

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE UM SISTEMA DE MONITORAMENTO E ALERTA HIDROMETEOROLÓGICO PARA O ALTO RIO SAPUCAÍ (MG)

Benedito Cláudio da Silva¹; Michelle Simões Reboita², Gabriel de Oliveira Machado³, Camila Coelho Welerson⁴, Christie André de Souza⁵, João Tarcísio de Oliveira Júnior⁶

RESUMO – Este trabalho apresenta uma descrição e os resultados parciais de um sistema de monitoramento e alerta hidrológico e meteorológico da bacia hidrográfica do Alto Rio Sapucaí. O sistema foi planejado e implementado com foco em gerar previsões e alertas para a cidade de Itajubá (MG), que possui um longo histórico de inundações em sua área urbana. Atualmente possui um conjunto de estações automáticas que monitoram toda área da bacia a montante de Itajubá em intervalos de tempo horário, possibilitando acompanhar em tempo real a situação de seus principais rios. Modelos de previsão estão sendo implantados e todos os dados e prognósticos serão disponibilizados em uma página na internet, que já possui uma versão preliminar em operação. Muitas são as dificuldades encontradas, principalmente em relação a recursos, mas o sistema já está em operação e estará sempre em contínuo aprimoramento.

ABSTRACT– This work presents a description and the partial results of a hydrological and meteorological alert and monitoring system of the Alto Rio Sapucaí hydrographic basin. The system was planned and implemented with a focus on generating forecasts and alerts for the city of Itajubá (MG), which has a long history of flooding in its urban area. Currently it has a set of automatic stations that monitor the whole area of the basin upstream of Itajubá at hourly intervals, allowing to monitor in real time the situation of its main rivers. Forecast models are being deployed and all data and forecasts will be made available on a web page, which already has a preliminary version in operation. Many are the difficulties encountered, especially in relation to resources, but the system is already in operation and will always be in continuous improvement..

Palavras-Chave – Monitoramento hidrometeorológico, Rio Sapucaí, Itajubá

¹ Professor da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Av. BPS, 1303 – Itajubá, MG. +55 35 3629-1449/1265, silvabenedito@unifei.edu.br

² Professora da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Av. BPS, 1303 – Itajubá, MG. +55 35 3629-1703/1708, mireboita@gmail.com

³ Pós-graduando pela da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Av. BPS, 1303 – Itajubá, MG. +55 35 3629-1265, gabrielmachadomg@gmail.com

⁴ Pós-graduanda pela da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Av. BPS, 1303 – Itajubá, MG. +55 35 3629-1265, camila.welerson@gmail.com

⁵ Graduando pela da Universidade Federal de Itajubá – UNIFEI, Av. BPS, 1303 – Itajubá, MG. +55 35 3629-1708, christie@unifei.edu.br

⁶ Coordenador da Defesa Cível de Itajubá, Prefeitura Municipal de Itajubá. Praça Dom Bosco, 59, bairro Avenida - Itajubá/MG / Tel.: 3692-1783 / 3692-1809. defesacivil@itajuba.mg.gov.br

INTRODUÇÃO

O rio Sapucaí percorre cerca de 343 km desde a montante em Campos do Jordão (SP) até a jusante no lago de Furnas (MG). Sua bacia hidrográfica abrange 51 municípios, sendo 3 no estado de São Paulo e 48 em Minas Gerais. Ao longo do seu percurso, o curso principal do rio Sapucaí atravessa a área urbana de alguns desses municípios, sendo uma importante fonte de água para diferentes atividades humanas e para o equilíbrio ambiental (Figura 1).

