

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE METEOROLOGIA

OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO BRAMS APLICADO À PREVISÃO DO TEMPO, AGRICULTURA E PESQUISA

Mateus Madail Santin

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Pelotas, sob a
orientação da Prof^ª. Dr^ª. Cláudia
Jacondino de Campos, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Meteorologia, para
obtenção do título de Mestre em
Ciências (M.S.).

Pelotas
Rio Grande do Sul – Brasil
Outubro de 2006

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
FACULDADE DE METEOROLOGIA

OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO BRAMS APLICADO À PREVISÃO DO TEMPO, AGRICULTURA E PESQUISA

Mateus Madail Santin

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Pelotas, sob a
orientação da Prof^ª. Dr^ª. Cláudia
Jacondino de Campos, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Meteorologia, para
obtenção do título de Mestre em
Ciências (M.S.).

Pelotas
Rio Grande do Sul – Brasil
Outubro de 2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados de catalogação na fonte:

Ubirajara Buddin Cruz – CRB-10/901

Biblioteca de Ciência & Tecnologia - UFPel

S235o Santin, Mateus Madail

Operacionalização do modelo Brams aplicado à previsão do tempo, agricultura e pesquisa / Mateus Madail Santin; orientador Cláudia Rejane Jacondino de Campos. – Pelotas, 2006. – 39f. : il. color. – Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Meteorologia. Faculdade de Meteorologia. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2006.

1.Meteorologia. 2.Modelo Brams. 3.Previsão do tempo.
4.Previsão numérica. 5.Interface web.I.Campos, Cláudia Rejane Jacondino. II.Título.

CDD: 551.634

MATEUS MADAIL SANTIN

OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO BRAMS APLICADO À PREVISÃO DO TEMPO, AGRICULTURA E PESQUISA

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Pelotas, sob a
orientação da Prof^ª. Dr^ª. Cláudia
Jacondino de Campos, como parte das
exigências do Programa de Pós-
Graduação em Meteorologia, para
obtenção do título de Mestre em
Ciências (M.S.).

APROVADA: 11 de Outubro de 2006

Prof^ª Dr^ª Cláudia Rejane Jacondino de Campos

Prof. Dr. Júlio Renato Quevedo Marques

**Prof Dr. Adenauer Correa Yamin
(convidado externo)**

"O que quer que alguém tenha dentro de si mesmo,
mas não vive, cresce contra si próprio... aquele que negligencia
os instintos será emboscado por eles".
C. Jung

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Augusto Santin e Cleci Madail Santin

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo aprendizado constante e a força nos momentos difíceis.

Muitas foram às pessoas que diretamente e indiretamente me auxiliaram para realizar este trabalho, citar todas aqui não seria possível, porém algumas tiveram um diferencial para que eu pudesse chegar ao fim desta etapa, a elas a minha mais profunda gratidão.

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Cláudia Rejane Jacondino de Campos, pela confiança. A ti Cláudia, não poderia escrever um agradecimento formal, pois a orientação que recebi extrapola os limites acadêmicos, porém deixo aqui registrado que te tenho como um modelo de pessoa para a vida.

Ao Prof. Dr. Adenauer Correa Yamin, a quem tenho como um grande amigo e um profissional exemplar, cuja pessoa me inspirou para fazer um curso de pós-graduação e de certa forma continuar na vida acadêmica.

Ao grupo do GMT-SUL, em especial a Luciana Barros e ao Diego Fernandes pela contribuição ao longo do tempo.

Aos membros do CPPMET, especialmente ao funcionário Rogério de Souza e Silva pelas preciosas dicas do *software Grads*.

Aos professores e funcionários da Faculdade de Meteorologia que me acompanharam em diversos momentos no decorrer do curso.

Aos amigos do Centro de Informática da UFPel, em especial ao colega, diretor do CI, João Ladislau Barbara Lopes pela compreensão apoio e incentivo dados para que eu pudesse concluir este trabalho. Também registro o significativo apoio dos colegas Flávio Villela de Oliveira e Rodrigo Padilha.

Aos colegas do curso de Pós-Graduação em Meteorologia pela convivência durante este tempo de estudo.

À Universidade Federal de Pelotas, e ao curso de Pós-Graduação em Meteorologia.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABELAS	x
RESUMO.....	xi
ABSTRACT	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. METODOLOGIA.....	3
3. UM <i>FRAMEWORK</i> PARA PROCESSAMENTO AUTOMATIZADO DO MODELO BRAMS EM <i>CLUSTER</i> DE COMPUTADORES	5
3.1 INTRODUÇÃO	5
3.2 METODOLOGIA	9
3.2.1 O MODELO DE PREVISÃO ESCOLHIDO E A DEFINIÇÃO DAS GRADES METEOROLÓGICAS USADAS.....	9
3.3.2 ARQUITETURA DE PAD EMPREGADA.....	11
3.2.3 ETAPAS DA OPERACIONALIZAÇÃO DO <i>FRAMEWORK I-WEATHER</i> .	13
3.3 RESULTADOS.....	16
4. INTERFACE DE ACESSO FACILITADO COM SAÍDAS DO MODELO BRAMS.....	17
4.1 INTRODUÇÃO	17
4.2 METODOLOGIA	19
4.3 RESULTADOS.....	24
5. CONCLUSÃO GERAL.....	32
6. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS.....	33
7. BIBLIOGRAFIA.....	34

ANEXOS..... 37

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 INTERAÇÃO DAS ÁREAS DO CONHECIMENTO	5
FIGURA 2 LOCALIZAÇÃO DAS GRADES EM USO OPERACIONAL PELO MODELO BRAMS	10
FIGURA 3 <i>FRAMEWORK</i> EM OPERACIONALIZAÇÃO NO BRAMS	14
FIGURA 4 MAPA DAS REGIÕES PRODUTORAS DE ARROZ IRRIGADO NO RS	23
FIGURA 5 PÁGINA INICIAL DO PORTAL GMT-SUL	25
FIGURA 6 LINK PARA PREVISÃO NUMÉRICA	26
FIGURA 7 CAMPO VELOCIDADE E MAGNITUDE DO VENTO GRADE 1.....	27
FIGURA 8 CAMPO VELOCIDADE E MAGNITUDE DO VENTO GRADE 2.....	28
FIGURA 9 LINK PARA PREVISÃO AGROMETEOROLÓGICA	29
FIGURA 10 METEOGRAMA DAS CIDADES PRODUTORAS DE ARROZ	30
FIGURA 11 LINK PARA PREVISÃO DO TEMPO CPPMET	31

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 SERVIÇOS DE SUPORTE	12
TABELA 2 PERFORMANCE DO CLUSTER	16
TABELA 1: VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E SEUS RESPECTIVOS NÍVEIS DISPONÍVEIS PARA A PREVISÃO DO TEMPO	21

RESUMO

SANTIN, MATEUS MADAIL. MS., Universidade Federal de Pelotas 2006. OPERACIONALIZAÇÃO DO MODELO BRAMS APLICADO À PREVISÃO DO TEMPO, AGRICULTURA E PESQUISA. Professora Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Rejane Jacondino de Campos.

O objetivo central deste trabalho é disponibilizar para a comunidade científica, previsores do tempo e a população em geral uma ferramenta automatizada de previsão numérica.

Neste sentido foi instalado e configurado um aglomerado de computadores (*cluster*) cujo objetivo é disponibilizar um alto poder de processamento ao sistema. A estrutura do cluster baseia-se em um equipamento do tipo H3P (*High performance pervasive plataform*).

Para operacionalizar o modelo BRAMS (*Brazilian Regional Atmospheric modeling system*) foi elaborado um *framework*, o qual foi concebido de forma modular, contendo os seguintes módulos: *iw-grabber*, responsável pela busca dos dados de inicialização do modelo; módulo *iw-préPAD*, gera os dados de inicialização do modelo; módulo *iw-PAD*, realiza o processamento propriamente dito do modelo, onde são geradas os arquivos de análise e módulo *iw-picture* que disponibiliza os dados para a interface gráfica.

As informações estão disponíveis através de um portal que contém meios intuitivos e de fácil acesso aos dados, que permite aos estudantes de graduação e pós-graduação, pesquisadores, meteorologistas e a comunidade em geral, possam consultá-los confortavelmente. O portal conta com quatro áreas de consulta aos dados voltadas: *i)* previsão numérica; *ii)* à previsão do tempo; *iii)* ao monitoramento das variáveis meteorológicas relacionadas à cultura do arroz no RS (Rio Grande do

Sul) e *iv*) a fins acadêmicos, onde as saídas do modelo BRAMS servirão de ferramenta para a pesquisa de diversas áreas da meteorologia. O acesso a esse portal se dá através do endereço *web* <http://gmt-sul.ufpel.edu.br>

Palavras chave: BRAMS, Previsão numérica, interface web

ABSTRACT

SANTIN, MATEUS MADAIL. MS., Universidade Federal de Pelotas 2006. BRAMS OPERACIONALIZATION APPLIED TO WEATHER FORECAST, AGRICULTURE AND RESEARCH. Professora Orientadora: Prof^a. Dr^a. Cláudia Rejane Jacondino de Campos.

The central aim of this work is to put available to the scientific community, weather forecaster and the general population an automatic tool to numerical forecast.

In this sense it was installed and shaped a cluster that aims to put available to the system a high power of processing. The cluster structure is based on an equipment type H3P (High performance pervasive platform).

To operationalize the BRAMS model (Brazilian Regional Atmospheric modeling system) it was constructed a framework, that was made in a modular way, containing the following modules: iw-grabber, responsible to get initialization model data; iw-PAD, that accomplish the model processing, where are generate the analysis files and iw-picture that put available the data to the graphic interface.

