

## PREVISÃO METEOROLÓGICA PARA SEGURANÇA DE OBRAS HIDRÁULICAS EM CALHAS DE RIOS

**Marilene de Lima**

Email: [marilene@climerh.rct-sc.br](mailto:marilene@climerh.rct-sc.br)

**Mário Ivo Berni Ramos**

Email: [marivo@climerh.rct-sc.br](mailto:marivo@climerh.rct-sc.br)

**Vanderléia Schmitz**

Email: [vanderleia@climerh.rct-sc.br](mailto:vanderleia@climerh.rct-sc.br)

Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina (CLIMERH)

**Mário F. Leal de Quadro**

Email: [mario@cptec.inpe.br](mailto:mario@cptec.inpe.br)

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

### ABSTRACT

In this work the effect of occurred rains between days 3 and 5 of May of 2001 are analyzed, during the stage of shunting line of the river Pelotas, for the construction of the Machadinho hydroelectric power station in West region of Santa Catarina State. In this date the pass of a cold front associate to a cyclonic vortex in 500hPa, followed by cyclogenesis, had provoked intensens rains in the basin of the Uruguay river (rivers Canoas, Pelotas and Inhandava). The hydrological models of forecast had well simulated the precipitation and the flow in the rivers, but defects of communication and the provisory structures of the shunting line had led to the loss of machines of high value.

### INTRODUÇÃO

O homem sempre procurou se estabelecer, quer como indivíduos isolados ou núcleos urbanos junto a cursos d'água. Porém pelas facilidades que isto proporciona tem-se a penalidade de conviver com eventuais cheias que, por vezes, podem adquirir proporções catastróficas. Aliado ao crescimento do conhecimento da humanidade veio a capacidade de efetuar obras nas calhas dos cursos d'água proporcionando segurança, conforto, transporte e, posteriormente, na nossa era, grandes fontes energéticas, tais como a construção de grandes barragens para a produção de energia elétrica. O Brasil com o seu relevo acidentado e boa pluviosidade proporciona condições ideais para este tipo de aproveitamento energético. Tanto que hoje é um dos poucos países do mundo cuja matriz energética é dominada por este tipo de produção de energia. Fica patente a importância de previsões de tempo e clima durante a construção de tais empreendimentos. Sobretudo porque a construção destas usinas é tarefa que demanda vários anos. Algumas fases da obra merecem atenção especial, por apresentar condições críticas para equipamentos e vidas humanas.

O Centro Integrado de Meteorologia e Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina (CLIMERH), vinculado à Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de SC (EPAGRI) tem participado de algumas etapas de construção de Usinas Hidroelétricas (UH) catarinenses, como a de Itá em 1997 e mais tarde, a partir de 1999, na construção da UH de Machadinho.

Neste trabalho é apresentado o caso de cheias ocorrido entre os dias 3 e 5 de maio de 2001 no rio Uruguai, no local da construção da Hidroelétrica de Machadinho. Nesse período ocorreu o deslocamento de uma frente fria pelo Estado de SC, associado à presença de um vórtice ciclônico na média troposfera, seguidos de uma ciclogênese na região oeste de SC, acompanhado pelo deslocamento de um sistema de alta pressão muito intenso. Nesses dias ocorreram precipitações intensas desde o oeste até o sul do Estado. No decorrer do dia 4, foi atingido o nível crítico do reservatório da UH, previsto pelos modelos hidrológicos e hidrodinâmicos de simulação de nível de rio, inicializados com informações de precipitação ocorridas e geradas a partir da saída de modelos numéricos de previsão de tempo do dia anterior.

A descrição do evento revela falhas nos procedimentos e sugere possíveis soluções que, se observadas, evitariam perdas materiais que neste caso foram de milhões de dólares.

### MATERIAL E MÉTODOS

Durante a construção de usinas hidroelétricas uma das etapas mais críticas é o desvio do rio. Nesta fase os trabalhos são realizados abaixo da cota em que o rio flui normalmente. Isto é feito com o auxílio de barragens de proteção

denominadas ensecadeiras. Estas são projetadas para uma cheia com um período de recorrência relativamente pequeno. Neste caso foi adotado o período de 10 anos com uma vazão máxima de 14110 m<sup>3</sup>/s com a cota da crista no nível 410,50m. Acima desta vazão estudos em modelo reduzido apontariam um galgamento das ensecadeiras principais da obra com a inundação de todo o canteiro.

