

## **Análise de chuva intensa na região de Agudo-RS em janeiro de 2010**

Alessandra Faedrich Martins Rosa <sup>1</sup>

Luciana da Silva Mieres <sup>1</sup>

Claudinéia Brazil Saldanha <sup>1</sup>

Rita de Cássia Marques Alves <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia-CEPSRM  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS  
Av. Bento Gonçalves, 9500 – Campus do Vale  
Cx.P. 15044, CEP. 91501-970 – Porto Alegre – RS - Brasil

afmartinsrosa@yahoo.com.br

lucianamieres@yahoo.com.br

neiabrazil@yahoo.com.br

rita.cma@terra.com.br

**Abstract.** The natural disasters that have happened in Brazil are, most of them, from atmospheric origin. The precipitation, in excess or shortage, is the atmospheric element that has contributed the most to the occurrences of these disasters in the South region of Brazil. This article describes an event of a heavy rainfall that took place in the state of Rio Grande do Sul, in the border of Agudo and Restinga Seca (two towns at this same state), after the sudden increase of the water level, in that a stretch of one hundred meters of the bridge over the Jacuí river, in RS-287, fell in the morning of January 5<sup>th</sup>, 2010. The event was analyzed and characterized with the use of pluvial data supplied by the automatic station from the National Institute of weather forecasting (INMET), situated in the towns of Rio Pardo, Cruz Alta, Santa Maria, and Passo Fundo, as well as the fluvial levels of the Dona Francisca station obtained from the National Agency of Waters (ANA), besides the radar images to the analyzes of the special distribution of the rains, that come from the National Institute of Space research (INPE). To finish the data collect to the characterization of this event, through the model of time numeric prediction, the model BRAMS, developed to simulate atmospheric circulations of meso-scale phenomenon, it was possible to obtain diagnostic information related to the event of intense rain, making use of the data to re-analyze.

**Palavras-chave:** heavy rainfall, pluvial measurement, radar, Brams, chuva intensa, pluviometria, radar, Brams.

### **1. Introdução**

A ocorrência de chuvas intensas sobre uma determinada região tem como consequência mais drástica as inundações que ainda podem ser agravadas por outros fenômenos. As análises do comportamento da precipitação pode auxiliar no diagnóstico de eventos extremos, como inundações e estiagens, e também servir de subsídio na prevenção dos impactos causados por tais desastres. Nesse sentido, a presente pesquisa tem por objetivo analisar dados provenientes de estações meteorológicas, de imagens de radar e do satélite GOES, bem como gerar dados de precipitação estimados a partir do modelo *Brazilian Regional Atmospheric Modelling System* (BRAMS), além de descrever o evento de chuva intensa ocorrido no Estado do Rio Grande do Sul, na divisa entre os municípios gaúchos de Agudo e Restinga Seca, depois da subida repentina do nível das águas, em que um trecho de cem metros da ponte sobre o rio Jacuí, na RS-287, desabou na manhã do dia 05 de janeiro de 2010. A figura 1 indica a área de estudo, visualizando a ponte sobre o Rio Jacuí na RS-287 antes de sua queda (a) e após o evento de chuva que contribuiu com a queda (b), provocando imensos prejuízos ao sistema de transporte do estado, além da morte de diversas pessoas.



Figura1(a): Ponte RSC-287 antes da queda. Figura 1(b): Ponte RSC-287 após a queda e enchente.

Segundo Queiroz (2008), a importância da previsão meteorológica para períodos muito curtos de tempo tem aumentado nos últimos anos, devido ao aumento considerável de desastres naturais como furacões, enchentes, deslizamentos de terra, tempestades de granizo, etc. Consequentemente, a crescente influência dos sistemas de radar meteorológico tem revelado ser de grande utilidade operacional na detecção e acompanhamento de fenômenos meteorológicos adversos.

O Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), o Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA), e o Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMET) estão realizando uma integração da rede de radares meteorológicos desde 2004, com apoio da Universidade de São Paulo (USP). O resultado dessa integração foi o estabelecimento de uma rede de radares que opera de forma sincronizada 24 horas por dia, produzindo dados que são enviados a todos esses centros. Esses dados são processados e disponibilizados em forma de mosaicos que englobam toda a área de cobertura de cada radar (Angelis et al., 2006).

A enchente pode ser considerada como uma das consequências mais dramáticas de um evento de chuva intensa. As chances de um determinado evento de chuva intensa causar uma enchente estão relacionadas com diversos fatores como a precipitação anterior, o tamanho da bacia hidrográfica da região, a topografia regional, a quantidade de uso e ocupação do solo, urbanização entre outros. Entretanto, as chuvas intensas podem trazer inúmeros transtornos à sociedade mesmo sem a ocorrência de enchentes. Sabendo que diversos outros fenômenos ocorrem em conjunto com a chuva, tais como fortes ventos, ocorrência de granizo entre outros, os prejuízos causados por um evento de chuva intensa podem ser enormes. Milhares de pessoas perdem plantações inteiras, suas casas e bens devido a esses fenômenos que geralmente acompanham estes eventos.

## 2. Metodologia de Trabalho

Para a realização da análise e caracterização deste evento, foram utilizados dados fluviométricos e de vazão da estação Dona Francisca, administrada pela Agência Nacional de Águas (ANA). Além de dados de precipitação coletados das estações automáticas, situadas

nos municípios de Rio Pardo, Cruz Alta, Santa Maria e Passo Fundo disponíveis para o período de estudo, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Imagens de radar fornecidas pela Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais (DSA) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) que possibilitaram a análise da distribuição espacial das chuvas, além de imagens do satélite GOES também obtidas junto a DSA/INPE, as quais permitiram a observação do fenômeno que desencadeou a chuva. Finalizando o levantamento de dados para a caracterização deste evento, através do modelo de previsão numérica de tempo, o modelo BRAMS, desenvolvido para simular circulações atmosféricas de fenômenos de mesoescala, foi possível a obtenção de informações diagnósticas relacionadas ao evento de chuva intensa, utilizando-se dados de reanálise.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1. Avaliação das imagens de satélite

As imagens utilizadas no presente estudo foram obtidas junto ao banco de imagens da DSA do INPE. A análise baseou-se em imagens sequenciais dos dias 3, 4 e 5 de janeiro de 2010, utilizando o canal infravermelho realçado do satélite GOES que atua no comprimento de onda de 11  $\mu\text{m}$ . Este canal permite a visualização da temperatura de emissão, uma vez que as nuvens absorvem parte da radiação térmica emitida pela superfície e pela atmosfera e reemitem de acordo com sua temperatura. A visualização destas imagens permitiu averiguar a formação e o desenvolvimento das nuvens que ocasionaram a precipitação no referido período. Na figura 2 são demonstradas imagens do dia 04 de janeiro, cujas precipitações foram mais significativas.

Analisando as imagens realçadas do satélite GOES, pode-se observar o desenvolvimento de sistemas convectivos de mesoescala (SCMs), que foram gerados pela combinação entre a presença de uma corrente de jato de baixos níveis, que aumentaram a advecção de umidade vinda da Amazônia regiões, a propagação sobre o Rio Grande do Sul de uma extensa área de baixa pressão vinda da Argentina, que favoreceu o aumento da convecção sobre o Estado, além das altas temperaturas e o grande suporte de umidade que já atuava sobre o Rio Grande do Sul.

