

# **Sistema de Informações Piloto para Gestão de Recursos Hídricos no Planalto Serrano de Santa Catarina**

**Sílvio Luís Rafaeli Neto <sup>1</sup>  
Júlio Bernardo da Silva Filho <sup>2</sup>**

**<sup>1</sup> Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC,  
CP 281, 88501-000 Lages SC, Brasil  
silvion@cav.udesc.br**

**<sup>2</sup> Universidade do Contestado, UNC, CP 225, 89520-000, Curitiba, SC, Brasil  
juliofilho@cbs.unc.br**

## **1. Introdução**

Gestão de Recursos Hídricos abrange um conjunto de ações com o objetivo de garantir a navegabilidade, o abastecimento para consumo ou uso em processo produtivo e a qualidade da água. A pouca quantidade, a baixa qualidade, a manutenção da flora e da fauna e os interesses sociais na manutenção da vida humana e dos processos produtivos são fatores, freqüentemente, conflitantes e que tornam a gestão de recursos hídricos uma tarefa difícil.

No dia 08/01/1997 foi promulgada a Lei nº.9433, conhecida como Lei das Águas, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil. Em seu Artigo 5º ela estabelece como mecanismos de implementação desta política o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso, a outorga do direito de uso dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso e o sistema de informações de recursos hídricos. Após vários anos de discussão, a prática desta lei está sendo efetivada pela Agência Nacional de Águas (ANA), pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos e pelos Comitês de Bacias apoiados por suas respectivas Agências de Águas. Poucos comitês conseguiram até o momento implementar o sistema de outorga e o sistema de cobrança pelo uso da água. O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Conas ainda não conseguiu atingir este objetivo, a exemplo do que ocorre com os demais comitês de Santa Catarina. Uma das razões, válida para os demais casos, está na sua grande dimensão de 15.000 km<sup>2</sup>, abrangendo 28 municípios da Serra Catarinense. Implantar um sistema de gestão dos seus recursos hídricos demanda planejamento estratégico, conhecimento técnico, tecnologia, articulação política e recursos financeiros. O projeto CADCAN - Sistema Piloto de Informações Cadastrais dos Usuários das Águas da Bacia do Rio Canoas - é uma iniciativa da Universidade do Contestado (UNC) e da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), financiada pelo Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-HIDRO) da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), do Ministério de Ciência e Tecnologia. Seu objetivo é estabelecer as bases conceituais e tecnológicas para implantação do sistema de gerenciamento de recursos hídricos desta bacia, como suporte à Agência da Bacia do Rio Canoas.

## **2. Material e métodos**

Num sistema de informações cadastrais os dados estão baseados em unidades espaciais de gestão. Em cadastro urbano estas unidades são parcelas determinadas como lotes, edificações, unidades imobiliárias, entre outras, cujas informações (ou atributos) subsidiam estratégias ou ações urbanas e políticas tributárias. Na instituição de políticas de gestão de recursos hídricos, o cadastro se constitui num dos primeiros passos rumo ao controle das ações antrópicas predatórias, procurando garantir sustentabilidade e sobrevida a este recurso, tendo a bacia hidrográfica por unidade espacial. Bacia hidrográfica, ou hidrografia, é uma região do espaço geográfico, delimitada por divisores de águas, de tal forma que sua rede hidrográfica conduz a água a uma seção saída. A hierarquia da rede de drenagem define também a hierarquia das sub-bacias de uma bacia, de modo que o sistema de cadastro deve prever esta possibilidade para bacias extensas.

O sistema CADCAN trata-se de um protótipo baseado em tecnologia de Sistema de Informação Geográfica (SIG). A metodologia de projeto envolveu a modelagem conceitual, a escolha de software, o projeto lógico do banco de dados geográficos, a estruturação do banco de dados geográficos, a

padronização dos dados, o projeto físico do sistema de hardware, a codificação das entidades geográficas, o levantamento de dados espaciais e atributos, o armazenamento destes dados e o desenvolvimento de interfaces com o usuário.