O CLIMERH realiza previsões de vazões afluentes com níveis de lâmina d'água para o local da obra com a antecedência necessária para evacuar homens e máquinas. A tabela 1 mostra os níveis de alerta estabelecidos para proteger as estruturas mais expostas, as do túneis superiores da UH de Machadinho.

TABELA 1 - Níveis de alerta para a UH de Machadinho na etapa de desvio do rio.

Nível de Alerta	Vazão do rio (m <sup>3</sup> /s)	Nível do rio(m)
Normal	até 1500	até 381,35
Atenção	entre 1500 e 2500	386
Alerta	entre 2500 e 3000	388
Emergência	maior que 3000	maior que 388

As simulações de vazões afluentes e níveis foram realizadas a partir dos modelos de chuva x vazão SMAP (Lopes,1982) e o SHU, desenvolvido pelo engenheiro Liu Ming, que consiste em uma adaptação do modelo SSARR (1972) para base horária. Os modelos clássicos utilizam dados médios diários. O modelo foi adaptado para o rio Uruguai, devido a sua alta declividade e tempo de resposta da bacia hidrográfica, em torno de seis horas.

Dados pontuais de precipitação observada e prevista com 5 dias de antecedência são utilizadas para inicializar as simulações do modelo SHU e SMAP. Para a região do estudo, são utilizadas as saídas de precipitação geradas pelo modelos de circulação geral atmosférico (MCGA) do CPTEC (Bonatti, 1996) e pelos modelos de área limitada ETA e MBAR. O modelo transforma os totais de precipitação em vazões afluentes à calha do rio que por fim transporta a onda de cheia gerada até o ponto do canal fluvial de interesse, neste caso, a UH de Machadinho.

## DESCRIÇÃO DO EVENTO

Na data em que ocorreu a cheia ainda haviam trabalhos nos túneis de desvio superiores que estavam protegidos por ensecadeiras nos emboques e desemboques dos mesmos. Ensecadeiras estas mais baixas que a principal com cota da crista no nível 388m para uma vazão máxima de 3100m<sup>3</sup>/s, portanto para cheias com período de recorrência ainda menor que o da ensecadeira principal.

A partir da tarde do dia 3 de maio de 2001, em função do deslocamento de uma frente fria pelo Estado de SC, associado à presença de um vórtice ciclônico na média troposfera, foram registradas chuvas intensas, atingindo 70 mm, na bacia do rio Uruguai. Como resultado, verificou-se uma elevação do nível médio diário do rio na seção 12 da usina (Figura 1), atingindo o nível crítico de uma das ensecadeiras no dia seguinte. Entre as 17 horas do dia 3 e as 7 horas do dia 4 foi registrada uma elevação de 10m no nível do rio. No dia 4, com a penetração de um sistema de alta pressão, as chuvas cessaram no período da tarde, porém o nível continuou aumentando, voltando a diminuir somente a partir do dia 5.

