

Assimilação, Controle de Qualidade e Análise de Dados de Meteorológicos Apoiados por Proveniência

Geraldo R. L. Filho², Raíza S. Precinoto¹, Tamíres P. Correia¹,
Ednaldo O. Santos¹, Gustavo B. Lyra¹, Sérgio Manuel Serra da Cruz^{2,3}

¹ Departamento Ciências Ambientais / Instituto de Florestas – UFRRJ

² Departamento de Matemática/ Instituto de Ciências Exatas – UFRRJ

³ Programa de Pós-Graduação em Matemática Computacional - PPGMMC/UFRRJ

{edmeteoro,gblyra,serra}@ufrrj.br

Abstract. *Meteorological studies require large amounts of high quality data. However, it is quite difficult to obtain dataset with such characteristics. This paper presents a framework that uses pre-processors to generate high quality curated data supported by the use of provenance metadata. The framework allows meteorologists to rectify faulty data and annotate datasets with provenance metadata to reduce error propagation on long-term meteorological investigations.*

Resumo. *Estudos meteorológicos requerem grandes volumes de dados de qualidade baseados em longas séries contínuas e consistentes. Contudo, existe dificuldade em se obter dados com essas características. Este trabalho apresenta uma plataforma Web que utiliza pré-processadores e técnicas de assimilação, controle de qualidade, análise e visualização de dados apoiados pela coleta de metadados de proveniência para a geração de dados de qualidade. A plataforma permite que meteorologistas identifiquem e corrijam falhas e anotem as séries de dados, reduzindo a propagação de erros sobre os estudos meteorológicos de precipitação.*

1. Introdução

Um dos grandes problemas nos estudos climáticos é obter dados meteorológicos de qualidade. Estudos do clima requerem grandes volumes de dados de qualidade, com séries de longo tempo, contínuas e consistentes. Contudo, existem dificuldades em se obter dados com essas características, devido a inúmeras perdas e falhas desde o momento da sua coleta (estação meteorológica) até a disponibilidade em bases de dados. Além dessas limitações, os dados de bases meteorológicas e, ou climáticas se encontram em diferentes formatos, unidades de medida e com descontinuidade cronológica [Lima e Nunes 2012]. Por fim, seus metadados de proveniência sobre os dados e suas transformações nem sempre estão disponíveis.

As inconsistências e variações nas séries de dados climáticos podem ocorrer devido a inúmeros motivos, por exemplo, erro humano na coleta, condições do instrumento de medida (manutenção e calibração), processamento dos dados errôneo, variações no tempo de observações e às mudanças no ambiente circundante [Vicente-Serrano e Beguería-Portugués 2003]. Não é suficiente apenas medir, é necessário processar, corrigir, gerar e

garantir consistência temporal e espacial aos dados medidos da maneira mais eficiente possível [Wissmann 2006].

Segundo Heinemann *et al.* (2010), a análise de consistência dos dados climáticos deve ser realizada antes mesmo da sua assimilação. Nesse processo são aplicados filtros que avaliam falhas e a consistência dos dados, verificando ainda a existência de erros básicos associados aos valores fisicamente improváveis. Por exemplo, valores negativos para precipitação. Todos os dados considerados discrepantes devem ser substituídos por valores que possuam não valor plausível. Nesse sentido, os descritores de proveniência podem agregar valor ao gerenciamento dos resultados obtidos pelos meteorologistas. A gestão da proveniência em experimentos científicos tem por objetivo auxiliar na busca de respostas a inúmeras indagações relacionadas ao experimento [Cruz 2011]. Portanto, para que os dados sejam computados adequadamente e posteriormente compartilhados com sucesso, é preciso assegurar que não só sejam livres de falhas e confiáveis, mas também anotados com metadados de proveniência [Freire *et al.* 2008].

Este trabalho apresenta uma estratégia de transformação de grandes volumes de dados meteorológicos inconsistentes em dados consistentes com agregação de descritores de proveniência retrospectiva. Para alcançar este objetivo desenvolvemos uma plataforma Web baseada com pré-processadores de dados que aplicam técnicas de assimilação, controle de qualidade, análise e visualização de dados meteorológicos. O propósito da plataforma é permitir que os meteorologistas interativamente carreguem, identifiquem e corrijam falhas e adicionem descritores de proveniência nas séries de dados meteorológicos de forma rápida para reduzir a propagação de erros sobre o resultado dos estudos meteorológicos de longo prazo.