### 3. Modelo conceitual

Um modelo conceitual de dados consiste num conjunto de conceitos, expressos em alto nível de abstração, com a finalidade de organizar, descrever e padronizar as informações necessárias para a implementação de um sistema de informações. Os principais conceitos do modelo conceitual do projeto CADCAN foram capturados a partir de um estudo da legislação federal e estadual que regem a matéria e alguns sistemas pilotos já desenvolvidos. Também serviu de fonte de informações o ciclo hidrológico, o qual apresenta uma visão técnica dos processos naturais relacionados com o ciclo da água na natureza.

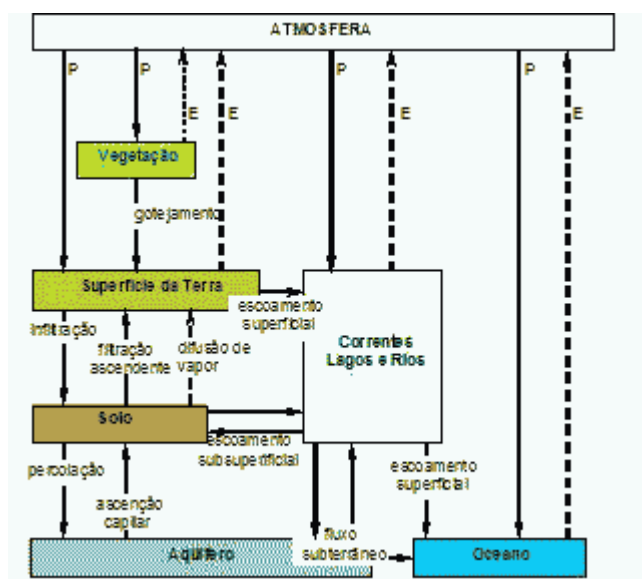


Figura 1: Ciclo hidrológico. P: Precipitação, E: Evaporação. (Porto, 1973)

O modelo produzido em diagramas Geo-OMT (Borges, 1997) considera que os recursos hídricos se encontram agrupados em bacias e sub-bacias hidrográficas, nas quais estão os corpos de acumulação hídrica subterrânea (aquíferos), superficiais naturais (lagos naturais e lagoas) e superficiais artificiais (barragens, açudes, diques e tanques). Rios, nascentes e foz da bacia são responsáveis pela drenagem superficial da água, sendo estes parte da rede hidrográfica. O conceito de trecho de rio foi incluído como meio de capturar a noção geral dos órgãos gestores de que o controle deverá ocorrer por segmentos, não necessariamente coincidentes com as confluências naturais. Para capturar conceitos relacionados com a qualidade dos efluentes lançados, foram previstos os conceitos de Lançamento e Sistema de Tratamento. Uma diferenciação importante produzida na modelagem conceitual diz respeito ao usuário de recurso hídrico e o requerente de outorga de direito de uso deste recurso. Todo usuário é considerado um requerente, mas nem todo requerente se constitui num usuário no sistema de informações, porque o órgão gestor pode indeferir seu pedido. Em se tratando de gestão espacial, foi introduzido o conceito de Ponto de Outorga, como estratégia para georreferenciar os pontos onde ocorrem retiradas (captação, derivação ou desvio) ou lançamentos. Pelo conceito Amostra capturam-se atributos de qualidade da água, relacionando-as com os pontos de outorga. Prevendo que o requerente pode solicitar ao órgão gestor a outorga para mais de um ponto, e que seu pedido pode ser indeferido para todos, nenhum ou alguns pontos, foi proposto o conceito de Ponto de Requerimento. Um ponto de requerimento pode se constituir num ponto de outorga, onde o usuário usufrui o recurso hídrico. Quanto ao uso dos recursos, foram categorizados os usos Comunitário, Irrigação, Indústria, Aquicultura, Rebanho e Outra Finalidade, dentro do conceito de Finalidade de Uso.