Em seu trecho superior, denominado Alto Sapucaí, destaca-se a cidade de Itajubá, cujo crescimento urbano ocorreu nas margens do rio Sapucaí. Embora isso fosse um facilitador na utilização dos recursos hídricos, ao mesmo tempo a ocupação não apropriada da área de várzea acabou trazendo problemas à população devido às enchentes e inundações do rio durante a estação chuvosa. Pinheiro (2005) documentou as inundações ocorridas em Itajubá desde a sua fundação, em 1819, até o ano de 2000, enquanto Barbosa *et al.* (2015) realizaram um estudo similar, mas estendido até 2011. Destacam-se os últimos eventos ocorridos em janeiro de 1991 e janeiro de 2000, que causaram grande perdas ao município. Reboita *et al.* (2017) indicaram o principal comportamento atmosférico associado às chuvas desse evento de inundação foi a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Diante desse contexto, torna-se importante a implementação de um sistema de monitoramento e alerta hidrológico para o rio Sapucaí na região a montante de Itajubá. Para atender essa necessidade, a Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI juntamente com a Prefeitura Municipal de Itajubá - PMI firmaram um convênio em 2016 para unir esforços na implantação e operação de um sistema de monitoramento e alerta de nível e vazão do rio Sapucaí, cujo presente trabalho tem por objetivo descrever e realizar uma análise preliminar dos resultados. Este convênio foi denominado Sistema de Previsão, Monitoramento, Modelagem e Mitigação de Eventos Extremos na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Sapucaí - SP3M.

IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DO SISTEMA

Um sistema de alerta é formado por três componentes: i) monitoramento hidrometeorológico, ii) modelagem e previsão de vazões e/ou níveis e iii) armazenamento e divulgação dos dados. Essas componentes são descritas na sequência.

Monitoramento Hidrometeorológico

O atual sistema de monitoramento está baseado em um sistema anterior que esteve em operação entre 2010 e 2015 através de um convênio entre a UNIFEI e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Marciano *et al.*, 2018). No convênio entre a UNIFEI e a PMI, estabelecido em 2016,

seis estações fluviométricas de monitoramento do antigo sistema foram reinstaladas, aproveitando parte da estrutura anterior. Os seis pontos estão destacados na Figura 2 como Estações SP3M, e estão localizadas de maneira que são monitorados os níveis do rio Sapucaí e de seus principais afluentes a montante da área urbana de Itajubá (rios Santo Antônio e Bicas). Com essas estações é possível obter uma previsão de nível para Itajubá com antecedências de até 7 horas (Reboita *et al.*, 2019). O primeiro ponto de inundação em Itajubá ocorre no bairro Santa Rosa, local onde se inicia o trajeto do rio pela área urbana (Figura 3). Portanto, o sistema de monitoramento tem como foco o nível do rio que é medido na estação fluviométrica desse bairro, denominada estação Santa Rosa/COPASA (Figura 2). Neste ponto a bacia possui cerca de 870km² de área.