Este trabalho está organizado da seguinte forma, a seção 2 caracteriza as fontes de dados utilizadas nesta pesquisa. A seção 3 apresenta a plataforma *Meteoro* e seus principais pré-processadores e experimentos. A seção 4 apresenta os trabalhos relacionados, por fim, a seção 5 conclui o artigo e apresenta perspectivas de trabalhos futuros.

2. Materiais e Métodos

Esta seção caracteriza os dados e as metodologias utilizadas no trabalho.

2.1. Sistemas HidroWeb e Banco de Dados FAO-ClimNet

Os dados brutos da plataforma *Meteoro* são originados a partir de duas fontes. A saber: sistema HidroWeb (2005) e do banco de dados FAOClim-Net da FAO (*Food and Agriculture Organisation*) [FAO 2013]. O HidroWeb é mantido pela Agência Nacional de Águas (ANA) e permite recuperar dados não consistentes sobre: (i) séries históricas diárias de chuva, entre outras variáveis climáticas e; (ii) inventário de bacias, rios, estados, municípios, estações (pluviométricas e fluviométricas) e suas respectivas coordenadas geográficas. O sistema fornece dados não tratados sob a forma de arquivos texto estruturados. A semântica dos conceitos que descrevem os arquivos/dados do HidroWeb é definida por um glossário de termos apoiado pela Classificação Decimal Universal [UDC 2013]. Os dados do FAOClim-NET são relacionados à chuva e temperatura do ar.

2.2. Dados de Precipitação Pluvial

Neste trabalho se utilizaram séries históricas de dados diários de chuva. Foram selecionadas 31 estações meteorológicas dentro da área que se situa entre as latitudes 22° 03' e 23° 21' S e longitudes 43° 25' e 44° 54' W, abrangendo toda a região Sul Fluminense,

localizada no estado do Rio de Janeiro. Foram consideradas apenas séries maiores ou iguais a 20 anos de dados e com início a partir de 1960.

2.3. Controle de Qualidade de Dados Meteorológicos

O controle de qualidade se dá por intermédio do uso de uma série de filtros aplicados na identificação de erros em dados coletados por sensores e observações [Feng *et al.* 2004]. Cuidados especiais devem ser tomados ao se controlar a qualidade. Os filtros não podem excluir registros extremos reais, mas ao mesmo tempo devem excluir registros espúrios, que se mantidos na série histórica aumentariam a frequência de casos extremos, e distorceriam a estimativa de parâmetros que produzem a função de probabilidade de extremos e os tempos de retorno [Magina 2007].

Feng *et al.* (2004) estabeleceu regras que devem ser aplicadas às estações individualmente na detecção de valores suspeitos. (i) *Valores Extremos Máximos e Mínimos* – verificar e marcar valores fora de uma faixa pré-estabelecida como máximos e mínimos em uma dada estação. Este método compara os valores diários das variáveis de uma estação para estabelecer os valores extremos, valores encontrados na estação que estejam fora da faixa de extremos são descartados; (ii) *Verificação de Eventos Temporalmente Isolados* – verificar os dados do dia anterior e do próximo ao analisado em todos os anos da série de uma mesma estação para detectar valores suspeitos; (iii) *Verificação de Eventos Espacialmente Isolados* - encontrar dados inconsistentes comparando os valores encontrados em estações próximas.

O preenchimento de falhas de dados meteorológicos é outra etapa importante para o controle de qualidade, consiste em preencher os dados faltantes (ausentes ou perdidos) de uma série por meio de metodologias estatísticas [Ferrari 2011]. Três métodos são destacados: (i) *Vizinho mais próximo* - é o mais simples e de codificação direta. Os dados ausentes são preenchidos diretamente com os dados observados da série temporal da estação mais próxima; (ii) *Inverso da distância ponderada* - também tem seu uso ampliado pela facilidade de implementação computacional. Para prever um dado faltante em uma estação, o método usa os valores medidos na vizinhança dessa estação e realiza uma média ponderada pelo inverso da distância que separa a estação vizinha da estação a ser preenchida a falha. Nesse método, os valores medidos em estações mais próximas terão maior influência para a previsão do que os medidos mais distantes e, (iii) *Regressão linear simples* (RL) - os dados faltantes (Y) são obtidos através da série mais correlacionada de dados (X) de uma estação (ou estações) vizinha(s). Nosso grupo de pesquisa, em estudos prévios já comparou os três métodos para preenchimento de falhas, maiores detalhes em [Precinoto *et al.* 2012]. Nesta versão da plataforma se adotou apenas o método RL (detalhes na sub-seção 3.3).

