

# UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES PARA A PLATAFORMA RIOSS

*Wilson Fadlo Curi<sup>1</sup> e Elioenai de Oliveira Morais Leal<sup>2</sup>*

**RESUMO** – Para melhor coletar, sistematizar, tratar, modelar, simular, analisar e disponibilizar informações com a finalidade de melhor representar, entender, gerenciar e comunicar aspectos socioeconômicos, ambientais e técnico-operacionais em sistemas de recursos hídricos superficiais está sendo desenvolvido um sistema de suporte a decisão (SSD), denominado RIOSS - Riverbasin Information and Operation Support System, que faz uso de técnicas de banco de dados, modelos matemáticos (como simulação, otimização e 'data mining') e técnicas servidor-cliente para web. Neste artigo é apresentado parte do sistema de banco de dados em desenvolvimento, que constitui-se no cerne de armazenamento e análises de dados espaço-temporais. A estrutura de banco de dados desenvolvida não requer alteração quando da incorporação de novas e relevantes variáveis espaço-temporais de sistemas de recursos hídricos precisarem ser armazenadas e analisadas. Tal estrutura foi projetada para dar suporte a implantação de modelos de simulação e otimização, assim como modelos de decisão, como análise multicriterial, para facilitar a análise do sistema por agências públicas (governos federal, estadual e municipal), privadas (companhias de abastecimento de água, indústria, irrigação, geração de energia, etc.) e da sociedade organizada (comitês de bacia, ONGs, etc.) em seus processos decisórios.

**ABSTRACT** – A decision support system (SSD) named RIOSS - Riverbasin Information and Operation Support System, which makes use of database techniques, mathematical models (such as optimization, simulation and 'data mining') and web client-server techniques, is being developed to better collect, systematize, treat, model, simulate, analyze, and make available the information for the purpose of better represent, understand, manage and communicate economic, environmental and technical operational aspects of riverbasin water resources systems. Part of the database system in development, which is at the heart of storage and spatio-temporal data analysis, is presented herein. The developed database structure does not require modification when data of a new relevant space-time variable needs to be stored and analyzed. Such a structure was designed to support the deployment of simulation and optimization models, as well as multicriterial decision analysis models, in order to facilitate the analysis of water resource systems regarding to public agencies (federal, State and municipal governments), private agencies (water supply companies, industry, irrigation, power generation, etc.) and organized society (basin committees, NGOs, etc.) decision-making.

**Palavras-chave:** Suporte a decisão, banco de dados, recursos hídricos.

---

<sup>1</sup>Professor Associado da UAF/CCT/UFCG, Av. Aprígio Veloso 882, 58109-970. Campina Grande, PB. E-mail: wfcuri@pesquisador.cnpq.br

<sup>2</sup>Bacharem em Eng. dos Materiais e técnico em informática, Campina Grande, PB, e-mail: elimorais.webdesigner@gmail.com

## 1 - INTRODUÇÃO

O Artigo 25 da Lei Federal 9.433/97 tem, como um dos seus instrumentos de gestão, o Sistema Nacional de Informações sobre os Recursos Hídricos – SNIRH, definido como sendo um “Sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos e fatores intervenientes em sua gestão”, e que “os dados gerados pelos órgãos integrantes do SINGREH serão incorporados ao SNIRH”. Os princípios básicos do SNIRH, citados no art. 26 da mesma lei, compreendem a descentralização da obtenção e produção de dados e informações, a coordenação unificada do sistema e o acesso aos dados e informações garantidos a toda a sociedade. Assim, os objetivos do SNIRH são: reunir, organizar, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil; atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional; e fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos. Estes virão, ainda, dar subsídios ao enquadramento, a outorga dos direitos de uso e a cobrança pelo uso de recursos hídricos. Neste sentido, o SNIRH não será apenas um instrumento para coleta, armazenamento e disseminação de dados, mas também um forte instrumento para ajudar nos processos decisórios em sistemas de recursos hídricos.