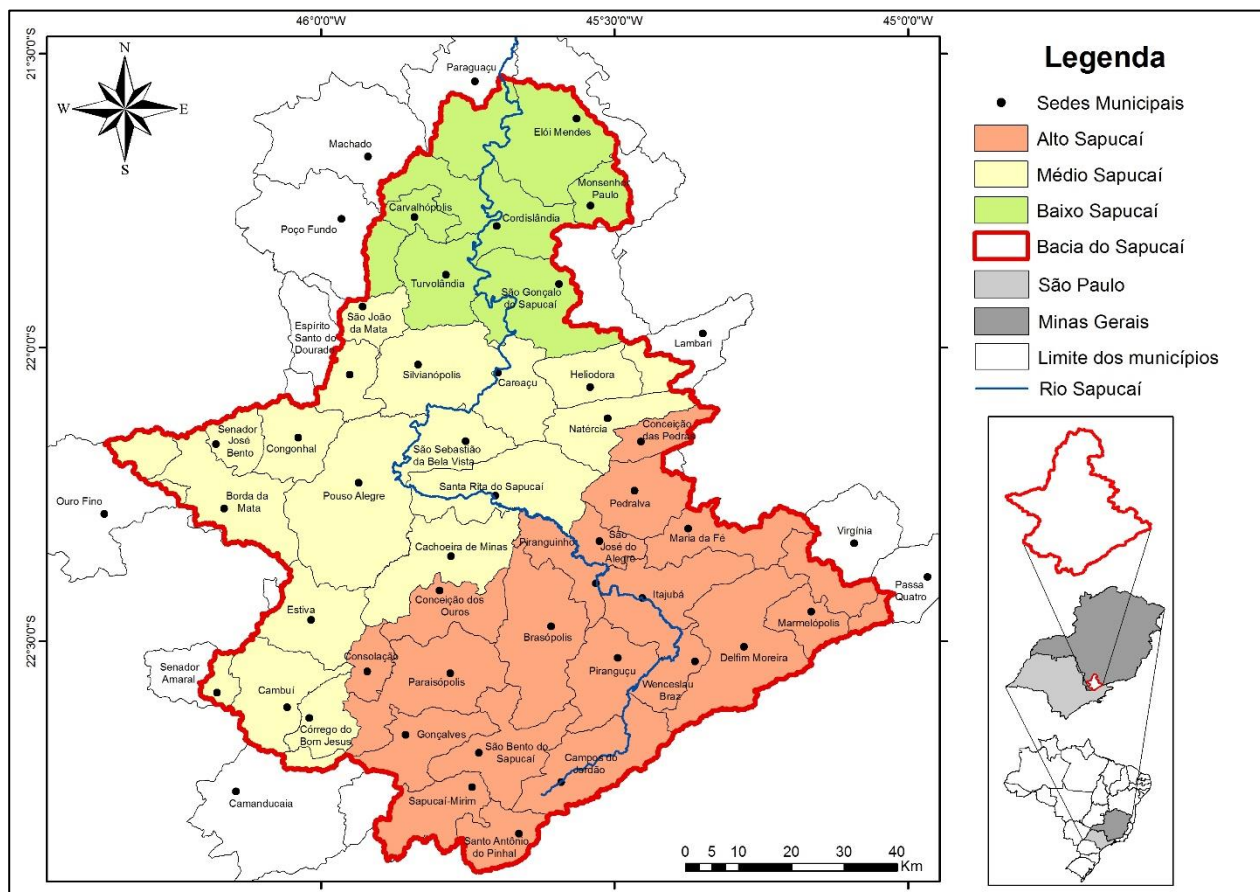


Figura 1. Bacia do rio Sapucaí: localização e municípios abrangidos. Fonte: Adaptado de IGAM (2010).

A medição de nível d'água é feita por sensores do tipo sonda hidrostática de medição diferencial. Além da medição de nível essas estações também possuem um pluviômetro do tipo balança. As medições são automáticas, em intervalos horários e os dados são transmitidos via telefonia celular para um computador servidor instalado no campus da UNIFEI. Os sensores e a estrutura de instalação foram cedidos pela UNIFEI, oriundos do antigo convênio com a COPASA, e a PMI adquiriu o novo sistema de comunicação e mantém os custos de transmissão via celular.

Recentemente foram implantadas estações adicionais visando ampliar o sistema. Recursos de um projeto financiado pelo CNPq permitiram a instalação de três estações pluviométricas na parte mais elevada da bacia, acima de 1500m de altitude (Estações CNPq na Figura 2). Essas estações também são automáticas e estão operando, mas ainda não possuem a telemetria em funcionamento. Complementam ainda o sistema, embora não sejam operadas pela UNIFEI, as estações telemétricas da Agência Nacional de Águas – ANA e do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET inseridas na bacia (Figura 2), cujos dados podem ser obtidos pelos sites dessas instituições. A Figura 4 apresenta algumas fotos das estações de monitoramento e na Figura 5 um exemplo de registro de chuva horária na estação Fazenda Saiqui.

