

## SISTEMA DE ANÁLISE DE DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS TELEMÉTRICOS PARA UTILIZAÇÃO EM TEMPO REAL

*Raíza C. Schuster<sup>1\*</sup>; Fernando M. Fan<sup>2</sup>; Walter Collischonn<sup>3</sup>*

**Resumo** – Os objetivos e instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos instituída pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, evidenciam a necessidade de sistemas automatizados de avaliação da qualidade e consistência de dados hidrometeorológicos. O objetivo do presente trabalho é propor um sistema de análise de dados hidrometeorológicos telemétricos, construído em Visual Basic .NET 2010, com capacidade de filtrar os dados para remoção de erros espúrios, baseado em análises estatísticas e nas variações sequenciais, e também de sugerir valores para substituir erros encontrados, a fim de completar as séries de dados. O sistema criado foi testado com sucesso em dados de estações pluviométricas, fluviométricas e linimétricas da bacia do Rio São Francisco, encontrando os erros e sugerindo valores para correção conforme o esperado. Dados os bons resultados obtidos, como próximo passo do projeto, ele será acoplado a um sistema de previsão de vazões para o uso em tempo real.

**Palavras-chave** – filtro de dados; telemetria; dados hidrometeorológicos

## SYSTEM OF TELEMETRIC HYDROMETEOROLOGICAL DATA ANALYSIS FOR REAL TIME USE

**Abstract** – Objectives and instruments of the National Policy of Water Resources established by Law 9.433 of January 8, 1997, highlight the need for automated systems for assessing the quality and consistency of hydrometeorological data. The aim of this work is to propose a system of telemetric hydrometeorological data analysis, built in Visual Basic .NET 2010, with ability to filter data to remove spurious errors, based on statistical analysis and sequential variations, and also suggest values to replace found errors in order to complete data series. The created system was successfully tested on data from stations of the Rio San Francisco' basin, finding errors and suggesting correction values as expected. Given the good results obtained, as a next step of the project, it will be coupled to a stream flow forecasting system for use in real time.

**Keywords** – data filter; telemetry; hydrometeorologic data

### INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Recursos Hídricos instituída pela Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997 tem como objetivos assegurar a disponibilidade e qualidade da água à atual e às futuras gerações, a utilização racional e integrada dos recursos hídricos e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. A outorga dos direitos de uso da água, a cobrança pelo uso de recursos hídricos e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SIRH) são alguns dos instrumentos da Política.

<sup>1</sup> Graduanda em Engenharia Ambiental – UFRGS.

<sup>2</sup> Engenheiro Ambiental – UFRGS. Mestre e Doutorando em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – IPH-UFRGS.

<sup>3</sup> Engenheiro Mecânico – UFRGS. Mestre e Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – IPH-UFRGS. Professor Adjunto – UFRGS

Para Oliveira et. al. (1999), a outorga pelo direito de uso e a cobrança pelo uso da água estão intrinsicamente vinculados a um bom sistema de aquisição de dados hidrometeorológicos. De acordo com Sugai et. al. (1999), para poder atribuir os direitos de uso aos vários usuários dos recursos hídricos, é preciso saber qual a disponibilidade de água existente, e dada a complexidade do ciclo hidrológico, essa disponibilidade só pode ser estimada a partir de longas séries de observações.

Segundo a Lei nº 9.433, o SIRH é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão. São objetivos do Sistema Nacional de Informações sobre recursos hídricos são: reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil, e atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional.

Também, um banco de dados hidrológicos atualizado em tempo real é a base da pirâmide no desenvolvimento de sistemas de previsão de vazões e de alerta de cheias.

A Agência Nacional das Águas (ANA), criada pela Lei nº 9.984 de 17 de julho de 2000, é uma entidade federal de implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos. Uma das funções da ANA é gerenciar o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. O Sistema de Informações Hidrológicas HydroWeb da ANA disponibiliza informações da Rede Hidrometeorológica Nacional com intervalo de tempo diário, que conta com mais de cinco mil estações, com informações pluviométricas, fluviométricas, de qualidade das águas entre outras. Já, para dados horários, a ANA provê informações hidrológicas através de um gerenciador denominado Webservice, onde dados telemétricos são disponibilizados em tempo real.

