

## Sistema de Suporte a Decisões para Operação dos Grandes Sistemas Produtores da SABESP com Uso de Tecnologia de Sistemas de Informações Geográficas (SIG)

André Schardong<sup>1</sup>  
Honório Lisboa Neto<sup>1</sup>  
Silvana Susko Marcellini<sup>1</sup>  
Alexandre Nunes Roberto<sup>1</sup>  
Joaquín Ignacio Bonnacarrère Garcia<sup>1</sup>  
Cristiano de Pádua Milagres Oliveira<sup>1</sup>  
Arisvaldo Vieira Mélo Jr<sup>2</sup>  
Rubem La Laina Porto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LabSid (Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária (PHD) da EPUSP

Av. Prof. Almeida Prado, n. 83, trav. 2, sala S27 – Cidade Universitária –

CEP: 05.508-900 – São Paulo/SP

[andreschardong@gmail.com](mailto:andreschardong@gmail.com); [hlneto@gmail.com](mailto:hlneto@gmail.com); [silvana.marcellini@poli.usp.br](mailto:silvana.marcellini@poli.usp.br);  
[nunesanr@usp.br](mailto:nunesanr@usp.br); [joaquinbonne@gmail.com](mailto:joaquinbonne@gmail.com); [cristiano.oliveira@poli.usp.br](mailto:cristiano.oliveira@poli.usp.br); [rlporto@usp.br](mailto:rlporto@usp.br)

<sup>2</sup>Depto de Engenharia Agrônômica da UFS; Av. Marechal Rondon, s/n, Jardim Roza Elze, São Cristóvão; SE; Brasil; CEP 49100-000; (79) 3212-6927;

[arisvaldomello@ufs.br](mailto:arisvaldomello@ufs.br)

**Abstract:-** The paper describes the updates that are being applied to the Decision Support System, which was built to improve the operation of the main Sao Paulo Metropolitan Region water supply systems. It presents the main concepts about Decision Support Systems in general, a brief description about the water supply systems under study, the main techniques and the mathematical models that are being used.

**Palavras-chave:** Decision Support System, Geographic Information System, Sistemas de Suporte a Decisões, Sistemas de Informações Geográficas.

## Introdução

A necessidade de operar todo o sistema de recursos hídricos, os conflitos provocados pelos múltiplos usos da água e a operação integrada de vários reservatórios, o cumprimento de exigências ambientais e a eficiência econômica da operação tornam a análise extremamente complexa e dificultam a tarefa de se estabelecer políticas operacionais eficientes. Torna-se necessário, portanto, o uso de ferramentas de análise que sejam robustas e de fácil utilização, que permitam a leitura de grandes quantidades de dados e que forneçam resultados consistentes para subsidiar a resolução dos conflitos e para auxiliar a gestão integrada da bacia. Estas ferramentas podem ser fornecidas em sistemas computacionais chamados Sistemas de Suporte à Decisões (SSD). Esses sistemas utilizam potentes gerenciadores de banco de dados para manipulação de informações e modelos de otimização e de simulação que usam algoritmos matemáticos específicos e requerem a assistência de ferramentas de modelagem computacional para resolução. A SABESP opera sistemas produtores de água para abastecimento público em vários municípios do Estado de São Paulo, mas a maior demanda é para a Região Metropolitana de São Paulo onde estão localizados os maiores sistemas e onde a complexidade na operação dos mesmos aumenta. A empresa opera os sistemas visando políticas operacionais que reduzam os riscos de desabastecimento e proporcionem ganhos econômicos, mediante decisões que balanceiem o atendimento da demanda presente com a constituição de reservas estratégicas para suprir as demandas em caso de ocorrência de futuras estiagens críticas. O primeiro SSD desenvolvido para a SABESP tinha por objetivo desenvolver e aperfeiçoar um conjunto de técnicas matemáticas, instrumentos tecnológicos, sistemas computacionais, critérios e procedimentos que apoiassem a tomada de decisões visando operar mais eficazmente os grandes sistemas produtores de água para a Região Metropolitana de São Paulo, Porto et al. (1999 e 2001). O SSD em desenvolvimento apresenta como características básicas uma interface gráfica com ferramentas de informação geográfica e uma nova forma de integração de modelos matemáticos. Neste artigo serão apresentados detalhes do funcionamento do segundo SSD para operação dos grandes sistemas produtores de água da SABESP, denominado SSD2, mais detalhes podem ser encontrados em Porto et al.(2006).