3. Resultados

O protótipo da plataforma *Meteoro* é uma aplicação Web que utiliza tecnologias PHP/Javascript/JQuery/AJAX. O estilo arquitetural utilizado foi o MVC, pois permite melhor separação entre a lógica da aplicação (módulos *assimiladores*, *controle e preenchimento de falhas* e de *geração de metadados de proveniência*) da apresentação. Com relação à camada de persistência, o protótipo armazena os dados (brutos e curados e proveniência) em um banco de dados MySQL e se utiliza do servidor de aplicação Apache para a execução.

A plataforma possui três camadas. A camada *Core* contém os pré-processadores (assimilação, controle de qualidade e preenchimento de falhas), o repositório de dados e de

proveniência e o componente publicador de proveniência retrospectiva compatível com a especificação OPM [OPM 2013]. A camada de *Serviços de configuração* – contém os componentes para configurar a extensão da coleta de proveniência e de manutenção dos dados. A camada de *Serviços de Interface* permite que o usuário visualize, correlacione ou analise interativamente os dados meteorológicos. A interface também permite que o meteorologista configure parâmetros de utilização e selecione os mecanismos de carga de dados brutos (carga por lote de arquivos ou carga interativa). Essa interatividade foi o fator determinante para a adoção de *pipelines*.

A plataforma é capaz de assimilar, controlar qualidade e analisar interativamente dados pluviométricos de qualquer estação mantida pela ANA ou FAO. Nos experimentos relacionados a este trabalho, utilizaram somente séries de dados pluviométricos coletados a partir de 1960 a partir de 31 estações do sul do estado do Rio de Janeiro. Esta região foi escolhida por apresentar vigoroso crescimento sócio-econômico e por apresentar totais de precipitação entre os maiores da região Sudeste do Brasil, além de sujeita a ocorrência de eventos extremos de chuva.

3.1. Pré-Processadores de Assimilação de Dados Pluviométricos Brutos

A assimilação de dados é composta por três etapas sequenciais, a saber:

- (i) **Extração de dados do HidroWeb e FAOClim-NET** - a extração dos arquivos permite a seleção do tipo de dado a ser utilizado, utiliza um conjunto de descritores, tais como: nome e tipo da estação, latitude, longitude e altitude, município, estado, data de início e fim da série, órgão responsável pelo dado, operador, passo de tempo das observações (diário, mensal, anual), código da Organização Mundial de Meteorologia (WMO).
- (ii) **Ordenação cronológica dos dados meteorológicos** - as bases organizam os dados de forma contínua, desconsiderando os dados perdidos. Ou seja, não aparecem lacunas nas séries de dados, nem um código de dado perdido ou observação não realizada. Essas informações são importantes e devem constar na base de dados curados para caracterização da qualidade das séries. O pré-processador é capaz de detectar essas lacunas e sinalizá-las adequadamente.
- (iii) **Identificação de Falhas** - consiste do reconhecimento de dados perdidos/falhos. Nesta etapa o pré-processador aplica cinco regras, baseadas em Feng *et al.* (2004) sobre cada arquivo na detecção de valores suspeitos. *Regra 1:* é aplicada durante a ordenação cronológica, insere um código específico para dado perdido ou faltante na série. Normalmente (na meteorologia e climatologia) esse código é -9999.99, pois é um valor fisicamente inconsistente para os elementos meteorológicos medidos, ele que será posteriormente identificado e tratado pelos métodos de controle de qualidade. *Regra 2:* é usada mesmo que a série esteja cronologicamente organizada, não é aconselhável ter lacunas vazias para dados perdidos ou falhas. Nesses casos são identificados e inseridos o código de dado perdido. *Regra 3:* é usada na identificação e substituição de outros códigos utilizados na identificação de dados (por exemplo, /, -, *, #) e substituídos pelo código de dado perdido para fins de padronização das análises. *Regra 4:* desacopla as observações textuais que foram codificadas junto das séries e as transforma em descritores de proveniência. *Regra 5:* todas as operações sobre de transformação de dados geram descritores de proveniência retrospectiva e são incorporados ao repositório de dados.