Estes dados telemétricos podem conter informações espúrias por diferentes motivos: erros na leitura, erros na transmissão, erros na manipulação por programas computacionais e erros na sua manipulação.

Contudo, como estes dados em tempo real não sofrem consistência prévia, fica evidenciada a necessidade de sistemas rápidos de análise da qualidade e consistência destes dados hidrometeorológicos disseminados pela ANA, a fim de auxiliar o cumprimento dos objetivos da política Nacional dos Recursos Hídricos e o uso dos dados no momento em que eles estão disponíveis.

## **OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho é propor um sistema de análise de dados hidrometeorológicos disponibilizados pelo Webservice da ANA. O sistema proposto tem a capacidade de filtrar os dados baseado em análises estatísticas e no comportamento das variações sequenciais, e também de sugerir valores para substituir erros encontrados, a fim de completar as séries de dados.

## **METODOLOGIA**

O sistema de análise dos dados hidrometeorológicos foi desenvolvido em Visual Basic .NET 2010. Foram criadas uma rotina de leitura, de análise dos dados, chamada neste trabalho de filtro de dados, e uma opção de sugestão de valores para as falhas ou erros encontrados tanto nos dados originais quanto no arquivo filtrado.

Foi escolhida para análise a bacia do Rio São Francisco, delimitada até o Rio das Velhas, por que nela situa-se a rede telemétrica utilizada na operação da UHE Três Marias, e todos os seus dados são disponibilizados no Webservice da ANA. Estes dados foram usados como estudo de caso. Os dados utilizados são listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Postos fluviométricos com dados horários utilizados na avaliação dos resultados.

Nome	Rio
Porto do Mesquita	Paraopeba
Ponte dos Vilelas	Pará
Porto Pará	Pará
Iguatama Montante	São Francisco
Porto das Andorinhas	São Francisco
Porto Indaiá	Indaiá
Ponte da BR 040	Abaeté
Pirapora Ponte	São Francisco

### Leitura dos dados

A parte do programa responsável pela leitura dos dados de entrada, em formato ASCII sequencial, reconhece os valores dos dados e os identifica pela data e hora. A rotina de leitura dos dados inclui a contagem do total de dados no arquivo de entrada e a porcentagem de falhas contidas neste arquivo. As falhas do arquivo original devem ser representadas pelo valor -1.

Durante o desenvolvimento deste projeto, um erro encontrado na leitura de alguns dados da bacia utilizada como estudo de caso permitiu perceber que valores correspondentes à hora 23 de cada dia quase sempre contêm erros, e o valor real da hora 23 de cada dia, na verdade está armazenado na hora 23 do dia seguinte.

### Filtro de dados

A segunda parte do sistema de análise de dados é o filtro de dados. Nele os dados do arquivo original são avaliados e caso sejam considerados como erros, é atribuído o valor -1.

O filtro de dados possui uma rotina de correção opcional dos dados correspondentes à hora 23 de cada dia, substituindo-os pelo dado da hora 23 do dia seguinte, tendo em vista que isto foi percebido nos dados usados como estudo de caso, e pode ocorrer também em outros dados disponibilizados pelo Webservice. Caso não seja desejado realizar esta troca dos dados, uma opção pode ser desmarcada e a rotina não é realizada. A Figura 1 mostra um gráfico com este erro, que são os picos no hidrograma.