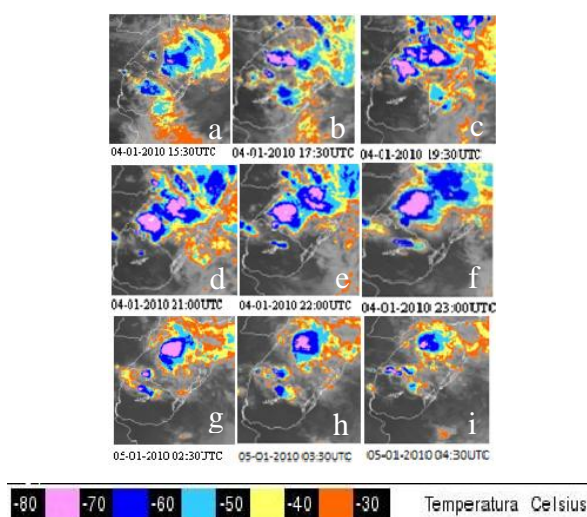


Figura 2: Imagens de satélite do dia 04 de janeiro de 2010 às 15:30 UTC (a), 17:30 UTC (b), 19:30 UTC (c), 21:00 UTC (e), 22:00 UTC (f), 00:00 UTC (g), 02:30 UTC (h), 03:30 UTC (i), 04:30 UTC (j)

#### 3.2. Avaliação das imagens de radar

As imagens de radar foram obtidas em consulta ao CPTEC e são referentes aos dias 3 e 4 de janeiro de 2010. O uso de imagens de radar para fins de pesquisa é recente, porém cada vez mais utilizado, uma vez que esse sistema para controle do tráfego aéreo brasileiro permite visualizar a distribuição espacial da intensidade da precipitação. Entretanto, a estimativa da chuva não é tão precisa quanto às medições por redes pluviométricas.

Para o desenvolvimento da presente pesquisa foram utilizados dois radares, um localizado no município de Canguçu, cerca de 282 km de distância do município de Agudo e o outro localizado no município de Santiago, 222 km distante da área de estudo. Ressalta-se que o município de Agudo está localizado na região entre os municípios de Santa Maria e Santa Cruz do Sul, conforme figura 3.

A figura 3(a) apresenta a imagem de radar do dia 04 de janeiro de 2010, às 15:15 horário de Greenwich que corresponde às 13:15 do horário oficial brasileiro de verão, o sistema já estava bem desenvolvido, mas não apresentava núcleos intensos de precipitação.

A figura 3(b) apresenta a imagem de radar do dia 04 de janeiro de 2010, às 15:45 horário de Greenwich que corresponde às 13:45 do horário oficial brasileiro de verão, onde é possível observar o aumento da intensidade da chuva na região centro/oeste.

A figura 3(c) apresenta a imagem de radar do dia 04 de janeiro de 2010, às 16:15 horário de Greenwich que corresponde às 14:15 do horário oficial brasileiro de verão. Verifica-se aumento gradativo da intensidade de precipitação na área de estudo.

A figura 3(d) apresenta a imagem de radar do dia 04 de janeiro de 2010, às 18:00 horário de Greenwich que corresponde às 16:00 do horário oficial brasileiro de verão, onde observa-se considerável aumento da intensidade das chuvas na área de estudo com precipitações estimadas em torno de 50 mm/h.

Observa-se que na porção central do estado a maior intensidade da precipitação está concentrada na área correspondente à bacia do Baixo-Jacuí, onde está localizado o município de Agudo. Constata-se, com base no conjunto de imagens de radar que as precipitações ocorridas durante esse evento foram extremamente concentradas sobre a região referente tanto à bacia do Alto-Jacuí, quanto à bacia do Baixo-Jacuí, contribuindo de forma significativa com o aumento do nível do referido rio.