The informations are available by a portal that contains intuitives ways and easy data access, what allows to the graduate and post-graduate students, researches, meteorologists and the general community, comfortable access to them. The portal have four data consultation areas related to: i) numerical forecast; ii) weather forecast; iii) meteorological variables monitoring related to the rice culture in RS (Rio Grande do Sul) and iv) academic aims, where the BRAMS outputs will serve as a coll to the research in several meteorological areas. The access to this portal is made by the web address: <http://gmt-sul.ufpel.edu.br>

Key-word: BRAMS, Numerical forecast, web interface

1. INTRODUÇÃO

A previsão do tempo é uma das aplicações mais importantes da meteorologia. O conhecimento e a previsão das condições do tempo são de grande interesse para a população em geral e, de importância vital para a agricultura. Atualmente vários centros especializados em previsão do tempo utilizam modelos numéricos na confecção de seus boletins. Esses modelos podem ser rodados nos próprios centros ou não. No primeiro caso, o previsor tem uma influência direta na determinação das grades e das variáveis de interesse. Enquanto que, no segundo caso, fica limitado ao conteúdo disponível na rede.

Uma outra aplicação importante dos estudos meteorológicos, sem dúvida alguma, é a agricultura. Todas as variáveis meteorológicas, de uma forma ou de outra, influem no desenvolvimento das culturas, sendo que essa influência é exercida de forma mais marcante por algumas variáveis do que por outras. A ordem de importância das variáveis meteorológicas depende da cultura e é diferenciada para cada subperíodo de seu desenvolvimento. O fato de o Rio Grande do Sul (RS) possuir um clima temperado e subtropical, apresentando considerável variabilidade em seu regime térmico, principalmente entre regiões, faz com que ocorra diferença acentuada no início dos períodos de semeadura das culturas de primavera-verão, como na cultura da soja, arroz, milho entre outras. Na agricultura fica-se, na maioria das vezes, sujeito à previsão divulgada nos meios de comunicação, que geralmente não informam o comportamento/previsão de algumas variáveis específicas para a cultura de seu interesse (DEIBLER, 2005).

Por outro lado, a severidade das condições de tempo associadas a determinados fenômenos atmosféricos, como precipitações intensas, fortes rajadas de vento e granizo, que causam sérios danos à população, tem sido de grande interesse dos pesquisadores nas últimas décadas. Para se entender a ocorrência

desses sistemas e para uma melhor previsão dos mesmos, é importante conhecer o ambiente sinótico preferencial para o seu surgimento, desenvolvimento, manutenção e dissipação (CLIMANÁLISE, 1987).

Para se obter previsões com maior confiabilidade, a meteorologia conta hoje com a modelagem numérica. Estes modelos têm de ser ajustados às condições do local de interesse para gerar produtos de maior precisão. A informatização de sistemas é crescente na sociedade atual, e de certa forma indispensável, assim como a previsão do tempo. Os modelos meteorológicos estão se difundindo com o crescimento do poder computacional dos chamados microcomputadores, por estes possuírem um preço acessível, tornando desta forma possível rodar modelos que anteriormente eram passíveis de execução somente nos chamados supercomputadores. Isto aliado à área de processamento paralelo distribuído e o barateamento dos microcomputadores tornam viável a construção de aglomerados de computadores, que tornam a execução dos modelos meteorológicos de forma cada vez mais eficiente.

Pelo exposto, fica clara a importância de se ter disponível na rede, previsões de um modelo numérico que atenda diretamente tanto os profissionais ligados à área de previsão do tempo, os agricultores, principalmente ligados à cultura do arroz na região sul do RS, quanto os pesquisadores da área no RS (SANTIN et al, 2005).

Dentro deste contexto, o objetivo geral desse projeto é a operacionalização do modelo BRAMS, visando o suporte à previsão do tempo, agricultura e pesquisa no RS. Os objetivos específicos consistem na instalação e configuração de um cluster, na elaboração de um *framework* para operacionalização do modelo BRAMS e na criação de uma interface de acesso facilitado para disponibilizar as saídas do modelo voltadas para previsão do tempo, agricultura e pesquisa.

2. METODOLOGIA

Neste trabalho, inicialmente foi instalado e configurado um aglomerado de computadores (*cluster*) cujo objetivo é disponibilizar um alto poder de processamento ao sistema. A estrutura do cluster baseia-se em um equipamento do tipo H3P (*High performance pervasive plataform*). Esta estrutura é formada pela interconexão de duas máquinas do tipo H3P, sendo que a segunda foi agregada com a função aumentar o número de nodos, possibilitando uma diminuição do tempo de processamento para as grades escolhidas. O servidor é um microcomputador de tecnologia AMD de velocidade 1.8 MHz dispondo de 1G de memória e com capacidade de armazenamento de 160G, distribuídos em 4 HD cada um com 40 Gibabyte de capacidade. Nos HD's foi utilizada uma técnica de junção dos volumes, tornando possível que o sistema reconheça os 160G de forma continua. Os nodos, onde ocorre o processamento são microcomputadores AMD 1.8MHz com 512k de memória conectados no *switch* Giga ao servidor. No servidor, estão todos os dados necessários para o processamento. O sistema operacional escolhido para ser executado no servidor, bem como o sistema dos nodos foi a distribuição Debian do Linux.

Na sequência foi elaborado um *framework* para operacionalizar o modelo BRAMS, o qual foi concebido de forma modular, contemplando os seguintes módulos: módulo *iw-grabber*, responsável pela busca dos dados de inicialização do modelo; módulo *iw-préPAD*, geração dos dados de inicialização do modelo; módulo *iw-PAD*, realiza o processamento propriamente dito do modelo, onde são geradas os arquivos de análise, módulo *iw-picture* que disponibiliza os dados para a interface gráfica.

E por fim foi confeccionado um portal que conta com meios intuitivos e de fácil acesso aos dados, a fim de permitir que estudantes de graduação e pós-

graduação, pesquisadores, meteorologistas e a comunidade em geral, possam consultá-los. O portal conta com 4 áreas de consulta aos dados voltadas: *i)* previsão numérica; *ii)* à previsão do tempo; *iii)* ao monitoramento das variáveis meteorológicas relacionadas à cultura do arroz no RS e *iv)* a fins acadêmicos, onde as saídas do modelo BRAMS servirão de ferramenta para a pesquisa de diversas áreas da meteorologia. O acesso a esse portal se dá através do endereço <http://gmt-sul.ufpel.edu.br>

3. UM *FRAMEWORK* PARA PROCESSAMENTO AUTOMATIZADO DO MODELO BRAMS EM *CLUSTER* DE COMPUTADORES

3.1 INTRODUÇÃO

A informatização de sistemas é crescente na sociedade atual, e de certa forma indispensável, assim como a previsão do tempo. Os modelos numéricos meteorológicos estão se difundindo com o advento do crescimento do poder computacional dos chamados microcomputadores, associado a uma tendência de queda no custo dos mesmos, tornando desta forma possível rodar modelos que anteriormente eram passíveis de execução somente nos chamados supercomputadores. Por sua vez, o avanço da área de processamento paralelo distribuído e o barateamento do hardware como um todo, tem tornado viável a construção de aglomerados de computadores, possibilitando a execução dos modelos meteorológicos de forma cada vez mais eficientes. Isso mostra a necessidade de integração de diferentes áreas do conhecimento FIGURA 1



FIGURA 1 INTERAÇÃO DAS ÁREAS DO CONHECIMENTO

Os modelos meteorológicos estão divididos em prognósticos e diagnósticos. Ambos utilizam as equações de conservação e os campos produzidos obedecem a continuidade de massa. Os modelos diagnósticos apresentam-se sem os termos de variação do tempo, ou seja, simulam os campos em um dado local num dado tempo. Normalmente, utilizam-se procedimentos do tipo análise objetiva, onde as observações meteorológicas são extrapoladas para os pontos de grade, para isto, são usados dois esquemas. Em um se usa funções peso e as variáveis dependentes, nos pontos de grade, são funções da distância entre os pontos e as observações. No outro utiliza-se rotinas de análise variacional, onde tenta-se diminuir a variância da diferença entre os campos observados e analisados através de uma ou mais relações de conservação (PIELKE *et al*, 1984). Seus resultados são dependentes da densidade das estações meteorológicas, ou ainda, dependentes da resolução da grade para uma melhor representação da escala que se pretende estudar. Um ponto fundamental neste tipo de modelo é que os dados observacionais, em geral, são muito esparsos, tanto no tempo quanto no espaço, isto faz com que estes não ofereçam resultados com um grau de precisão.

Os modelos meteorológicos que resolvem as equações de conservação com incremento de tempo são denominados de modelos meteorológicos prognósticos. Com consequência do avanço tecnológico associado com um melhor entendimento da física atmosférica, tornou-se possível a previsão do tempo atmosférico em curto prazo, onde os fenômenos atmosféricos podem ser previstos da microescala até a escala sinótica com grande confiabilidade, principalmente para regiões de médias e altas latitudes. Tais modelos são conhecidos como, modelos regionais de previsão do tempo, considerados ferramentas poderosas nos estudos atmosféricos. Muitos países vêm desenvolvendo novos modelos regionais, dentre eles os mais conhecidos são *Reginal Atmospheric Modeling System* - RAMS (PIELKE, 1992), *NCAR/Penn State Mesoscale Model-MM5* (GRELL *et al*, 1994), *Mesoescala Compressible Community-MC2* (BENOIT *et al*, 1997), e *Advanced Regional PredctionSystem-ARPS* (XUE *et al*, 2000).