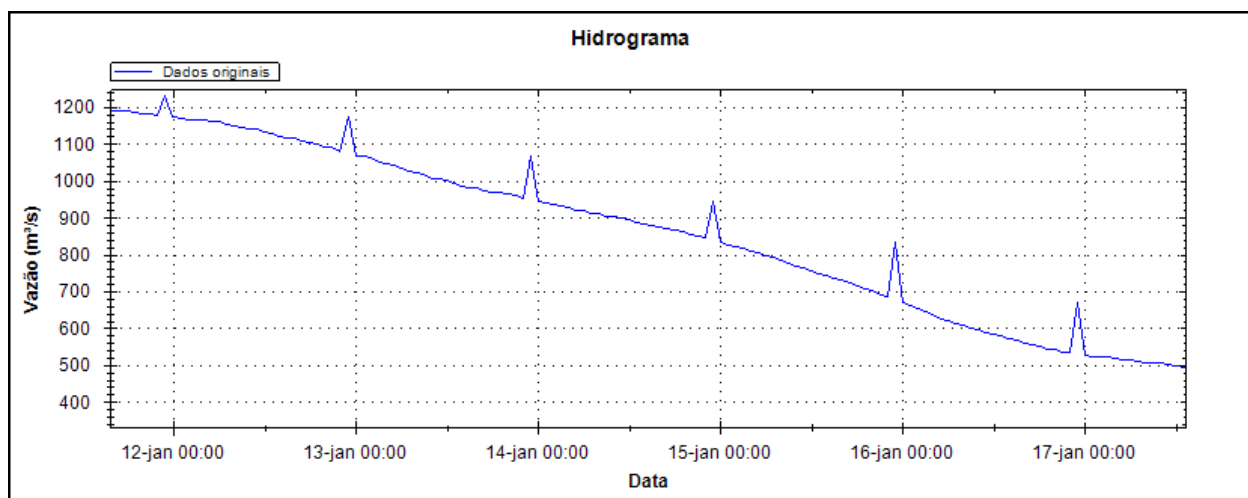


Figura 1 – Ilustração dos erros nos hidrogramas às 23 horas de cada dia.

Outro método do filtro de dados é a análise estatística, que é feita utilizando conceitos de *box plot*, a fim de encontrar valores extremos que representariam erros. O diagrama *box plot* consiste em um retângulo definido pelo primeiro ( $Q_1$ ) e pelo terceiro quartis ( $Q_3$ ), contendo a mediana em seu interior. A partir do lado superior do retângulo, traça-se uma linha até o ponto que não exceda ( $Q_3 + 1,5AIQ$ ), considerado limite superior para a identificação de *outliers* (Figura 2). De modo análogo, traça-se outra linha a partir do lado inferior do retângulo até o limite dado por ( $Q_1 - 1,5AIQ$ ). As observações que estiverem acima ou abaixo desses limites são identificadas no diagrama e consideradas *outliers* ou valores atípicos (NAGUETTINI et. al., 2007). AIQ é a Amplitude Inter-Quartis ( $Q_3 - Q_1$ ).