A gestão integrada do uso, controle e conservação das águas e meio ambiente envolve a consideração de uma grande diversidade de objetivos (econômicos, ambientais, sociais, técnico-operacionais, etc.), usos (irrigação, geração de energia, abastecimento, etc.) e alternativas. A gestão, planejamento e gerenciamento desses sistemas estão associados, geralmente,

- a investimentos de grande porte;
- vários tipos de decisores com diferentes pontos de vista (autoridades federais, estaduais e municipais; empresas comerciais ou industriais, companhias de eletricidade e saneamento, populações urbana e rural, etc.);
- diferentes usos consuntivos (abastecimento urbano e rural, agricultura irrigada, pecuária, indústrias, etc.) e não consuntivos (geração de energia, piscicultura, navegação, etc.);
- dinamismo ao longo da vida útil;
- diferentes características técnicas (implantação, operação e manutenção);
- necessidade de planejamento e políticas de implantação, operação e manutenção de longo prazo;
- diferentes formas de julgamentos (econômicos, sociais, ambientais, técnicos, políticos, legais, institucionais, etc.), métricas de julgamento (quantitativa ou qualitativa) e ordem de grandeza (valores pequenos e grandes);

- aspectos operacionais (físicos, legais, ambientais, sociais, prioridades de uso, falhas no atendimento, etc.);
- existência de conflitos e,
- incertezas de diversas naturezas.

Portanto, a adequação de cada possível tomada de decisão deve ser feita levando-se em conta os importantes aspectos dinâmicos qualitativos e quantitativos inerentes ao sistema, além dos diferentes pontos de vista dos decisores em uma gestão participativa, como previsto pela Lei Federal 9433/97. Para atingir este objetivo se faz necessário levar em consideração, além das informações relativas aos aspectos físicos, outras relevantes variáveis socioeconômicas, ambientais, operacionais, etc. No entanto, cada bacia hidrográfica tem características peculiares distintas em termos de aspectos socioeconômicos e ambientais, assim como a implantação de novas intervenções hídricas, mudança de regras de operação ou de usos da água afetam estes aspectos e, portanto, requerem que o banco de dados seja flexível o suficiente para capturar suas dinâmicas temporais intrínsecas. Deve ser previsto, ainda, a transformação destes dados espaço-temporais em informações úteis ao processo de tomada de decisão. Neste caso, deve-se prever uma interface entre banco de dados e modelos de otimização e simulação, identificação e quantificação de indicadores e índices (obtidos via operadores simples ou complexos que venham atuar sobre os dados disponíveis) e apoio a processos decisórios via análises multicriteriais.

Dentro deste contexto está sendo desenvolvido o Sistema de Informação do Riverbasin Information and Operation Support System, SI-RIOSS ([www.rioss.com/sistema](http://www.rioss.com/sistema)), objeto deste artigo. O RIOSS é um software para web que visa integrar sistemas de informações, modelos matemáticos, modelos decisórios, etc., com vistas a auxiliar o processo de tomada de decisão de sistemas de recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica.

O grupo de pesquisa GOTA - Grupo de Otimização Total da Água, acessado pelo site [www.gota.eng.br](http://www.gota.eng.br), vem desenvolvendo modelos de simulação e otimização com vistas a análise integrada quali-quantitativa de sistemas de recursos hídricos (Firmino, 2007, Santos, 2007 e 2011, Vieira, 2007 e 2011, Vieira et. all, 2012, e Rodrigues, 2007, entre outros). O foco de tais modelos estão na linearização das não-linearidades inerentes aos sistemas de recursos hídricos e na identificação de indicadores socioeconômico e ambientais, com vistas a aplicar métodos de programação linear, que não tenham as limitações dos algoritmos baseados em redes de fluxo (MODSIM, ACQUANET, MIKE BASIN, IRIS, etc.), a um problema de natureza multi-objetivo. O sistema RIOSS visa integrar os trabalhos de pesquisa desenvolvido pelo GOTA.

## 2 – ESTRUTURA DO SISTEMA RIOSS

Existem várias discussões na literatura sobre novas tecnologias em SAD, tais como, “soft computing”, SAD baseado em aporte computacional, SAD baseado em Restrições, SAD’S Cooperativos, Data Warehouses, OLAP (On Line Analytical Processing), mineração de dados, heurísticas, etc.. Em Carlsson e Turban, 2002, é dado um “panorama” dos Sistemas de Apoio a Decisão para a próxima década, onde é relatado uma grande interação com a Internet, e foca em 4 pontos: (i) os métodos e instrumentos para resolver problemas não-estruturados e semi-estruturados; (ii) Os sistemas interativos que utilizam exaustivamente a Internet; (iii) Os sistemas direcionados para o usuário final (iv) a separação de Dados e Modelos nas aplicações que promete gerar uma maior eficiência na modelagem. Dentro deste contexto, o modelo que se pretende desenvolver tem como características estruturais:

- 1) **Formatador de Dados:** Realiza a conversão dos dados. Pode ser de conversão de unidades até a conversão de dados geográficos e alfanuméricos obtidos; para dados manipuláveis pelo Analisador. Dentro deste contexto, pretende-se, neste projeto, fazer uso de conceitos de metrologia para definir, dinamicamente, as variáveis do problema e suas unidades.
- 2) **Banco de Dados (BD):** Possuem dados (parâmetros, padrões, variáveis, indicadores e índices) associados aos aspectos sociais (população, atividades, práticas culturais, etc.), ambientais (dados hidro-climáticos, solos, cobertura vegetal, etc.), legais/institucionais (legislação, diretrizes políticas, etc.), técnicos (dados relacionados com açudes/reservatórios, canais, geração de energia, atividades de piscicultura, agricultura irrigada, etc.) e operacionais (limites operacionais das estruturas hidráulicas, de consumo, de disponibilidade, de minimização de impactos ou riscos, etc.) da região em estudo. A Figura 1 mostra como os dados vêm sendo trabalhados (pesquisadas e desenvolvidas) pelos pesquisadores do Grupo de Otimização Total da Água - GOTA ([www.gota.eng.br](http://www.gota.eng.br)). O MySQL tem sido o banco de dados utilizado.
- 3) **Banco de Algoritmos:** Pode possuir vários tipos de algoritmos para solução dos problemas (métodos numéricos de simulação, otimização, ajustes de curvas, etc.). O banco de algoritmos (ou de modelos) será o principal responsável por determinar os indicadores de eficiência e sustentabilidade de um sistema de recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica permitindo aos usuários avaliar o desempenho, em termos de relações causa-efeito, do sistema. Dentro deste contexto, modelos de simulação e otimização de recursos hídricos com aspectos quali-quantitativos e integrados, multiobjetivos e múltiplos usos têm sido desenvolvidos e aprimorados (trabalhos de pesquisa podem ser verificados em

www.gota.eng.br na seção bibliografia-> teses e dissertações) na busca de melhores formas de operação (incluindo outorga) e minimização de conflitos (via análise multicriterial).

- 4) **Analizador/Controlador:** Atua como o módulo principal, por controlar a ativação de todos os outros módulos quando da requisição de uma ação (armazenamento de dados, simulação, otimização, consultas, etc.). O design deste módulo requer cuidados quando da facilidade de acesso e manuseio das (um grande número) informações pelo usuário, o que será fator determinante para a aplicabilidade do software na prática. Dentro deste contexto, a estruturação sistêmica da solução do problema e a escolha apropriada de ferramentas computacionais se tornam relevantes no sentido a facilitar o uso do SAD, assim como ampliar sua acessibilidade (via WEB), como mostrado na Figura 2.

