



## Sistema de Gerenciamento da Infra-Estrutura da Rede de Abastecimento da Companhia de Águas do RN (CAERN)

Reinaldo A. Petta<sup>1</sup>; José de A. da Cunha<sup>2</sup>; Thomas F.C. Campos<sup>1</sup>, Paulo S. de R. Nascimento<sup>1</sup>

---

*Recebido em 5 de julho de 2009 / Aceito em 22 de novembro de 2010*

### Resumo

O artigo descreve o processo de desenvolvimento de um Sistema de Informações Georeferenciadas (SIG-CAERN) para gerenciar a rede de abastecimento de água do Município de Natal (RN) que é administrada pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Inicialmente são descritos os métodos utilizados para cadastramento da rede e coleta dos dados, a fim de efetuar o cadastramento da infraestrutura da CAERN. São descritas as técnicas utilizadas no levantamento, coleta e conversão para o meio digital dos dados da rede de água e de poços, juntamente com os procedimentos realizados para a aferição da qualidade dos dados obtidos. O artigo descreve ainda o processo de modelagem teórica, estruturação e formas de armazenamento de um banco de dados em SQL Server dos poços de água, começando pela sua localização espacial seguido de informações sobre suas características, como diâmetros, materiais utilizados, bombas, tubulações, revestimentos, testes de vazão, análises químicas etc. O artigo apresenta ainda alguns exemplos de modelagem do banco de dados geográfico e um conjunto de consultas espaciais que demonstram a potencialidade do sistema como uma ferramenta de apoio à decisão e análise.

Palavras-Chave: SIG, Rede de Água, Banco de Dados, SQL, Padrões de análise.

### Abstract

The article describes the process of development of a Georeferenced Information System (SIG-CAERN) to manage the net of water supply of the Municipal district of Natal (RN) that is administered by the Company of Water and Sewers of Rio Grande do Norte (CAERN). Initially are described the methods used for the net cadastre and collection of the data, in order to make the register of the CAERN infrastructure. There are described the techniques used in the collect and conversion for the digital mode of the data of the net of water and of wells, together with the procedures accomplished for the evaluation of the quality of the obtained data. The article still describes the process of theoretical modeling, structuring and forms of storage of a database in SQL Server of the wells of water, beginning for its space location following by information on their characteristics, as diameters, materials, bombs, piping, coverings, flow tests, chemistry analyze etc. The article presents still some examples of modeling of the geographical database and a group of spatial consultations that demonstrate the potentiality of the system as a support tool to the decision and analyze.

Key words: SIG, Water System, Data Base, SQL, Standarts Level.

<sup>1</sup>Departamento de Geologia da UFRN – Laboratório de Geomática (LAGEOMA) Campus Universitário, Natal, RN, Brasil 59072-970. E-mail: *petta@geologia.ufrn.br* <sup>2</sup>, Instituto de Gestão das Águas do RN (IGARN) *ariol94@gmail.com*

## 1. Introdução

Os serviços de abastecimento de água e suas condições de atendimento são de grande importância para a melhoria da qualidade de vida e saúde da população, especialmente em cidades com contextos de urbanização e industrialização acelerada.

Segundo dados do IBGE, em 1999 somente 20,2% das moradias brasileiras não eram atendidas por rede geral de abastecimento de água. Entretanto, apesar da grande maioria da população urbana ser atendida pelos serviços de abastecimento de água, ainda assim persistem problemas importantes a resolver tais como a concentração do déficit nas áreas de baixa renda, melhoria na qualidade dos serviços, ampliação da rede e correções de ineficiências na gestão, onde perdas da produção de água tratada

(em média de 30 a 50%) têm reflexo direto no faturamento das empresas, aumentando por vezes as taxas de consumo da população.

A CAERN possui 165 sistemas de abastecimento de água distribuídos em 152 sedes de municípios e 13 localidades. No Rio Grande do Norte são 40 sistemas de esgoto em 39 municípios e 1 localidade (Praia de Pipa). Apenas 15 cidades do Estado possuem sistemas de abastecimento de água que não pertencem a CAERN (Tab. 01). A cidade de Natal apresenta uma boa malha de distribuição de água sendo composta por poços da CAERN e poços particulares, porém possui ainda certas dificuldades no gerenciamento de sua infraestrutura no que se refere ao sistema de gerenciamento de água que ainda não está totalmente informatizado.

Tab. 01- Parâmetros da Rede da CAERN

Parâmetros	Extensão Municipal (Natal)	Extensão Estadual (RN)
Quantidade em quilômetros de redes que distribuem água (2009)	Natal – 1.564,3 quilômetros	RN – 5.813,5 quilômetros
Quantidade de ligações de água ativas (2010)	Natal – 175.671 ligações	RN – 573.374 ligações
Quantidade de água tratada (2009):	Natal - 79.977.590 metros cúbicos/ano	RN - 213.200.585 metros cúbicos/ano
Número de pessoas atendidas com água tratada (2010):	Natal – 737.747 pessoas	RN – 2.085.639 pessoas

A CAERN vem procurando nos últimos anos incrementar a ampliação da cobertura dos serviços e a melhoria dos seus níveis de eficiência, e assim passa a investir para desenvolver as redes de água e procurar administrar de forma eficaz sua infraestrutura existente.

Diante da importância do serviço que a empresa presta à comunidade e a grande quantidade de poços que precisam ser monitorados

constantemente, foi estabelecido um projeto de cooperação entre o Laboratório de Geomática da UFRN (LAGEOMA) e a CAERN com a finalidade de se elaborar um cadastro em meio digital das redes distribuidoras de água e do sistema de poços, com todos os dados necessários para o gerenciamento dessa infraestrutura e focado na reorganizando da rede básica. Neste foco foi estruturado um Sistema de Informações Georreferenciadas, voltado para o

gerenciamento das informações da Rede de Água da cidade do Natal.