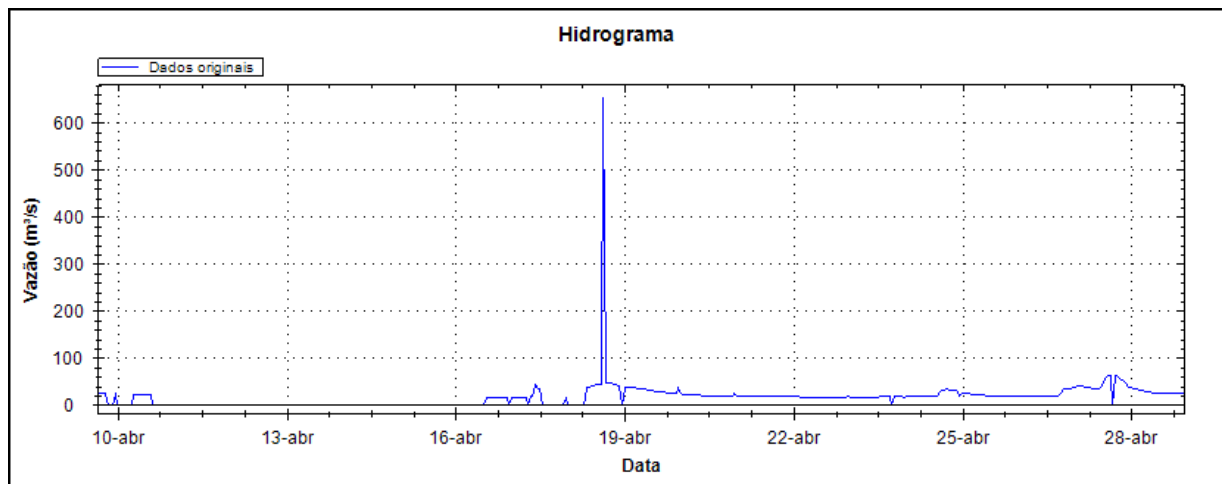


Figura 2 – Ilustração de *outliers*.

No programa de filtro de dados, é possível variar o valor do multiplicador de AIQ, caso seja desejado. Também há uma opção no programa para que os valores de  $Q_1$ ,  $Q_3$ , AIQ, limite superior, limite inferior e a porcentagem limite (que será explicada abaixo) apareçam no arquivo de saída filtrado.

A última parte do filtro considera como erros os dados que possuam uma variação brusca em relação a seu dado anterior e a seu dado posterior (Figura 3). É considerada uma porcentagem limite para esta variação, esta porcentagem é calculada para cada dado, conforme a equação (1).

$$\text{Porcentagem limite} = (Dif_1 + Dif_2) / (\text{Dado anterior} + \text{Dado posterior}) \quad (1)$$

$Dif_1$  = Diferença entre o dado em questão e o dado anterior

$Dif_2$  = Diferença entre o dado em questão e o dado posterior

O valor limite para esta porcentagem é de 2%, mas este valor também pode ser variado. O filtro de vazões também indica o número total de erros e falhas encontrados no arquivo filtrado.

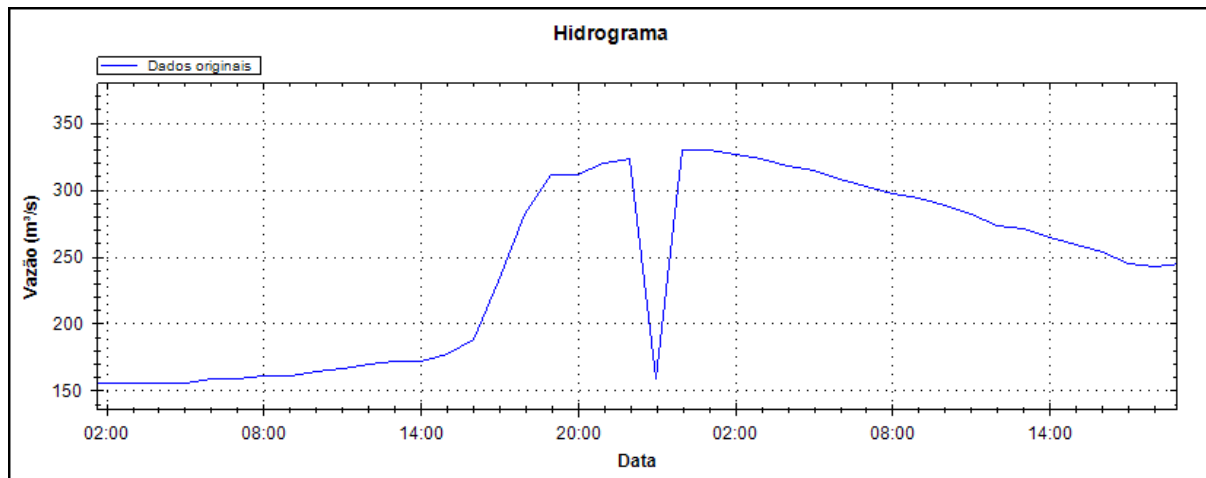


Figura 3 – Ilustração de uma variação brusca.

