W3); ?></td>
4     <?php } ?>

```

FIGURA 4.13 – Demonstração do comando de impressão dos valores interpolados, programado no arquivo calcular.php

Como pode ser observado na Figura 4.13, o arquivo conecta o banco de dados pela chave que está na tabela “cidades” do banco de dados e ordena os dados por cidade e hora, sendo que os dados interpolador devem possuir o mesmo valor para data e hora. Por fim, os valores interpolados são impressos na tela para o usuário visualizar os dados meteorológicos do ponto, conforme solicitado.

Quando o usuário utiliza do campo de formulário para preencher as coordenadas a qual necessita de informações, é realizado um processo semelhante, sendo que não necessita de realizar a função “showPos” e o cálculo do peso é realizado levando em consideração os pontos de latitude, longitude e altitude registrado no banco de dados na tabela “triangulos”. O demais procedimentos e funções permanecem inalteradas.

Na Figura 4.14, pode-se visualizar o sistema SWIM conforme disponível aos usuários.

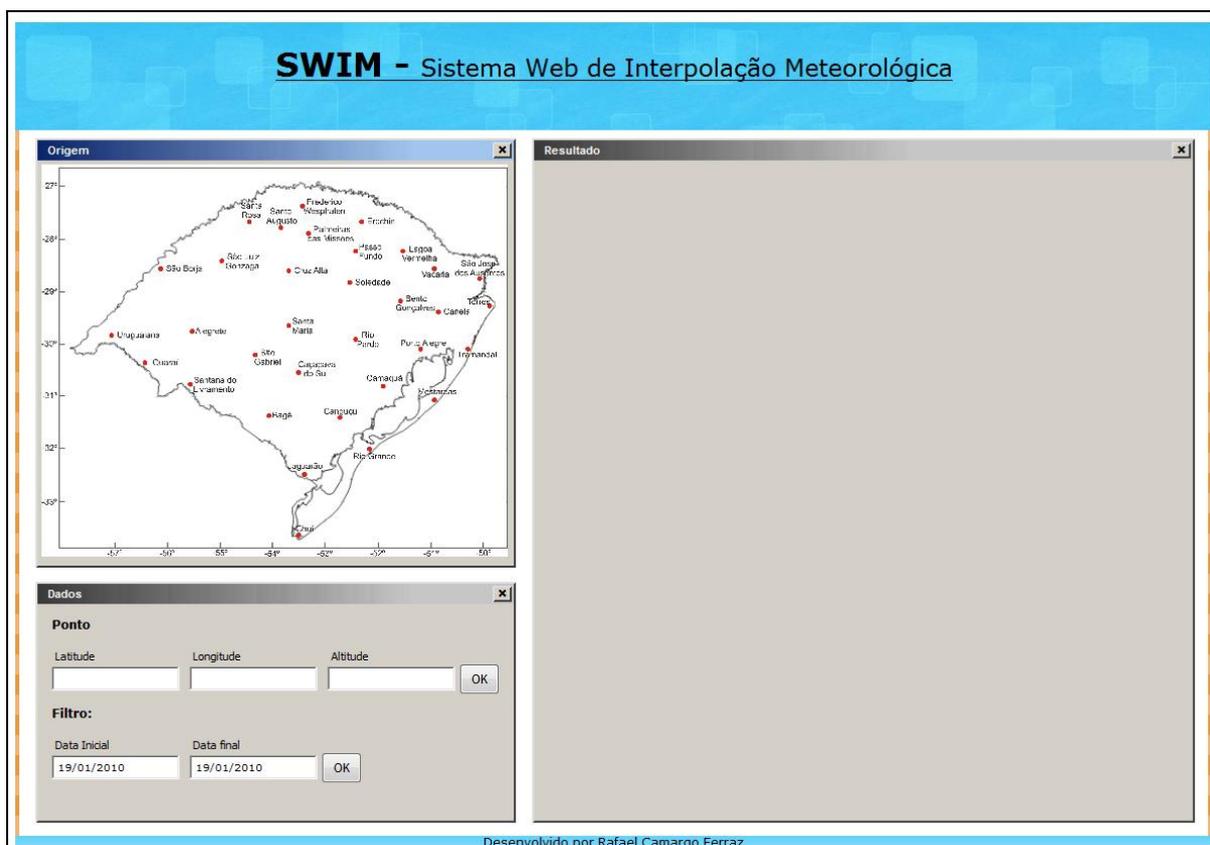


FIGURA 4.14 – Programação visual do sistema web de interpolação meteorológica.