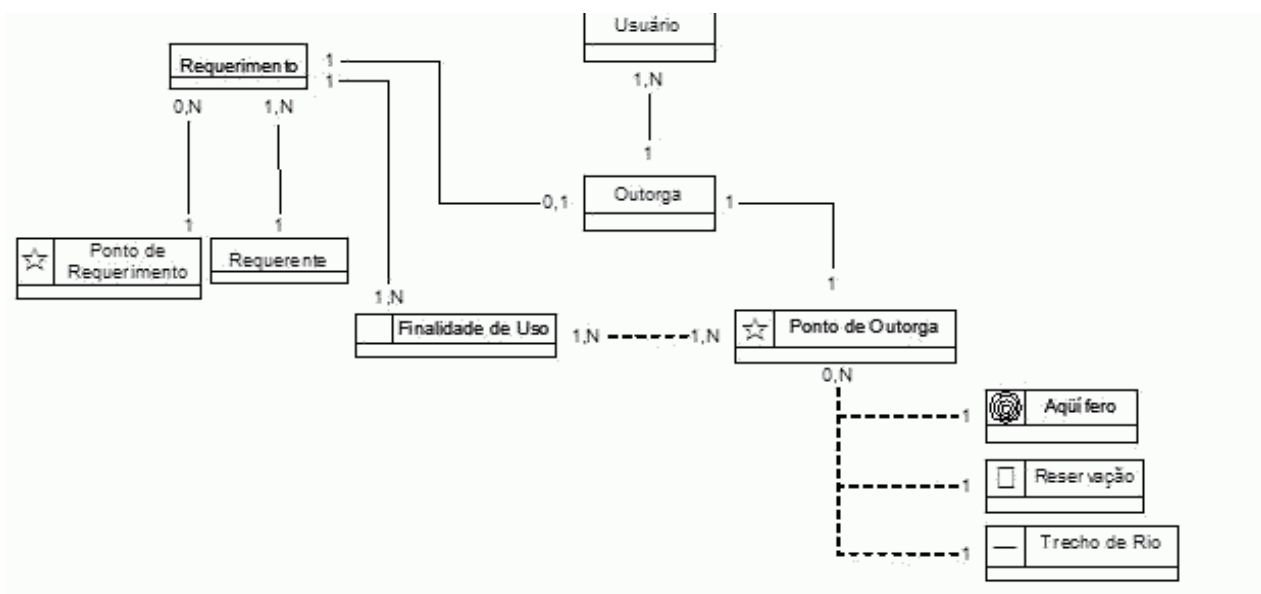


Figura 2: Extrato do modelo conceitual do projeto CADCAN.

#### 4. Escolha do software

O principal critério adotado para a escolha do sistema de software foi a disponibilidade no mercado de um sistema pronto para uso, dentro das necessidades da outorga do direito de uso da água. O principal objetivo do projeto era construir o modelo conceitual do sistema, o projeto lógico do banco de dados geográfico, além testá-lo na prática, a princípio, com qualquer tecnologia SIG disponível. A partir das conclusões dos testes poder-se-ia definir os requerimentos específicos da tecnologia, baseado no modelo conceitual e projeto lógico refinados. Neste sentido, o sistema ArcView 8.0 foi adquirido, cuja equipe de implementação recebeu treinamento prático e teórico em SIG.

#### 5. Projeto lógico

O projeto lógico consiste no mapeamento das classes de entidades previstas no modelo conceitual para uma estrutura lógica de relacionamentos entre os dados respectivos. É uma tarefa dependente do sistema de banco de dados do software SIG, daí o projeto lógico ser construído de acordo com a estrutura relacional adotada pelo sistema ArcView 8.0. Foi uma opção da equipe insistir na implementação através do conceito de geodatabase, e não de temas *shape*, conforme é possível escolher neste software. Uma das dificuldades desta etapa do projeto foi realizar o mapeamento cuidadoso entre o modelo conceitual e a estrutura do banco de dados, especialmente pela grande quantidade de classes (perto de 60) e, principalmente, de atributos (mais de 400). Esta dificuldade gerou 13 versões do modelo conceitual e 12 versões do projeto lógico.

Durante a elaboração do projeto lógico também foi definido o tipo de dado para cada atributo e o código de identificação das instâncias de cada classe de entidade. Estas tarefas garantem a padronização dos dados e as chaves de acesso aos registros.