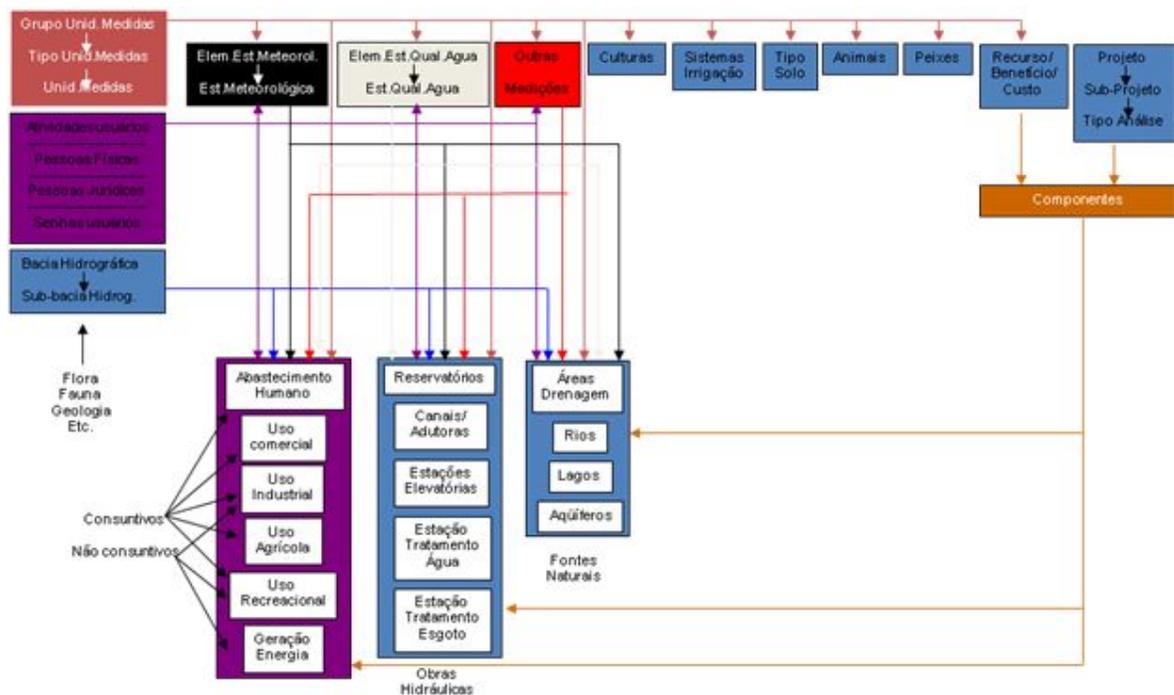


Figura 1 – Possível estrutura organizacional de um BD para um SAD em sistemas de recursos hídricos

### 3 – SISTEMA DE INFORMAÇÕES DO RIOSS

Dado o requerimento da adequação da estrutura de dados ao caráter multiobjetivo (Figura 1) e multicriterial do SSD (RIOSS) que sendo desenvolvido, este é baseado em conceitos de metrologia com as características mostradas na Figura 3. Este tem sido um dos mais importantes tópicos de desenvolvimento deste sistema, em que a funcionalidade do Sistema de Informações do RIOSS (SI-RIOSS) permite aos usuários incluírem diferentes séries de dados temporais que envolvam diferentes unidades de medidas, diferentes grandezas, diferentes dimensões, entre outros. Os

usuários podem, também, cadastrar e fazer uso das unidades de medidas existentes nos diversos sistemas de unidades (MKS, CGS, etc.) e trabalhar com elas.

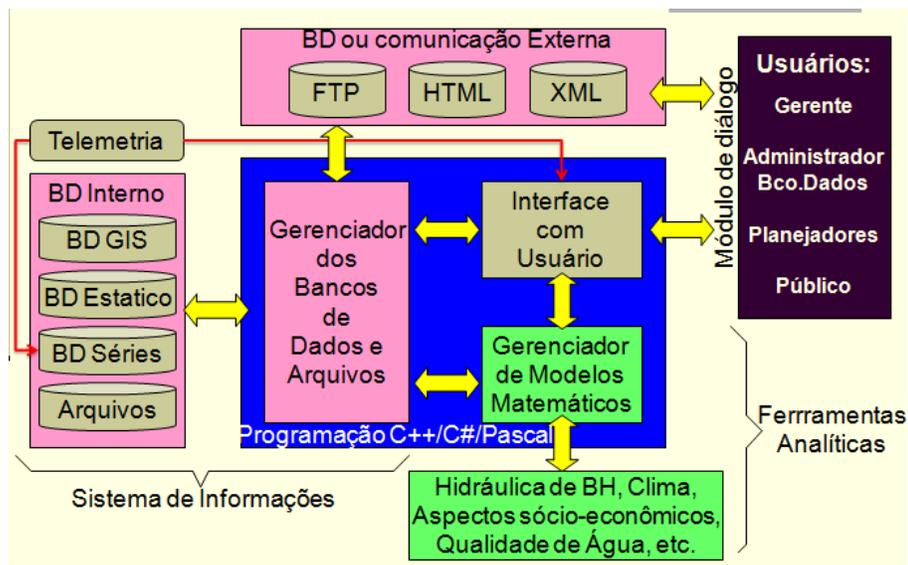


Figura 2: Estrutura do SAD

Para utilizar os conceitos de metrologia na estruturação de um banco de dados 'dinâmico' (as vezes chamado de 'vetorial'), faz-se necessário caracterizar as unidades de medida, as variáveis do problema e as potenciais estações de medição, conforme mostra a Figura 1. Com relação a caracterização das unidades de medida, foram criados e estão sendo aprimorados dois módulos para caracterizar as unidades de medida: tipos de unidade de medida (como exemplo: área, comprimento, densidade, massa, entre outras) e unidades de medida (como no exemplo da área tem-se, acre, centímetro quadrado, quilômetro quadrado, metro quadrado, entre outros).