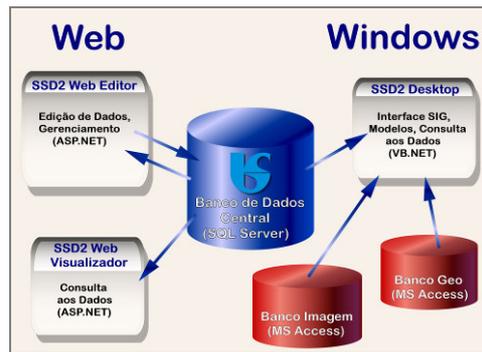
## Estrutura do Sistema

A base de dados principal está sendo migrada do MS Access para o MS SQL Server 2000, que é um gerenciador de base de dados robusto e seguro, capaz de suportar grande número de acessos simultâneos e com uma grande capacidade de armazenamento de dados. Este gerenciador também possui vantagens no quesito segurança em relação ao MS Access.

Além da base de dados, o sistema é formado por:

- SSD2 Desktop: interface para Windows que utiliza tecnologia SIG para visualização dos dados.
- SSD2 Web Editor: Gerenciamento do sistema e atualização de dados via Internet.
- SSD2 Web Visualizador: Visualização simplificada dos dados via Internet.

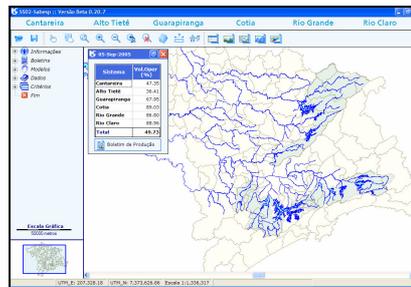
O esquema geral da estrutura do SSD é apresentado na **Figura 1**. Os dados tabulares são armazenados no Banco de Dados SQL Server (Banco Central) e os dados com informações puramente geográficas e imagens de satélite são armazenados em bancos de dados locais, utilizando gerenciador MS Access.



**Figura 1 – Esquema com a Estrutura Geral do SSD**

### SSD2 Desktop

É apresentada uma descrição da interface da operação do Sistema de Suporte a Decisão para Operação dos Grandes Sistemas Produtores da Sabesp. A tela principal deste sistema - SSD2 Desktop, em seu estágio atual, está apresentada na **Figura 2**.



**Figura 2 - Tela inicial do SSD2 Desktop**

### Barra dos Sistemas

Situada na parte superior da tela, esta barra contém botões com os nomes dos seis grandes sistemas produtores da Sabesp. É uma forma alternativa de se escolher com qual sistema se irá trabalhar.

### Barra de Botões

Localizada logo abaixo da barra dos Sistemas, possui um conjunto de botões que possibilitam o acesso à maior parte das funcionalidades do SSD2 Desktop.



- **Medidas:** acessa o menu onde o usuário pode escolher entre calcular a distância entre dois pontos clicados na tela, a distância acumulada ao longo de vários pontos clicados seqüencialmente, o comprimento de uma linha ou ainda a área de um polígono por ele selecionado. Clicando no botão, aparece um menu com as opções disponíveis, conforme mostrado na **Figura 3**. Estas opções são:

- *Distância:* o usuário clica dois pontos na tela do mapa principal e é mostrada a distância entre eles. Se a distância for menor que 1 km ela será mostrada em metros, se for maior será mostrada em quilômetros.
- *Dist. Acumulada:* o usuário clica uma seqüência de pontos na tela do mapa principal e é mostrada a distância total entre o ponto inicial e o final. Se a distância total for menor que 1 km ela será mostrada em metros, se for maior será mostrada em quilômetros.
- *Comprimento(km):* o usuário clica sobre um elemento tipo linear (rio, rodovia, etc.) e é mostrado o comprimento deste elemento em quilômetros.

- *Área (km<sup>2</sup>)*: o usuário clica sobre um elemento tipo poligonal (limite municipal, represa, etc.) e é mostrada a área deste elemento em km<sup>2</sup>.

Todas estas funções ficam ativas após apresentarem o seu resultado, possibilitando ao usuário múltiplas utilizações, sem necessidade de acionar a ferramenta repetidas vezes. Para desativar a ferramenta basta clicar com o botão direito do mouse em qualquer lugar do mapa principal.



**Figura 3 - Menu do botão “Medidas”**



**Ferramentas**: acessa o menu de ferramentas, onde o usuário pode escolher entre traçar uma área limite, localizar um determinado elemento de um layer, fazer uma seleção de elementos filtrados por um ou mais de seus atributos ou ainda criar um layer com os elementos selecionados na tela. Clicando no botão, aparece um menu com as opções disponíveis, conforme mostrado na **Figura 4**. Estas opções são:

- *Área Limite*: permite ao usuário desenhar uma área qualquer no mapa principal para ser usada como um filtro geométrico, possibilitando a seleção de elementos que estão dentro ou fora da área traçada. Esta opção possui os seguintes sub-itens:



**Figura 4 - Menu do botão “Ferramentas”**

- *Desenha*: permite ao usuário criar um polígono, que será a Área Limite desejada. A cada clique sobre o mapa principal será inserido um vértice do polígono. Para informar ao programa que o polígono já está completamente desenhado o usuário deve clicar com o botão direito do mouse.