A partir de um levantamento cadastral inicial, incrementado pela coleta de informações georeferenciadas foi possível, utilizando-se procedimentos rotineiros de um SIG, elaborar o banco de dados relacionado a objetos gráficos com a intenção de servir de suporte a novas iniciativas de gerenciamento da empresa. Este sistema foi elaborado com níveis de informações em uma base de dados contendo desde dados alfanuméricos, passando por fotos e mapas dos poços georeferenciados, até a estruturação de relatórios e modelagens físico-ambientais. Teve como objetivo facilitar o acesso à informação, como também digitalizar, organizar, e georeferenciar mapas e dados, e desta forma dispor num único local todas as informações que anteriormente estavam dispersas em diversos locais da Gerência de Hidrogeologia e Perfuração de Poços (GHP) da empresa.

A proposta foi enquadrada na realidade que a CAERN tem como objeto social “a gestão e exploração dos sistemas públicos de captação e distribuição de água e tratamento de esgotos, e ainda a exploração da reserva de águas subterrâneas e a respectiva ampliação de sua rede de distribuição em toda a área do município” (Cunha, 2001). Neste contexto, o SIG foi criado tendo em conta esta realidade, de forma a permitir à empresa dispor de um cadastro centralizado e atualizado que cobrisse a sua área de atuação em Natal (RN).

## 2. Metodologia

Durante a etapa de avaliação foram identificados vários problemas, entre os quais a falta de informações em meio digital, a desatualização das informações, e principalmente a falta de uma padronização na forma de cadastrar as ligações, entre outros. Além disso, a dificuldade de identificação em campo dos elementos pertencentes à rede de água foi um fator que aumentou muito o esforço de georreferenciamento dos poços e das linhas de distribuição. Essa dificuldade é consequência da falta de visibilidade dos elementos, principalmente dos acessos aos dutos, devido ao

grande tempo decorrido da implantação e ao intenso processo de pavimentação.

Porém o maior dos problemas se restringiu ao fato de Natal não possuir uma base cartográfica do seu território de forma atualizada e confiável. O que possuíamos na ocasião deste trabalho era uma base de 1982 e mesmo assim com enormes falhas de cadastro de ruas e logradouros. Esta dificuldade atrasou demasiadamente os serviços, pois primeiramente não podíamos usar o mapa como um todo, nos obrigando a dividi-lo em setores censitários e mesmo assim em cada caso tínhamos que corrigir o georreferenciamento através de pontos de controle atuais e anexar (fazer o link) as informações por setores (Fig. 01).

A metodologia a seguir descreve o processo de coleta e armazenamento de dados da rede de água do município de Natal (RN), começando pela localização dos poços e estruturação de um banco de dados com dados de diâmetros, materiais utilizados, bombas, tubulações, revestimentos, testes de vazão, análises químicas e demais informações.

### 2.1. Levantamento e coleta de dados existentes

Foram vários os problemas encontrados, e nosso segundo obstáculo se ateve á condição dos dados disponíveis na CAERN, com destaque para as dificuldades na aquisição de dados analógicos (papel) espalhados pela gerência, principalmente se tratando de poços antigos, onde as informações em alguns casos nem sequer existiam nos cadastros, o que demandou tempo e trabalho, constituindo uma etapa bastante lenta. Com todo seu acervo ainda disponível na forma analógica, a maioria dos poços apresentava enormes falhas de endereçamento, e muitos não possuíam coordenadas geográficas de sua localização. Outro fato interessante era que mesmo as informações sobre o local exato de cada poço e principalmente suas características (enterradas) eram de propriedade de uma pessoa física. Ou seja, era um técnico antigo da instituição que conhecia e conseqüentemente dominava o conhecimento de toda a estrutura da rede, e se esta pessoa adoecesse ou mesmo faltasse ao trabalho, ou pior, morresse, as informações desapareceriam (Figs. 2 e 3).



Fig. 01 - Poço (P-16) deslocado para dentro da quadra, entre o fundo de lotes (fig. à esquerda) e o mesmo poço locado na posição correta (fig. à direita).

CAERN		CADASTRO DE POÇO			DEHI.	
IDENT/LOCAL	NE POÇO NO CADASTRO:	MICRO-REGIÃO:	POLINA DA SUDENE:	NE POÇO LOCAL:		
	BATERIA:	LOCAL:	MUNICÍPIO:	DISTRITO(CAERN):		
PROJETO	COORDENADA E-W	COORDENADA N-S	COTA DA BOCA:	COTA DO SOLO:	COTA DO NE.	
	TIPO DE POÇO:	FORMAÇÃO GEOLOGICA:	MÉTODO DE PERFURAÇÃO:			
PROJETADO POR:		EXECUTADO POR:	ACOMPANHADO POR:			
INÍCIO:		FINAL:	CUSTO:			
CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO		$q (m^3/h)$ : ..... ND(m): ..... CRIVO(m): .....				

Fig. 02 – Cadastro analógico com o campo de coordenadas em branco

CAERN		CADASTRO DE POÇO			DEHI.	
IDENT/LOCAL	NE POÇO NO CADASTRO:	MICRO-REGIÃO:	POLINA DA SUDENE:	NE POÇO LOCAL:		
	BATERIA:	LOCAL:	MUNICÍPIO:	DISTRITO(CAERN):		
PROJETO	COORDENADA E-W	COORDENADA N-S	COTA DA BOCA:	COTA DO SOLO:	COTA DO NE.	
	TIPO DE POÇO:	FORMAÇÃO GEOLOGICA:	MÉTODO DE PERFURAÇÃO:			
PROJETADO POR:		EXECUTADO POR:	ACOMPANHADO POR:			
INÍCIO:		FINAL:	CUSTO:			
CONDIÇÕES DE EXPLORAÇÃO		$q (m^3/h)$ : ..... 50,00... ND(m): ..... 19,50... CRIVO(m): ..... 22,50...				

Figura 03 - Ficha com erro de preenchimento em uma das coordenadas - (valor 355.174 N, foge completamente do real).

O trabalho de levantamento de dados em campo teve início com o dimensionamento das equipes, realizado em função de parâmetros como a previsão do número de poços a serem cadastrados, área do município, previsão de produtividade das equipes de localização, obras, cadastro, topografia, etc. O cadastro existente em meio analógico foi tomado como referência para o início dos trabalhos. Os dados levantados foram definidos segundo normas estabelecidas pela ABNT. A Tab. 2 apresenta um resumo dos pontos cadastrados durante os trabalhos de campo.