3.2. Pré-Processadores Semi-Automáticos de Controle de Qualidade

O controle adota análises de qualidade dos dados assimilados, ele incorpora as especificações do boletim WMO N° 258 [WMO 2002]. As análises são interativas e semi-automáticas. O controle é composto por quatro partes subsequentes, a saber:

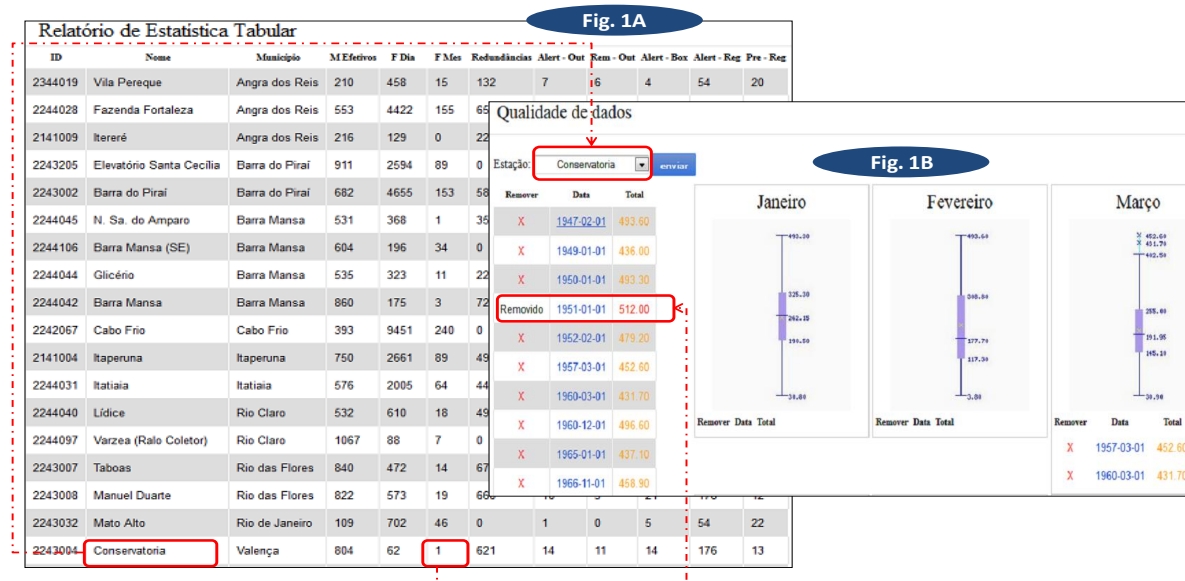


Figura 1 – (a) Relatório de Estatística Tabular, onde são exibidos os limites climáticos (chuva) dos municípios do Sul Fluminense. A estação Conservatória está em destaque (b) Relatório de qualidade de dados e representação gráfica (box-plots) da estação Conservatória e indicação de um dado outlier acima do limite máximo mensal esperado de chuvas no período.

- (i) **Controle de Consistência Interna** - permite a comparação das condições sinóticas e outras variáveis observadas com a variável estudada. O procedimento é subjetivo e depende do conhecimento do usuário do sistema sobre meteorologia e climatologia e de uma área de abrangência. Assim, para atender esse procedimento, basta apenas que o usuário através dos serviços de interface tenha acesso ao repositório e defina se o dado é correto ou inexato baseado nas análises sinóticas e de outras variáveis. Ao avaliar o dado, descritores de proveniência relativos à operação são persistidos no repositório.
- (ii) **Controle de Consistência de Limites Físicos e Climáticos** – consiste na detecção de valores que ultrapassam um limite físico pré-determinado, os valores identificados como outliers podem ser excluídos pelo meteorologista.
- (iii) **Controle de Consistência de Tempo**- se fundamenta nas investigações exploratórias climática das séries. Ou seja, para cada estação (ou conjunto), se produz um relatório tabular com estatística descritiva e gráficos do tipo box-plot ou histograma (Figura 1a). Os outliers são identificados estatisticamente (através de limites interquartis) e são destacados para que o usuário utilize as análises de consistência de tempo e espaço para definir se o dado é inexato ou apenas um evento extremo (Figura 1b). Por exemplo, no quadro Março (Figura 1b) existem valores extremos (cor laranja) que foram identificados como outliers, estes podem ser excluídos pelo meteorologista. O item outliers se correlaciona com a coluna Alert-Box do relatório de estatística tabular (Figura 1a).
- (iv) **Controle de Consistência de Tempo e Espaço** - utiliza regressão linear para verificar um item de dado de chuva de uma estação em relação à outra estação ou média dos valores de um grupo de estações numa mesma área de abrangência. As estações que estão na mesma área de abrangência são definidas pelos coeficientes de correlação de

Pearson entre suas séries e/ou pela distância espacial que separa as estações (as distâncias podem ser de 10, 25, 50, 75 ou 100 Km).