- *Edita*: acionando esta opção, o cursor fica habilitado para edição do polígono que representa a Área Limite. Pode-se então: mover um vértice ao clicar sobre ele e, mantendo o botão do mouse pressionado, arrastar o cursor para a nova posição que este vértice deve assumir; apagar um vértice ao clicar sobre ele; e inserir um novo vértice ao clicar no ponto qualquer do mapa principal. Para encerrar a função basta clicar com o botão direito do mouse.

- *Apaga*: apaga a Área Limite. Caso a Área Limite ainda não tenha sido gravada no Banco, será fornecida ao usuário a opção de salvá-la antes que ela seja apagada.

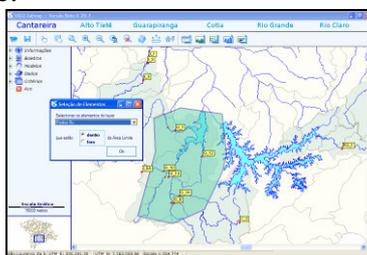
- *Captura*: além da possibilidade de desenhar uma Área Limite, o usuário pode capturar um ou mais polígonos existentes na tela e convertê-los em uma Área Limite. Após a escolha desta opção, cada clique sobre um polígono qualquer da tela acrescentará este polígono à Área Limite que está sendo formada. Para terminar a seleção de polígonos deve-se clicar com o

botão direito do mouse. Cabe ressaltar que na captura de múltiplos polígonos, eles não precisam ser necessariamente adjacentes.

- *Lê do Banco...:* esta opção permite ler do banco uma Área Limite que tenha sido previamente gravada. Será fornecida ao usuário a lista com as Áreas Limites existentes no Banco, onde deverá ser feita a escolha de uma delas.

- *Salva...:* grava no Banco a Área Limite presente no mapa. Ao clicar nesta opção será aberta uma janela para escolha do nome a ser dado para esta Área Limite.

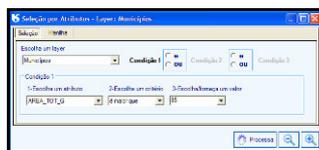
- *Dentro/Fora:* esta opção permite selecionar os elementos de um layer escolhido pelo usuário, que estejam dentro ou fora da Área Limite. Ao clicar nesta função uma janela será aberta para escolher dentre os layers ativos aquele que contém os elementos que devem ser selecionados, e para que seja escolhida a região de seleção (Dentro ou Fora da Área Limite). No exemplo mostrado na **Figura 5**, deseja-se selecionar os postos fluviométricos que se encontram dentro da Área Limite.



**Figura 5 - Seleção de elementos via Área Limite**

Estas funções relacionadas à Área Limite podem ser habilitadas também a partir de um clique com o botão direito do mouse.

- *Seleção por Atributo:* esta opção abre uma janela, mostrada na **Figura 6**, onde se pode selecionar e/ou localizar elementos de um layer que satisfaçam determinados critérios de escolha. Esta função foi concebida para responder a perguntas do tipo: “Quais os postos fluviométricos do Rio Cotia que se encontram no município de Carapicuíba?” ou ainda: “Quais são os municípios que possuem área maior que 85 km<sup>2</sup>?”. Podem ser combinadas até 3 condições a serem satisfeitas, podendo estas combinações serem do tipo “e” ou “ou”.



**Figura 6 - Seleção por Atributos**

Clicando-se no botão , será mostrada a planilha com os resultados da seleção proposta.



**Planilha Geral dos Sistemas:** este botão mostra a planilha com as informações (Volumes e Chuva), totalizadas para todos os Sistemas produtores.



**Informações do Sistema Corrente:** mostra uma tela com o esquema do Sistema corrente e possibilita acesso a informações mais detalhadas. Apresentam-se agora as telas para os demais Sistemas, já com o quadro com os volumes totais e com um botão a mais: . Este botão abre uma tela onde é mostrada a evolução dos volumes das represas de um Sistema para até 6 anos diferentes. A **Figura 7** mostra a tela para um dos Sistemas selecionados.