Segundo (PIELKE *et al*, 1992) e (WALKO *et al*, 1995), o RAMS, constitui-se num código numérico altamente versátil, desenvolvido por cientistas da Universidade do Estado do Colorado, nos Estados Unidos da América. O RAMS é composto de três grandes componentes: o modelo propriamente dito, um pacote que permite fazer a assimilação de dados para a inicialização, e um outro que permite interface

com software de visualização, como o "*NCAR Graphics*", o "*Grid Analise Display System*" (GRADS) etc. Praticamente toda a codificação é feita em linguagem FORTRAN; apenas algumas rotinas para facilitar a entrada e saída de dados e alocação de memória, são escritas em linguagem C. O RAMS surgiu de esforços realizados separadamente, desde os anos 70, comandados pelo Dr. William R. Cotton na parte de modelagem de sistemas dinâmicos de microescala e processos microfísicos, e pelo Dr. Roger A. Pielke na parte de modelagem de sistemas de mesoescala e na influência da superfície da terra nas características da atmosfera. No entanto, só em 1986 esses esforços foram somados, no intuito de gerar um modelo mais completo, o RAMS.

Este modelo atmosférico foi construído com base nas equações da dinâmica da atmosfera, complementado com parametrizações de difusão turbulenta, radiação solar e terrestre, processos úmidos incluindo a formação e a interação de nuvens e água líquida precipitante e gelo, calor sensível e latente, camadas de solo, vegetação e superfície d'água, os efeitos cinemáticos do terreno e convecção de cumulus. Salienta-se que todas essas parametrizações e características do modelo podem ser alteradas de maneira a melhor se adequarem às condições específicas de determinado local, ou a condições idealizadas para simulações de situações, o que se constitui numa excelente ferramenta para pesquisas meteorológicas. No Brasil, dentre os diversos modelos existentes hoje, destaca-se o BRAMS (FAZENDA et al, 2006) que é um modelo meteorológico desenvolvido a partir do RAMS com esforços do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos / Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, CPTEC/INPE.

O BRAMS é o resultado de um Projeto de Pesquisa patrocinado pela FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) 2002/2003 (www.finep.gov.br) visando produzir uma versão do RAMS (www.atmet.com) adaptado para os trópicos para ser usado em modo de produção pelos Centros Regionais de previsão do tempo Brasileiros e, em modo de pesquisa pelas Universidades brasileiras. Embora portabilidade de software seja central para o RAMS e BRAMS, o projeto se baseou em *clusters* de PC (*Personal Computer*) rodando sobre Linux. Os colaboradores do projeto são (Fazenda et al, 2006):

- ATMET (Atmosférico, Meteorológico e Tecnologias de Ambiente, www.atmet.com)

- IME/USP (Instituto de Matemática e Estatística Universidade de São Paulo, www.ime.usp.br),
- IAG/USP (Instituto de Astronomia e Geofísica / Universidade de São Paulo, www.iag.usp.br)
- CPTEC/INPE www.cptec.inpe.br.

O projeto FINEP gerou três versões do BRAMS até o momento.

O atual BRAMS versão 3.2 é o RAMS versão 5.04 plus, com as seguintes opções:

- Cúmulos Rasos e nova Convecção profunda (esquema de fluxo de massa com vários fechamentos, baseado em (GRELL e DEVENYI, 2002);
- Novos dados de vegetação de 1km derivados de IGBP 2.0 + dados do IBGE/INPE FOLHA-3 com parâmetros observados para biomas da América do Sul;
- Processo de assimilação de umidade do solo heterogêneo;
- Ciclo de assimilação Operacional e procedimento de Previsão;
- Parametrização de superfície SIB2;
- Reprodução binária (mesmo resultado para qualquer número de processadores);
- Portabilidade e Qualidade de Software melhorada;
- Desempenho em série e paralelo melhorado.

A importância de se ter modelos regionais, os quais estão ligados a uma realidade local, é uma ferramenta poderosa e importante para auxiliar na pesquisa, e dar um suporte à previsão do tempo, dado o fato de estarem em sincronia com as necessidades da região para a qual estão sendo executados.

Desta forma surge a necessidade de se operacionalizar modelos meteorológicos, a fim de proporcionar aos usuários acesso aos dados de forma rápida, simples e automática. E tudo isto a um custo relativamente baixo, eliminando assim em certos casos o uso de supercomputadores, e de grandes centros para realizarem tais tarefas.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho consistiu em instalar e configurar um *cluster* de computadores e construir e implementar um *framework* denominado *i-weather* direcionado a operacionalização do processamento de

modelos meteorológicos, no caso o BRAMS. Este *framework* é capaz de i) prover a busca dos dados a serem utilizados em um determinado processamento, podendo os mesmos serem provenientes de diferentes locais da internet (centros de previsão, institutos de pesquisa, Universidades, etc.) através do módulo *iw-grabber*; ii) realizar o pré-processamento automatizado dos dados de entrada através do módulo *iw-prePAD*; iii) computar o modelo em regime de PAD (Processamento de Alto Desempenho) através do módulo *iw-PAD* e iv) realizar também de forma automática o pós-processamento para visualização dos dados através do módulo *iw-picture* que disponibiliza os resultados para serem posteriormente integrados em uma interface de acesso facilitado. Cabe salientar que esse *framework* uma vez implementado servirá também para operacionalizar outros modelos.

Para atingir o objetivo geral teve-se como objetivos específicos deste trabalho i) a instalação e configuração de um agregado de computadores (*cluster*), que permitiu a operacionalização do modelo BRAMS em diversas CPU's (*Central Processament Unit*) tornando o processamento mais rápido, e ii) a elaboração de um *framework* para operacionalizar o modelo BRAMS

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 O MODELO DE PREVISÃO ESCOLHIDO E A DEFINIÇÃO DAS GRADES METEOROLÓGICAS USADAS

Foi escolhido o modelo BRAMS derivado do RAMS, por este estar sendo mantido pelo CPTEC e possuir uma infraestrutura de suporte no Brasil através de lista de discussão. Soma-se a isso a utilização do BRAMS para regiões próximas a grade que se pretende utilizar. O que possibilita comparação e ajuste no modelo, refinando assim os dados de saída.

Para operacionalizar o modelo BRAMS inicialmente necessitou-se definir as grades, uma vez que a dimensão das mesmas tem influência direta no tempo de processamento. No presente trabalho, o modelo BRAMS é inicializado com os dados das 12 UTC, do modelo Global do CPTEC/INPE, que tem resolução de 100km, gera previsões para até 72 horas com saídas de 3 em 3 horas. O modelo BRAMS utiliza 1 grade fixa e aninhada, a grade 1 tem resolução horizontal de 40 Km, centrada em 30,5°S e 53°W e a grade 2 tem uma resolução horizontal de 10 Km, centrada em 29,25°S e 53°W, a (FIGURA 2)