O processo foi iniciado pela localização em campo dos pontos notáveis da rede de água, com destaque para os poços do sistema público (215).

Uma vez localizados, os poços eram georreferenciados com GPS L1/L2 RTK, e anotados para o cadastramento os seguintes dados: endereço e referências de localização do endereço, elaboração de croqui do terreno, dimensões do terreno e das áreas dos poços, e realizado o registro fotográfico do local. Em alguns locais foram levantadas ainda, através de métodos de topografia convencional com utilização de estação total, informações de suporte ao cadastro da rede, como pontos de amarração (para facilitar futura localização), pontos de meio-fio e alinhamento predial (para criação de um cadastro multifinalitário básico), além de outros pontos de referência.

Tab. 2 – Pontos cadastrados durante os trabalhos de campo.

<b>NOME DOS PONTOS DE CADASTRO</b>	<b>Nº de Cadastros</b>
Setor Administrativo da CAERN	38
Estações Elevatórias	22
Reservatórios	26
Poços do Sistema Público	215
Rios e Riachos	05
Principais Alagados	05
Cemitérios	10
Distritos Industriais	12
Lagoas (Capt. Pluv. e Esg.)	60
Lixões	05
Poços Particulares	202
<b>Total do Cadastramento</b>	<b>600</b>

Após análise de diversas ferramentas de SIG disponíveis no mercado, optou-se pela utilização do software ArcView®. Dentre os fatores que levaram a essa escolha destacam-se: a facilidade de importação de dados de outros sistemas, possibilidade de desenvolvimento de ferramentas de consulta e verificação dos dados; e principalmente pela familiaridade dos técnicos da empresa com a ferramenta, pois este era que era o software disponível na empresa naquele momento.

## 2.2. Conversão de Dados para o Meio Digital

Os dados brutos levantados em campo e na CAERN passaram por um processamento inicial, *Revista de Geologia, Vol. 23 (1), 2010*

utilizando-se softwares específicos (ex.: para correção diferencial dos pontos obtidos via GPS, ou para fechamento de poligonais dos dados levantados por estação total), sendo posteriormente inseridos no banco de dados. As informações descritivas relativas aos pontos notáveis da rede foram digitadas posteriormente, através de formulários específicos elaborados especialmente para consulta e alteração de dados relacionados aos objetos geográficos previamente cadastrados. A utilização desses formulários facilitou a etapa de preenchimento e auxiliou na verificação dos dados.

A validação dos dados foi uma etapa que gerou discussões entre a equipe responsável pela implementação e o pessoal da CAERN.

Dos resultados obtidos gerou-se um modelo conceitual (Bertino, et al., 2001 e Chen, P., 1990) para atender as necessidades da empresa e focado nas suas particularidades, como a definição dos dados imprescindíveis ao desempenho das atividades e que não podem ficar de fora do sistema, e as formas de disponibilizar as bases de dados para a prática diária do setor. Foram essas as características levadas em conta na composição do banco de dados relacional, atentando para não inserir dados desnecessários ou excluir alguns indispensáveis, como ainda impossibilitar a inclusão no sistema, de dados discrepantes, como ocorreu no passado (meio analógico).

A verificação da qualidade dos dados foi estabelecida através da imposição de restrições de integridade, que deveriam ser verificadas à medida que estes foram inseridos ou modificados. Como a ferramenta adotada não possuía mecanismos de verificação das restrições de integridade levantadas no processo de modelagem, optou-se pelo desenvolvimento de rotinas de checagem das informações após a entrada de dados.

Esses procedimentos realizam a verificação de inconsistências topológicas, semânticas, e restrições de usuário levantadas na fase de coleta. Várias informações do banco de dados foram conferidas na tentativa de se encontrarem valores que violassem as restrições impostas pelo modelo. A criação de procedimentos e o uso de macros foram importantes funções na formulação do Banco de Dados (BD), na tentativa de identificação de valores díspares ou mesmo absurdos e garantindo agilidade e boas respostas pelo sistema.

Como exemplo, os valores das profundidades dos poços que compõem a rede da CAERN. Na forma como foi estruturado o BD, a profundidade de um poço não pode apresentar valor diferente em nenhum outro local do banco, mesmo que em formulários distintos. O campo <profundidade> no formulário característica da perfuração uma vez preenchido com um valor qualquer, não pode este ser diferente no campo <profundidade até> do formulário perfuração, pois o sistema não aceita incompatibilidade de dados.

Caso haja alguma informação complementar ou particularidade, esta deve ser colocada no campo <observação>. Isso traz segurança, garante a veracidade da informação e assegura a integridade do sistema. A Fig. 4 mostra este exemplo. Outro aspecto foi a identificação de possíveis pontos avaliados e identificados em campo, mas com disparidade de informações com o cadastro da CAERN.

### 2.3. Banco de dados da rede

Para desenvolver um banco de dados (BD) que fosse robusto e ao mesmo tempo compatível com o ArcView foi utilizada a linguagem SQL (Structured Query Language) que é a linguagem padrão para consulta, inclusão, exclusão e alteração de dados em bancos de dados relacionais. Com a utilização dos comandos básicos (INSERT, DELETE, UPDATE e SELECT) pode-se resolver a maior parte dos problemas relacionados à manutenção e extração de dados no banco de dados. Com o SQL é possível criar as estruturas básicas de armazenamento, como tabelas e índices. Também há comandos específicos da linguagem para o controle e segurança relacionados a um banco de dados. O banco utilizado foi o Access juntamente com ArcView, este usado para a espacialização dos dados geográficos. Cada poço tubular foi representado pelo atributo ponto, através de suas coordenadas geográficas as quais serviram para localização espacial da feição no mapa, assim como o nome do poço na tabela principal, serviu de chave primária para os demais relacionamentos.

Ao desenvolver módulos que sejam executados diretamente no servidor diminui-se o tráfego de informações na rede, escondendo-se boa parte das estruturas das tabelas e agilizando o processamento e retorno das mensagens. Internamente o banco de dados possui mecanismos integrados que permitem unir as estruturas tradicionais de programação com os comandos SQL.

