

## **SPEHC - Solução Computacional para Prevenção e Tomada de Decisão Quanto a Desastres Hidrológicos**

**Isaac Sacramento<sup>1</sup>, Pedro de Lara<sup>3</sup>, Diego Moretto<sup>2</sup>, Henrique Rocha<sup>2</sup>, Marcus Phoebe<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Informática – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)  
Florianópolis – SC – Brazil

<sup>2</sup>Fractal Engenharia Recursos Hidricos  
Florianópolis, SC

<sup>3</sup>Nexon Sistemas  
Florianópolis – SC – Brazil

***Abstract.** Hydrological disaster in watershed is an important issue to governments and public agents. In populated regions, hydrological disasters usually cause social and economical losses. In this paper we describe the SPEHC, a computational solution for forecasting hydrological disasters in watersheds. The solution consists of an Application Programming Interface (API) and a Flood Alert System, in which it is implemented a physically embased model, the PM Tank Model. The forecasts are made through simulation of hydrological conditions of a watershed in a real time perspective. The system allows the public agents detecting possible flood regions and anticipate the occurrence of flood events. The case study to assess the aplicability and performance of the SPEHC is the Itajaí's watershed, Santa Catarina, where flood events are commonly observed.*

***Resumo.** Desastre hidrológico em bacia hidrográfica é uma questão importante para os governos e agentes públicos. Em regiões populosas, desastres hidrológicos geralmente causam prejuízos socioeconômicos. Neste artigo descrevemos o SPEHC, uma solução computacional para previsão de desastres hidrológicos em bacias hidrográficas. A solução consiste em uma Interface de Aplicação (API) e um sistema de alerta de enchentes, no qual é implementado um modelo matemático fisicamente embasado, o PM Tank Model. As previsões são feitas por meio de simulações de condições hidrológicas de uma bacia hidrográfica, em tempo real. O sistema permite que agentes públicos detectem possíveis regiões de inundação nas bacias hidrográficas e antecipem a ocorrência de enchentes. A bacia hidrográfica de Itajaí, Santa Catarina, onde inundações são comumente observadas, é o estudo de caso para avaliar a aplicabilidade e performance do SPEHC.*

### **1. Introdução**

O Estado de Santa Catarina vem enfrentando, recorrentes desastres relacionados às tempestades e chuvas intensas que causam inundações, escorregamentos, vendavais, granizos, tornados, ressacas, entre outros fenômenos. Contudo, até recentemente, apesar da alta frequência de desastres, poucas ações estruturais e não estruturais de prevenção vinham sendo implementadas. Após o Estado de Santa Catarina sofrer um dos piores desastres de

sua história em 2008, o Governo do Estado deu início a um esforço inédito de investimentos na prevenção e mitigação de riscos de desastres. Dentre as medidas adotadas estão a criação da Secretaria de Estado da Defesa Civil em maio de 2011 e a realização do Estudo Preparatório para o Projeto de Prevenção e Mitigação de Desastres na Bacia do Rio Itajaí, elaborado junto à Agência Japonesa de Cooperação Internacional (JICA).

Este artigo descreve o Sistema de Previsão de Eventos Hidrológicos Críticos (inundações e estiagens) e Apoio à Operação de Barragens, Monitoramento e Alerta e Gestão de Recursos Hídricos (SPEHC), o qual está alinhado com o Projeto do Sistema Estadual de Monitoramento e Alerta. O SPEHC tem como principal objetivo salvar vidas e reduzir prejuízos através do fornecimento de informações antecipadas e de forma efetiva, permitindo que a população e comunidades expostas às ameaças tomem ações para evitar ou reduzir seus riscos e se prepararem para uma resposta efetiva. Este sistema de previsão deve interagir com a plataforma de gerenciamento de riscos e acionamento de alertas e integrar entradas de modelos de previsão e precipitação das estações hidrometeorológicas e radar. O SPEHC se distingue dos sistemas atualmente disponíveis por sua amplitude de aplicação, o processamento de dados online e de diferentes fontes, além da exatidão dos resultados gerados, obtida com a implementação do modelo matemático PM Tank Model [de Lara and Kobiyama 2012].