### Sugestão de valores

A última parte do programa é responsável por sugerir valores para os erros e falhas do arquivo filtrado. A sugestão de valores para erros ou falhas isolados, é baseada na média entre os valores anterior e posterior a ele. Quando dois ou mais valores consecutivos representam erros ou falhas, é considerado um crescimento ou decrescimento linear entre os valores em torno das falhas ou erros para preenchê-los.

### Visualização de gráficos

O programa oferece também a opção de exibir gráficos, tanto dos dados originais, quanto dos filtrados e corrigidos.

## RESULTADOS

### Janela do programa

A janela do programa (Figura 4) funciona de forma intuitiva. Primeiramente o arquivo de entrada com os dados originais deve ser carregado e o botão “Ler” aciona a rotina de leitura. Uma janela indicando que a leitura foi efetuada com sucesso aparece, e as caixas que representam o número de dados, o número de falhas e a porcentagem de falhas no arquivo original são preenchidas.

Em seguida, os dados devem ser filtrados marcando as opções de quais tipos de análises deseja-se realizar e os valores do multiplicador do AIQ ou da porcentagem limite, se necessário. Se for desejado criar um arquivo de saída com os dados filtrados, deve-se indicar local e o nome para o arquivo de saída. Após, clica-se o botão “Filtrar” e Uma janela indicando que o filtro funcionou corretamente aparece.

A última parte da janela é correspondente à parte de sugestão para as falhas e erros. Uma opção para “Completar somente erros isolados” pode ser marcada, caso contrário, todas as falhas serão preenchidas.

Hidrogramas dos dados originais, filtrados ou corrigidos podem ser gerados, para visualização gráfica dos resultados obtidos.