A Fig. 04 ilustra também um extrato do banco de dados. Como se pode notar pela face do SQL, (parte superior do combo) ali estão representados os seis temas que compõem o BD,

Fig. 04 - Valores iguais em formulários diferentes, uma segurança do sistema.

e que são: (i) Características da Perfuração, (ii) Condições de Exploração, (iii) Análise da Água, (iv) Equipamento de Bombeamento, (v) Litologia do Poço, e a (vi) Outorga.

Cada tema reúne outras subclasses coesas, que podem ser subclasses de objetos convencionais (Tipo Uso Solo), de fenômenos geográficos percebidos na visão de objetos (bairro, escritório) ou na visão de campo (topografia). No caso da Fig. 04 pode-se notar que as subclasses do tema “Características da Perfuração” são compostas por detalhamento das condições do poço, como os dados de perfuração, revestimento, pré-filtro, filtro, cimentação, imagem e testes (parte inferior do combo).

### 3. Estruturação do sistema

A estrutura do sistema foi desenhada com o intuito de facilitar a entrada, armazenamento, pesquisas e tratamento de dados e emissão de relatórios. (Petta e Cunha, 2000).

O SIG-CAERN integra todas as funcionalidades necessárias para gerenciar eficientemente dados de perfurações, litologias, dados operacionais e de monitoramento de qualidade, produção e níveis, em uma vasta gama de ferramentas de armazenamento, consulta e típicas

de projetos de perfuração, implantação de poços, de bombeamento, monitoramento, piezômetros, assim como dados de cadastro de poços, testes de bombeamento e de aquíferos, e estudos hidroquímicos. (Figs.5 e 6).

A modelagem conceitual do banco de dados neste trabalho se deu com a aplicação das técnicas convencionais de identificação de requisitos do sistema. A rede de águas da CAERN foi analisada e seus vários elementos determinados para abstrair uma representação satisfatória. Um dos fatores considerados na escolha do SIG utilizado foi a facilidade de integração e conversão dos dados gerados com outras ferramentas de cálculo e modelagem de redes.

### 4. Informações produzidas pelo sistema

A maior parte dos usuários do SIG-CAERN necessita apenas visualizar os dados referentes aos elementos da rede de água, os poços, a rede de distribuição, a infra-estrutura gerencial da CAERN, e obter relatórios das informações ali relacionadas. Focado neste aspecto e na redução do custo do software a ser disponibilizado para essas consultas, foi desenvolvido um módulo simplificado de consultas *online* objetivando facilitar o acesso às informações e a geração de relatórios.

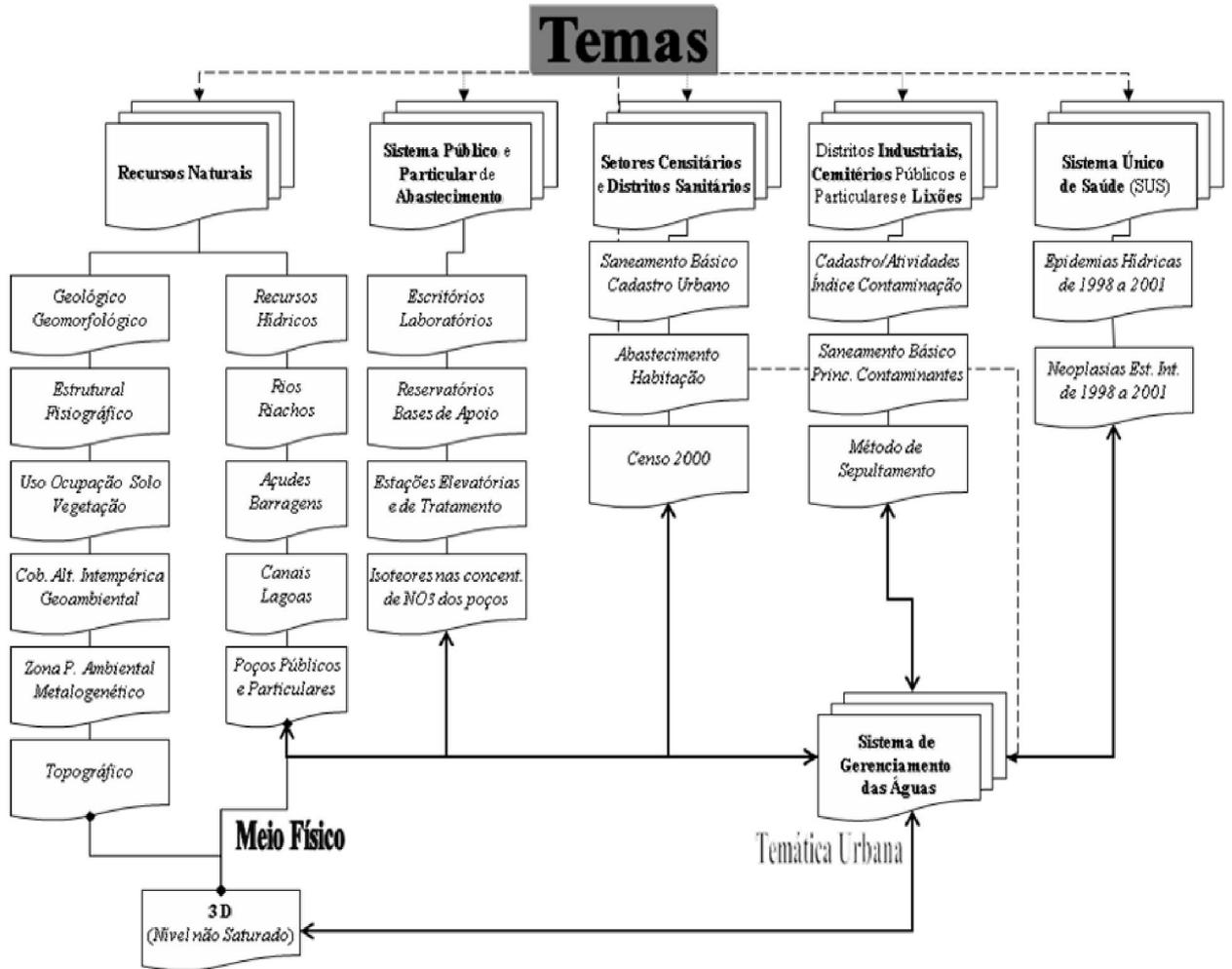


Fig. 5 - Esquema mostrando o fluxograma do sistema e a estruturação de tópicos.