## 2. PM Tank Model

Os modelos hidrológicos são ferramentas que dão suporte na tomada de decisão quanto ao gerenciamento de recursos hídricos [Beven 2001] [Zhang and Liu ]. Embora haja na literatura diferentes modelos hidrológicos [Sighn and Woolhiser 2002], o SPEHC implementa o modelo matemático PM Tank, proposto por [de Lara and Kobiyama 2012]. O PM Tank Model é um modelo fisicamente embasado, com equações não-lineares hiperbólica, o que lhe confere um atributo dinâmico e reduz a incerteza das simulações. Estas características o diferencia do modelo original, Tank Model, o qual é baseado em equações lineares exponenciais.

De acordo com [de Lara and Kobiyama 2012], a formulação do PM Tank Model é fundamentada na equação que caracteriza a dinâmica do fluxos da bacia, definida pela Eq. 1. Onde  $S$  é o armazenamento,  $dt$  é o intervalo de tempo escolhido;  $p(t)$  é a intensidade de chuva;  $q(t)$  é a geração de escoamento; e  $e(t)$  é a evapotranspiração. A Eq. 1 define os tanques de armazenamento e, a partir dela, o balanço hídrico é deduzido. A dedução completa da fórmula de balanço hídrico pode ser consultada em [de Lara and Kobiyama 2012].

$$\frac{dS}{dt} = p(t) + q(t) - e(t) \quad (1)$$

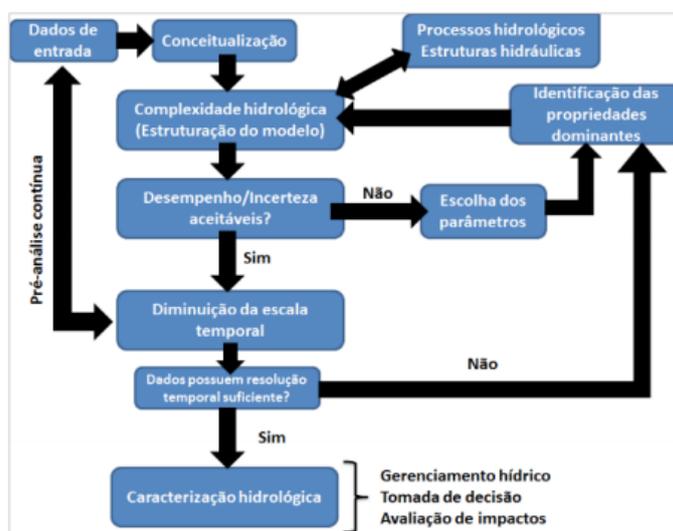
## 3. Spehc API e Sistema Hidrológico

O Sistema de Gestão, Monitoramento e Alerta do Estado de Santa Catarina é o responsável por coletar os dados meteorológicos e emitir os alertas, caso convenha. O SPEHC integra-se com o Sistema de Gestão e Monitoramento essencialmente para:

- Coleta e processamento de dados
- Definição do modelo hidrológico

- Simulação de operação de barragens
- Retroalimentação do sistema de alerta com o modelo calculado.

O SPEHC é composto A proposta preliminar da arquitetura do SPEHC e de sua integração com o Sistema de Gestão e Monitoramento são ilustrados na Figura 1.



**Figure 1. Aplicação da formulação hidrológica**

A formulação hidrológica será desenvolvida de maneira semi-distribuída para análise de diferentes condições, tais como: previsão de vazão de vazões externas, disponibilidade hídrica, operação de barragens, avaliação de impactos ambientais, entre outros. Na formulação deste modelo hidrológico, os parâmetros de ajuste passam a ter embasamento físico. Para a aplicação desejada, os parâmetros físicos utilizados para caracterizar o escoamento, da bacia são: tempo de concentração, tempo de resposta do escoamento de base, condutividade hidráulica saturada, profundidade do solo, capacidade de infiltração mínima do solo, ponto de murcha permanente e relação entre hidrograma e o hietograma. A Figura 1 apresenta um esquema detalhado de como a formulação hidrológica e o sistema hidrológico serão empregados.