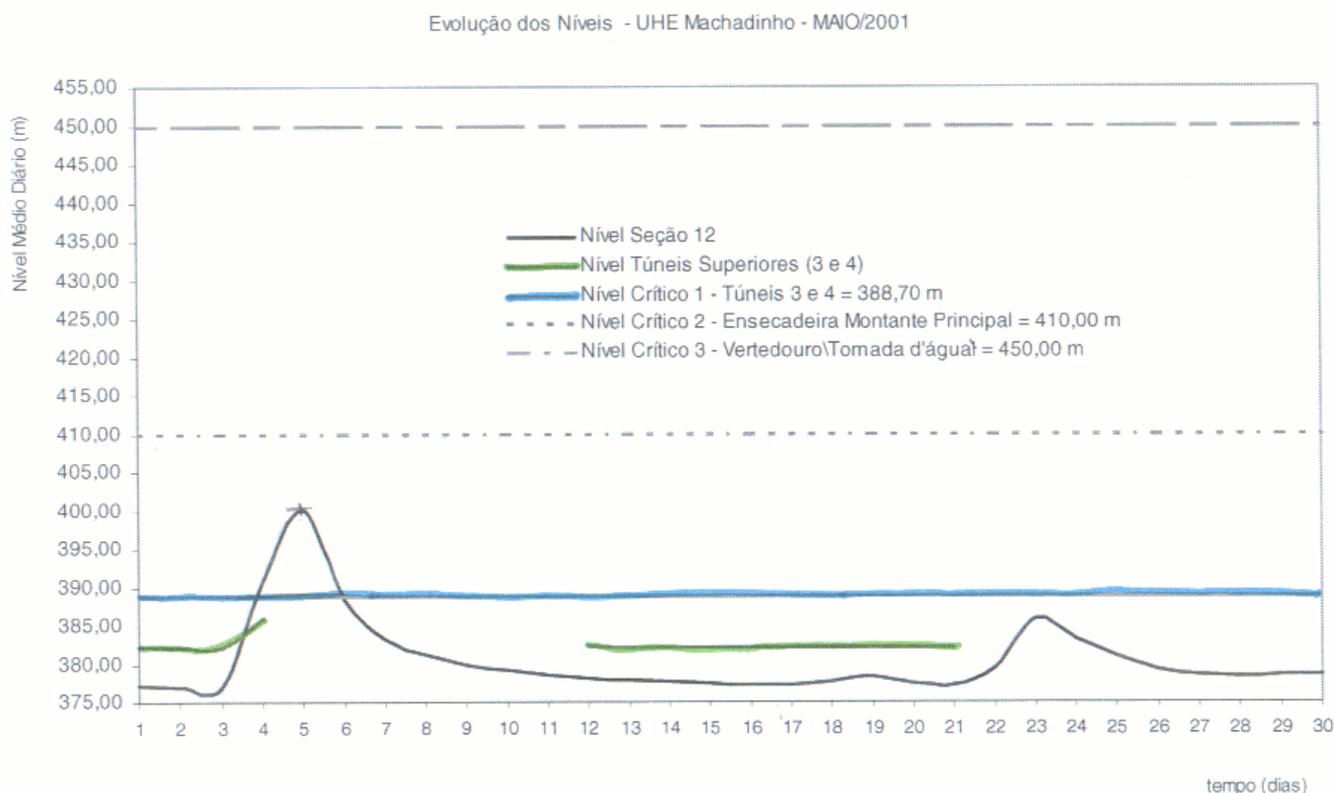


Figura 1 – Evolução dos níveis do rio Uruguai (m) na UH de Machadinho em maio de 2001.

## RESULTADOS DOS MODELOS

A previsão tempo realizada diariamente, de forma operacional, indicava o avanço do sistema frontal e a formação de um ciclone extratropical sobre a Região Sul. Ciclones extratropicais são comuns nesta época do ano no Sul do Brasil (Lourenço, 1996). A formação e o deslocamento dos ciclones extratropicais, como aconteceu no caso dos dias 3 a 5, são geralmente acompanhadas de chuvas fortes, neve na Serra gaúcha e no Planalto catarinense e forte agitação marítima e ressacas no litoral sul.

Os modelos de previsão numérica de tempo (PNT) das 00Z do dia 3 de maio indicavam volumes de chuva entre 30mm e 60mm, sobre a região do Meio-Oeste e Sul catarinense. Estes valores foram utilizados na simulação hidrometeorológica para a UH de Machadinho. Foram elaboradas duas simulações do modelo hidrometeorológico, em conjunto com o monitoramento dos rios Canoas, Pelotas e Inhandava, que compõem a bacia da UH de Machadinho. A primeira com 30mm e uma segunda com 50mm, já que esta última indicava a possibilidade de atingir o nível crítico da ensecadeira dos túneis superiores (388.7m) no dia 4.

Durante a tarde do dia 3 de maio não foi possível realizar o monitoramento das condições de tempo e muito menos o nível dos rios e chuva, pois um acidente no perímetro urbano nas proximidades das instalações da EPAGRI/CLIMERH, no bairro Itacorubí, em Florianópolis, capital do Estado, provocou a ruptura das linhas telefônicas, impossibilitando o acesso às informações das condições de tempo via internet ou telefone.