3.3. Pré-Processadores de Preenchimento de Falhas de Dados

Utilizou-se o método da regressão linear (RL) simples para preenchimento (Figura 2a). A adequação do método é avaliada previamente pelos valores do coeficiente angular e do coeficiente de determinação (r^2) da regressão. As condições para aplicação do método são consideradas satisfatórias apenas quando $0,7 \leq b \leq 1,3$ e $r^2 > 0,7$ [Allen *et al.* 1998]. Além desses critérios, o método só é recomendado quando os dados seguem uma distribuição normal e os desvios de Y_i não incrementem com o aumento dos seus valores (seção 3.2, item *i*).

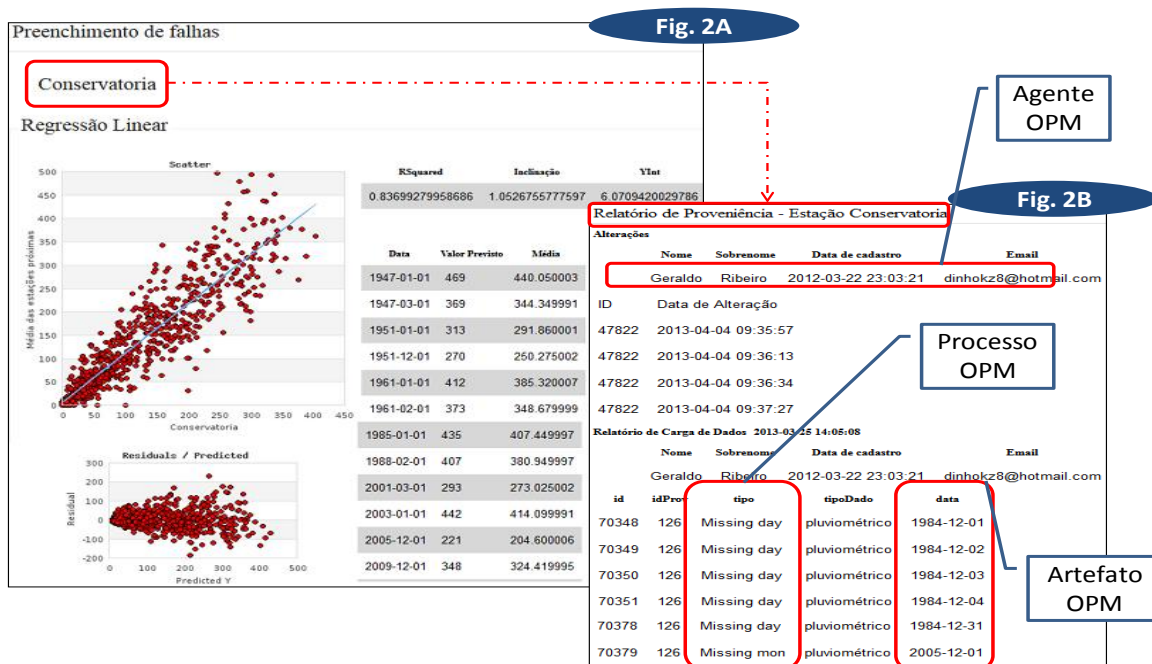


Figura 2 – (2a) Relatório de preenchimento de falhas (com RL) nas séries de uma estação (Conservatória); (2b) Relatório de proveniência (identificação falhas no arquivo bruto, indicando os pré-processadores utilizados e do usuário).