No desenvolvimento do aplicativo, buscou-se utilizar uma apresentação visualmente agradável e de fácil utilização, por ser um sistema será utilizado por diversos usuários e estes nem sempre possuem experiência em informática.

Silva et al. (2008), desenvolveu um sistema *web* apenas para consulta de dados meteorológicos do Estado do Piauí, o qual acessa o banco de dados da Embrapa Meio-Norte e disponibiliza as informações dos municípios que possuem estações. Como conclusão, afirma que os sistemas *web* dinamizam a distribuição e manipulação das variáveis climática.

Nas pesquisas realizadas durante o trabalho, não foram encontradas referências do desenvolvimento de um sistema que realize a interpolação entre os dados meteorológicos, sendo este um trabalho pioneiro na área.

5 CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia utilizada para a realização deste trabalho e nos resultados obtidos, pode-se concluir que

Ao aplicar o método de interpolação pelo inverso da potência da distância em nove variáveis meteorológicas, apenas quatro apresentaram desempenho ótimo, sendo elas: temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e ponto de orvalho.

Dentre as potências estudadas, o grau 5 apresentou ótimo desempenho nas quatro variáveis aceitas pelo modelo.

O modelo de interpolação demonstrou melhor desempenho quando utilizado a latitude, longitude e altitude para calcular as distâncias entre as estações e o ponto amostrado. Os resultados obtidos, quando utilizado apenas a latitude e longitude, demonstrou com melhor desempenho para a variável ponto de orvalho, dentre as quatro aceitas pelo modelo.

O banco de dados MySQL demonstrou-se bem eficiente para o armazenamento dos dados meteorológicos disponíveis, além de ter proporcionado acesso rápido, fácil utilização e programação. Outra característica do banco MySQL foi a segurança no armazenamento dos dados.

O sistema para web para a interpolação dos dados meteorológicos demonstrou ótimo desempenho, apresentando segurança, rapidez no processamento e fácil acesso para o usuário, podendo ser disponível e aplicado nas mais diversas atividades humanas e principalmente na agricultura. Estas características podem ser creditadas na linguagem PHP e Javascript que foram utilizadas na programação do sistema e são as mais recomendadas e utilizadas atualmente, no mundo.

Nas pesquisas realizadas durante o trabalho, não foram encontradas referências do desenvolvimento de um sistema de interpolação entre os dados meteorológicos, sendo este um trabalho pioneiro na área.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, M. A. Introdução à programação em PHP. Disponível em: <<http://www.criarweb.com/artigos/70.php>>. Acesso em: 12 jan. 2009.

AMORIM, R. S. **Espacialização de variáveis meteorológicas combinando informações de imagens de satélites com técnicas de interpolação para o estado de Minas Gerais**. 2009. 92 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

_____; GRIEBELER, N. P.; GONÇALVES, F. A. **Comparação de métodos de interpolação para espacialização de dados climáticos**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 2003, Goiânia. **Anais...** Goiânia: [S.n.], 2003. 1 CD-ROM.

AMORIM, R. C. F. et al. **Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas**. Acta Scientiarum Technology, Maringa, v. 30, n. 1, p. 87-91, 2008.

ASSAD, E. D. et al. Veranicos na região dos Cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 9, p. 993-1003, set. 1993.

ASSAD, M. L. L.; ASSAD, E. D.; EVANGELHISTA, B. A. Chuvas extremas na região dos cerrados. In: ASSAD, C. D. (Coord.). **Chuva no cerrado: análise e espacialização**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994. p. 49-54.

ARAÚJO, M. A.; ROCHA, J. G. **Web services na informática geográfica**. Braga: Universidade do Minho, 2004.

ARSANJANI, A. et al. Web services: promises and compromises. **ACM Queue**, New York, NY, USA, v. 1, n. 1, p. 48-58, 2003.

BARBOSA, J. P. M. Utilização de método de interpolação para análise e espacialização de dados climáticos: o SIG como ferramenta. **Caminhos de Geografia**, v. 9, n. 17, p. 85-96, fev. 2006.