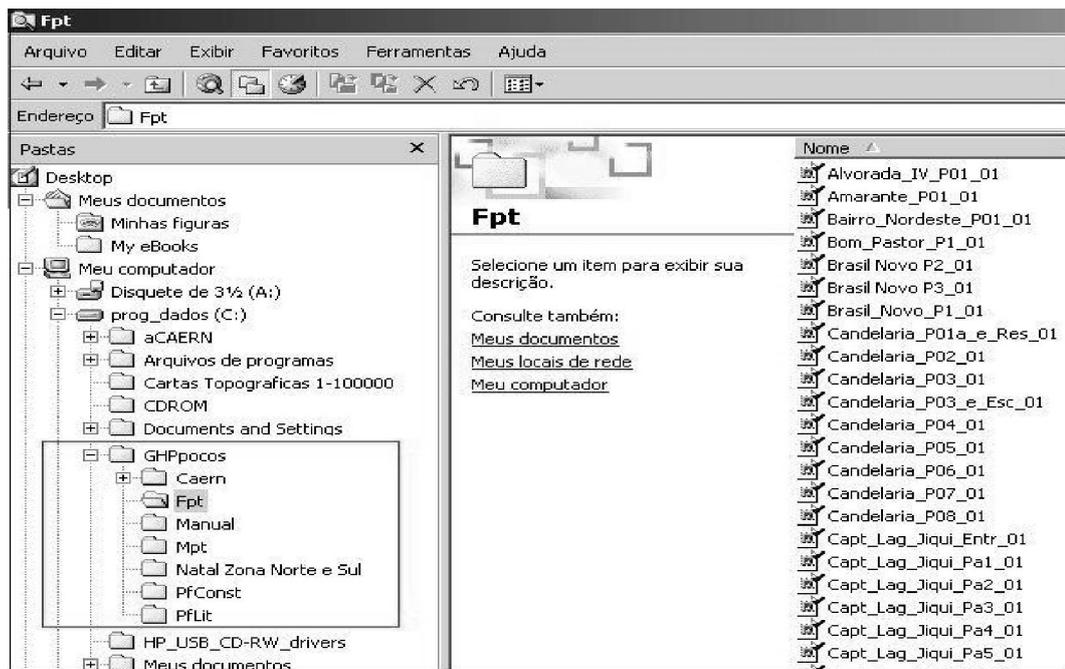


Fig. 6 - Esquema mostrando a estruturação de pastas e subpastas do SIG-CAERN

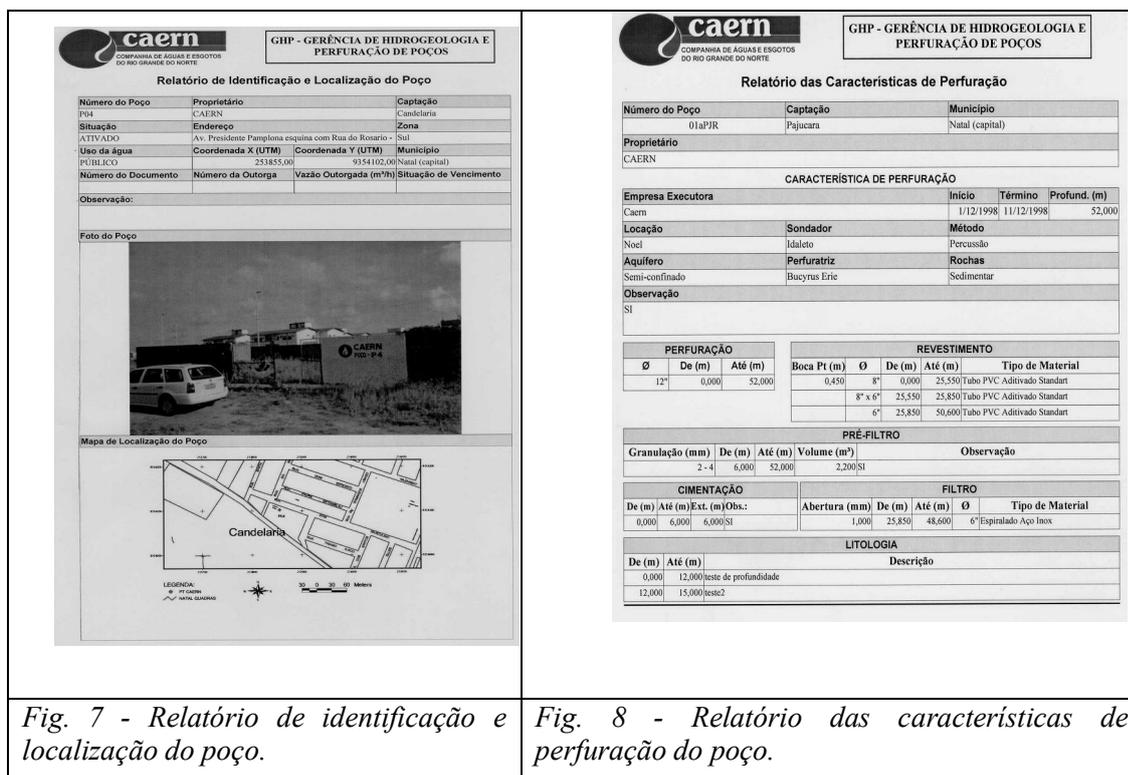
Esse módulo foi desenvolvido em linguagem SQL, utilizando-se o pacote MapObjects para visualização e consulta ao banco de dados. Através desse sistema foi possível visualizar e consultar os temas disponíveis, através de comandos de visualização, navegação, consulta aos atributos dos objetos, controle de exibição, etc. (Figs. 7, 8 e 9).

## 5. Elaboração de consultas diretamente no SIG

As Figs. 10, 11 e 12 apresentam uma visão geral do SIG-CAERN onde se pode observar a funcionalidade do ArcView conjuntamente com o banco de dados, gerando consultas, modelagens e análises do sistema. Além dos comandos básicos, foram desenvolvidas consultas específicas aos dados

das redes, que permitem a visualização dos poços e suas características, inclusive o perfil geológico (Fig. 12).

