

**XI SILUBESA*****Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental***

28/03 a 02/04/2004 - Natal - Rio Grande do Norte - Brasil

IV-021 - SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADO ÀS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA GRANDE JOÃO PESSOA

Gustavo Arruda Ramalho Lira⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da UFPB – Centro de Tecnologia – Departamento de Tecnologias da Construção Civil. Bolsista CAPES.

Cristiano das Neves Almeida

Engenheiro Civil pela UFPB. Mestre em Recursos Hídricos pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Doutorando em Recursos Hídricos pela EESC/USP. Bolsista do CNPq.

Endereço⁽¹⁾: Rua Tabelaio José Ramalho Leite, 1555 – Ap. 401 – Cabo Branco – João Pessoa – PB – CEP: 58045-230 - Brasil - Tel: (83) 226-5078

garruda1980@yahoo.com.br

RESUMO

As águas subterrâneas vêm assumindo uma importância cada vez maior com o passar dos anos. Este fato pode ser comprovado pela crescente quantidade de poços perfurados, tanto por particulares quanto pelas empresas de abastecimento público, este crescimento é ainda mais evidenciado a cada situação de escassez enfrentada pela população. Apesar disso os estudos sobre os recursos hídricos subterrâneos são escassos e qualquer ação no sentido de melhor compreender o comportamento e as características dos aquíferos é extremamente válida. Neste sentido a formação de um cadastro georreferenciado das características dos poços existentes em uma região pode constituir uma excelente ferramenta no processo de gerenciamento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos e servir de base para estudos futuros, e mais ainda, a elaboração de um SIG baseado neste banco de dados permite o cruzamento de informações, a elaboração de novos temáticos e a aplicação de diversas metodologias. Dessa forma, este trabalho apresenta as primeiras etapas desenvolvidas no sentido de elaborar tal SIG, neste caso aplicado à cidade de João Pessoa – Paraíba, descrevendo estas etapas e ainda apresentando as etapas posteriores a serem desenvolvidas.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Informações Geográficas, Perfis Litológicos, Águas Subterrâneas.

INTRODUÇÃO

Durante toda a história o homem busca locais onde há predominantemente a presença de água em condições tais que possa ser usada no mínimo para suas necessidades básicas. Foi assim que se originou, nas margens dos rios Nilo e Eufrates, a nossa civilização ocidental.

A evolução das civilizações trouxe consigo uma busca por melhores condições sanitárias, o que pode ser comprovado pelos aquedutos e sistemas de abastecimento romanos. A construção de obras hidráulicas levou a um aprimoramento das mesmas e um aumento no conhecimento técnico-científico, sendo possível na atualidade, a construção de grandes barragens, adutoras, poços etc., de modo a levar ao homem uma quantidade de água com qualidades necessárias a sua sobrevivência. Essa "facilidade" na obtenção da água gera nas sociedades urbanas um sentimento de abundância, ocasionando em sua maioria das vezes o desperdício ou o mau uso da água tratada.

Em boa parte das regiões brasileiras há a ocorrência de água, seja superficial ou subterrânea, em quantidades superiores a necessidade demandada pelos consumidores. Ocorre, porém, que o mau gerenciamento dos recursos hídricos tem ocasionado diversas situações de desconforto, temos como exemplo a recente crise energética ocorrida em meados do

ano 2001 e os constantes racionamentos no abastecimento de água em diversas cidades. Além destes problemas tem-se em menor escala os constantes conflitos pelo uso da água, entre o trinômio indústria, agricultura e abastecimento humano.

A exploração de águas subterrâneas como auxílio ao abastecimento d'água vem sendo cada vez mais utilizada, isto acontece devido a algumas características deste recurso que facilitam sua captação e utilização. Dentre estas facilidades podemos citar: custo relativamente baixo para captação; boa qualidade na grande maioria dos casos; implantação da captação próxima ao consumidor; ausência de obras tais como estações elevatórias ou estações de tratamento de água. Além da utilização de poços para o abastecimento humano verifica-se o uso intensificado por parte de indústrias.

A utilização de águas subterrâneas em centros urbanos como fonte alternativa de abastecimento apresenta maiores concentrações nas regiões dos "distritos industriais", tal como pode se verificar em cidades como João Pessoa e Maceió, e nas áreas de maior concentração de conjuntos residenciais.

Quando este crescimento se dá de forma desordenada, tal como se verificou na cidade de Recife – PE, situações perigosas podem vir a ocorrer. Uma situação típica naquela cidade é a diminuição excessiva do nível do lençol freático devido à quantidade excessiva de poços muito próximos, isto leva a uma queda na resistência inicial do solo e a constantes problemas de recalques de fundações, podendo levar a fissuras ou até desmoronamentos. Outra situação que pode ocorrer, devido a exploração excessiva, é a intrusão de água do mar, salinizando a água do aquífero.