#### 6. Levantamento e armazenamento dos dados

Os dados espaciais previstos no modelo conceitual originaram-se de vetorização de cartas 1:100.000 e imagem de satélite com 5m de resolução espacial da sub-bacia do Rio Marombas (Curitibanos, SC, com cerca de 700km<sup>2</sup>). Esta faz parte da Bacia do Rio Canoas e foi escolhida por ser menor que a bacia principal, ser representativa das ações antrópicas que ocorrem nesta bacia e situar-se próxima a uma das instituições que participam do projeto, facilitando os deslocamentos para coleta dos atributos cadastrais. Algumas classes, como Aquífero, não foram implementadas no banco de dados espaciais devido não se dispor de informação nas fontes pesquisadas.

Quanto aos dados cadastrais, estes foram coletados através de visita *in loco*, munido de computador de mão e receptor GPS topográfico. A prática do modelo de dados e projeto lógico mostrou que o grande número de atributos inicialmente previstos merecia um refinamento, no sentido de simplificar ao máximo o processo de coleta de informações e reduzir o tempo da tarefa. A estrutura simplificada foi programada em computador de mão, incluindo interface de entrada e consulta dos dados.

Tanto os dados espaciais como de atributos foram armazenados na estrutura geodatabase do ArcView 8.0. Interfaces de consulta foram desenvolvidas e testadas.

## 7. Resultados e discussão

O sistema piloto desenvolvido pelo projeto foi a primeira iniciativa na Região Serrana de Santa Catarina, em prover um comitê gestor de bacia com um dispositivo de suporte aos processos decisórios. Como sistema piloto, o CADCAN serviu como instrumento didático ao grupo de pesquisa e parâmetro tecnológico ao Comitê da Bacia do Rio Canoas. As articulações técnicas formais e operacionais de tarefas e atribuições foram experiências relevantes para a equipe de pesquisa e desenvolvimento, bem como a experiência com o uso do sistema e conhecimentos correlatos. Sobre o poder outorgante destacam-se o modelo conceitual e o modelo de sistema de informações de recursos hídricos, especialmente como primeiro passo na direção da cobrança pelo uso destes recursos. Por ser genérico, o sistema produzido já pode se tornar operacional na gestão de outorgas de direitos de usos, bastando uma análise técnica conclusiva da Secretaria de Desenvolvimento Social, Urbano e Meio Ambiente de Santa Catarina. Ao Comitê da Bacia do Rio Canoas, o projeto se constitui na primeira tentativa de contar com um sistema de informações de suporte às decisões do comitê, como as decisões de enquadramento dos corpos d'água e a definição da política de cobrança pelo uso.

As etapas delineadas no projeto, e realizadas durante seu ciclo de vida, mostraram-se operacionalmente viáveis e úteis. Talvez a etapa mais demorada e complexa tenha sido a de modelagem conceitual. Sua construção teve que considerar uma diversidade de conceitos, espalhados por áreas como Hidrologia, Geografia e Geomorfologia, além da ampla legislação existente sobre o assunto. Parte desta legislação é encontrada em resoluções da Agência Nacional de Águas, Conselho Nacional de Recursos Hídricos e do Conselho Nacional de Meio Ambiente. Também se destacam as leis federais e estaduais.

O modelo conceitual produzido pelo projeto pode servir de base para instituição de políticas de fiscalização. Uma análise preliminar do modelo indica que algumas das classes do modelo também servem a esta aplicação. É o caso das classes Usuário, Requerente, Ponto de Outorga, Ponto de Requerimento, Finalidade de Uso e outras, cujos valores dos atributos podem estar sujeitos a verificações.

A utilização prática do protótipo demonstrou sua viabilidade operacional na coleta, armazenamento e consulta de dados. A experiência mostrou que o processo de coleta deve ser simples e rápido, especialmente quando as informações necessárias devem provir do usuário ou requerente. Outras informações, como vazões de retiradas ou de lançamentos somente podem ser obtidas se forem instalados equipamentos de medição e em locais acessíveis para checagens. Atualmente os usos comunitários são difíceis de quantificar, especialmente aqueles que estão espalhados no meio rural e desprovidos de qualquer sistema de distribuição e medição.