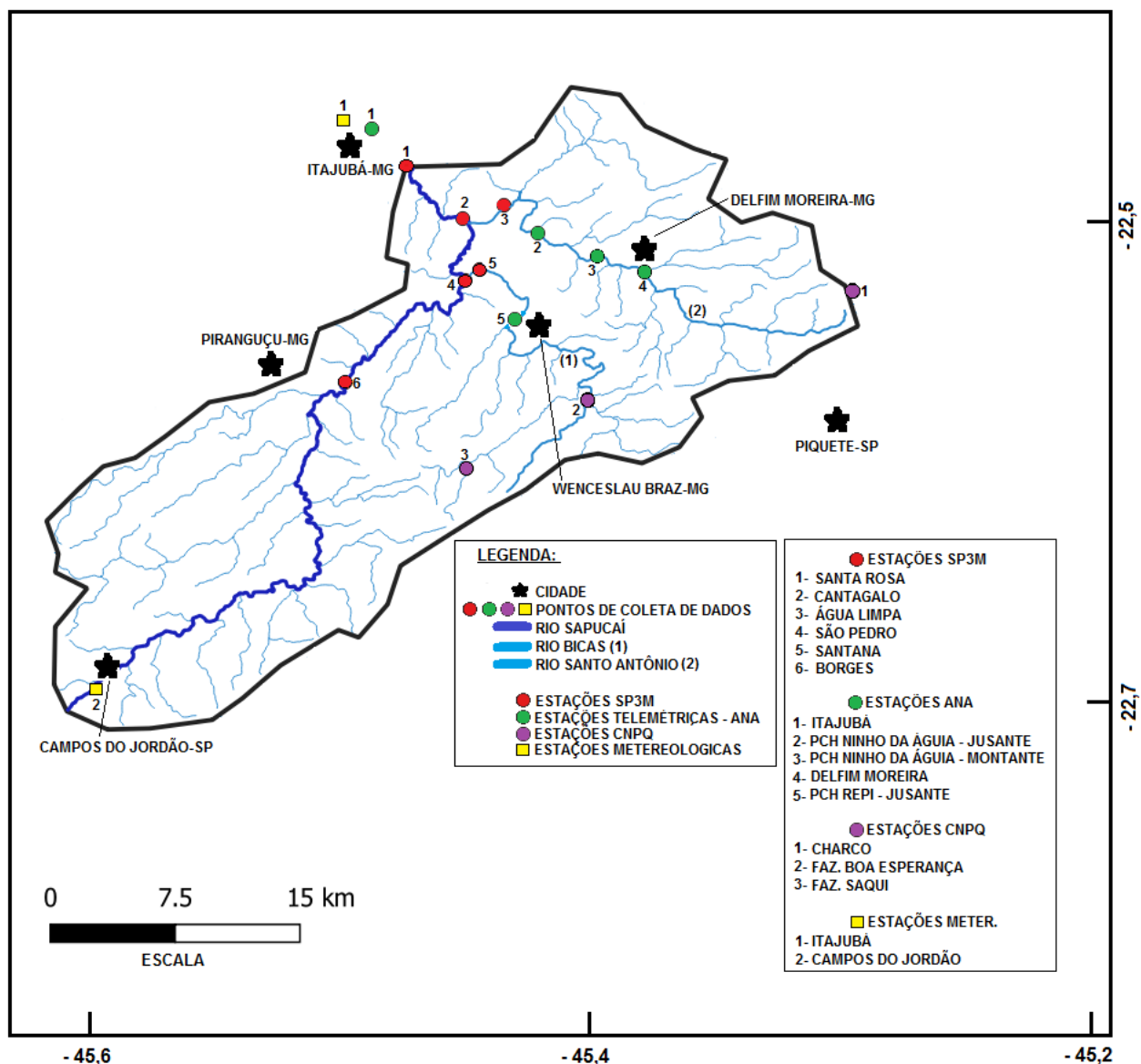


Figura 2 -Localização das estações de monitoramento hidrometeorológico na bacia do Alto Rio Sapucaí

Com relação ao monitoramento, o principal problema enfrentados é a perda de sinal de telefonia, devido à localização remota de algumas estações, o que dificulta a recepção dos dados. Atualmente busca-se por uma forma de comunicação entre as estações fluviométricas e o sistema receptor dos dados que seja mais eficiente. Além disso, os sensores das estações fluviométricas precisam de constante manutenção, requerendo à visita de técnicos *in situ* o que demanda tempo e recursos financeiros para locomoção e manutenção dos sensores.