BOULIC, W. L. **PHP e MySQL: desenvolvimento Web**. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

BHON, Daniela. **Sites dinâmicos com dreamweaver: PHP & MySQL**. Florianópolis, SC: Visual Books, 2004.

BURIOL, G. A. et al. Estimativa das médias das temperaturas máximas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, v. 3, p.131-150, 1973.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa-SPI: Embrapa-CPAC, 1998. p. 3-11.

CARAMORI, P. H. et al. Diagnóstico da agrometeorologia operacional no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 10, n. 2, p. 363-371, 2002.

CARLESSO, R. et al. **Usos e benefícios da coleta automática de dados meteorológicos na agricultura**. Santa Maria: Ed. UFSM, 2007. 170 p.

CARMO, D. S. Tutorial sobre o novo MySQL 4. In: **Br.Linux.Org**. [S.l.: s.n.], 2005. Disponível em: <www.brlinuxsecurity.com.br/tutoriais>. Acesso em: 05 jan. 2009.

CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 695-703, 2003.

COSTA, C. J. **Desenvolvimento para web**. Lisboa, Portugal: Lusocredito, 2007. 131 p.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Estudo comparativo entre elementos meteorológicos obtidos em estações meteorológicas convencional e automática em botucatu, sp, brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 103-111, 2004.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. **Sistemas de banco de dados**. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2005.

DALL'OGGIO, P. **PHP: programando com orientação a objetos**. São Paulo, SP: Novatec, 2009.

ESTEFANEL, V. et al. Estimativa das médias das temperaturas mínimas mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 3, p. 1-20, 1973.

FAO. Expert **consultation on revision of FAO methodologies for crop water requeriments**. Roma: FAO, 1990.

FERRARI, F. A. **Crie banco de dados MySQL**. São Paulo: Digerati Books, 2007, 128 p.

FERRAZ, S. E. T. et al. Climatologia da precipitação na região central do rio grande do sul e possíveis mudanças no regime de precipitação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2006, Florianópolis. **Anais eletrônico...** Florianópolis: [s.n.], 2006. Disponível em: <http://www.cbmet.com/edicoes.php?pageNum_Recordset_busca=5&totalRows_Recordset_busca=1006&cgid=14>. Acesso em: 21 mar. 2009.

FERREIRA, C. L. **Framework para gerenciar dades de intereação do usuário em ambiente hipermídia de aprendizagem**. 2003. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

FERREIRA, M. et al. Estimativa das temperaturas médias mensais e anuais do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista do Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v.1, p. 21-52, 1971.

FILHO, A. C. et al. Altitude e coordenadas geográficas na estimativa da temperatura mínima média decendial do ar no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 893-901, junho 2006.

FIORESE, E. J. et al. Instalação de uma estação agrometeorológica experimental formato e parâmetro. In CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2006, Florianópolis. **Anais eletrônico...** Florianópolis: [s.n.], 2006. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/14-10e558dd8d22088ae9b839a8b9f5f2c6.pdf>> Acesso em: 21 fev. 2009.

GUIMARÃES, A. P. et al. O mundo on-line: banco de dados. **Revista PEC**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 15-22, julho 2001.

HARDIE, B. G. S.; FADER, P. S.; WISNIEWSKI, M. An empirical comparison of new product trial forecasting methods. **International Journal of Forecasting**. n. 17, p. 209-229, 1998.

HEUSER, C. A. **Projeto de banco de dados**. 3. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 2000. 204 p.

IESCHECK, A. L. Dados espaciais e interpolação qualitativa: algumas questões. In: SEMINÁRIO ANUAL DE PESQUISAS EM GEODÉSIA, 2., 2007, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007. v. 1, p. 70-74.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Informações cadastrais das estações meteorológicas do INMET**. Rio de Janeiro: [s.n.], [200_?]. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sistemas/inmetWeb/produtos/climatologia/informacaoCadastralEstacao.jsp>>. Acesso em: 05 jan. 2009.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 15., Caxambu, 2006. **Anais eletrônicos...** Caxambu: Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2006. Disponível em: <http://www.abep.nepo.unicamp.br/encontro2006/docspdf/abep2006_388.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2009.