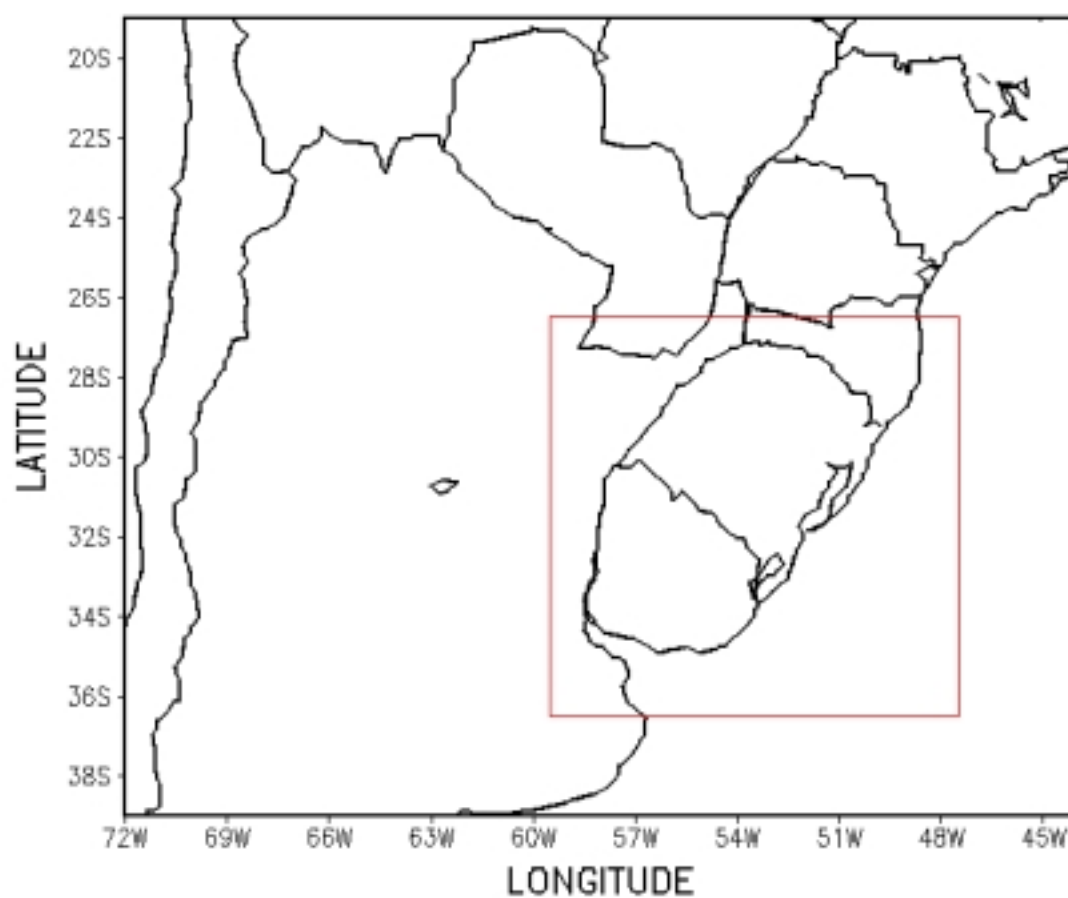


FIGURA 2 LOCALIZAÇÃO DAS GRADES EM USO OPERACIONAL PELO MODELO BRAMS

3.3.2 ARQUITETURA DE PAD EMPREGADA

A possibilidade de disponibilizar microcomputadores em forma de cluster, ou grades computacionais (YAMIN *et al*, 2003), a fim de aumentar o poder computacional como um todo, torna viável rodar modelos numéricos para situações reais e até mesmo de forma operacional. Neste caso para certas aplicações elimina-se fazer o uso de supercomputadores, bem como centros onde está a infraestrutura para alojar este tipo de equipamento. Para rodar um modelo numérico, onde a arquitetura seja do tipo de aglomerado de computadores (*cluster*) é necessário um computador que é denominado servidor e várias outras CPUS que são denominadas nodos, onde efetivamente o processamento ocorre (YAMIN *et al*, 2004). A interligação do servidor com os nodos é feita através de equipamentos para interconexão de rede, que neste caso é um switch Giga byte.

A estrutura do cluster utilizada neste trabalho baseia-se em um equipamento do tipo H3P (*High Performance Pervasive Platform*). Esta estrutura é formada pela interconexão de duas máquinas do tipo H3P, sendo que a segunda foi agregada com a função de aumentar o número de nodos, possibilitando uma diminuição do tempo de processamento para as grades escolhidas. O servidor é um microcomputador de tecnologia AMD de velocidade 1,8 MHz dispondo de 1G de memória e com capacidade de armazenamento de 160G, distribuídos em 4 HD cada um com 40 Gibabyte de capacidade. Nos HD's foi utilizada uma técnica de junção dos volumes, tornando possível que o sistema reconheça os 160G de forma continua. Os nodos, onde ocorre o processamento são microcomputadores AMD 1,8MHz com 512k de memória conectados no *switch* Giga ao servidor. No servidor, estão todos os dados necessários para o processamento.

A aquisição das máquinas deu-se a partir do edital ct-infra da FINEP, e estão instaladas no Centro de Informática da UFPel (Universidade Federal de Pelotas)

O sistema operacional escolhido para ser executado no servidor, bem como o sistema dos nodos foi a distribuição Debian do Linux. Este sistema operacional foi escolhido, pois apresenta uma facilidade para atualização, é de distribuição livre e tem todos os pacotes necessários para dar suporte à execução do modelo BRAMS. O servidor roda vários aplicativos denominados serviços, os quais possibilitam paralelizar o modelo.

Na concepção do *framework i-weather*, além do código correspondente ao modelo, foram necessários softwares de apoio para a operacionalização. Utilizou-se a linguagem PHP (um acrônimo recursivo para "*PHP: Hypertext Preprocessor*") que é uma linguagem de programação de computadores interpretada, livre e muito utilizada para gerar conteúdo dinâmico na *Web*; a *Javascript* que é uma linguagem de programação criada pela Netscape com o objetivo principal de validação de formulários no lado cliente (programa navegador) e a interação com a página *HTML* (*Hyper Text Markup Language*), uma linguagem de marcação utilizada para produzir páginas na Internet.

Uma gama de serviços foi instalado e configurado no *cluster* para a disponibilização do modelo de forma operacional. Embora estes serviços não estejam diretamente relacionados à operacionalização, são de vital importância para o processamento dos dados. Os serviços essenciais que estão sendo executados no servidor são *DHCP*, *NFS*, *TFTP*, *HTTP*, *SCP*, *SSH* e *RSH*. Uma breve descrição dos serviços bem como a sua função é descrita na TABELA 1

Serviços	Descrição
DHCP	Fornecer endereçamento ip aos nodos
NFS	Disponibilizar a partição de dados <i>/home</i> aos nodos
TFTP	Fornecer os arquivos básicos para inicialização dos nodos
http	Disponibilizar os conteúdos processados aos usuários
SCP	Disponibilizar cópia dos conteúdos processados aos usuários
SSH	Permitir acesso remoto ao servidor
RSH	Permitir acesso remoto os nodos

TABELA 1 SERVIÇOS DE SUPORTE

3.2.3 ETAPAS DA OPERACIONALIZAÇÃO DO *FRAMEWORK I-WEATHER*

O processo de operacionalização do modelo foi concebido de forma modular, possibilitando carregar módulos específicos, facilitando alterações futuras de modelo descolhido, bem como sua instalação e configuração (YAMIN et al, 2002).

O processo é inicializado pelo programa controle o qual dispara outros quatro processos desenvolvidos em *PHP*: *iw-grabber*, *iw-préPAD*, *iw-PAD* e o *iw-picture*, vide (FIGURA 3).

O módulo *iw-grabber* é o responsável por fazer o *download* dos dados de entrada para o modelo.

O modelo BRAMS recebe, como dados de entrada, a temperatura do ar, geopotencial, umidade do ar (temperatura do ponto de orvalho ou razão de mistura ou umidade relativa do ar ou, ainda, diferença psicrométrica) e vento (componentes zonal - *u* e meridional - *v* ou direção e intensidade) em diferentes níveis da atmosfera. Esses dados podem ter como origem observações convencionais de superfície e altitude, resultados de modelos numéricos e de subprodutos gerados através de informações de satélites etc.

No presente trabalho estão sendo utilizados como dados de entrada aqueles oriundos do modelo Global do CPTEC/INPE, com resolução de 100km. Esses dados são baixados via ftp pelo módulo *iw-grabber* que é disparado às 20:30 horário local do endereço `ftp://150.163.141.140/pub/produtos/prod_eta/pnt_sx6/GAMRAMS126/` onde o CPTEC/INPE disponibiliza os dados do modelo Global.