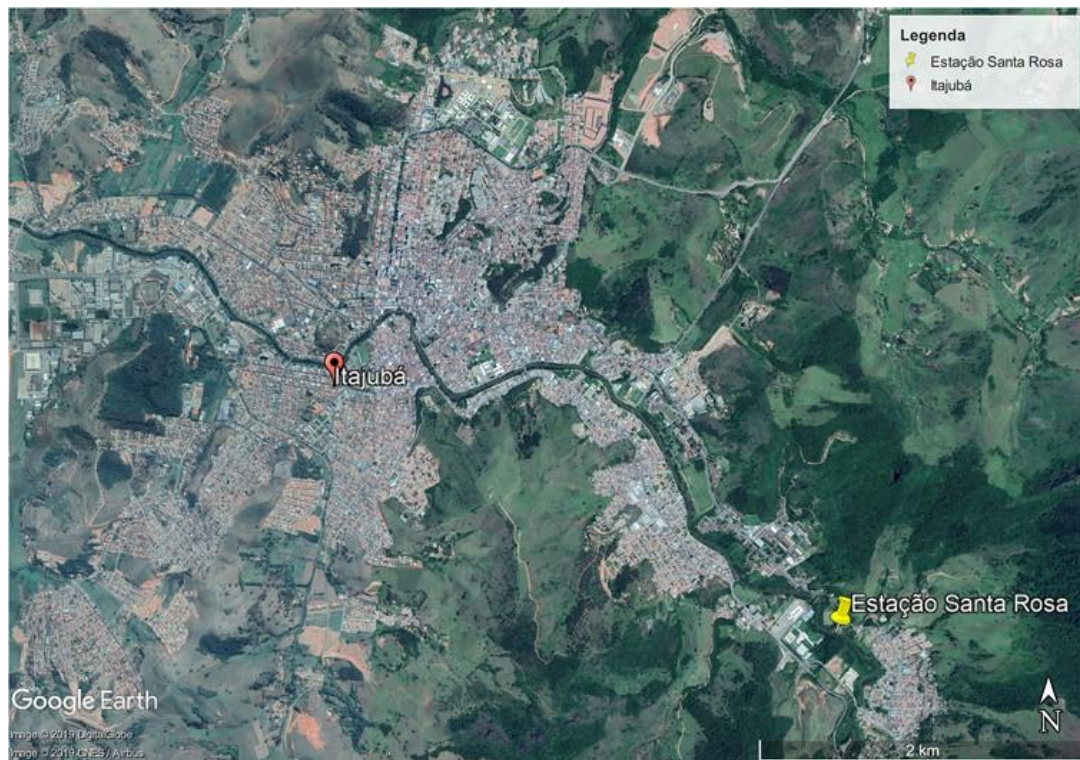


Figura 3 - Vista aérea do rio Sapucaí atravessando a cidade de Itajubá – MG. Fonte: Google Earth 2019.

Modelagem e Previsão de Vazões e/ou Níveis

A previsão de eventos de inundações pode ser feita em diferentes escalas temporais (Silva *et al.*, 2006), isto é, com antecedência que pode variar de alguns minutos ou horas (nowcasting), alguns dias (curto prazo, até 14 dias), semanas ou meses (sub-sazonal ou sazonal, até 9 meses). De maneira geral, melhores resultados são obtidos se a escala temporal do modelo de previsão for menor do que o tempo de concentração da bacia. O desafio dessa componente para a equipe que trabalha no monitoramento do rio Sapucaí é dois: gerar previsões com um modelo nível-nível com antecedência de poucas horas e com um modelo chuva-vazão para previsões com alguns dias de antecedência.