Uma vez caracterizada as unidades de medida, pode-se caracterizar e mensurar as várias variáveis do problema. Dentro deste contexto, tem sido desenvolvido e aprimorado, até o momento, quatro módulos: o grupo de variáveis (caracterização como meteorológica, qualidade da água, etc.), os tipos de variáveis (tais como precipitação, volume, etc.), as classes das variáveis (são níveis de valores que podem caracterizar ou qualificar os valores das variáveis) e os valores das variáveis (que podem assumir até três dimensões). Outros módulos associados as definições das variáveis estão sendo desenvolvidos (a exemplo da função utilidade e dos indicadores, como pode ser observado na Figura 1).

Uma vez caracterizadas as unidades de medida e as variáveis do problema, estas poderão ser, então, mensuradas e armazenadas num banco de dados apropriado. As mensurações estão associadas a estruturas de dados denominadas de Estações de Medições, que tem associado a elas vários aspectos descritivos, as variáveis e os valores propriamente ditos destas variáveis.

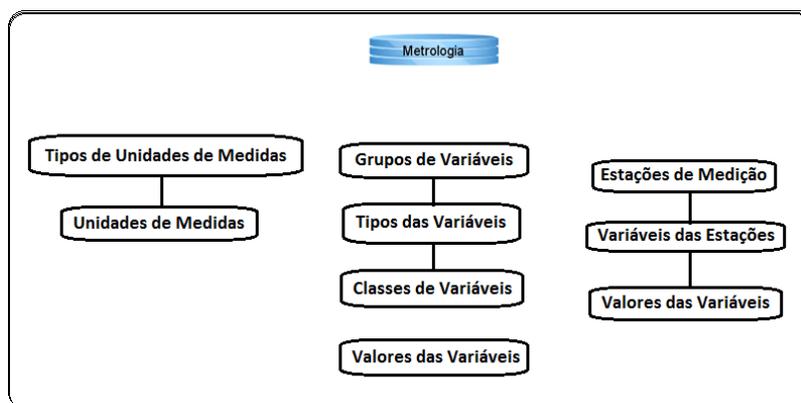
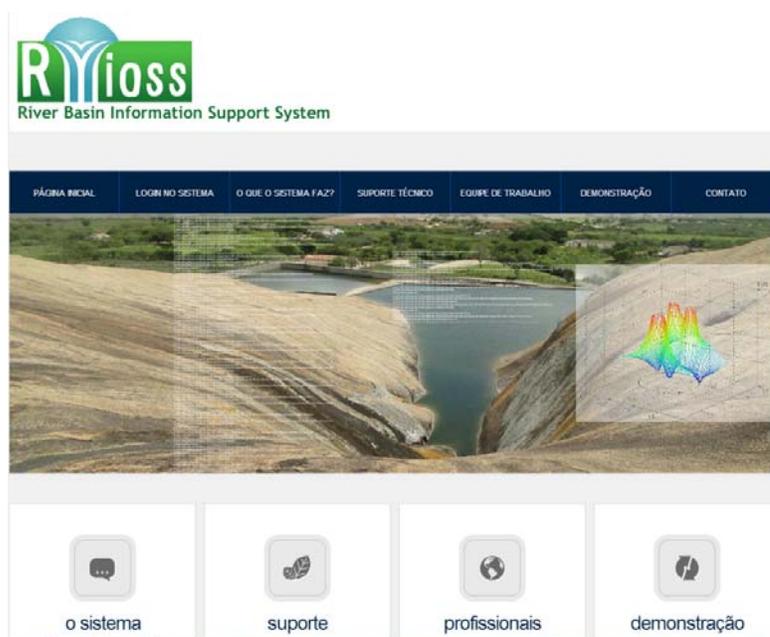


Figura 3 - Módulos para estruturação de armazenamento de dados seguindo conceitos de metrologia

Esta estrutura de dados permite cadastrar quaisquer tipos de informações temporais que sejam relevantes ao estudo de sistemas de recursos hídricos em uma bacia hidrográfica. Além disso, estas 'estações de medições' poderão estar associadas e caracterizar, genericamente, quaisquer aspectos relevantes dos componentes do sistema (reservatórios, rios, cidades, etc., conforme mostra a Figura 4). Mais ainda, os resultados oriundos de processos de otimização ou simulação também serão armazenados na forma de estações de medição e estes dados poderão ser utilizados para compor indicadores e índices, que poderão ser utilizados como critérios de decisão em uma análise multicriterial (conforme mostra a Figura 2). A Figura 5 mostra como esta sendo feito o desenvolvimento do SI-RIOSS para a WEB (disponível em [www.rioss.com/sistema](http://www.rioss.com/sistema)).