Os principais elementos considerados na simulação hidrológica. A chuva, representa a quantidade de precipitação ocorrida na da bacia hidrográfica em estudo. Este pode ser considerado o fator determinante para a ocorrência de uma tragédia ambiental, pois o excesso de água na bacia é o elemento causador de inundação. A evapotranspiração é um valor que representa a perda de água por evaporação do solo e transpiração das plantas. A evapotranspiração é importante para o balanço hídrico de uma bacia e seu valor será definido pelo operador do sistema. A vazão, é o volume de água por unidade de tempo em um determinado ponto da bacia hidrográfica. Os valores de vazão terão efeito agregador, quando ocorre lançamento externo de vazão na bacia (efluentes), ou subtrator, quando há retirada de vazão da bacia para outros fins (irrigação). A simulação hidrológica levará em consideração, ainda, os parâmetros referentes ao solo: porosidade, capacidade de campo, camada ativa e condutividade hidráulica, além dos parâmetros não-lineares  $\alpha$  e  $\beta$ .

O sistema é composto de um *webservice* de busca de dados online. O Spehc integra-se ao Sistema de Gestão, Monitoramento e Alerta do Estado de Santa Catarina,

através do qual é feita a coleta de dados meteorológicos e de precipitação em tempo real, com os quais serão realizadas as previsões de vazão dos rios. A estrutura de busca possui uma grande importância para o sistema, pois a qualidade da previsão de vazão, bem como o horizonte de previsão, dependem fortemente da qualidade dos dados fornecidos ao modelo [Tucci 1993]. Compõe também o SPEHC, um módulo de bacia hidrográfica, que consiste em um conjunto de funcionalidades e telas que permitem detalhar os dados da Bacia Hidrográfica, definir pontos de interesse para inserção de dados e visualização de resultados, bem como especificar os parâmetros da bacia para módulos de trabalhos, calibração e previsão.

Será desenvolvido um módulo de integração, seu objetivo é permitir a troca de dados entre o SPEHC e os sistemas HEC-RAS e HEC-ResSim. O HEC-RAS deverá utilizar os dados processados pelo modelo hidrológico do SPEHC para determinar informações do comportamento hidráulico da rede de drenagem fluvial e seus efeitos a jusante. O HEC-ResSim, sistema de operação de reservatórios, deverá utilizar os mesmos dados de simulação hidrológica para realizar simulações relacionadas à operação e segurança de barragens. O SPEHC cumprirá integralmente seu papel através da integração com o Sistema de Monitoramento e Alerta. Através desta plataforma serão emitidos os sinais de alerta com base nas previsões calculadas pelo SPEHC. Esta integração será implementada através de uma API em formato *webservice*.

#### 4. Conclusão

Apresentamos a proposta de um sistema de previsão de desastres hídricos em bacias hidrográficas. A proposta do SPEHC foi aprovada na chamada pública 17/2012 RHAE Pesquisador na Empresa, do CNPq, e encontra-se em desenvolvimento em parceria que compreende a empresa proponente, Fractal Engenharia Recursos Meio Ambiente e Inovação; a Nexon Sistemas; e a Universidade Federal de Santa Catarina, sob número de processo 454012/2013-6 e metodologia de gestão de projeto Scrum. Uma vez em operação, o SPEHC deve dar suporte à tomada de decisão por parte das autoridades quanto a antecipação de ocorrência de enchentes, além de permitir a simulação de operações e barragens.

#### References

- Beven, K. J. (2001). *Rain-fall Modeling*. John Wiley.
- de Lara, P. G. and Kobiyama, M. (2012). Proposta de modelo conceitual: Pm tank model. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, (3):149–161.
- Sighn, V. P. and Woolhiser, D. A. (2002). Mathematical modeling of watershed hydrology. *Journal of Hydrological Engineering*, (4):270–292.
- Tucci, C. E. M. (1993). *Hidrologia: Ciência e Aplicações*. Ufrgs Editora, 4th edition.
- Zhang, J. and Liu, Z. Hydrological monitoring and flood management in china.