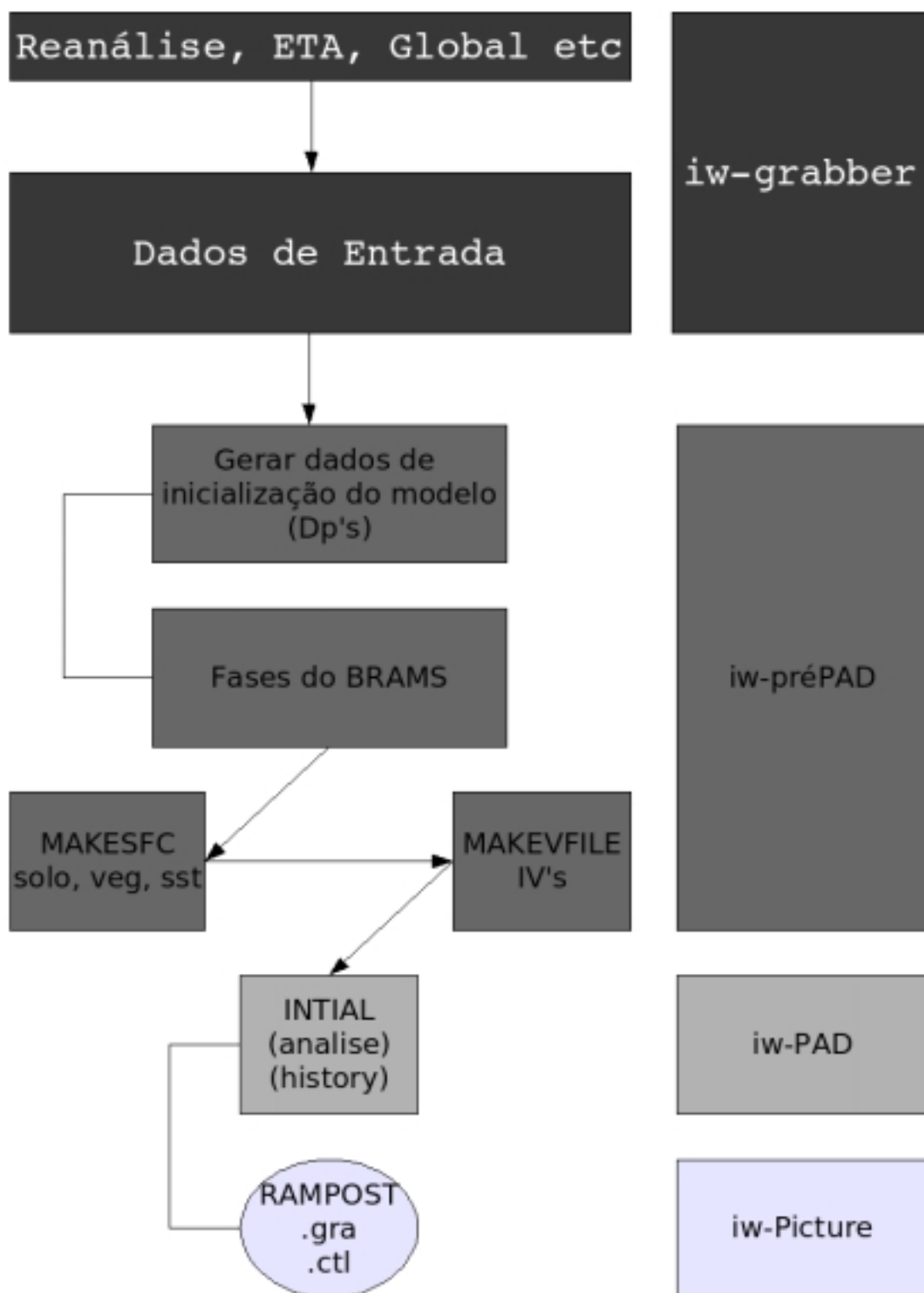


FIGURA 3 *FRAMEWORK* EM OPERACIONALIZAÇÃO NO BRAMS

A execução do modelo na fase de pré-processamento realizada pelo módulo *iw-préPAD* pode ser dividida em três partes. Na primeira, é necessário converter os dados oriundos do modelo Global do CPTEC/INPE em um formato de arquivo que o BRAMS aceite. O CPTEC/INPE disponibiliza arquivos do modelo Global no formato *grib*, contendo o estado da atmosfera em uma grade Gaussiana que cobre a América do Sul. O BRAMS não trabalha com este formato de arquivo, e espera um arquivo no formato American Standard Code for Information Interchange ASCII, texto puro, que contenha o estado da atmosfera em uma grade regular. A conversão do arquivo é executada pelo programa FORTRAM *gribT126_to_dp.x*, e gera arquivos com extensão *.dp*. Na segunda, a variável *RUNTYPE* contida no arquivo de configuração do modelo (RAMSIN) está ajustada para *MAKESFC*. Com esta opção são geradas as informações do terreno (solo, vegetação e temperatura da superfície do mar (tsm)). E na terceira, a variável *RUNTYPE* está setada para *MAKEVFILE*. Quando o modelo é rodado com esta opção, o pacote *ISAN (ISentropic ANalysis)* é executado com o objetivo de analisar o conjunto de dados e criar os arquivos de inicialização de variáveis (*variable initialization files* ou *varfiles*). A partir das informações contidas nos arquivos com extensão *.dp* são gerados os arquivos de extensão *.iv* para o processamento.

Na fase de processamento, o módulo *iw-PAD* faz o processamento propriamente dito do modelo e utiliza o arquivo de configuração RAMSIN-initial cuja variável *RUNTYPE* está setada com a opção *INITIAL*, o que configura a execução do modelo para ter como dado de saída as análises.

Tendo o módulo *iw-PAD* realizado sua tarefa, o modelo gerou os dados de análise, os quais são manipulados pelo módulo *iw-picture* na fase de pós-processamento. Este módulo é responsável pela geração de dois arquivos para cada grade, um com extensão (*.ctl*) e outro (*.gra*) que são utilizados pelo visualizador gráfico *GRADS* e que são gerados pelo programa *rampost*. A partir desta fase os dados estão prontos para serem disponibilizados em uma área pública para que possam ser acessado através da internet pelos usuários.

3.3 RESULTADOS

Para testar a validade do *framework* e a performance do cluster foi utilizado o caso do dia 19/02/03, por ter sido objeto de estudo por parte de uma estudante de mestrado deste programa.

O *framework* mostrou-se capaz de realizar todo o processo de rodada do modelo, desde a busca até a geração dos dados.

Para análise da performance do cluster foram realizados alguns testes. Na configuração do cluster estão atuando 19 nodos todos dedicados à previsão.

Primeiramente foi testado o tempo médio de processamento do modelo. Para 72 horas de previsão o modelo está levando aproximadamente 5 horas de processamento. O *i-weather* dispara o módulo *iw-grabber* às 20h30min, hora local, que corresponde ao horário no qual o CPTEC disponibiliza os dados do modelo Global. Portanto, por volta das 0h30min, hora local, o processamento das 72 horas de previsão está terminado e pronto para ser acessado via portal pelos previsores e comunidade em geral

Um outro teste realizado foi o do tempo médio de uso da CPU. Para isso submeteu-se ao cluster o processamento do módulo *iw-PAD* e incrementou-se o número de processadores a cada rodada. O melhor resultado foi encontrado com 16 processadores TABELA 2

Número de nodos	Tempo de execução em segundos
15	22659
16	20116
17	20207
18	21391
19	20918

TABELA 2 PERFORMANCE DO CLUSTER

4. INTERFACE DE ACESSO FACILITADO COM SAÍDAS DO MODELO BRAMS

4.1 INTRODUÇÃO

O sul do Brasil é caracterizado pela presença de certos fenômenos meteorológicos que definem a climatologia da região. São eles: a) passagem de sistemas frontais que se deslocam do Pacífico, passam pela Argentina e seguem para nordeste; b) sistemas que se desenvolvem no Sul e Sudeste do Brasil associados à vórtices ciclônicos ou cavados em altos níveis que chegam à costa oeste da América do Sul vindos do Pacífico; c) sistemas que se organizam no Sul e Sudeste do Brasil, com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato subtropical e com propagação para leste sobre o oceano Atlântico; d) sistemas que se organizam no Sul do Brasil resultantes de frontogênese ou ciclogênese. Em menor escala, ocorrem sistemas com a forma de vírgula invertida que se formam na retaguarda de sistema frontais. Esses sistemas freqüentemente organizam a convecção sobre o continente e sobre a região costeira, causando tempo adverso e de difícil previsão. Aglomerados convectivos de mesoescala também se formam sobre o Paraguai, norte da Argentina e se deslocam para leste atingindo a região costeira (CLIMANÁLISE, 1986).

Tendo em vista a complexidade do tempo na região sul, o conhecimento e a previsão das condições do tempo são de grande interesse para a população em geral e, de importância vital para a agricultura.

Atualmente vários centros especializados em previsão do tempo utilizam modelos numéricos na confecção de seus boletins. Esses modelos podem ser rodados nos próprios centros ou não. No primeiro caso, o previsor tem uma influência direta na determinação das grades e das variáveis de interesse. Enquanto que, no segundo caso, fica limitado ao conteúdo disponível na rede.

A previsão do tempo no estado do Rio Grande do Sul é feita por diferentes grupos que utilizam, em sua grande maioria, as saídas dos modelos disponibilizados por institutos nacionais de meteorologia, como as do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e do CPTEC/INPE. Em Pelotas existe o Centro de Pesquisas e Previsões Meteorológicas, vinculado à Universidade Federal de Pelotas (CPPMet/UFPEL). Os meteorologistas desta instituição são responsáveis pela confecção de boletins meteorológicos para todo o estado, com ênfase à cidade de Pelotas.

Na agricultura fica-se sujeito à previsão divulgada nos meios de comunicação, que geralmente não informam o comportamento/previsão de algumas variáveis específicas para a cultura de interesse. Como exemplo, podemos citar a cultura do arroz no Rio Grande do Sul. As condições climáticas ocorrentes ao longo dos anos nas diferentes regiões produtoras de arroz no RS geram uma considerável variabilidade no rendimento dos grãos. As variações da temperatura do ar e da radiação solar, durante as fases críticas da planta, são os principais elementos climáticos relacionados com a variabilidade aleatória dos níveis de produtividade. O comportamento dessas variáveis influencia diretamente na época de semeadura do arroz no RS (SOSBAI, 2005). O estado do RS é dividido basicamente em seis regiões de cultivo de arroz. Cada uma dessas regiões tem características climáticas diferentes, então um monitoramento do tempo para cada uma delas dá ao agricultor mais uma ferramenta útil à tomada de decisões que venham minimizar os efeitos adversos do tempo nessa cultura. Segundo o IRGA (Instituto Riograndense Arroz) As regiões são: Fronteira Oeste, Campanha, Depressão Central, Costeira Interna a Lagoa dos Patos, Costeira Externa a Lagoa dos Patos e Sul (IRGA/RS).

Por outro lado, a severidade das condições de tempo associadas a determinados fenômenos atmosféricos, como precipitações intensas, fortes rajadas de vento e granizo, que causam sérios danos à população, tem sido de grande interesse dos pesquisadores nas últimas décadas. Para se entender a ocorrência desses sistemas e para uma melhor previsão dos mesmos, é importante conhecer o ambiente sinótico preferencial para o seu surgimento, desenvolvimento, manutenção e dissipação.

Pelo exposto, fica clara a importância de se ter disponível na rede, previsões de um modelo numérico que atenda diretamente tanto os profissionais ligados à

área de previsão do tempo, os agricultores, principalmente ligados à cultura do arroz na região sul do RS, quanto os pesquisadores da área de meteorologia no RS.

Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi a criação de uma interface de acesso facilitado, que disponibiliza na forma de portal os resultados gerados pelo modelo BRAMS. Estes resultados ficam arquivados em uma base de dados históricos que permanecerá a disposição da comunidade usuária.

4.2 METODOLOGIA

A metodologia seguida neste trabalho foi a seguinte: inicialmente foi construído um portal para disponibilizar os resultados gerados pelo modelo BRAMS. Esse portal foi construído em linguagem PHP com recursos *Javascript* e conta com meios intuitivos e de fácil acesso aos dados, a fim de permitir que estudantes de graduação e pós-graduação, pesquisadores, meteorologistas e a comunidade em geral, possam consultá-lo. O portal conta com 4 áreas de consulta aos dados voltadas: *i)* previsão numérica; *ii)* à previsão do tempo; *iii)* ao monitoramento das variáveis meteorológicas relacionadas à cultura do arroz no RS e *iv)* a fins acadêmicos, onde as saídas do modelo BRAMS servirão de ferramenta para a pesquisa de diversas áreas da meteorologia.