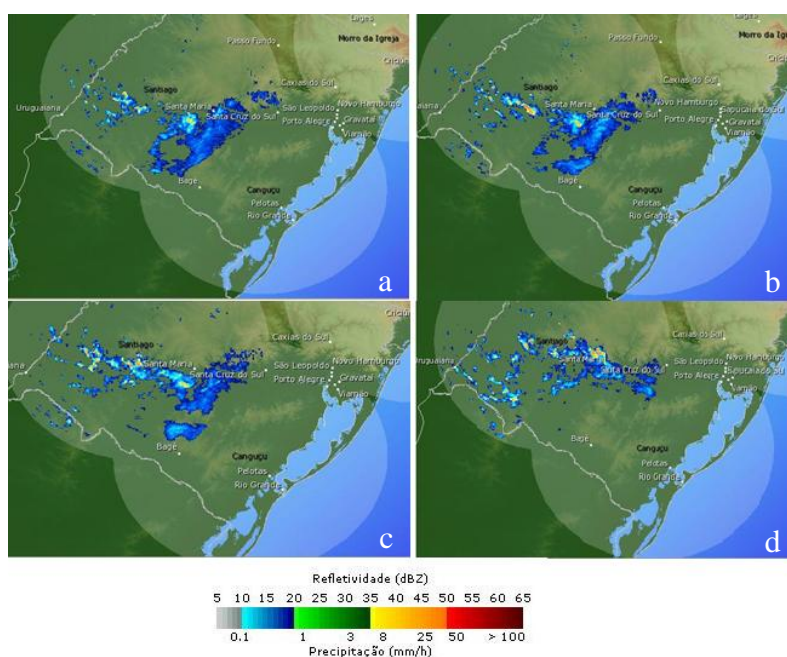


Figura 3: Imagens dos radares de Canguçu e Santiago correspondente ao dia 04 de janeiro de 2010 às 15:15 UTC (a), às 15:45 UTC (b), às 16:15 UTC (c) e às 18:00 UTC (d).

### 3.3. Avaliação dos dados pluviométricos

O INMET é o órgão oficial de coleta de dados meteorológicos além de apresentar-se como uma das principais entidades responsáveis pela previsão de tempo e clima no Brasil. Possui uma rede de observações em todo o território brasileiro incluindo medições de precipitação em estações meteorológicas convencionais e automáticas. Nas estações convencionais os dados são coletados por observadores em três diferentes horários ao longo do dia, às 12 UTC, às 18 UTC e às 24 UTC conforme normatização da Organização Mundial de Meteorologia (OMM), enquanto as estações automáticas disponibilizam dados diários de hora em hora.

Em torno da região de Agudo existem algumas estações convencionais localizadas nos municípios de Passo Fundo, Cruz Alta e Santa Maria, sendo que os referidos municípios também possuem estações automáticas, assim como o município de Rio Pardo. Tendo em vista a característica intensa e o curto tempo de ocorrência da chuva precipitada na área de estudo, optou-se por utilizar os dados das estações automáticas, uma vez que estes possuem intervalos menores de observações da precipitação. A figura 5 demonstra o total diário de precipitação na primeira quinzena do mês de janeiro registrado pelas estações automáticas que circundam a área de estudo.

Com base na figura 4 é possível observar que durante a primeira quinzena de janeiro de 2010 a precipitação mais significativa ocorreu no dia 4, com maior destaque para os municípios de Santa Maria, que registrou um total de 99 mm, e Cruz Alta com 51,4 mm. O município de Passo Fundo registrou um total de 30,6 mm enquanto Rio Pardo observou um total de 22,6 mm para o referido dia. Portanto, os valores máximos de precipitação ocorreram de forma muito pontual, principalmente em áreas próximas ao rio Jacuí.

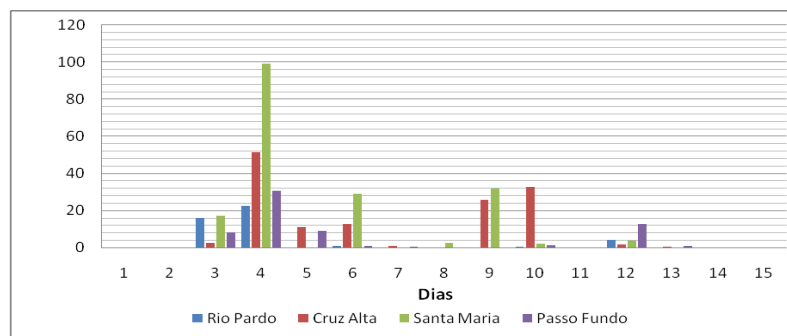


Figura 4: Total diário de precipitação registrado na primeira quinzena do mês de janeiro de 2010.