Seja bem vindo ao gerenciador

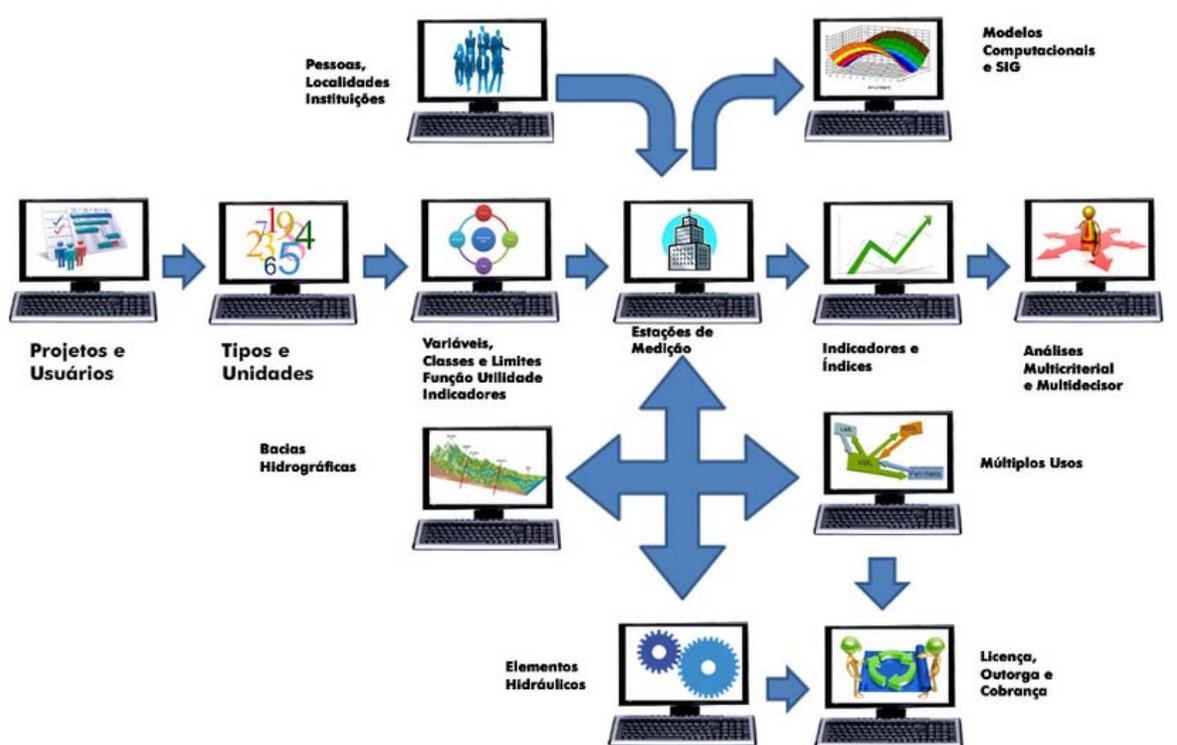


Figura 4 - Interfaces de abertura do sistema SI-RIOSS na WEB ([www.rioss.com/sistema](http://www.rioss.com/sistema))

## 5 – CONCLUSÃO

O presente trabalho apresentou um sistema de informações, denominado SI-RIOSS, para séries temporais que está sendo desenvolvido em linguagem PHP (para WEB) e com o banco de dados MySQL com vistas a incorporar aspectos multidisciplinares e multiobjetivos na caracterização de um sistema de recursos hídricos, em especial os superficiais. Para atingir essa meta, fez-se uso de conceitos de metrologia, para caracterizar as variáveis do sistema. Variáveis intrínsecas a caracterização de cada sistema de recursos hídricos podem ser facilmente implementadas, sem a necessidade de fazer qualquer alteração no software.

