

## ESTUDO TÉCNICO PARA INSTALAÇÃO E OPERAÇÃO DE UM SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO NA BACIA DO RIO URUGUAI

Márcia Conceição R. Pedrollo <sup>1\*</sup>; Patrícia Wagner Sotério <sup>2</sup>; Andrea de Oliveira Germano <sup>3</sup>

**Resumo** – O sistema de alerta é uma medida não estrutural que é considerado um importante instrumento para mitigar os efeitos decorrentes das enchentes e inundações, podendo reduzir consideravelmente os prejuízos sociais e econômicos. Neste contexto, é apresentado este estudo para a implantação e a operação de um “Sistema de Alerta Hidrológico na Bacia do Rio Uruguai”, conforme meta institucional da CPRM/ Serviço Geológico do Brasil. Segundo os critérios definidos por Otto Pfafstetter, BRASIL (2006), a Região Hidrográfica do Uruguai foi dividida em 04 sub-bacias: Sub-bacia do rio Uruguai - Trecho Alto; Sub-bacia do rio Uruguai - Trecho Médio; Sub-bacia do rio Ibicuí e Sub-bacia do rio Negro. Considerando que a ocorrência de cheias é condicionada pelos fatores intensidade de chuva e topografia, a combinação destes fatores determinará a formação da onda de cheia de forma diferenciada em cada uma das regiões da bacia. A proposta visa, com uso dos dados obtidos de rede de estações telemétricas e da rede complementar proposta, propiciar as previsões de níveis na Região do Médio Uruguai, onde as cheias são devidas a precipitações de longa duração e grande abrangência espacial, inicialmente para cinco municípios situados ao longo do eixo do rio Uruguai.

**Palavras-Chave** – Estações telemétricas, Enchentes fluviais.

### Technical Study for the Installation and Operation of a Hydrological Alert System in the Uruguay River Basin

**Abstract** – The early warning system is a non-structural measure which is considered an important instrument to mitigate the effects of floods and can considerably reduce social and economic damage. In this context, this study is presented for the implementation and operation of a "Hydrological Alert System in the Uruguay River Basin", according to the institutional goal of the CPRM / Geological Service of Brazil. According to the criteria defined by Otto Pfafstetter, BRASIL (2006), the Hydrographic Region of Uruguay was divided into 04 sub-basins: Sub-basin of the Uruguay River - High reach; Sub-basin of the Uruguay River - Medium reach; Sub-basin of the Ibicuí River and Sub-basin of the Negro River. Considering that the occurrence of floods is conditioned by the rainfall and topography factors, the combination of these will determine the formation of the flood wave in a differentiated way in each region of the basin. The purpose of the proposal is to provide predictions of levels in the Middle Uruguay Region, where floods are due to long-term precipitation and large space coverage, initially for five municipalities, using data from the telemetry station network and the proposed complementary network, along the Uruguay River.

**Keywords** – Telemetric stations, Floods.

---

<sup>1</sup>Márcia Conceição Rodrigues Pedrollo: marcia.pedrollo@cprm.gov.br

<sup>2</sup>Patrícia Wagner Sotério: patricia.soterio@cprm.gov.br

<sup>3</sup>Andrea de Oliveira Germano: andrea.germano@cprm.gov.br

## **INTRODUÇÃO**

Uma das formas recomendadas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para gerenciar ou reduzir o impacto causado pelas inundações é a implantação de sistemas de alerta e previsão de cheias. Esta é uma medida não estrutural que pode ser utilizada isoladamente ou em conjunto com outras medidas, tais como, o planejamento do uso do solo e o uso de seguro para desestimular a ocupação de áreas sujeitas a inundação.

Assim, os sistemas de previsão e alerta de cheias propiciam um recurso bem estabelecido para colaborar na redução do risco de perda de vidas e, dotam as comunidades e os serviços de emergência de tempo para se prepararem para a inundação e proteger os bens materiais. Atualmente, os sistemas de previsão e alerta de cheias também estão sendo considerados como parte de um centro que tem por objetivo responder a emergências de origem natural, tecnológicas e outras naturezas.

No Brasil, uma entre as diversas instituições que podem cooperar com esses centros de emergência, é a CPRM - Serviço Geológico do Brasil, que tem por missão institucional gerar e difundir o conhecimento geológico e hidrológico básico para o desenvolvimento sustentável do Brasil, tendo entre as suas atribuições a de realizar pesquisas e estudos relacionados com os fenômenos naturais ligados à Terra, tais como terremotos, deslizamentos, enchentes, secas, desertificação e outros, bem como os relacionados à paleontologia e à geologia marinha.