### 3.4. Avaliação dos dados fluviométricos e de vazão

No dia anterior à queda da estrutura, 04 de janeiro, a estação fluviométrica existente no município de Dona Francisca, situada a 18,87 km a montante do local do acidente, acusou as seguintes leituras: 3,97 m (07:00) e 10,10 m (17:00), sendo que o valor máximo observado atingiu a marca de 10,74 m (23:00). No dia da tragédia, 05 de janeiro, os valores observados nessa localidade foram de 9,70 m (07:00) e 9,30 m (17:00). A figura 5(a) demonstra a notável variação que ocorreu em 24 horas no nível d'água observado na estação fluviométrica Dona Francisca, de 3,97 metros (07:00) para 9,7 metros (07:00), ocasionando uma sobrelevação da onda de cheia com o conseqüente agravamento da situação junto à ponte da RS-287. Com relação à vazão, de acordo com dados da mesma estação, observa-se considerável aumento do registro nos dias 4 e 5, totalizando uma vazão de 2220,95 m<sup>3</sup>/s e 4025 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Nos dias posteriores ao evento constatou-se diminuição desses valores, conforme observado na figura 5 (b).

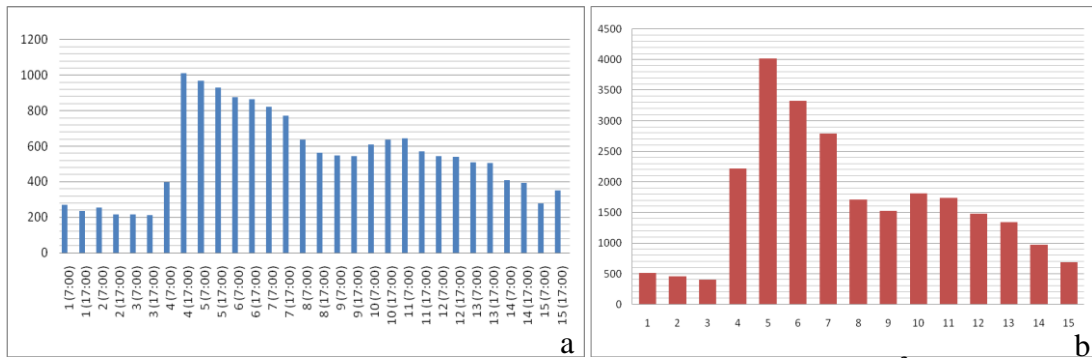


Figura 5: Estação Dona Francisca - nível fluviométrico (cm) (a) e vazão m<sup>3</sup>/s (b)

### 3.5. Avaliação dos dados de modelagem

Para estimar a precipitação da área de estudo através do modelo (BRAMS), utilizou-se dados de reanálise obtidos junto ao National Centers for Environment Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR), baseando-se, assim, em um sistema de análise que utiliza uma grade de dados de 1948 até o presente. Foram utilizados dados de reanálise referentes ao período de 02 a 06 de janeiro de 2010, totalizando 96 horas de modelagem, fixada em grades de 20km, 5km e 1,5km. Sendo a última grade representativa da precipitação estimada para a região de Agudo e Restinga Seca. Na figura 6 observa-se a precipitação estimada na grade de 5 km (a) e na grade de 1,5 km (b), referentes ao dia 4 de janeiro às 22:00 UTC, cujos valores de precipitação foram os mais significativos do período estudado. Nota-se que a chuva estimada para área de estudo abrange valores em torno de 100 mm a 120 mm, conforme figura 6(b), ou seja, o modelo subestimou o total de chuva ocorrido na região.