Na manhã do dia 4, com a recepção dos dados observados de precipitação de 50mm, confirmou-se a previsão elaborada no dia anterior. Nesse momento (08:30h) uma nova simulação com os valores observados mostrou que a cota da ensecadeira dos túneis superiores seria superada ainda pela manhã, o que efetivamente ocorreu às 10:40h. Utilizando as previsões das 12Z dos modelos de PNT, que indicavam previsão máxima de precipitação em torno de 20mm para o dia seguinte, foi feita uma nova simulação do modelo hidrológico que indicava uma elevação menos significativa do nível

do rio. O índice previsto chegaria a 408.29m na tarde do dia 5, apenas dois metros abaixo da cota máxima da enseadeira principal.

## CONCLUSÕES e COMENTÁRIOS

As previsões hidrometeorológicas para obras hidráulicas em calhas de rios, são de fundamental importância na programação de trabalhos que envolvem etapas de execução, condicionadas pelas variações de tempo meteorológico, exigindo dedicação de profissionais extremamente responsáveis e com conhecimento prático de monitoramento e previsão. O sucesso no trabalho de monitoramento e previsão para a UH de Machadinho é o resultado das atividades sincronizadas entre observadores que registram e enviam diariamente a leitura do nível dos rios, nos mais variados pontos da bacia, a equipe responsável pela instalação e manutenção das réguas de leitura, os engenheiros e técnicos da UH de Machadinho e da GERASUL, e da equipe de profissionais da área de meteorologia e hidrologia da EPAGRI/CLIMERH

O caso de 3 de maio de 2001, representa um exemplo de imprevistos que ocorrem, como foi a interrupção das linhas telefônicas ou a demora no relato das condições de tempo na região da bacia durante a tarde e noite. Mas, principalmente exemplifica as mudanças de tempo a curto prazo que provocaram perdas materiais (uma perfuratriz de rocha, de difícil remoção, no valor de um milhão de dólares, que ficou em um dos túneis superiores inundados), e contribuíram no atraso da execução da etapa de desvio do rio. Não houve perda de vidas porque os túneis foram evacuados com antecedência. Na descrição do evento é verificado o excelente desempenho dos modelos matemáticos de previsão de chuva e de vazão, mas por outro lado, ficam evidentes falhas devido à falta de equipamentos e, especialmente, à falta de treinamento da equipe para enfrentar eventos críticos desta natureza. O pessoal da usina e os demais membros da equipe envolvida, pareciam desconhecer que a ocorrência de chuvas volumosas, com tempo de recorrência relativamente baixo, resultariam em onda de cheia que poderia facilmente comprometer as estruturas provisórias do desvio do rio, as máquinas, os equipamentos e os homens envolvidos no trabalho.

As atividades humanas exigem aperfeiçoamentos técnicos, mesmo que a partir de erros ou falhas, para enfrentar os desafios das novas descobertas. O caso de 3 de maio, trouxe uma nova consciência das possibilidades e limitações, levando a algumas recomendações para trabalhos de igual natureza, e com semelhantes níveis de responsabilidades. É de fundamental importância a *duplicidade de equipamentos* essenciais, desde computadores, equipamentos de telecomunicações e outros. Além de *treinamento e capacitação humana* no CLIMERH e no local de controle. *Simulações de um evento crítico*, com todas as particularidades, são necessárias para revelar as falhas indesejáveis em um evento real, principalmente quando envolvem elevado risco de perdas irreversíveis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonatti, J.P. **Modelo de Circulação Geral Atmosférico do CPTEC**. Revista Climanálise. Edição Comemorativa de 10 anos. P. 198-2002, 1996.
- Lopes, J.E.; Braga, B.F.F.; Conejo, J.L. **A Simplified Hydrologic Model in Applied Modeling in Catchment Hydrology**. Water Resources Publications, 1982.
- Lourenço, M.C.M.; Ferreira, N.J.F.; Gan, M. **Vórtices Ciclônicos em Altos Níveis de Origem Subtropical**. Edição Comemorativa de 10 anos. P. 163-167, 1996.