Consciente da importância desta ação, a CPRM está buscando desenvolver projetos que ampliem a sua contribuição no âmbito dos eventos hidrológicos extremos.

No caso da implantação de sistemas de prevenção e alerta hidrológico, a CPRM/SGB, como uma instituição colaboradora dos centros de emergência, atuará somente até a fase de disseminação dos avisos, os quais serão repassados à defesa civil municipal, à defesa civil estadual, às prefeituras, aos governos estaduais, aos diferentes órgãos do governo federal e à população. Ressalva-se que a CPRM não implantará sistemas de alerta para municípios onde as inundações ocorrem devido ao processo de urbanização, principalmente aquelas causadas pela drenagem pluvial urbana inadequada. Em casos excepcionais, a CPRM poderá atuar na organização das ações preventivas.

No planejamento da CPRM foi prevista a meta de implantar e operar sistemas de alerta hidrológicos. Neste contexto foi instituído o projeto “Sistema de Alerta Hidrológico na Bacia do Rio Uruguai”.

## **JUSTIFICATIVA**

As cheias na bacia do rio Uruguai são fenômenos naturais que fazem parte da dinâmica fluvial. Segundo ANA (2001), os condicionantes das enchentes nesta bacia podem ser analisados de acordo com o tamanho das bacias. Na parte superior, onde a declividade é alta e os tempos de deslocamentos são pequenos, as enchentes podem ocorrer devido a precipitações intensas com pequena abrangência espacial, enquanto que no trecho médio do rio Uruguai as enchentes são devido à ocorrência de precipitações de longa duração sobre grande parte da bacia, como ocorreu em 1972, 1983, 1990, 1992, 1997, 2014 e 2015.

As enchentes atingem principalmente a população ribeirinha, ao longo do rio principal e em alguns afluentes, como os rios Ibirapuitã, Santa Maria e Quaraí. As cidades mais atingidas no rio principal são Marcelino Ramos, Iraí, Porto Lucena, Porto Xavier, São Borja, Itaqui e Uruguaiana.

Além de vir a reduzir consideravelmente os prejuízos sociais e econômicos, o sistema de alerta hidrológico ajudará a suprir a demanda por dados confiáveis, precisos e disponíveis no tempo adequado pelas entidades interveniente em recursos hídricos, na bacia objeto deste projeto.

## ÁREA DE ATUAÇÃO

A bacia do rio Uruguai localiza-se nos territórios do Brasil, do Uruguai e da Argentina, sendo que sua área de drenagem é de aproximadamente 385.000km<sup>2</sup>, destes, 45%, ou seja, 174.412 km<sup>2</sup> estão situados em território brasileiro. No Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH esta área corresponde a Região Hidrográfica do Uruguai, sendo 73% no Estado do Rio Grande do Sul e 27% em de Santa Catarina.

O rio Uruguai é formado da confluência dos rios Pelotas e Canoas, e a partir deste ponto percorre uma distância de 2.200km até sua foz no estuário do rio da Prata. Inicialmente o rio Uruguai corre na direção leste-oeste e divide os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, em seu trecho nacional. Após a confluência com o rio Peperi-Guaçu, muda para a direção sudoeste e passa a delimitar a fronteira entre o Brasil e a Argentina, e após a afluência do rio Quaraí, deixa o território nacional, e passa a definir a fronteira entre o Uruguai e a Argentina, até a sua foz.

No primeiro trecho, onde o rio Uruguai divide Rio Grande do Sul e Santa Catarina, os principais afluentes são os rios do Peixe, Irani, Chapecó e Antas (margem direita ou catarinense) e Apuaê (ou Ligeiro), Inhandava (ou Forquilha), Passo Fundo, da Várzea e Guarita (margem esquerda ou gaúcha). No trecho que delimita a fronteira Brasil e Argentina, os principais afluentes pela margem esquerda (território brasileiro) são os rios Turvo, Santa Rosa, Santo Cristo, Ijuí, Icamaquã, Piratini, Butuí e Ibicuí.

Segundo os critérios definidos por Otto Pfafstetter (BRASIL, 2006), a Região Hidrográfica do Uruguai (figura 1) foi dividida em 04 sub-bacias de nível 1: Sub-bacia do rio Uruguai - Trecho Alto; Sub-bacia do rio Uruguai - Trecho Médio; Sub-bacia do rio Ibicuí e Sub-bacia do rio Negro.