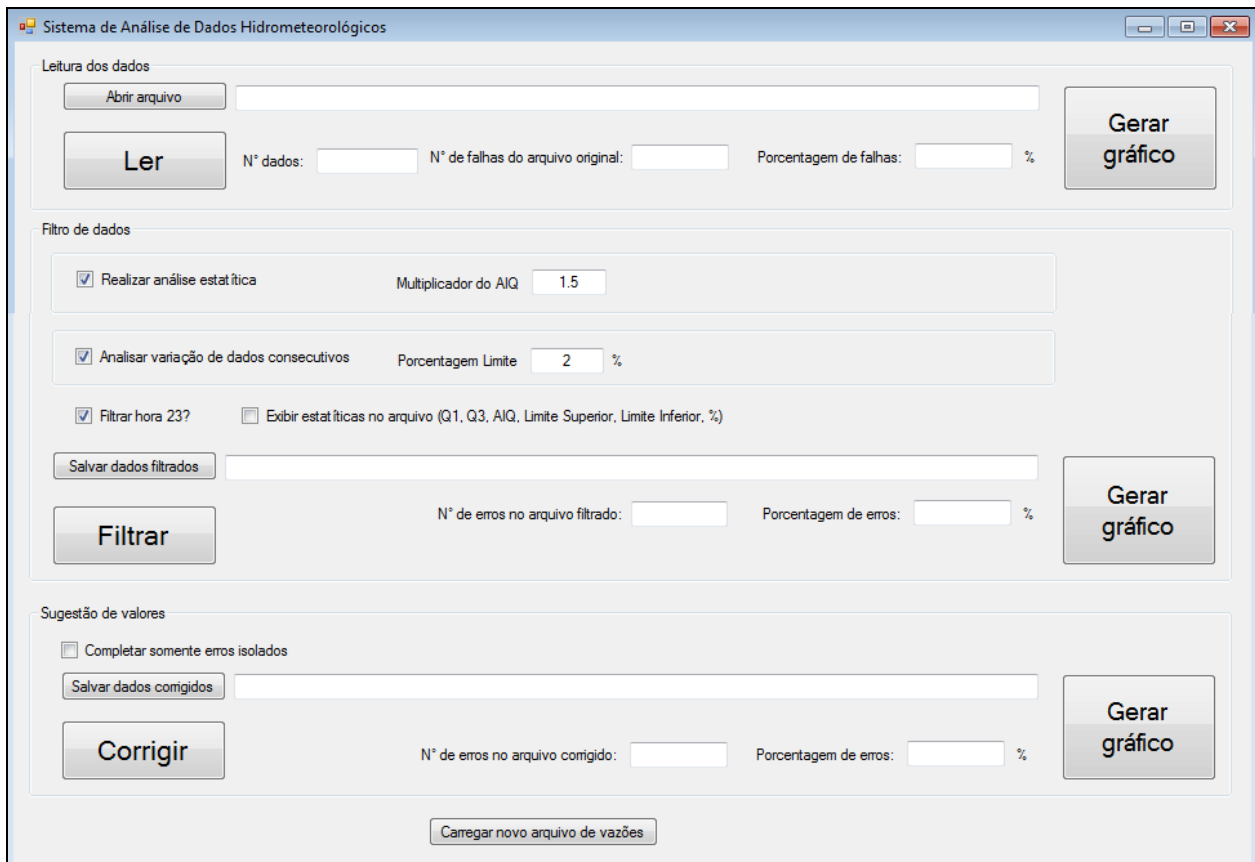


Figura 4 – Janela do Sistema de Análise de Dados Hidrometeorológicos

## Visualização dos resultados

O programa de análise de dados hidrometeorológicos foi testado em dados de estações pluviométricas, fluviométricas e linimétricas da bacia do Rio São Francisco.

A análise de gráficos é uma forma de evidenciar as diferenças entre os arquivos de entrada, com os dados originais e suas falhas, o arquivo filtrado, com as falhas do arquivo original e os erros encontrados através dos métodos de análise, e o arquivo corrigido, com os valores sugeridos para as falhas e erros. As figuras a seguir representam os dados originais (Figura 5), filtrados (Figura 6) e corrigidos (Figura 7) da estação Iguatama Montante, na bacia do Rio São Francisco.