Figura 7 - Esquema do Sistema Cantareira



**Evolução dos Volumes:** este botão abre a tela onde pode ser visualizada a evolução diária dos volumes operacionais (em %) do Sistema corrente. As curvas mostradas são as porcentagens do Vol. Operacional observado em relação ao Vol. Operacional máximo, obtidos através da soma dos volumes de cada represa que compõem o Sistema.



**Volumes Mensais:** botão que mostrará os gráficos da evolução dos níveis mensais nos últimos dois anos para as represas que compõem o Sistema corrente e o gráfico totalizado do Sistema. Esta tela também será acessível através do botão , localizado na tela de informações do Sistema.



**Balanço Hídrico:** este botão abre uma nova janela onde serão mostradas, de uma forma sucinta, as informações que compõem o balanço hídrico do Sistema corrente. Esta janela também será acessível através do botão , localizado na tela de informações do Sistema.



**Exportação Dados para Google Earth:** a partir deste botão é possível exportar a lista de postos hidrometeorológicos do sistema para o Google Earth, conforme **Figura 8**.

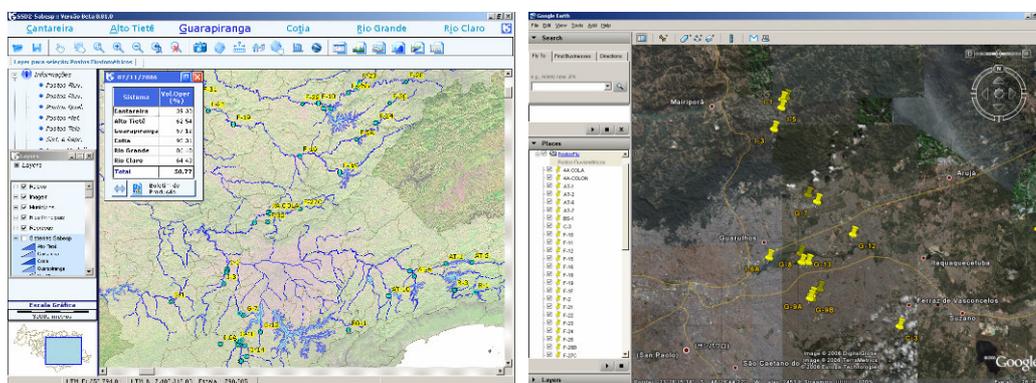


Figura 8 - Esquema do Sistema Cantareira

## SSD2 Web Editor - Interface de Atualização de Dados

A seguir serão detalhadas as funções referentes à interface de atualização dos dados.

- **Boletins:** neste item são inseridos e atualizados os dados do Cabeçalho (valores mensais), Planilha (valores diários) e Planilha de Produção. Os dados de produção de água podem ser lidos do Sistema SCOA da Sabesp. Os dados fornecidos pelo SCOA serão exibidos na planilha e o usuário deverá acionar o botão “Salvar” para inserir no banco de dados. Na **Figura 9** é exibida a planilha onde os dados do cabeçalho são inseridos.

Dia	Represa Jaguar/Jacaré			Represa Cachoeira			Represa Atibaia			Represa Parnaíba		
	Nível	Plu	Q.3m	Nível	Plu	Q.3m	Nível	Plu	Q.3m	Nível	Plu	Q.3m
1	832,35	10,20	3,2500	815,84	0,00	4,0400	784,31	0,00	2,0000	744,74	0,00	0,00
2	832,28	7,80	4,0000	815,85	13,80	4,0500	784,35	7,40	2,0000	744,75	48,00	0,00
3	832,24	11,00	4,0000	815,90	26,00	4,0600	784,38	4,80	2,0000	744,68	7,00	0,00
4	832,20	0,00	2,5000	815,90	0,00	2,5000	784,39	0,00	1,2800	744,64	0,00	0,00
5	832,14	0,00	2,0000	815,93	0,00	2,0000	784,40	0,00	1,0400	744,63	0,00	0,00

**Figura 9 – Página para preenchimento dos dados do Cabeçalho**

- **Parâmetros**: os parâmetros de qualidade da água e meteorológicos podem ser modificados e novos podem ser inseridos. Assim sendo é possível incluir novos parâmetros no banco à medida que novas variáveis forem monitoradas, sem necessidade de alteração do código fonte da aplicação. Na **Figura 10** é exibida a página de inclusão e alteração de parâmetros de dados meteorológicos.