## 8. Conclusão

O projeto CADCAN é a primeira contribuição da Região Serrana de Santa Catarina em prover o poder outorgante do Estado e o Comitê da Hidrobacia do Rio Canoas, de um sistema de informações de recursos hídricos. O sistema piloto é genérico, podendo se tornar operacional no gerenciamento de outras bacias do Estado e do país. A experiência mostrou a complexidade do modelo conceitual e a necessidade de simplificação dos formulários de cadastro. Os principais desafios para continuidade dos trabalhos estão na simplificação das informações, uso da Internet e casos de uso.

## 9. Agradecimentos

Os autores agradecem à FINEP, CNPq, Secretaria de Desenvolvimento Social, Urbano e Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (SDS), Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Universidade do Contestado (UNC), especialmente aos Analistas de Sistemas da equipe, Carlos Eduardo Nascimento e Alisson Lohn.

## 10. Referências Bibliográficas

- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS:** *Formulários de outorga*, 2003 [a].  
<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/Outorga/docs/FormulariosoutorgaANA%20.zip>
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS:** *Resolução nº.082*, 2002.  
<http://www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/Fiscalizacao/docs/082-2002.pdf>
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS:** *Resolução nº.164*, 2003 [b]  
<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/Resolucoes/resolucoes2003/164-2003.pdf>
- Borges, K. A. V.:** *Modelagem de dados geográficos: uma Extensão do modelo omf para aplicações geográficas*. Belo Horizonte, 1997. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) - Fundação João Pinheiro.
- Canali, N. E.:** *Análise topológica das redes de drenagem da porção leste do território paranaense*, Rio Claro, 1990. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS:** *Resolução nº.12*, 2000.  
<http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R012.htm>
- CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS:** *Resolução nº.16*, 2001.  
<http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R016.htm>
- CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS:** *Resolução nº.30*, 2002.  
<http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R030.htm>
- CNRH - CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS:** *Resolução nº.35*, 2003.  
<http://www.cnrh-srh.gov.br/delibera/resolucoes/R035.htm>.
- CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE:** *Resolução nº.20*, 1986.  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res2086.html>
- Da Silva, L. M. C.; Ungaretti, P. R. R.; Monteiro, R. A.:** *Sisagua: sistemas de apoio ao gerenciamento de usuários da água*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000. 59p.
- ENGEORPS & FCTH.:** *Sistema informatizado de outorga de uso da água: aplicação piloto à bacia do rio paraíba do sul*. Brasília: ANA – Agência Nacional de Águas, 2003.
- Leeuwestein J. M. & Monteiro, R. A.:** *Procedimentos técnicos para enquadramento de corpos de água – documento orientativo*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000. 48p.
- Neto, S. L. R.:** *Análises morfométricas em bacias hidrográficas integradas a um sistema de informações geográficas*. Curitiba, 1994. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geociências, Universidade Federal do Paraná.
- Neto, S. L. R.:** *Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para gestão de desastres por inundações*. São Paulo, 2000. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- Neto, S. L. R.; Dalmolin, Q.; Robbi, C.:** *Bancos de dados nos sistemas de informações geográficas*. Curitiba: Editora da UFPR, 1994.
- Peuquet, D. J.:** *A conceptual framework and comparison of spatial data models*. In: Peuquet, D. J. And Mable, D. F. Introductory readings in geographic information systems. Bristol, PA.: Taylor e Frances, 1990
- Porto, R. L. L.:** *Alguns aspectos da simulação matemática em hidrologia: exemplos de aplicação*. São Paulo, DAEE/DP, 1973. (Boletim Técnico)
- Pressman, R. S.:** *Engenharia de Software*. São Paulo, Makron Books, 1995.
- Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., Lorensen, W.:** *Object-oriented modeling and design*. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.
- Solda, S.:** *GIS para gestão de recursos hídricos*, INFOGEO, 21/ 2001, p.40-43.
- Villela, S. M. & Mattos, A.:** *Bacia hidrográfica*. In: Hidrologia aplicada. São Paulo: Mcgraw-Hill, 1975.