Neste trabalho, utilizou-se como ferramenta para a geração de dados meteorológicos o modelo BRAMS. Este modelo na sua versão 2.0 é baseado na versão 5.02 do modelo RAMS (*Regional Atmospheric Modelling System*, modelo de circulação prognóstico desenvolvido na Universidade do Colorado-EUA) com diversos aperfeiçoamentos numéricos e de parametrizações físicas. O RAMS é fundamentado na integração das equações diferenciais de conservação de momentum, de massa e de energia, com referência a um sistema de coordenadas que segue o terreno. O diferencial significativo entre as versões BRAMS 2.0 e RAMS 4.4 é encontrado na parametrização de convecção, a qual sofreu profundas inovações na versão atual. O BRAMS 2.0, além da antiga parametrização convectiva de Kuo, acrescentou ao leque de parametrizações para convecção profunda os esquemas de Grell (GRELL e DEVENYI, 2002) e de Cumulus rasos (SOUZA, 1999).

O modelo BRAMS, neste trabalho, utiliza uma grade aninhada e fixa (FIGURA 2), sendo que a grade 1 tem resolução de 40km e está centrada em 32°S e 58°W, cobrindo uma área de aproximadamente 3200x2800 km². A grade 2 (aninhada) tem resolução de 10km e está centrada em 31,5°S e 53,5°W, cobrindo

todo o Estado do Rio Grande do Sul. São utilizados 32 níveis na vertical em ambas as grades.

Para as duas grades são utilizadas as seguintes parametrizações: topografia com resolução de 10Km; diferenciação na fronteira lateral de (KLEMP E WILHELMSON, 1978); parâmetros de radiação segundo (MAHRER E PIELKE 1977); parametrização convectiva de (GRELL E DEVENYI, 2002), parametrização dos coeficientes de difusão segundo (MELLOR E YAMADA, 1974), microfísica de nuvens ativada. Essas parametrizações são as que também estão sendo utilizadas operacionalmente no Grupo de Estudos em Previsão Regional (GEPR/FURG) <http://www.gepra.furg.br>. O modelo gera previsões para até 72 horas, com saídas de 3 em 3 horas, é inicializado com dados das 12 UTC do modelo Global do CPTEC/INPE, que tem resolução de 100km. Os dados de inicialização foram informados ao modelo a cada 3 horas através do esquema de nudging nos limites laterais da grade de pressão nos quais estas ficam disponíveis para previsão do tempo maior.

As variáveis meteorológicas utilizadas para a previsão, bem como os níveis são mostradas na TABELA 1 Estas variáveis foram selecionadas em conjunto com os previsores do CPPMET.

Variáveis	Níveis (hPa)
Temperatura	Sup, 1000, 925, 850, 700, 500, 250, 200
Umidade Relativa	1000, 925, 850, 700, 500, 300
Linhas de Corrente	1000, 925, 850, 700, 500, 250, 200
Pressão Reduzida	Superfície
Divergência	1000, 925, 850, 700, 500, 300, 250
Vorticidade Relativa	1000, 925, 850, 700, 500, 300, 250
Advecção de Temperatura	1000, 925, 850, 700, 500
Magnitude do Vento	1000, 925, 850, 700, 500, 300, 250
Velocidade Vertical	& 1000, 925, 850, 700, 500
Precipitação Acumulada	00 – 12 UTC
Índices de instabilidade	K, Totals, Swalter
Cobertura de Nuvens	Níveis baixos, médios, altos e total
Água precipitável	00 – 12 UTC

TABELA 1: VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E SEUS RESPECTIVOS NÍVEIS DISPONÍVEIS PARA A PREVISÃO DO TEMPO

Para o monitoramento das variáveis meteorológicas relacionadas à cultura do arroz no RS, foram escolhidas a radiação solar, precipitação, temperatura do ar, temperatura do solo, sugeridas por pesquisadores da área. Estas variáveis podem ser acessadas para cada localidade que compõe as 6 regiões produtoras de arroz irrigado do RS (FIGURA 4).

As regiões produtoras de arroz irrigado, segundo o IRGA, são distribuídas em 6 regiões: *i)* região 1 - fronteira Oeste: Uruguaiana, Quaraí, São Borja, Santo Antonio das Missões, Alegrete e Itaqui; *ii)* região 2 – Campanha: Dom Pedrito, São Vicente do Sul, Bagé, São Francisco de Assis, Rosário do Sul, Santana do Livramento, São Gabriel e Cacequi; *iii)* região 3 - Depressão Central: Cachoeira do Sul, São Pedro do Sul, Rio Pardo, Formigueiro, Restinga Seca, Agudo, São Sepé, Santa Maria, Candelária e Caçapava do Sul; *iv)* região 4 - Planície. Costeira Interna a Lagoa dos Patos: Minas do Leão *v)* região 5 - Planície. Costeira Externa a Lagoa dos Patos: Santo Antônio da Patrulha, Torres, Viamão, Mostardas, Palmares do Sul e Osório e *vi)* região 6 – Sul: Pelotas, Arroio Grande, Santa Vitória do Palmar, Jaguarão e Rio Grande.

Por fim foi criado um banco de dados com as saídas do modelo BRAMS, que serve de ferramenta para a pesquisa de diversas áreas da meteorologia e fica a disposição de estudantes e pesquisadores de áreas afins.



FIGURA 4 MAPA DAS REGIÕES PRODUTORAS DE ARROZ IRRIGADO NO RS

Fonte IRGA, www.irgs.rs.gov.br

4.3 RESULTADOS

Os resultados deste trabalho são apresentados a seguir.

A página inicial do portal <http://gmt-sul.ufpel.edu.br> tem formato mostrado na FIGURA 5. Nela pode-se selecionar as opções de previsão numérica, previsão do tempo, previsão agrometeorológica e banco de dados.

Na opção previsão numérica (FIGURA 6) tem-se as rodadas com o modelo BRAMS com todas as variáveis meteorológicas utilizadas para a previsão do tempo para as duas grades, horários (3 em 3 horas) e níveis determinados. Um exemplo de saída desta opção para as grades um e dois pode ser visto na FIGURA 7 e FIGURA 8. Nestas figuras tem-se o campo de velocidade e magnitude do vento para o dia 17/10/2006.

Na opção previsão agrometeorológica (FIGURA 9) tem-se o monitoramento de variáveis meteorológicas importantes para a cultura do arroz para cada cidade que compõe as regiões de cultivo. A FIGURA 10 mostra um exemplo de saída desta opção para a cidade de Santa Vitória do Palmar (região 6) para o período de 15 a 18 de outubro de 2006.

Na opção previsão do tempo (FIGURA 11), tem-se a previsão do tempo, bem como produtos gerados pelos meteorologistas do CPPMet/UFPel.

Por fim na opção banco de dados tem-se os dados históricos das rodadas com o modelo BRAMS.



FIGURA 5 PÁGINA INICIAL DO PORTAL GMT-SUL



FIGURA 6 LINK PARA PREVISÃO NUMÉRICA

GMT-SUL - BRAMS VELOCIDADE E MAGNITUDE DO VENTO (m/s)
PREVISAO DE 3h INICIALIZADA AS 12 UTC DE 20061017
VALIDA PARA AS 15h UTC DE 17/OUT/2006 - Terça

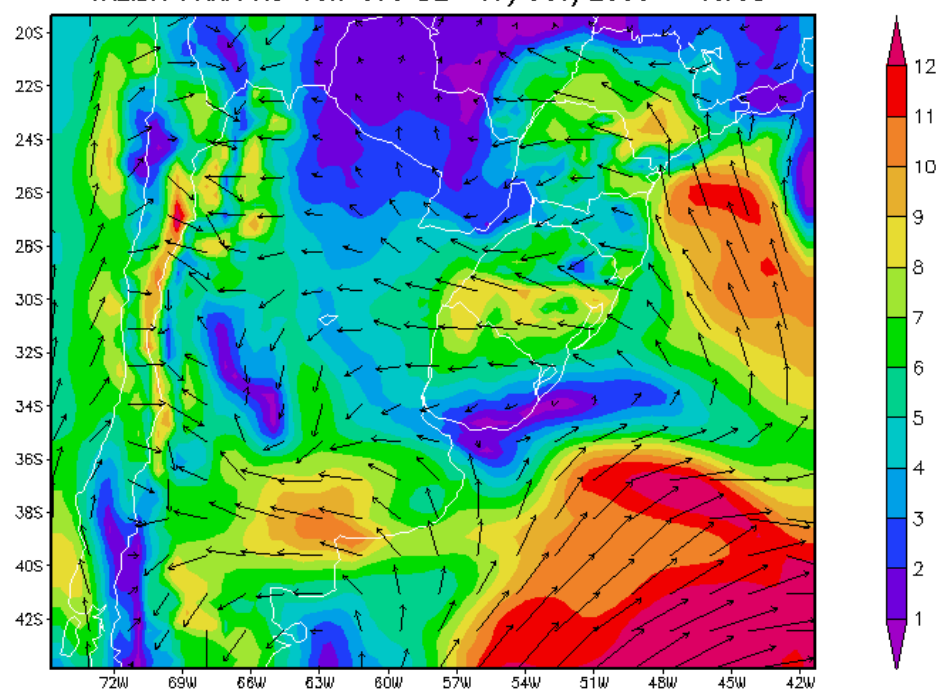


FIGURA 7 CAMPO VELOCIDADE E MAGNITUDE DO VENTO GRADE 1

GMT-SUL - BRAMS VELOCIDADE E MAGNITUDE DO VENTO (m/s)
PREVISAO DE 3h INICIALIZADA AS 12 UTC DE 20061017
VALIDA PARA AS 15h UTC DE 17/OUT/2006 - Terça