Parâmetros Meteorológicos

Parâmetros:

Nível 1: [Cobertura do Céu em Oitavas] [v]

Nível 2: [Altas] [v]

Nível 3: [v] [v]

Nome: [Altas]

Unidade: [v]

[Salvar] [Excluir] [Limpar]

\* Não é possível acduir parâmetros de posto meteorológicos

**Figura 10 – Página de Edição de Parâmetros de Dados Meteorológicos**

- **Dados Hidrológicos**: neste item é possível cadastrar postos (ou pontos) de monitoramento de dados de chuva, vazão, qualidade da água, meteorológicos, telemétricos e contribuição natural. A frequência de coleta dos dados:

- dados de chuva são diários (chuva total acumulada no dia).
  - dados de vazão são calculados a partir dos valores de cota ou altura do nível d'água com o uso das curvas-chave, definidas pelo usuário.
  - dados de qualidade da água podem ser inseridos no banco de dados em intervalos de dados fixos ou constantes.
  - dados de contribuição natural são gravados na base de dados com frequência mensal.
- Na **Figura 11** é apresentada a página de cadastro e atualização de postos hidrológicos.

Postos Hidrometeorológicos/Locais de Coleta

Filtrar por Tipo: [Todos] [v]

Filtrar por Sistema: [Todos] [v]

Escolha um Posto: [Novo Posto] [v]

Código: [v]

Nome: [v]

Município: [Sem Município] [v]

Sistema Sabesp: [Não associado] [v]

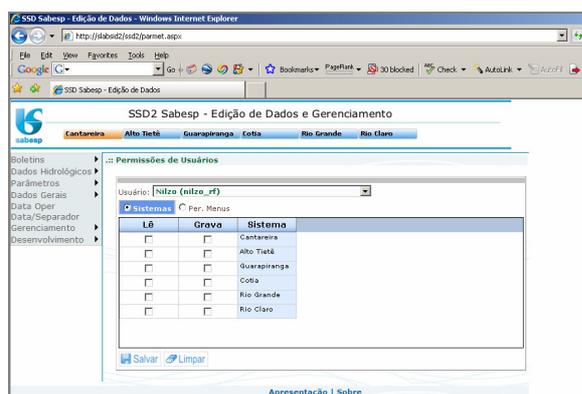
Bacia: [Sem Bacia] [v]

Curso d'água: [Sem Rio] [v]

**Figura 11 – Página de Cadastro e Atualização de Postos Hidrológicos**

- **Dados Gerais:** este item está em desenvolvimento, e será possível definir as equações de volumes das represas, descrições dos sistemas e documentos relacionados.

- **Gerenciamento:** o gerenciamento é voltado para o cadastro de usuário e atribuição de permissões aos usuários cadastrados, conforme **Figura 12**. Os usuários só podem ser cadastrados no SSD2 se estiverem cadastrados na rede interna da Sabesp.



**Figura 12 – Página de Permissões dos Usuários do SSD2**

- **Desenvolvimento:** item utilizado para auxiliar a equipe do LabSid no desenvolvimento e manutenção do SSD. Suas funções são: Adicionar Permissões, Importar Dados da versão anterior para a atual e configurar um usuário válido que tenho acesso ao “Active Directory”.

### **SSD2 Web Visualizador – Interface de Visualização de Dados**

A visualização de dados via internet é simplificada em relação ao SSD2 Desktop e pode ser utilizada por usuários que não têm a versão Windows ou que desejem fazer uma consulta rápida. Essa interface não disponibiliza ferramenta SIG (Sistema de Informações Geográficas).

### **Agradecimentos**

Aos funcionários da SABESP-SP Gustavo Doratioto Albano, Nilzo Renê Fumes, Carlos Toshio e Álvaro Fernandes pela colaboração no desenvolvimento do trabalho.

### **Bibliografia**

Porto, R. L. L.; Schardong, A.; Lisboa Neto, H.; Mélló Junior, A. V. Sistema de Suporte a Decisões para Operação dos Grandes Sistemas Produtores da SABESP. In: XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte – MG. ABRH. 1999

Porto, R. L. L.; Lisboa Neto, H.; Mélló Junior, A. V.; Castro, H. L.; Roberto, A. N.; Schardong, A.; Oliveira, C. de P. M. Sistema de suporte a decisões para operação dos grandes sistemas produtores da Sabesp. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Aracaju – SE: ABRH.2001.

Porto, R. L. L.; Lisboa Neto, H. ; Schardong, A.; CASTRO, H. L. ; Oliveira, C. de P. M. ; Mélló Jr, A. V.; Roberto, A. N.; Marcellini, S. S. ; Carvalho, M. A. de . Atualização do Sistema de Suporte a Decisões para Operação dos Grandes Sistemas Produtores da Sabesp. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Sul-Sudeste, 2006, Curitiba. Recursos Hídricos e a Gestão Territoriais, 2006.