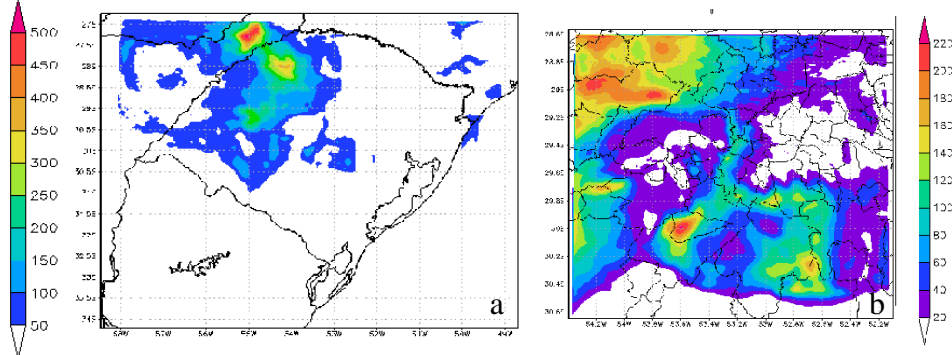


Figura 6: Precipitação estimada pelo modelo BRAMS a partir de dados de reanálise para o dia 04 de janeiro às 22:00UTC

Diante da precipitação subestimada pelo modelo, foram analisados os índices CAPE e CINE, categorizados como índices de estabilidade, os quais permitem análise da magnitude do evento de precipitação. De acordo com as figuras 7(a) e 7(b), observa-se o registro de valores no intervalo predominante entre 500 e 550, evidenciando a ocorrência de tempestades severas. Para o índice CAPE predominaram índices entre 1200 e 1400, indicando episódios de temporais, conforme figuras 7(c) e 7(d).

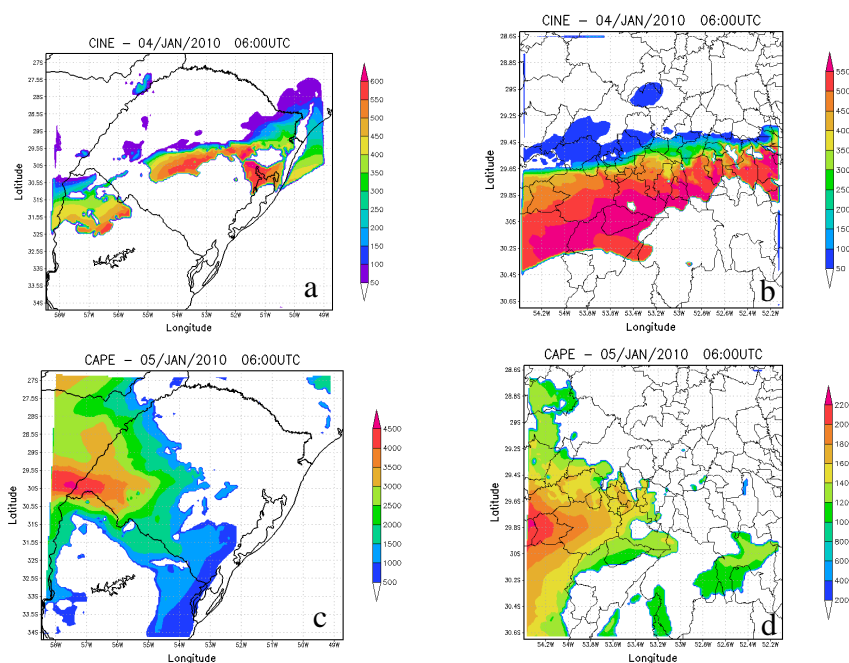


Figura 7: índices CAPE e CINE gerados pelo modelo BRAMS para os dias 05 de janeiro e 04 de janeiro às 06:00UTC.