O SIG-CAERN é uma ferramenta que disponibiliza uma série de consultas *ad hoc*. Desta forma a ferramenta pode ser utilizada para a produção de consultas que dêem suporte à tomada de decisão e gerenciamento da estrutura da empresa. Um exemplo deste tipo de consulta é a obtenção da estimativa do teor de nitratos na composição da água retirada do subsolo, que é uma informação imprescindível para o dimensionamento das correções que serão necessárias para a serventia de uma água de boa qualidade à população. Quanto melhor a estimativa, maior a chance de acerto do dimensionamento, o que poderá evitar prejuízos futuros.



Uma situação que ocorre com frequência é a necessidade de realizar a estimativa de certa parcela da população atendida por determinados setores da rede em uma região delimitada segundo algum critério específico como, por exemplo, uma bacia de contribuição. Neste caso, a consulta pode ser estimada em função do consumo de água dos consumidores dentro da região estabelecida,

considerados os coeficientes de variação de vazão em função da área de consulta. Para isto, são selecionados os bairros que estejam inseridos dentro da região e, através do relacionamento estabelecido entre consumidores e rede, é possível acessar as informações de consumo dos consumidores relacionados ao bairro selecionado.

Identificação		
<b>Número Poço</b>	<b>Proprietário</b>	
P01A	CAERN	
<b>Endereço</b>		
Rua Sao Miguel dos Caribes s/n paralela com a Rua Marilac - Conjunto Pirangi		
<b>Município</b>	<b>Zona</b>	<b>Cadastro em Captação</b>
Natal (capital)	Sul	8/1/2003 Pirangi
<b>Coordenada X - UTM (m)E</b>	<b>Coordenada Y - UTM (m)N</b>	<b>Altitude (m)</b>
255447,00	9350416,00	69,00
<b>Uso da água</b>		<b>Situação</b>
Ab. Privado	Ab. Público	Ativado
		Desativado
		Parado
<b>Observação</b>		

Fig. 9 - Formulário do Banco de Dados - Formulário de Identificação.

The screenshot displays the ArcView GIS 3.2 interface. The main window shows a map of natural resources with various layers. The legend on the left is titled 'Recursos Naturais' and includes categories like 'Rios e Riachos', 'Zonas de Proteção Ambiental', 'Meio Físico', and 'Geomorfológico'. The 'Identify Results' window on the right shows a list of 20 items, with item 12 selected: 'Lagoas - Lagoa Nova II'. The 'Attributes of Zpanatal.shp' window at the bottom right shows a table with columns 'Shape', 'Id', 'Zona', and 'Zona'.

Shape	Id	Zona	Zona
Polygon	0	10	Encostas dunares adjacentes ao Farol de
Polygon	0	10	Encostas dunares adjacentes ao Farol de
Polygon	0	9	Complexo de lagoas e dunas ao longo do
Polygon	0	8	Estuário do Rio Potengi e Manguezal
Polygon	0	8	Estuário do Rio Potengi e Manguezal
Polygon	0	8	Estuário do Rio Potengi e Manguezal
Polygon	0	7	Constituída pelo Forte dos Reis Magos e
Polygon	0	6	Engloba o Morro do Careca e dunas asso
Polygon	0	5	Associação de dunas e lagoas do comple
Polygon	0	4	Compreende os Cordões de Dunas dos G
Polygon	0	3	Área entre o Rio Pitimbu e Av. dos Caiaç
Polygon	0	2	Parque Estadual Dunas de Natal
Polygon	0	1	Campo do Pitimbu, Candelaria e Cidade N
Polygon	0	12	Área de Controle de Gabarito
Polygon	0	11	Área de Operação Urbana
Polygon	0	11	Área de Operação Urbana

Fig. 10 - Vista Geral do SIG-CAERN com os níveis de informações, mapas e banco de dados.