a) Estação Fazenda Saiqui



c) Estação Charco



b) Estação São Pedro

Figura 4 – Fotos das estações de monitoramento da bacia do Alto Rio sapucaí

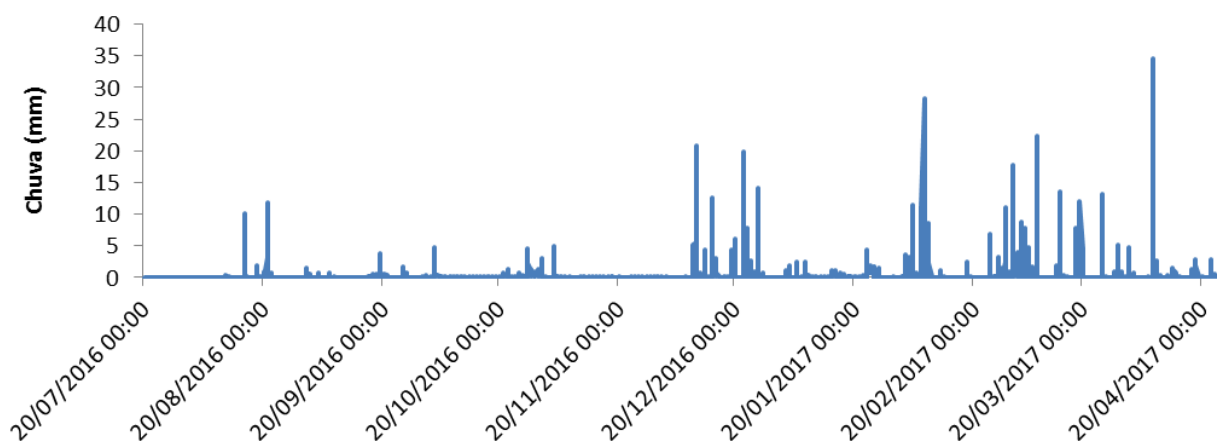


Figura 5 – Dados de precipitação registrados na estação Fazenda Saiqui.

Com relação ao modelo nível-nível, pode-se obter equações prognósticas utilizando a técnica de regressão linear. O problema aqui é a necessidade de dados históricos na estação em que se deseja prever o nível e de estações a montante. Como o sistema de monitoramento ainda está em fase de avaliação e ajustes, muitos dados não foram registrados. Então, para a obtenção de um primeiro modelo de previsão nível-nível utilizaram-se dados do ano de 2013 medidos pelo Laboratório de Informações Hidrológicas da UNIFEI na estação Santa Rosa e três outras estações a montante. Os modelos de regressão obtidos estão apresentados em Reboita *et al.* (2019) e serão futuramente implementados de forma operacional para fornecimento de prognóstico no sítio referido anteriormente.

Para a realização de previsões com modelo chuva-vazão são necessários prognósticos de precipitação que são obtidos através de modelos numéricos de previsão de tempo e que são fornecidos a um modelo hidrológico. No caso de Itajubá, o Centro de Previsão e Estudos de Tempo e Clima de Minas Gerais (CEPreMG) executa em modo operacional o Weather Research and Forecasting Model (WRF) e fornece os prognósticos numéricos para três dias futuros (Campos *et al.*, 2016) no mesmo sítio já citado anteriormente. Esses prognósticos serão utilizados para alimentar o modelo MGB-IPH e gerar previsões de vazão. Testes iniciais com as previsões do modelo MGB-IPH foram apresentados por Martins *et al.* (2019), utilizando previsões de precipitação do modelo Eta. Os resultados mostram que é capaz de gerar previsões úteis para a alertas na cidade de Itajubá. Atualmente o ajuste do modelo MGB está sendo refinado e este deverá ser implementado para rodar operacionalmente e gerar previsões diárias para toda a bacia do rio Sapucaí.

Dessa forma, com esses dois tipos de modelos de previsão e o sistema de monitoramento em tempo real, será possível gerar previsões para alguns dias a frente, que não possuem alta precisão, mas auxiliam na indicação de possíveis eventos futuros. O modelo de previsão nível-nível poderá detalhar a ocorrência do evento confirmando, ou não, sua ocorrência. Isso permitirá a defesa civil planejar as ações necessárias em casos críticos. Destaca-se ainda que as condições climáticas na bacia são atualmente acompanhadas pelo CEPreMG, que gera previsões de tempo diariamente para a região, se constituindo em mais um elemento de auxílio na tomada de decisões.