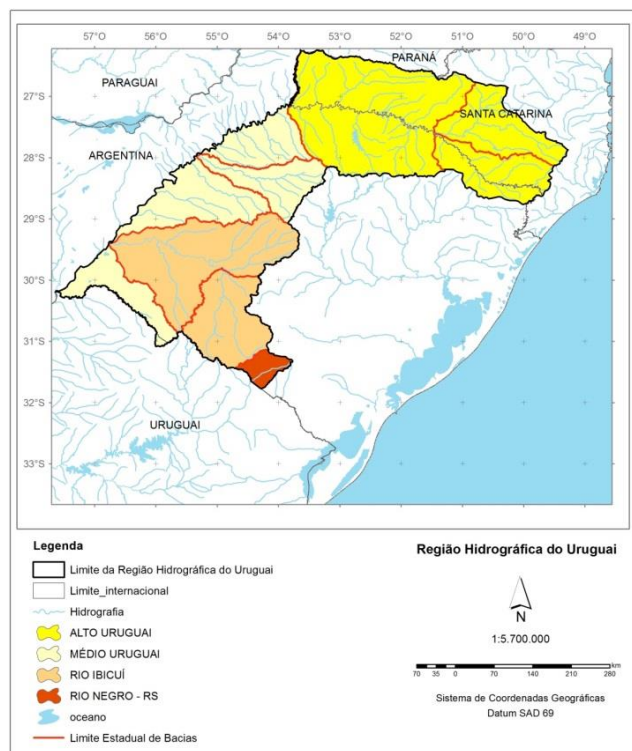


Figura 1 - Divisão da bacia do rio Uruguai em sub-bacias segundo os critérios de Otto Pfafstetter.  
Fonte: BRASIL (2006)

Segundo BRASIL (2006), a ocorrência de cheias é condicionada por dois fatores: intensidade de chuva e topografia. A combinação destes fatores determinará a formação da onda de cheia de forma diferenciada em cada uma das regiões da bacia. Na região do Alto Uruguai, onde a declividade é alta e os tempos de deslocamento são pequenos, as cheias podem decorrer de precipitações intensas e mais localizadas. No trecho do Médio Uruguai, as cheias são devidas a precipitações de longa duração e grande abrangência espacial. Nas regiões do rio Ibicuí (a qual inclui a bacia do rio Santa Maria) e do rio Negro as cheias, dependentes da intensidade da chuva, ocorrem de forma independente das precipitações nas cabeceiras da bacia.

A bacia do rio Uruguai apresenta, segundo Mendonça, F. e Danni-Oliveira, I. M. (2007), de acordo com a classificação de Köppen, dois tipos fundamentais de clima, fortemente influenciados pela morfologia, subtropical (Cfa) e temperado (Cfb). Em ambos a temperatura média do mês mais frio oscila entre  $-3^{\circ}$  a  $18^{\circ}\text{C}$  e chove pelo menos 30mm em todos os meses do ano. Nas áreas de relevo mais baixo, próximas ao rio Uruguai, onde a temperatura média do mês mais quente é superior a  $22^{\circ}\text{C}$  ("verão quente"), o clima é classificado como Cfa e nas áreas mais altas da bacia, onde a temperatura média do mês mais quente é inferior a  $22^{\circ}\text{C}$  ("verão tépido"), o clima é Cfb.

As chuvas têm uma distribuição uniforme durante o ano, sem uma seca definida. Segundo dados obtidos de Pinto *et al.* (2011), os totais pluviométricos médios mensais, referentes aos dados de 94 estações desta bacia, no período de 1977 a 2006, variam entre 113 e 200mm. Os totais anuais médios variam de cerca de 2100mm nas cabeceiras, no Planalto Rio-grandense, para 1400mm na fronteira com o Uruguai.

Entretanto, observa-se um total pluviométrico maior no mês de outubro, sendo março e agosto os meses menos chuvosos. O trimestre mais chuvoso difere conforme a região da bacia, sendo dezembro, janeiro e fevereiro nas cabeceiras, onde as altitudes são maiores e setembro, outubro e novembro na maior parte da bacia.

As principais atividades econômicas desenvolvidas na bacia podem ser agrupadas em três grandes áreas com relativa homogeneidade, influenciadas por tendências culturais de seus colonizadores e por condicionantes fisiográficas: Regiões Serrana, Noroeste e Campanha. Na região Serrana, sub-bacias dos rios Pelotas e Canoas, além dos cultivos de soja e milho, destaca-se o cultivo de maçã e expressiva atividade agroindustrial, ligada principalmente à exploração de madeira. Na região Noroeste prevalecem pequenas propriedades, com exploração agropecuária intensa e diversificada, onde se destacam os cultivos de soja e milho, e a pecuária, a avicultura e a suinocultura. Na região da Campanha, cujo modelo de ocupação foi o de grandes propriedades, prevalece o cultivo de arroz irrigado e a pecuária extensiva.