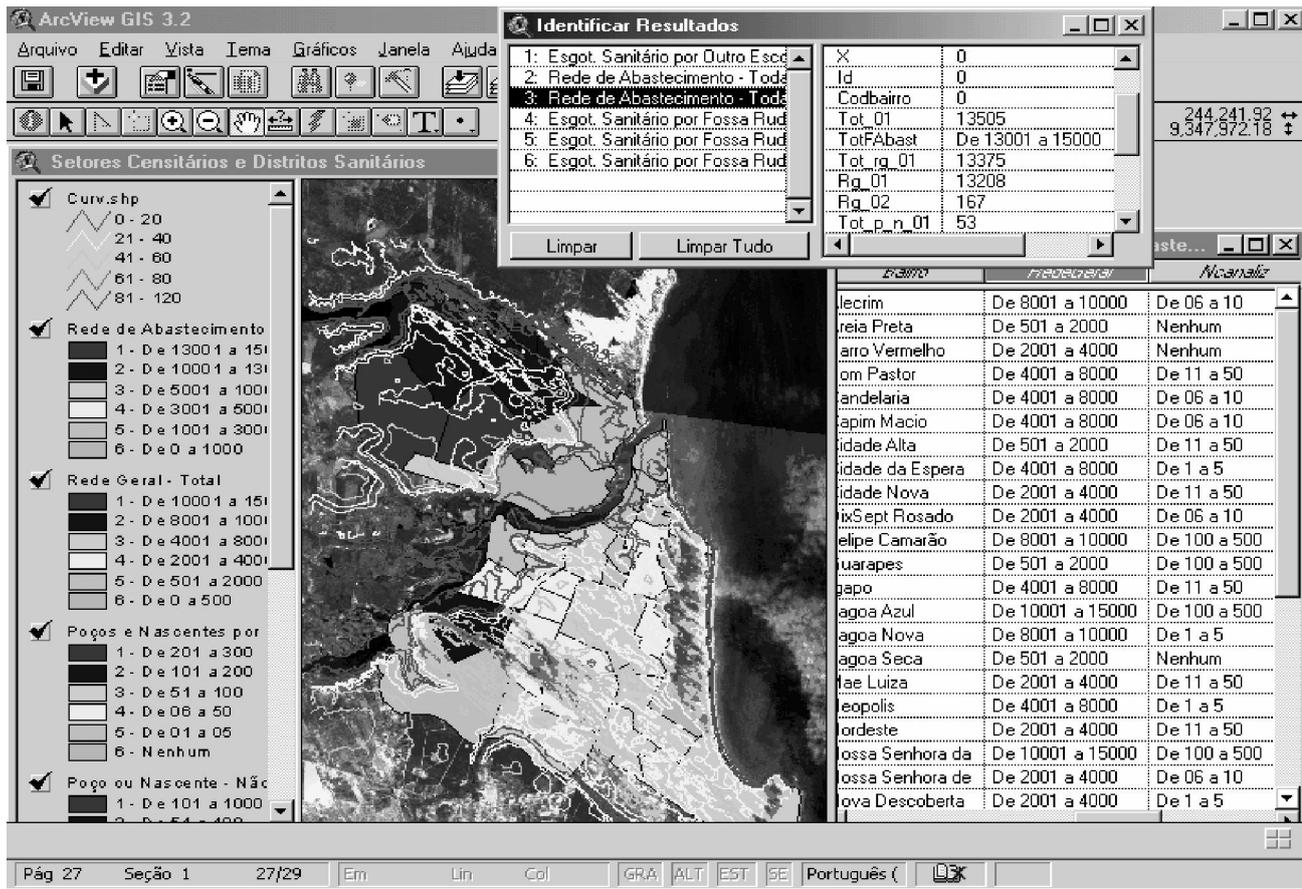


Fig. 11 - Vista Geral do SIG-CAERN com a análise de dados por bairros.

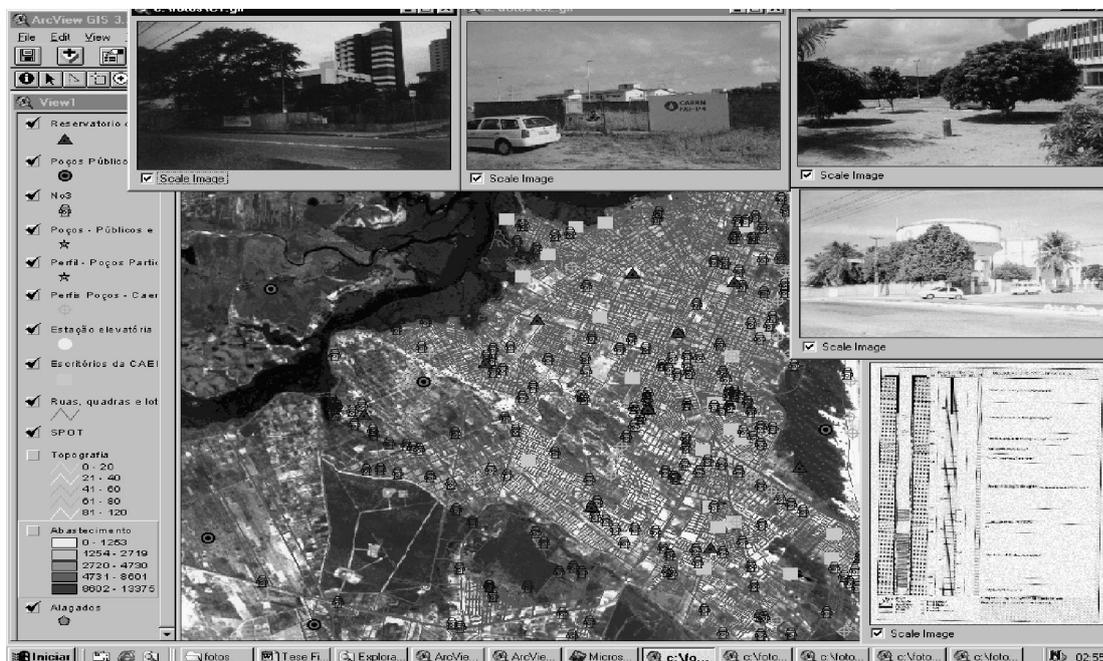


Fig. 12 - Detalhe do SIG-CAERN com imagens de satélite da região, mapa da cidade de Natal, localização dos poços (pontos no mapa), e consultas onde se podem ver fotos ilustrativas de poços, escritórios e estação de bombeamento, e no lado direito o perfil geológico de um dos poços.