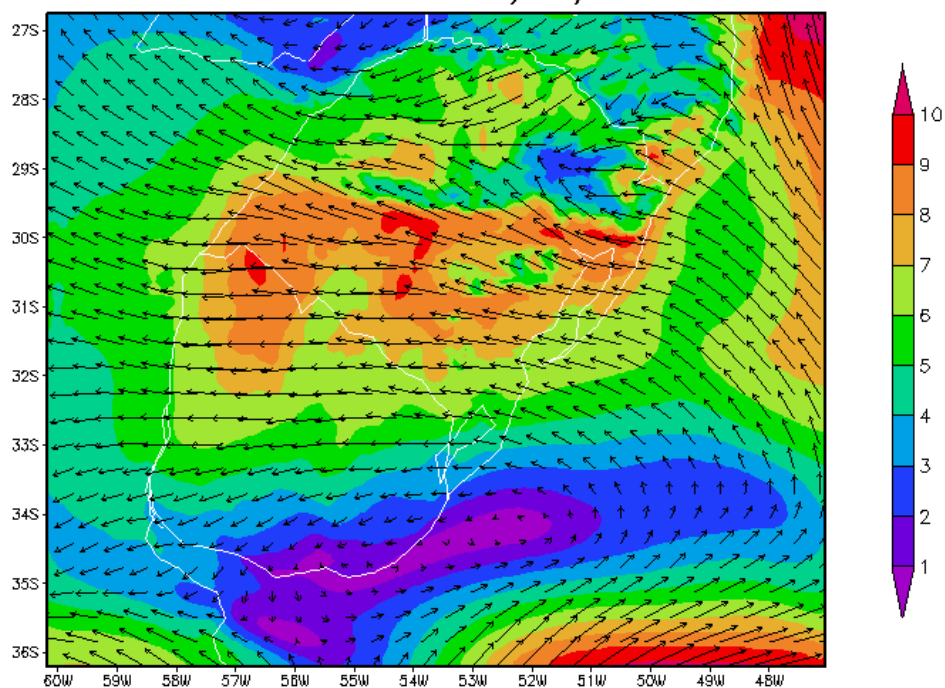


FIGURA 8 CAMPO VELOCIDADE E MAGNITUDE DO VENTO GRADE 2

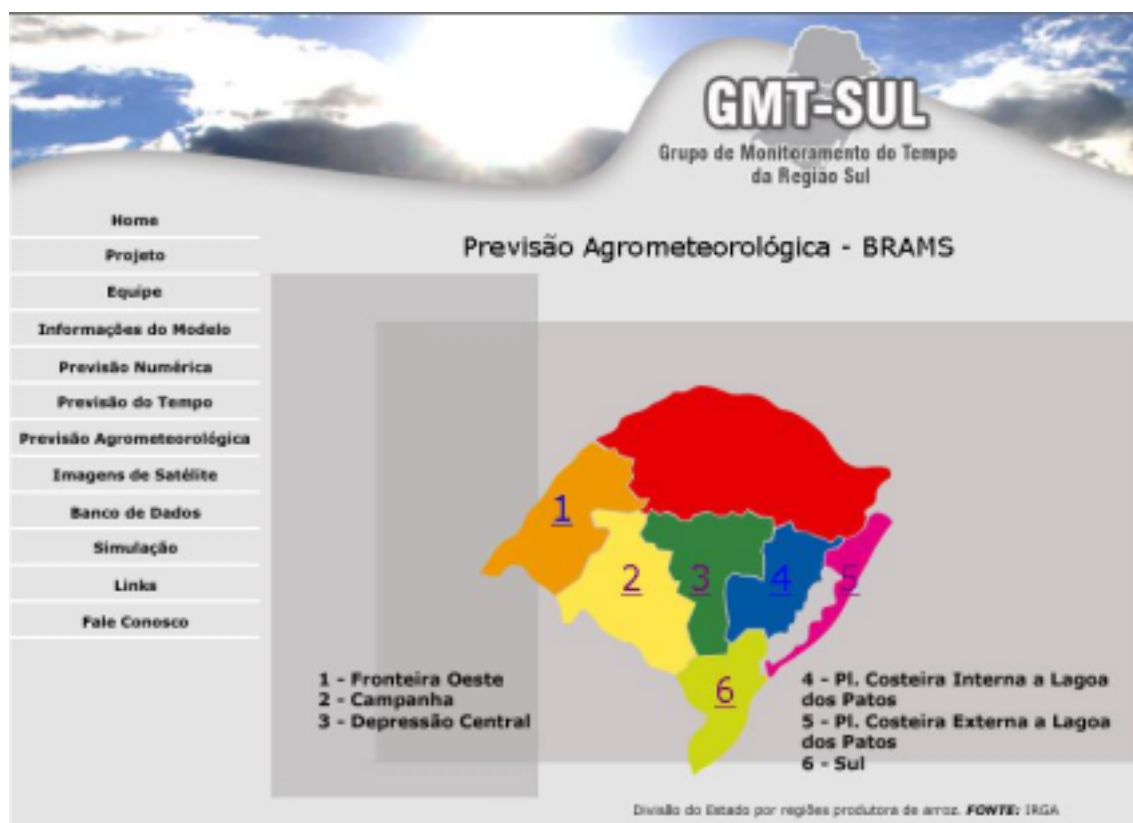


FIGURA 9 LINK PARA PREVISÃO AGROMETEOROLÓGICA

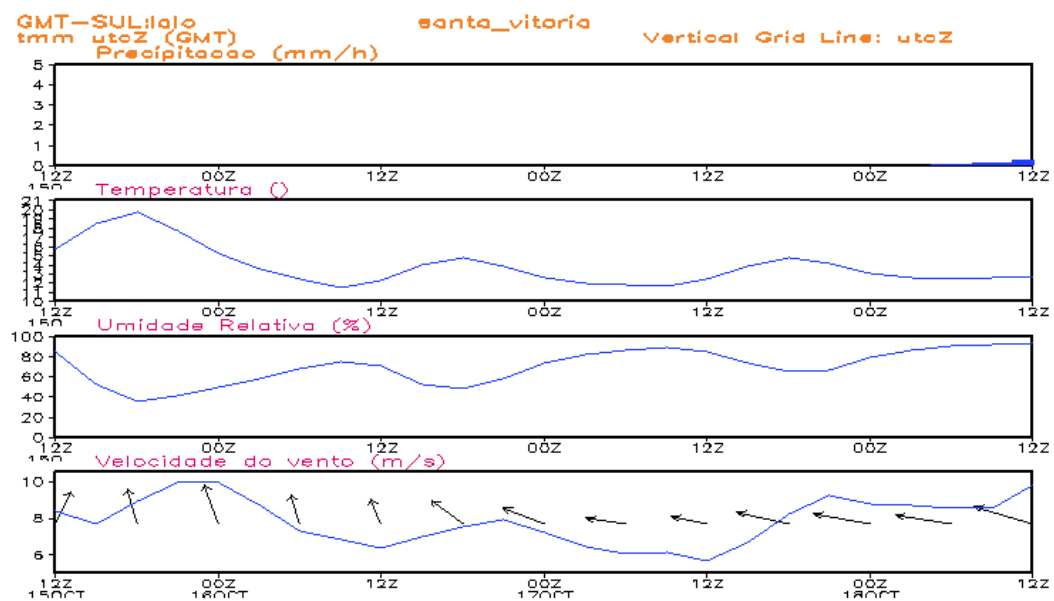


FIGURA 10 METEOGRAMA DAS CIDADES PRODUTORAS DE ARROZ



FIGURA 11 LINK PARA PREVISÃO DO TEMPO CPPMET

5. CONCLUSÃO GERAL

Este trabalho possibilitou a operacionalização do modelo BRAMS e a criação de um portal com as saídas deste modelo que servem de suporte para a previsão do tempo.

O *Framework* desenvolvido mostrou-se uma ferramenta bastante útil na operacionalização do BRAMS, bem como o hardware utilizado. Este conjunto é uma solução bastante eficiente para operacionalização de modelos regionais. A difusão desta arquitetura tipo cluster, tem um custo relativamente baixo, uma vez que elimina a aquisição de licenças de software e utiliza arquitetura de computadores a qual tende a diminuir o valor.

A disponibilização dos resultados em um portal permitirá que os meteorologistas, previsores do tempo, principalmente os do CPPMET/UFPel tenham acesso a mais uma ferramenta para a previsão tempo. Permitirá também, ao agricultor, o acesso a variáveis específicas para a cultura de seu interesse, que se consultadas nos períodos críticos da cultura, podem evitar perdas nas safras. Um último setor que se beneficiará é o da pesquisa, que poderá contar com um banco de dados, possibilitando o estudo e posterior entendimento de fenômenos meteorológicos ocorridos, que uma vez melhor entendidos passarão a enriquecer a previsão do tempo.

6. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento do *framework* iw-weather abre agora a possibilidade de operacionalização de outros modelos numéricos utilizados para previsão.

Há possibilidade também de agregar outros serviços ao portal do GMT-SUL. Como por exemplo *i)* disponibilização de variáveis específicas para outras culturas de interesse do RS; *ii)* Saídas de outros modelos regionais etc.

7. BIBLIOGRAFIA

BENOIT, R., DESGAGNE, M., PELLERIN, P., S., CHARTIER, Y. And DESJARDINS, S. **The Canadian MC2: a semi-lagrangian, semi-implicit wideband atmospheric model suited for finescale process studies and simulation.** Monthly Weather Review, 1997. 125, 2382-2415.