3.4. Modelo de Dados Curados e Proveniência de Precipitação Pluvial

A carga das séries de dados brutos e transformações para dados curados foi operacionalizada pelos meteorologistas através da execução dos *pipelines* de pré-processadores (citados nas seções 3.1 à 3.3). Durante a execução da plataforma se registram não só os dados brutos e os curados, bem como os descritores de proveniência retrospectiva de baixa granulosidade (relativos às execuções do sistema), isto é, para cada arquivo de dados carregado, são armazenados no repositório relacional os dados originais (brutos), os dados transformados (curados), os registros com os metadados de proveniência e os agentes (usuários) envolvidos no processo, além das informações de *timestamp* sobre as transformações. A versão atual do modelo de dados foi concebida para ser compatível com a OPM, ele armazena metadados sobre *processos* (pré-processadores e transformações de dados); *artefatos* (dados brutos, curados, estações, laboratório, experimento e projeto de pesquisa) e *agentes* (usuários e pesquisadores envolvidos no projeto e na operação do sistema). Os relatórios com os descritores de proveniência (exemplo na Figura 2b) permitem que meteorologias avaliem o processo de transformação de dados. Além disso,

atuam como um componente adicional para assegurar a qualidade dos dados currados. Eles mantêm informações sobre os dados utilizados e processos que o derivaram, agentes envolvidos na derivação.

4. Trabalhos Relacionados

No Brasil e no mundo existem diversos sistemas de tratamento de dados meteorológicos e seus bancos de dados, eles não são uma novidade propriamente dita. No entanto, ao compararmos tais sistemas se percebem diferenças sejam nas variáveis físicas e regiões geográficas aos quais se destinam sejam nos tratamentos de dados utilizados.

O sistema MADIS (*Meteorological Assimilation Data Ingest System*) da NOAA (<http://madis.noaa.gov/>) centraliza a coleta, troca e a distribuição de dados meteorológicos de cerca de 200 redes meteorológicas existentes, principalmente, nos Estados Unidos. O MADIS estabelece controle de qualidade sobre os dados e emite alertas aos responsáveis por cada uma destas redes sobre a qualidade dos dados enviados. No âmbito nacional o CPTEC/INPE adotou a metodologia do MADIS para tratar os dados coletados por suas estações. No entanto, é importante ressaltar que dados da ANA não são tratados por essas iniciativas. Silva *et al.* (2008) desenvolveu um sistema Web capaz de gerar de planilha de dados a partir de consultas ao banco de dados não currado mantido pela EMBRAPA. O sistema não avalia a qualidade dos dados, limita-se a manipular dados pluviométricos do estado do Piauí e não considera o papel da proveniência dos dados meteorológicos. Junior *et al.* (2005) concebeu mecanismo de tratamento e carga de dados para armazenar dados pluviométricos coletados por estações mantidas pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica, órgão gestor dos recursos hídricos do Estado de São Paulo. O *schema* do banco não está disponível na literatura, o mecanismo de carga de dados é semi-automático e não disponibiliza facilidades, nem interfaces que permitam que os meteorologistas avaliem a qualidade dos dados assimilados. Por fim, os dados ausentes são preenchidos através de um único método, ou seja, utilizam-se simples médias aritméticas dos dados das estações vizinhas localizadas um raio fixo de 6,25 km e em três classes de altitude distintas. Nesta mesma linha de trabalho, Ferreira *et al.* (2000) desenvolveu um banco de dados relacional para que o INPE armazenasse dados meteorológicos a partir de dados brutos no formato da WMO. Este banco de dados não registra descritores de proveniência dos dados meteorológicos.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Existem poucas ferramentas para assimilar dados meteorológicos de escopo nacional. Diferentemente dos trabalhos da área, desenvolvemos uma ferramenta Web que utiliza *pipelines* de pré-processadores que permitem que os meteorologistas avaliem os dados assimilem, transformem grandes volumes de dados inconsistentes em consistentes e se beneficiem dos descritores de proveniência incorporados ao processo.

Como trabalhos futuros serão desenvolvidos novos pré-processadores para assimilação de outras bases de dados como, por exemplo, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET) e novos métodos de preenchimento de falhas (ponderação regional, inverso do quadrado da distância, análise harmônica – série de Fourier) e de análise de consistência de dados (dupla massa e resíduo acumulado). Além disso, o modelo de dados será adaptado para a especificação PROV e será incorporada uma ontologia do domínio de pluviometria [Barbosa e Cruz 2012, 2013] (em desenvolvimento pelo nosso grupo de pesquisas) para facilitar o desenvolvimento de futuras buscas semânticas.

Agradecimentos

À FAPERJ pelo apoio financeiro (E-26/110.840/2012 e E-26/112.588/2012) e pela aprovação do Auxílio à Pesquisa (APQ1).