JONES, J. W. et al. Potential benefits of climate forecasting to agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, University of Florida, Gainesville, v. 82, p. 169–184, 2000.

KAUFMAN, S.; PERKINS, J.; FLEET, D. **Teach yourself activeX programming in 21 days**. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 703 p.

LEÃO, P. C. de S. ; SILVA, E. E. G. Caracterização fenológica e requerimentos térmicos de variedades de uvas sem sementes no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 379-382, dez. 2003.

LENNON, J. J.; TURNER, J. R. G. Predicting the spatial distribution of climate: temperature in Great Britain. **International Journal of Forecasting**, n. 64, p. 392-670, 1995.

LOBO, E. J. R. **Criação de sites em PHP**. São Paulo: Digerati Books, 2007. 96 p.

MAGNA, S. B. de M. A Informação agrometeorológica e o manejo de irrigação na cultura da videira. In: SEMINÁRIO NOVAS PERSPECTIVAS PARA O CULTIVO DA UVA SEM SEMENTES, 2004, Pernambuco. **Anais...** Pernambuco: Embrapa Semi-Árido, 2004. (Documentos, 185).

MAZIERO, E. **Introdução a PHP**. Curitiba: PUC-PR, 2001. Disponível em: <<http://www.ppgia.pucpr.br/~maziero/ensino/lisu>>. Acesso em: 23 ago. 2001.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F, Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicada a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Sciences and Technology**, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009.

MELO, A. A.; NASCIMENTO, M. G.F. **PHP profissional: aprenda a desenvolver sistema profissionais orientados a objetos com padrões de projetos**. São Paulo: Novatec, 2007. 464 p.

MELLO, C. R. et al. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 925-933, 2003.

MELONI, J. C. **PHP essentials**. Roseville: Prima Publishing, 2000. 363 p.

MORAZ, E. **Treinamento avançado em PHP 5.0**. São Paulo: Digirati Books, 2005. 189 p.

MOTA, F. S. da. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Nobal, 1977. 376 p.

MUTO, C. A. **PHP & MySQL : guia Introdutório**. 3. ed. São Paulo: Brasport, 2006. 412 p.

MYSQL AB. Manual de referência do Mysql 4.1. : tradução do manual oficial. [S.l.: s.n.], [200-?]. Disponível em: <<http://dev.mysql.com/doc/mysql/en>>. Acesso em: 25 mar. 2009.

NIEDERAUER, J. **Desenvolvendo websites com PHP: aprenda a criar Websites dinâmicos e interativos com PHP e bancos de dados**. São Paulo: Novatec, 2004, 272 p.

_____. **Integrando PHP5 com MySQL**. 2 ed. São Paulo: Novatec, 2008. 104 p.

_____. **PHP para quem conhece PHP**. São Paulo: Novatec, 2006. 480 p.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981.

ORGANIZAÇÃO METEOROLÓGICA MUNDIAL. **Parâmetro de instalação de estações meteorológicas**. Genebra, [200-?]. Disponível em: <<http://www.wmo.ch>> Acesso em: 19 set. 2009.

PEDRO JÚNIOR, M. J. et al. Determinação da temperatura-base, graus-dia e índice biometeorológico para a videira `Niagara Rosada`. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, n. 1, p. 51-56, 1994.

_____ et al. Caracterização fenológica da videira “Niagara Rosada” em diferentes regiões paulistanas. **Bragantia**, Campina, v. 52, n. 2, p. 153-160, 1993.

PELLEGRINO, G. Q. et al. O uso de sistemas de informações geográficas no mapeamento de informações agrometeorológicas. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Ed.). **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. rev. e ampl. Brasília: EMBRAPA- SPI: EMBRAPA-CPAC, 1998. cap. 17, p. 329-348.

PEREIRA, A R., ANGELOCCI, L. R., SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PHP GROUP. **PHP hypertext preprocessor**. [S.l.: s.n.], [200-?]. Disponível em: <<http://www.php.net>>. Acesso em: 21 jan. 2009.