CLIMANÁLISE, **Boletim de Monitoramento e Análise Climática.** Vol.2 nº2. INPE, São José dos Campos 1987.

CLIMANÁLISE, Especial - **Edição comemorativa de 10 anos.** MCT/INPE/CPTEC. Cap.14, 1986.

DEIBLER, A. N., **Análise de parâmetros meteorológicos de ensaios de épocas de semeadura de arroz irrigado (Oryza sativa L.) em dois municípios do Rio Grande do Sul.** 2005

FAZENDA, A. L., DEMERVAL S. M., ENARI E. H., PANETT J., RODRIGUES L. F. **First Time User's Guide (BRAMS Version 3.2).** CPTEC, 2006,. ver.2, p4-5.

GRELL, G. A., DEVENYI, D. A generalized approach to parametrizing convection combining ensemble and data assimilation techniques. Geophysical Research Letters, v. 29, n. 14, 2002.

GRELL, G.A., DUDHIA, J. and STAUFFER, D. R. **A description of the fifth generation Penn State/ NCAR mesoscale model (MM5).** NCAR Technical Note NCAR/TN – 398 + STR, 1994, 138 pp.

IRGA: Instituto Rio Grandense do Arroz. Disponível em:
<<http://www.irga.rs.gov.br/>> Acesso em: 25 Set. 2006, 10:19:03.

KLEMP, J. B.; WILHELMSON, R. B. The simulation of three-dimensional convective storm dynamics. *J. Atmos. Sci.*, v. 35, p. 1070-1096, 1978.

MAHRER, Y.; PIELKE, R. A. A numerical study of the airflow over irregular terrain. *Beitrage zur Physik der Atmosphere*, v. 50, p. 98-113, 1977.

MELLOR, G. L.; YAMADA, T. A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers. *J Atmos. Sci.*, v. 31, p. 1791-1806, 1974.

PIELKE, R. A. **Mesoscale Meteorology Modeling**. Academic Press. New York, 1984

PIELKE, R. A., COTTON, W. R., WALKO R. L., TREMBACK, C.J., LYONS, W.A., GRASSO L.D, NICHOLLS M. E., MORAN M.D., WESLEY D.A., LEE T. J., E.COPELAND J. H. **A comprehensive meteorological modeling system-RAMS**. Meteoroloby and atmospheric physiscs, v.49, 1992, p.69.

SANTIN, M.S., CAMPOS C. R. J., GEYER, C.F.R., YAMIN, A. C.. **Uso de PAD no Monitoramento e Previsão de Fenômenos Atmosféricos na Região Sul do RS**. ERAD, 2006.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO (SOSBAI). **Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil**. Santa Maria, RS: SOSBAI, 2005. 159p.

SOUZA, E. P.. **Estudo Teórico e Numérico da Relação entre Convecção e Superfícies Heterogêneas na Região Amazônica**. Tese de Doutorado, IAG-USP, 1999.

WALKO, R. L. TREMBACK, C.J. PIELKE, R. A. and COTTON, W. R.. **An interactive nesting algorithm for stretched grids and variable nesting ratios.** J. Appl. Meteor., 34, 1995, 994-999.

XUE, M., DROEGMEIER, WONG, V.: **The advanced regional prediction system (ARPS)- A multi-scale nonhydrostatic atmospheric simulation and prediction model. Part I: Model Dynamics and Verification.** Meteorology and Atmospheric Physics, 2000. Vol. 75, 161-193.

YAMIN, A. C.; AUGUSTIN, I.; BARBOSA, J. L. V.; SILVA, L. C. da; REAL, R. A.; CAVALHEIRO, G. G. H.; GEYER, C. F. R.. A Framework for Exploiting Adaptation in High Heterogeneous Distributed Processing. In: **SYMPOSIUM ON COMPUTER ARCHITECTURE AND HIGH PERFORMANCE COMPUTING (SBAC-PAD 2002)**, 2002, Vitória, ES. SBAC-PAD 2002. Los Alamitos:IEEE Computer Society, 2002. p. 125-132.

YAMIN, A. C.; BARBOSA, J.L.V.; AUGUSTIN, I.; SILVA, L.C. da; REAL, R.A.; GEYER, C.F.R.; CAVALHEIRO, G.G.H.. **Towards Merging Context-aware, Mobile and Grid Computing.** International Journal Of High Performance Computing Applications, Londres, 2003. v. 17, n. 2, p. 191-203,

YAMIN, A. C.; BARBOSA, J.L.V.; AUGUSTIN, I.; SILVA, L.C. da; REAL, R.A.; GEYER, C.F.R.. ISAM: Uma Arquitetura de Software para Pervasive Computing In: **30TH CONFERENCIA LATINOAMERICANA DE INFORMÁTICA**, 2004, Arequipa, Peru.

ANEXOS

Uso de PAD no Monitoramento e Previsão de Fenômenos Atmosféricos na Região Sul do RS

Mateus Madail Santin, Cláudia Rejane Jacondino de Campos, Cláudio

Fernando Resin Geyer, Adenauer Corrêa Yamin

Universidade Federal de Pelotas
Campus Universitário do Capão do Leão, Pelotas, RS
{mateus, cjcamos}@ufpel.edu.br, geyer@inf.ufrgs.br,
adenauer@ufpel.edu.br

Resumo

A complexidade computacional inerente a previsão do tempo exige a

disponibilidade de grande poder computacional. Com base nisto, o objetivo deste trabalho é utilizar PAD no modelo meteorológico BRAMS, gerando de forma automatizada informações úteis à cultura do arroz no RS.

Palavras-chave

Agrometeorologia, BRAMS, Modelos Numéricos, PAD.

Introdução

O fato de o Rio Grande do Sul possuir um clima temperado e subtropical, apresentando considerável variabilidade em seu regime térmico, principalmente entre regiões, faz com que ocorra diferença acentuada no início dos períodos de semeadura das culturas de primavera-verão. Entre as regiões mais quentes e as mais frias, é possível verificar diferença acentuada no início dos períodos de semeadura das culturas de primavera-verão, de até 60 dias no início dos períodos de semeadura [MAL 2000].

Deste modo, prever a data de semeadura é extremamente importante, para um melhor rendimento da produção, pois, um problema grave no Rio Grande do Sul, é que a maioria dos cultivares disponíveis tem ciclos muito similares, 120 dias e conseqüentemente, o tempo para semear em condições adequadas para se obter rendimentos altos é muito pequeno, isto é, mais ou menos 15 dias [STE 2001]. Dada a complexidade computacional inerente, atualmente a previsão do tempo exige a disponibilidade de um grande poder computacional. Com base nisto, o objetivo central deste trabalho é disponibilizar de forma operacional em um cluster o modelo meteorológico BRAMS, com a finalidade de gerar dados que sejam úteis à tomada de decisão por parte das pessoas envolvidas com a cultura do arroz no RS.

O BRAMS é um modelo baseado no RAMS (Regional Atmospheric Modeling System). Este modelo atmosférico foi construído com

base nas equações da dinâmica da atmosfera, complementadas com parametrizações de difusão turbulenta, radiação solar e terrestre, processos úmidos incluindo a formação e a interação de nuvens e água líquida precipitante e gelo, calor sensível e latente, camadas de solo, vegetação e superfície d'água, os efeitos cinemáticos do terreno e convecção cumulus. Salienta-se que todas essas parametrizações e características do modelo podem ser alteradas de maneira a melhor se adequarem às condições específicas de determinado local, ou a condições idealizadas para simulações de situações, o que se constitui numa excelente ferramenta para pesquisas meteorológicas.

Metodologia

O trabalho está em andamento e irá contemplar as seguintes etapas:

1. **Instalação e configuração de um agregado de computadores (cluster):** este agregado é baseado em Software Livre, e já está operacional;
2. **Operacionalização do modelo BRAMS e instalação de ferramentas associadas:** prover de forma automatizada a execução do modelo BRAMS no cluster. Os dados para previsão são provenientes do CPTEC/INPE;
3. **Definição das grades de estudo e variáveis envolvidas:** definição da área de cobertura da previsão e das informações meteorológicas envolvidas;
4. **Sistema especialista para a cultura do arroz:** com base nos cálculos previsionais este sistema disponibilizaria orientações aos envolvidos com a cultura do arroz;
5. **Disponibilização das informações processadas:** os resultados produzidos serão distribuídos através de uma interface WEB, bem como no caso de fenômenos relevantes estes serão pro-ativamente sinalizados através de email e mensagens SMS via celular;

Considerações Finais

As etapas 1 e 2 já foram contempladas e estão em avaliação. As etapas seguintes estão sendo construídas. A estratégia prevista é promover a integração da área de Meteorologia, com as áreas de Agrometeorologia, Computação de Alto Desempenho e Computação Pervasiva.

Referências

- [MAL 2000] MALUF, J.R.T. Nova classificação climática do estado do Rio Grande do Sul. Revista brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 141- 150, 2000a.
- [STE 2001] STEINMETZ, S., BRAGA, H. J. Zoneamento de arroz irrigado por épocas de Semeadura nos estados do rio grande do sul e de Santa Catarina. Revista Brasileira de agrometeorologia, Santa Maria, v.9, n.3, p.429-438, 2001.
- [YAM 2001] YAMIN, A. C.. Escalonamento em Sistemas Paralelos e Distribuídos.. In: SBC; Instituto de Informática da UFRGS; PUCRS;

UNISINOS. (Org.). Anais da Primeira Escola Regional de Alto Desempenho. Porto Alegre, 2001, v., p. 75-126.