Segundo o Censo de 2000 do IBGE, *apud* BRASIL (2006), a população da Região Hidrográfica do Uruguai era de 3.834.654 habitantes. Quanto à divisão política, são 388 os municípios inseridos nesta bacia, sendo 355 com sede dentro da Região Hidrográfica. Destes, destacam-se Lages e Chapecó (SC) e Uruguaiana, Bagé, Erechim, Santana do Livramento, Alegrete e Ijuí (RS).

Ao longo do tempo, dois usos da água preponderantes se estabeleceram na Região Hidrográfica: a geração de energia no trecho alto e a irrigação de arroz no baixo trecho médio. Outros usos, como o abastecimento público e a dessedentação animal, ocorrem em toda a bacia, bem como a irrigação de outras culturas (soja e milho), na faixa de transição entre os trechos citados acima.

Na parte brasileira da bacia, além de algumas pequenas Centrais Hidrelétricas, os aproveitamentos de maior porte existentes são as Usinas Hidrelétricas - UHEs Passo Fundo, Itá,

Machadinho, Quebra-Queixo, Barra Grande, Campos Novos, Monjolinho, Passo São João, São José e Foz do Chapecó.

Em relação à disponibilidade hídrica, percebe-se altos índices de consumo, devido à irrigação das lavouras de arroz, nas bacias dos rios Ibicuí (que inclui a bacia do rio Santa Maria) e Quaraí, gerando conflitos entre esta atividade e o abastecimento público, e também conflitos intra-setoriais entre os próprios irrigantes. A ocorrência destes conflitos é frequente no verão, pois o cultivo de arroz se estende de novembro a fevereiro.

### **AVALIAÇÃO DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA**

A bacia hidrográfica do rio Uruguai conta com 82 estações fluviométricas e 152 pluviométricas convencionais em operação, pertencentes à Rede Hidrometeorológica Nacional, sob responsabilidade da ANA e operada pela Superintendência Regional de Porto Alegre da CPRM.

Com o intuito de estabelecer o “Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Uruguai”, primeiramente foi analisada a rede de estações telemétricas já instalada na bacia, sob responsabilidade da ANA e operada pela CPRM. As referidas estações estão relacionadas na tabela 1.

Tabela 1 – Estações telemétricas na bacia do rio Uruguai

Estação	Código	Tipo Atual	Estação	Código	Tipo Atual
Vila Canoas	71200000	PFDQT	Iraí	74100000	PFDSQT
Encruzilhada II	71350001	FDQT	Linha Jataí	74295000	FDQT
Passo Marombas	71498000	PFDSQT	Guatapar de Baixo	74300000	FDQT
Ponte Alta do Sul	71383000	EFDSQT	Ponte do Sargento	74320000	PFDSQT
Rio Bonito	71300000	PFDSQT	Porto Lucena	74800000	PrFDSQT
Rio das Antas	72715000	FDQT	Passo São Borja	75780000	PFDQT
Joaçaba I	72849000	FDQT	Itaqui	75900000	PFDQT
Tangará	72810000	FDSQT	Rosário do Sul	76310000	PFDSQT
Coronel Passos Maia	73690001	FDQT	Manoel Viana	76560000	PrFDSQT
Passo Pio X	73820000	FDQT	Alegrete	76750000	PFDSQT
Saudades	73900000	PFDQT	Uruguaiana	77150000	FDSQT
Barra do Chapecó Aux.	73960000	FDSQT	Quaraí	77500000	FDSQT

Observação: O tipo de estação obedece a seguinte codificação: P – pluviométrica; Pr - pluviográfica; F – fluviométrica; Fr – fluviográfica; E - evaporimtrica; D – medição de descarga líquida; Q – parâmetros de qualidade da gua; T – transmissora de dados.

Uma vez que existem na bacia várias estações pluviométricas do tipo PCD chuva, temperatura e umidade, as quais armazenam os dados, mas não transmitem, propõem-se acrescentar as treze estações deste tipo uma placa Modem, a qual possibilitará que estas estações passem a transmitir dados, proporcionando-se, desta forma, uma boa cobertura para o monitoramento das chuvas.