PHP. **Homepage**. [S.l.: s.n.], [200-?]. Disponível em: <<http://www.php.org>> Acesso em: 08 out. 2009

PINTO, F. R. L. **Equações de intensidade-duração-freqüência da precipitação para os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo**: estimativa e espacialização. 1999, 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

RAMOS, H. E. dos A. et al. Avaliação comparativa de dados meteorológicos obtidos em estações convencionais e automáticas, localizadas em três municípios do Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., São Paulo, 2007. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2007.

REIS, M H.; et al. Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no estado de Goiás e Distrito Federal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005,

Goiânia. **Anais eletrônico...** Goiânia: INPE, 2005. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.04.36/doc/229.pdf>>. Acesso em: 16 de jan. 2009.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual do Planejamento. **Temperatura e precipitação.** Porto Alegre: [s.n.], [200_?]. Disponível em: <www.sepla.rs.gov.br/atlas/atlas.asp?menu=340>. Acesso em: 18 set. 2009.

ROCHA, A. A. da. **PHP-ASP-JSP: desenvolvendo websites dinâmicos.** In: Na RedeMundial Corporation. São Paulo: [s.n.], 2007. Disponível em: <www.naredemundial.com.br/livro>. Acesso em: 16 set. 2008.

SANTOS J. W. M. C. Ritmo climático e sustentabilidade sócio-ambiental da agricultura comercial da soja no sudeste de Mato Grosso. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 1, p. 1-20, 2005. Número especial.

SCHNEIDER, P. R. **Análise de regressão aplicada a engenharia florestal.** 2. ed. Santa Maria: UFSM/CEPEF, 1998. 236 p.

SCHMITZ, D. P. **Desenvolvendo sistemas com Flex e PHP.** São Paulo, SP: Novatec, 2009.

SEDIYAMA, G. C. et al. Simulação de parâmetros climáticos para a época de crescimento das plantas. **Revista Ceres**, v. 25, n. 141, p. 455-66, 1978.

SILVA, A. J. S.; JÚNIOR, A. S. de A.; MARIN, F. R. Um sistema web para a consulta de dados meteorológicos como ferramenta de apoio ao manejo de irrigação no estado do Piauí. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 29, n. 2, p. 141-147, dez. 2008.

SILVA, D. D. et al. Estimativa e espacialização dos parâmetros da equação de intensidade-duração-frequência da precipitação para o Estado de São Paulo. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, n. 7, p. 70-87, 1999.

SILVA, W. C. M. et al. Avaliação do comportamento de parâmetros meteorológicos através de programas computacionais, no cultivo de soja e milho. In: CONGRESSO E MOSTRA DE AGROINFORMÁTICA, 2000, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2000. Não paginado.

SMITH, M. J. de; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. A. **Geospacial analysis : a comprehensive guide to principles, techniques and softwares tools.** Leicester, Inglaterra : Matador, c2007. 394 p.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba: Editor, 2004. 195 p.

SOUZA, L.; COGO, N. P.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de fósforo, potássio, e matéria orgânica no solo em relação a sistema de manejo. P, K, Ca, Mg, H+Al, SB. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, 2007.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. J. L. **Meteorologia descritiva**. São Paulo: Nobel, 1992. 374 p.

ULLMAN, L. **PHP and MySQL for dynamic web sites**. Berkeley, CA: Peachpit Press, 2003.

VANDER VEER, E. A. **JavaScript for dummies**. Hoboken, EUA: Ed. Wiley, 2005. 358 p.

VENDRUSCULO, L. G.; VIEIRA, S. R. Proposta de uma ferramenta computacional para análise geoestatística baseada na internet. In: Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão, 2., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. Não paginado.

VIEIRA, L.; PICULLI, F.J. **Meteorologia e climatologia agrícola**. Paraná: Cidade Gaúcha, 2009.

VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos de uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas - SP. **Bragantia**, Campinas, v. 1, n. 56, p. 181-190, 1997.

VOLPATO, M. M. L.; ALVES, H. M. R.; VIEIRA, T. G. C. Geotecnologias aplicadas à agrometeorologia. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 29, n. 246, 2008. Não paginado.

WEI, E.C.; McGUINNESS, J. L. **Reciprocal distance squared method**: a computer technique for estimating areal precipitation. Illinois: Agricultural Research Service, Department of Agriculture, 1973.

WILLMONT, C. J. On the validation of models. **Physical Geography**, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.