#### 4. Conclusões

Diante das imagens de satélite foi possível verificar que as chuvas da ocasião foram originadas por sistemas convectivos de mesoescala. Os dados pluviométricos contribuíram para uma análise pontual, logo a chuva incidente sobre o município de Cruz Alta, pertencente à bacia hidrográfica do Alto-Jacuí, contribuiu de forma significativa com a elevação do nível d'água no trecho do rio pertencente à bacia do Baixo-Jacuí. As imagens de radar permitiram visualizar a distribuição espacial da intensidade da precipitação, constatando sua concentração maior sobre as regiões da bacia do Alto e Baixo Jacuí. A modelagem dos dados de reanálise forneceu a estimativa dos valores de chuva para área de estudo com predomínio dos maiores valores no dia 4 às 22:00UTC, em torno de 110mm, chegando a atingir em alguns pontos valores em torno de 140 mm, o que contribuiu de forma significativa para a elevação do nível do rio até 10,74 m no mesmo dia e aumento da vazão de 410,3 m<sup>3</sup>/s, no dia 3, para 2220,95 m<sup>3</sup>/s no dia 4. Apesar da chuva mais intensa ter ocorrido no dia 4, a continuidade do fenômeno ao longo do dia 5 contribuiu para que a vazão do rio Jacuí registrada na estação Dona Francisca atingisse seu valor máximo, 4025 m<sup>3</sup>/s, provocando a queda de parte da estrutura que interligava os municípios de Agudo e Restinga Seca. Os índices fornecidos pelo modelo BRAMS corroboram com magnitude do evento de chuva intensa. Diante deste desastre foi amplamente veiculado pela imprensa, logo após a queda da ponte, referência à abertura de comportas da barragem da Usina Hidrelétrica Dona Francisca (UHE), localizada 35 km a montante do município de mesmo nome. Fato este que posteriormente foi corrigido em nota oficial emitida pela Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE), responsável pela UHE, em razão de que essa barragem é de soleira livre que extravasa somente quando sua capacidade volumétrica é excedida. A conjugação dos fatores foi determinante para a queda da ponte, ocasionando a morte de diversas pessoas. Ressalta-se ainda, que a experiência técnica e o conhecimento do regime hidrológico dos rios, são elementos cruciais para uma ação governamental preventiva de enchentes.

## Agradecimentos

Agradecemos à CAPES/PROPG pela bolsa de estudo de mestrado da autora e da co-autora.

## Referências Bibliográficas

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>> acesso em outubro, 2010.

Angelis, C. F.; Machado, L. A. T.; Morales, C. A.; Silva, S. A. A.; Henriques, C. R.; Nogueira, J. Rede de radares meteorológicos: ação conjunta DECEA - INPE/CPTEC. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia (CBMET), 14. 2006. Florianópolis, SC. **Anais...** 2006. São Jose dos Campos: INPE, 2006. CD-ROM. (INPE-14534-PRE/9565). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/mtcm17@80/2006/12.21.21.02>>. Acesso em: 29 jan. 2009.

Berlato, M. The Climate forecasting applications in the decision-making process for the Southern Region of Brazil. In: Workshop report on El Niño and seasonal to interannual climate variability, socio-economic impacts, forecasting and applications to the decision-making process. **Anais...** Florianópolis: EPAGRI, 1992. v. 1, p. 14-16.

Carvalho, M.H; Santos, A.F. Estudo de um caso de chuvas intensas em Pelotas-RS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto(SBSR), 04., 2003, Belo Horizonte: INPE, 2003. **Anais...** Belo Horizonte: INPE 2003. Artigos, p.439-446.

Cavalcanti et al. Complexos convectivos de mesoescala na América do Sul. In: Assunção, M; Dias, F.S; Rozante, J.R; Machado, L.A.T. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de texto, 2009. Cap.12, p.181-194.

Marengo, José A; Soares, Wagner R. Episódios de jatos de baixos níveis ao leste dos Andes durante 13-19 de abril de 1999. In. XII Congresso brasileiro de meteorologia **Anais...** Cachoeira Paulista: CPTEC, 2002. Artigos, p. 892-903.

Queiroz, A.P. Monitoramento e previsão imediata de tempestades severas usando dados de radar. 2008. (INPE-14181-TDI/1093). Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2008.

Nascimento, E.L. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: uma estratégia operacional adotável no Brasil? **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 1, p. 121-140, 2005.