Considerando a grande extensão da bacia do rio Uruguai e as características diversas das inundações, dependendo da região da bacia, é conveniente dividir a implantação do Sistema de Alerta em etapas, de forma a otimizar os resultados.

A proposta é iniciar as previsões de níveis na Região do Médio Uruguai, onde as cheias são devidas a precipitações de longa duração e grande abrangência espacial, permitindo facilidade nas

previsões, devido ao maior tempo de deslocamento e duração da onda de cheia, além da cheia atingir uma grande área territorial.

Inicialmente as previsões seriam para 5 (cinco) municípios situados ao longo do eixo do rio Uruguai, a saber: Porto Lucena, Garruchos, São Borja, Itaqui e Uruguai, correspondendo a uma população aproximada de 240.000 habitantes. Na tabela 2 estão relacionadas às estações a serem instaladas para complementar o Sistema de Alerta nesta primeira fase.

Tabela 2 - Estações propostas para complementar o Sistema de Alerta

Nº	Estação	Código	Tipo Atual
1	Alto Uruguai	74500000	PrFD
2	Garruchos	75550000	PFDQ
3	Passo Mariano Pinto	76800000	PrFDSQ

Em uma segunda etapa, as previsões seriam realizadas na Região do Alto Uruguai e nas bacias dos rios Ibicuí e Quaraí. Na Região do Alto Uruguai, onde as cheias são mais rápidas, está localizada também a maior parte das Usinas Hidrelétricas existentes na bacia, que exigem estudos e modelos de previsão mais complexos.

No mapa da figura 2, são apresentados os municípios atingidos por inundações entre 2010 e 2014, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2013), bem como as estações telemétricas existentes e a instalar que constituirão o Sistema de Alerta.

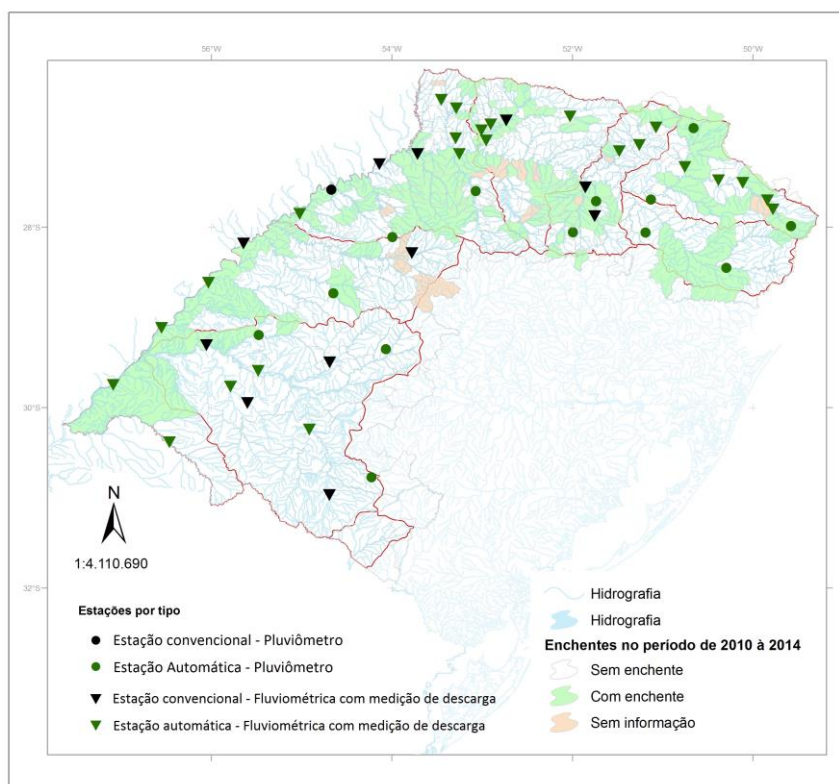


Figura 2 - Municípios atingidos por inundações de 2010 a 2014 e estações telemétricas. Fonte: as autoras.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. Bacias brasileiras do rio da Prata: avaliações e propostas. [Brasília], 2001. 102 p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Caderno da região hidrográfica do Uruguai. Brasília, 2006. 128 p.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/munic2013>. Acesso em 03/09/2014.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; PICKBRENNER, K.; SALGUEIRO, J. P. de B.; SOUSA, H. R. (Coords.). (2011). Atlas Pluviométrico do Brasil. Brasília: CPRM; Programa Geologia do Brasil; Levantamento da Geodiversidade; Sistema de Informação Geográfica-SIG - versão 2.0; 1 DVD, Escala 1.5:000.000, atualizado em novembro/2011.