6. Referências Bibliográficas

- Allen R. *et al.* (1998) "Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements". www.engr.scu.edu/~emaurer/classes/ceng140_watres/handouts/FAO_56_Evapotranspiration.pdf
- Barbosa. T M. S, Cruz, S. M. S. (2012) "Gerência Semântica de Proveniência de Experimentos Científicos em E-Ciência". Anais da XXII JIC-UFRRJ.
- Barbosa. T M. S, Cruz, S. M. S. (2013) "Uma Abordagem de Gerenciamento Semântico de Experimentos Meteorológicos em Pluviometria". VII E-Science, (a ser publicado)
- Cruz, S. M. S. (2011) "Uma Estratégia de Apoio à Gerência de Dados de Proveniência em Experimentos Científicos". Tese de Doutorado. PESC/COPPE-UFRJ.
- FAO (2013) "FAO/FAOclim-NET". http://geonetwork3.fao.org/climpag/agroclimdb_en.php
- Feng, S. et al (2004) "Quality Control of Daily Meteorological Data in China, 1951–2000: A New Dataset". *Int J. Of Climatology*, pp. 853-870.
- Ferrari, G. T., (2011) "Imputação de dados pluviométricos e sua aplicação na modelagem de eventos extremos da seca agrícola". Dissertação de Mestrado - USP, Piracicaba.
- Ferreira, S. H. S. et al. (2000) "Banco de Dados Meteorológicos Para Previsão de Tempo e Estudos Climáticos". <http://www.cbmet.com/cbm-files/12-a427aef4155f2e2b163b7b9a02e0a353.pdf>.
- Filho, G. R. Lyra, G., Mariano, R. Cruz, S.M.S, Santos E. O. (2012) "Desenvolvimento de Pré-Processadores para Agrupamentos, Tratamento e Análise de Informações Meteorológicas no estado do Rio de Janeiro". Anais da XXII JIC-UFRRJ.
- Freire, J., *et al.* (2008) "Provenance for Computational Tasks: A Survey", *Computing in Science and Engineering*, v.10, n. 3, p. 11-21.
- Heinemann, A. B.; Lopes Jr., S.; Silva, S.C., Fernandes, D.S., (2010) "Base de dados climáticos para a região produtora de arroz de terras altas". EMBRAPA-GO.
- HidroWeb (2005). "HidroWeb" <http://hidroweb.ana.gov.br/>.
- Junior, J. et al (2004) "Organização e Consistência de Banco de Dados Pluviométricos Diários". www.cpa.unicamp.br/producao/resumos-em-anais-de-eventos/2005/m-c202_expandido.pdf/download.pdf.
- Lima, M. V; Nunes, A. B. (2012). "Preenchimento de Falhas de Dados Mensais de Precipitação: Comparação Básica Pontual para Pelotas-RS". Dissertação de Mestrado - Faculdade de Meteorologia. UFPel.
- Magina, F. C., (2007). "Aquisição Automática e Tratamento de Dados Meteorológicos Aplicáveis ao Projeto e Operação de Linhas Aéreas de Transmissão de Energia Elétrica". Dissertação de Mestrado - UNIFEI.
- OPM (2013) "Open Provenance Model" <http://openprovenance.org/>.
- Precinoto, R. S; et al (2012) "Aplicação De Regressão Linear Múltipla Para Preenchimento De Falhas De Dados Pluviométricos No Estado Do Rio De Janeiro" Anais da XVII SBMET.
- Silva, A. J. S. et al. (2008) "Um sistema web para a consulta de dados meteorológicos como ferramenta de apoio ao manejo de irrigação no estado do Piauí". *Rev. Tec. Fortaleza*, v. 29, n. 2, pp.141-147.
- UDC (2013) "Universal Decimal Classification". www.udcc.org/udccsummary/php/index.php.
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería-Portugués, S., (2003) "Estimating Extreme Dry-Spell Risk in the Middle Ebro Valley: A Comparative Analysis of Partial Duration Series with a General Pareto Distribution and Annual Maxima Series with a Gumbel Distribution". *Int. Journal of Climatology*, pp. 1103-1118.
- Wissmann, J. A., (2006) "Ferramenta Computacional para Análise de Consistência de Dados Pluviométricos". *Varia Scientia*, pp.99-106.
- WMO (1996) "Some Methods of Climatological Analysis". Geneva: World Meteorological Organization (WMO), *World Meteorological Analysis*, 53 p.