Armazenamento e Divulgação dos Dados

Os dados das seis estações fluviométricas estão sendo armazenados num banco de dados de um servidor instalado na UNIFEI (Figura 6), e uma interface de consulta a esses está sendo desenvolvida para permitir a obtenção tanto de dados brutos quanto de estatísticas. Essas informações serão fornecidas ao público mediante solicitação via formulário e, posterior, análise pela equipe responsável pelas atividades do monitoramento. Entretanto, no sítio o usuário terá acesso às informações, de forma gráfica, dos últimos três dias (Figura 7). Além disso, como é conhecido o nível padrão do rio Sapucaí na estação Santa Rosa, haverá um indicador de alerta no sítio para mostrar a situação do nível em tempo real em relação ao padrão.

Com relação à previsão de nível, um modelo de nível-nível já foi obtido e precisa ser implementado operacionalmente e validado (Reboita *et al.*, 2019). Quanto ao de chuva-vazão, esse ainda se encontra em fase de implementação operacional. Boletins de situação e alerta do nível do rio Sapucaí na estação Santa Rosa serão divulgados à comunidade apenas pela Defesa Civil do município; a UNIFEI é responsável apenas pelo assessoramento e gerenciamento das informações obtidas pelo sistema de monitoramento.

Essas estações fluviométricas estão em operação desde 2016, possuem um sistema de transmissão de dados via rede de telefonia celular para as instalações da UNIFEI a qual divulga os dados obtidos no sítio <https://meteorologia.unifei.edu.br/hidrologia/> (Figura 7). Atualmente a página está sendo reformulada a fim de agregar informações adicionais, tanto para a defesa civil como para a sociedade em geral.

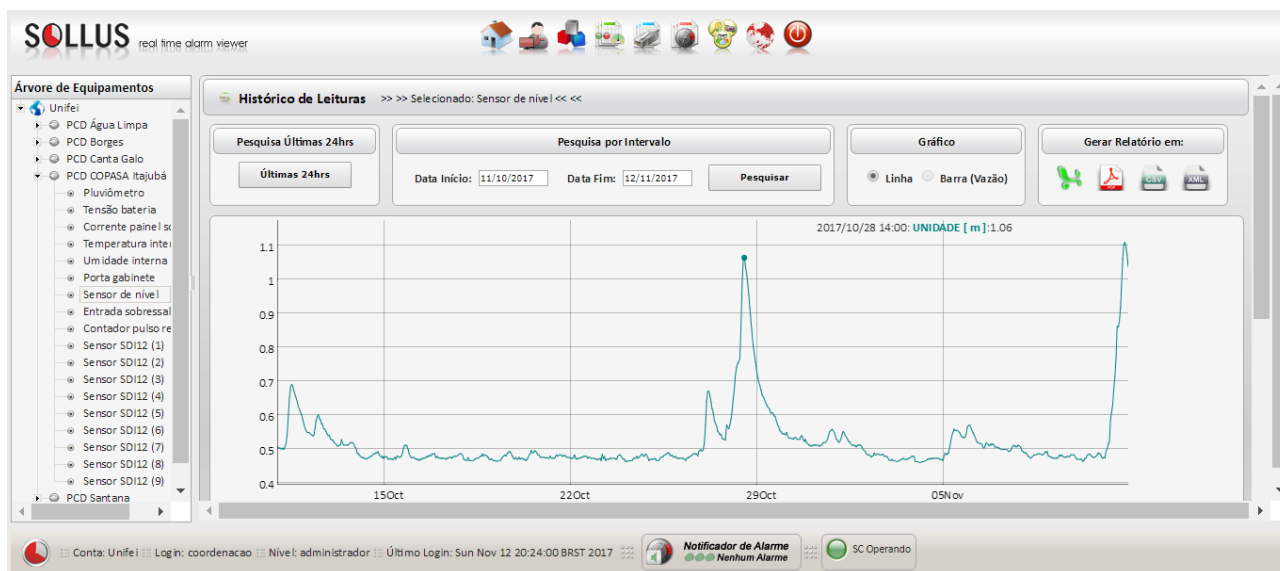


Figura 6 – Banco de dados Sollus, utilizado para armazenar e visualizar os dados. Os dados podem ser acessados de qualquer dispositivo com internet. Dados registrados na estação Santa Rosa.