[Projetos e Usuários](#) → [Lugares, Pessoas e Instituições](#) → [Sistemas de Medição](#) → [Bacia Hidrográfica](#) → [Elementos Hidráulicos](#) → [Usos](#) → [Análises](#) → [Relatórios](#)

### Sistema de Medição

Nome

Grupo de Variável: **Monetária** ▼

Pessoas **RIOSS** ▼

Instituição **Universidade Federal de Campina Grande** ▼

Subacia **Conde** ▼

Localidade **Campina Grande** ▼



Mapa | Satélite

Dados cartográficos ©2014 Google | Termos de Uso | Informar erro no mapa

[Projetos e Usuários](#) → [Lugares, Pessoas e Instituições](#) → [Sistemas de Medição](#) → [Bacia Hidrográfica](#) → [Elementos Hidráulicos](#) → [Usos](#) → [Análises](#) → [Relatórios](#)

#### Criando uma Variável

Usuário: Wilson Curi / Cenário: A Água do Projeto Bacias Hidrográficas

Nome

Sigla

Grupo de Variável: **Meteorológica** ▼

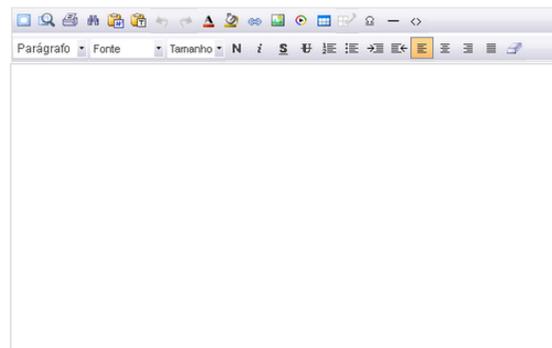
Tipo de Unidade de Medida: -- ▼

Unidade de Medida: -- ▼

Dimensão: **1** ▼

Valor escalar 1, ou vetorial, com até 3 dimensões.

Descrição:



Avançar »

Figura 5 - Algumas telas de caracterização de uma estação de medição do SI-RIOSS

Além disso, a estrutura do banco de dados desenvolvida foi planejada para trabalhar, de forma integrada, como modelos matemático-computacionais (de simulação, otimização multiobjetivo e análises multicriteriais e multidecisores que vem sendo desenvolvido e continuamente aprimorado pelo grupo GOTA) que venham auxiliar no processo decisório em sistemas de recursos hídricos.

## BIBLIOGRAFIA

CARLSSON, C.; TURBAN, E. (2002), DSS: directions for the next decade. *Decision Support Systems* 33. 105–110.

FIRMINO, M. B. M. F., (2007). META-F: UM MODELO DE OTIMIZAÇÃO QUALI-QUANTITATIVO PARA OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS DE ÁGUAS FLUVIAIS. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Orientador: Wilson Fadlo Curi.

RODRIGUES, A. C. L. R., (2007), Nova proposta de operação de outorga aplicada a reservatórios - estudo de caso: bacia hidrográfica do rio Piancó. Tese Doutorado em Recursos Naturais - Universidade Federal de Campina Grande, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Orientador: Rosires C. Curi.

SANTOS, V. S., CURI, W. F., CURI, R.C.C., VIEIRA, A. S., 2011, Um modelo de otimização multiobjetivo para análise de sistemas de recursos hídricos I: Metodologia. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos.* , v.16, p.49 - 60,

SANTOS, V.S., CURI, W. F., CURI, R.C.C., VIEIRA, A. S., 2011, Um modelo de otimização multiobjetivo para análise de sistemas de recursos hídricos II: Aplicação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos.* , v.16, p.61 - 71,

VIEIRA, A.S., (2007), Um modelo de simulação, via programação linear seqüencial, para sistemas de recursos hídricos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande. Orientador: Wilson F. Curi, disponível em [www.gota.eng.br](http://www.gota.eng.br) na seção biblioteca/teses e dissertações.

VIEIRA,A.S., (2011) Modelo de simulação quali-quantitativo multi-objetivo para o planejamento integrado de sistemas de recursos hídricos. 296 f. Doutorado em Recursos Naturais - Universidade Federal de Campina Grande, em [www.gota.eng.br](http://www.gota.eng.br) na seção biblioteca.

VIEIRA, A.S., CURI, R.C., CURI, W.F., SANTOS,V.S., 2012, Um modelo de simulação, via Programação Linear Seqüencial com Artíficos de Linearização, para Sistema de Recursos Hídricos Parte 1 e Parte 2: Modelo e Aplicação. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos.* , v.17, p.33 - 51.