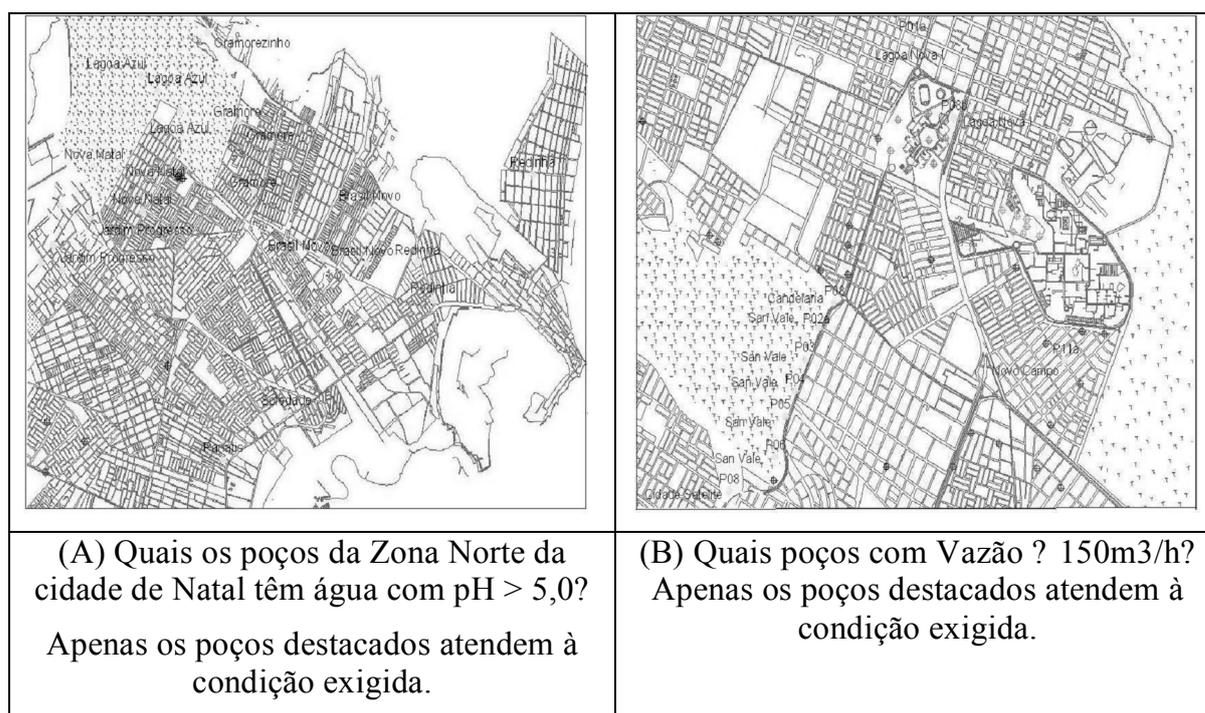


Fig. 13 - Exemplos de Consultas e Respostas do Sistema SIG-CAERN.

A Fig. 13 ilustra outras consultas, realizada diretamente no banco de dados, onde foram colocadas as seguintes questões: (13A) Quais os poços da Zona Norte da cidade de Natal têm água com pH > 5,0? Que poços contêm maiores ou menores profundidades? e (13B) Quais são e onde estão os poços com Vazão > 150m<sup>3</sup>/h? Apenas os poços em destaque (amarelo) atendem as condições exigidas. Ainda consultas como quais áreas são propícias à perfuração de novos poços a partir de novas demandas podem ser avaliadas. Estas consultas em um universo de cerca de 200 poços, com suas respectivas informações, permite a agilidade na tomada de decisões e mesmo o planejamento e modelagem para futuras ações na área.

## 6. Conclusões

O projeto permitiu a integração num sistema dinâmico de um conjunto de informações, cuja maior parte encontrava-se ainda em meio analógico. A implementação e atualização do SIG permitiram um

conhecimento em tempo real das infra-estruturas existentes no terreno e possibilitaram aos serviços técnicos realizar um planejamento com uma visão mais integrada dos sistemas.

O uso do Arcview e do BD/SQL veio possibilitar a digitalização de toda a rede de distribuição e adução de água, com base nas informações existentes, registrando as características mais importantes.

Esse georreferenciamento do sistema permite calcular também as taxas de cobertura territorial atingidas pelas redes de abastecimento de água, considerando a extensão das redes instaladas e das ruas que lhes correspondem.

Além de possibilitar uma melhor gestão dos dados da rede de água e da infra-estrutura da CAERN, este SIG e sua estrutura de análise de dados é uma iniciativa importante para o controle eficiente do meio ambiente subterrâneo do município de Natal, o que envolve o processo de análise de fluxo de água subterrânea da região e avaliações de reservas e parâmetros hidrogeológicos da região observada.

Tanto a base de dados alfanumérica como a base espacial, demanda grandes esforços e precisam de manutenção ou mesmo aprimoramento. Por isto, tão importante quanto a elaboração do cadastro da rede de água da CAERN, é o processo de manutenção desse cadastro, evitando a desatualização das informações e conseqüente perda do investimento. A partir do uso sistemático deste SIG espera-se que os usuários, através da utilização de diversos padrões de análise gerados, e através da especialização dos elementos do esquema, comecem a identificar novas necessidades e passem a adaptar as características particulares do projeto às suas necessidades. Espera-se com isto reduzir o tempo e custo de novos projetos e ao mesmo tempo aumentar o grau de confiabilidade da solução.

Um fato precisa ser lembrado, quantas informações antes dispersas, agora estão em um só lugar. Isso é de grande relevância, pois agiliza todo o processo de andamento dos trabalhos e resulta em economia inclusive de dinheiro. Hoje, com poucos comandos é possível gerar um mapa de determinada área. Saber que áreas seriam afetadas com a paralisação de um determinado poço, quantos poços apresentam parâmetros físico-químicos acima dos valores permitidos pelo Ministério da Saúde, quantos poços estão desativados por bairros, enfim há uma gama de possibilidades de consultas ao sistema. Por essas razões fica a certeza da eficiência da ferramenta nas tarefas internas da gerência, melhorando o gerenciamento e a tomada de decisão nas tarefas diárias.

O próximo passo para melhoria do sistema de informação da rede de infra-estrutura da CAERN seria a implementação do cadastro da rede de consumidores ligado a este SIG. Com o desenvolvimento deste cadastramento, amplia-se a possibilidade de realização de estudos, tais como: análise e otimização do traçado de rotas de leitura e entrega de contas; regionalização e controle de perdas; apoio para combate a fraudes; operações de simulação de manobras, identificando consumidores atingidos por falta d'água; identificação de ocorrências, etc.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à diretoria e à equipe técnica da CAERN pelo apoio financeiro e técnico, e pela oportunidade de participação no trabalho. Também agradecem a FUNPEC (UFRN) pelo apoio à gestão do projeto. Trabalho parcialmente financiado pelo CNPq.

## Referências Bibliográficas

- Bertino, E. Catania, B. Zarri, G.P. (2001). *"Intelligent Database Systems"*. Addison-Wesley, 341p.
- Chen, P. (1990). *"Modelagem de dados: Abordagem, Entidade – relacionamento para projeto lógico"*. Makron Books São Paulo, 285p.
- Cunha, J. A. (2001). A Gestão Municipal Através de Tecnologias de Geoprocessamento e Cadastro Urbano - Gerenciamento de Dados Físicos e sócio-econômicos do Município de Serra Negra do Norte/RN. Dissertação de Mestrado, UFRN - Programa de Pós-Graduação em Geociências. Natal, 102pg.
- Date, C.J. (2003). *"An introduction to database systems"*. Addison-Wesley, 368p.
- Elmasri, R. Navathe, S.B. (2003). *"Fundamentals of database systems"*. Addison-Wesley, 263p.
- Petta, R. A; Cunha, J. A. (2000). One propose of GIS in environmental zoning and urban planing in the district of Serra Negra do Norte – RN - Brazil. - 31st international Geological Congress - Rio de Janeiro - CD-Room. 2516.