Figura 7 – Página atual na internet para disponibilização dos dados ao público (<https://meteorologia.unifei.edu.br/hidrologia/>). Está sendo reconstruída para melhorar a visualização e inserção de dados adicionais.

CONCLUSÕES

O sistema de monitoramento aqui descrito tem como finalidade acompanhar a evolução temporal do nível do rio Sapucaí na entrada do município de Itajubá bem como produzir prognósticos que contribuam para a segurança da população que habita as suas margens. Os resultados obtidos até

o momento demonstram a viabilidade do sistema, que ainda enfrenta muitas dificuldades, mas já está em operação.

Melhorias estão sendo implementadas com a finalidade de resolver problemas relacionados à transmissão dos dados, por telefonia de celular, e a disponibilização dos dados para a comunidade envolvida. O sistema foi implementado com recursos de diferentes projetos de pesquisa, não havendo uma fonte de financiamento específica. Esta é uma dificuldade importante que tem sido contornada como apoio da Prefeitura Municipal de Itajubá e a busca por novos projetos para manutenção e ampliação do sistema. Espera-se que em um futuro próximo o sistema possa ser citado com um exemplo a ser seguido para outras bacias que tenham problemas semelhantes com eventos extremos.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao CNPq, FAPEMIG e FINEP pelo financiamento de pesquisas que contribuíram para implantação e operação do sistema, e também a Prefeitura Municipal de Itajubá pelo apoio operacional, aquisição dos equipamentos de transmissão de dados das estações do projeto SP3M.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, A.A.; OLIVEIRA, G.M.; OLIVEIRA, T.J. (2015). “*Histórico de Enchentes em Itajubá/MG*”. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, 9(4): 125-140.
- CAMPOS, B.; CARVALHO, V.S.B. ; REBOITA, M.S. (2016) “*Sistema numérico-operacional de previsão de tempo para a região Sul de Minas Gerais: comparação com dados observados*”. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 9, p. 1017-1029.
- MARCIANO, A.G.; BARBOSA, A.A.; SILVA, A.P.M. (2018). “*Estudo de cenários na simulação de eventos de cheia no rio Piranguçu e sua influência no distrito industrial de Itajubá – MG*”. Revista Brasileira de Energias Renováveis, 7: 1-15.
- MARTINS, C.M.S.; SILVA, B.C.; PONS. N.A.D. (2019) “*Estimativa de cheias em bacias hidrográficas com base em previsões de precipitação por conjunto*.” Revista Brasileira de Geografia Física. v. 12, n. 2 (in proress).
- PINHEIRO, M.V. (2005). “*Avaliação técnica e histórica das enchentes em Itajubá – MG*”. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Dissertação de Mestrado. 104p.
- REBOITA, M.S.; MARIETTO, D.M.G.; SOUZA, A.; BARBOSA, M. (2017). “*Caracterização atmosférica quando da ocorrência de eventos extremos de chuva na região sul de Minas Gerais*”. Revista Brasileira de Climatologia, 13(21): 20-37.

REBOITA, M.S.; SILVA, B.C.; SILVA, M.V. (2019) “Modelos de Regressão Aplicados à Previsão de Nível Fluviométrico no Rio Sapucaí em Itajubá-MG”. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ (In Progress).

SILVA, B.C.; TUCCI, C.E.M.; COLLISCHONN, W. (2006). “*Previsão de Vazão com Modelos Hidroclimáticos*”. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 11: 15-29.