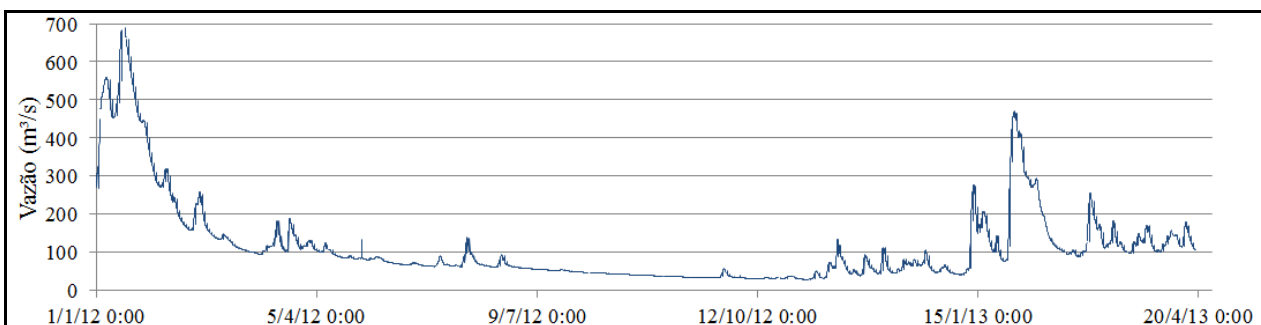


Figura 5 – Visualização gráfica do arquivo de dados originais

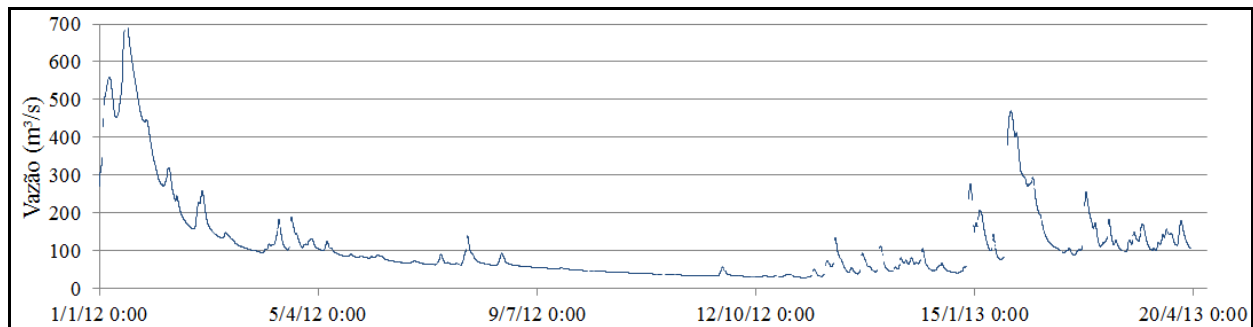


Figura 6 – Visualização gráfica do arquivo de dados filtrados

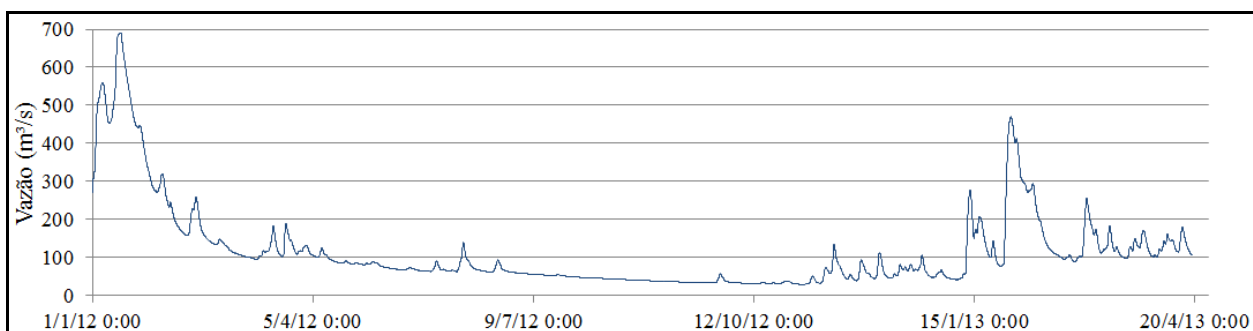


Figura 7 – Visualização gráfica do arquivo de dados corrigidos

## CONCLUSÕES

O sistema de análise de dados hidrológicos criado funcionou corretamente com os arquivos testados correspondentes a rede telemétrica da bacia do Rio São Francisco até a confluência com o Rio das Velhas, encontrando os erros e sugerindo valores para correção conforme o esperado. Entretanto, diversas limitações podem existir no sistema.

As análises estatísticas podem considerar como erros, valores de vazão que realmente são extremos, e certos erros reais podem passar despercebidos pelo filtro de dados. A sugestão de valores para as falhas e erros também pode conter erros, principalmente quando a série de dados corrigidos é muito longa.

Espera-se que o desenvolvimento do sistema seja continuado, e que ele seja utilizado para facilitar os estudos hidrológicos e auxiliar na Política Nacional dos Recursos Hídricos. Como próximo passo do projeto, o sistema será acoplado a um sistema de previsão de vazões para o uso em tempo real, e outras técnicas também serão testadas no filtro.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.

BRASIL, Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000.

NAGUETTINI, M., PINTO, E. J. A., (2007). *Hidrologia Estatística*, CPRM, Belo Horizonte/MG.

OLIVEIRA L.C.K., CANELLAS A.V.B. (1999). *Importância de dados Hidrometeorológicos Confiáveis no Gerenciamento de Recursos Hídricos*, Simpósio de Gestão de Recursos Hídricos de Gramado, Gramado/RS, Brasil.

SUGAI M.R.V.B., FILL H.D., GOMES J., (1999). *A Importância do Monitoramento na Gestão de Recursos Hídricos*, Simpósio de Gestão de Recursos Hídricos de Gramado, Gramado/RS.