Ambas situações apresentadas anteriormente são problemáticas. A primeira traz desconforto e até risco de vida para a população urbana, já carente de habitação. Enquanto que a segunda pode ocasionar a impossibilidade do uso das águas do lençol freático devido à contaminação, podendo gerar até um colapso no sistema de abastecimento. Estas duas situações são apenas exemplos nos inúmeros problemas que podem ocorrer com a superexploração ou exploração desordenada de aquíferos. Esta preocupação é maior no ambiente urbano devido à grande concentração populacional e as maiores necessidades hídricas (indústrias, comércio, etc.).

Entre os anos de 1997 e 1999, o conglomerado urbano denominado Grande João Pessoa, bem como todo o nordeste brasileiro, viveu um período de seca, fazendo com que as disponibilidades hídricas dos mananciais superficiais se tornassem incapazes de suprir as diversas demandas em recursos hídricos, o que fez crescer a quantidade de poços perfurados. Durante este período, o principal manancial que abastece este centro, o açude Gramame-Mamuaba, teve sua capacidade consideravelmente reduzida e mostrou a necessidade do gerenciamento tanto das águas superficiais como subterrâneas.

O gerenciamento dos recursos hídricos da Grande João Pessoa exige maior conhecimento sobre as reservas hídricas subterrâneas, as potencialidades e as disponibilidades reais atuais. Isto exige estudos, ainda escassos ou mesmo praticamente insignificantes devido principalmente à falta de informações sobre as características dos aquíferos da região, quais sejam, Beberibe, Barreiras e a formação Gramame.

Os sistemas de informação geográfica apresentam a possibilidade de sobreposição e visualização de uma quantidade imensa de dados, informações espaciais e não espaciais em um mesmo ambiente. Estes sistemas podem ainda ser utilizados no processo de gerenciamento devido a sua facilidade de acesso e manutenção, definindo na unidade de gestão: as fontes consumidoras e a quantidade de água demandada; fontes poluidoras com a quantidade de poluentes gerados e a variação temporal das mesmas; os reservatórios, com seus níveis de água, tempo de bombeamento e etc.

De acordo com Mendes & Cirilo (2001) "para que o planejamento e a administração dos recursos hídricos possam ser exercidos de forma racional e dinâmica, torna-se imperiosa a existência de informações sistematizadas e, sobretudo, de sistemas que articulem essas informações, de modo a processá-las para gerar subsídios às intervenções porventura necessárias e sua adequada operação, bem como a previsão e controle dos processos naturais ou induzidos pela ação do homem nas bacias hidrográficas". Vê-se portanto a importância do uso dos sistemas de informações sobre recursos hídricos tanto no suporte à decisão quanto nas avaliações das situações já existentes.

Um cadastro dos poços existentes com todas as informações obtidas no momento da perfuração do poço, dos testes de vazões, das análises da água e no exame dos perfis litológicos, constitui-se na primeira ferramenta para estudar e gerenciar os recursos em águas subterrâneas. Este cadastro, baseado em um banco de dados georeferenciado e em ferramentas de sistema de informações geográficas, permitirá, além de consultas clássicas, efetuar estudos baseados em análises espaciais das informações.

Neste trabalho apresentam-se as primeiras etapas desenvolvidas na formação deste cadastro, as possíveis dificuldades a serem encontradas e etapas posteriores a serem realizadas. Realizam-se ainda comentários sobre a geologia da região. Este estudo servirá de base a uma avaliação da oferta de água subterrânea na Grande João Pessoa.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A cidade de João Pessoa, capital da Paraíba, esta localizada entre as latitudes 7°00' e 7°30' Sul e as longitudes 34°30' e 35°00' Oeste, na região litorânea do Nordeste brasileiro. Em termos de índices meteorológicos, a cidade apresenta uma média anual de precipitação de 1.310 mm e temperatura média anual do ar de 26,1°C. Sua população é totalmente urbana, não possuindo segundo o IBGE, áreas rurais, sendo as áreas verdes correspondentes a áreas de preservação ou lotes não habitados. Seu clima é tropical úmido e estações do ano bem definidas em verão e inverno (apud Silva, 2001).

A bacia do Rio Gramame tem parte de sua área distribuída entre os municípios de Alhandra, Cruz do Espírito Santo, São Miguel de Taipu, Pedras de Fogo, Conde, João Pessoa e Santa Rita, estando compreendida entre as latitudes 7°11' e 7°23. Sul e as longitudes 39°48' e 35°10' Oeste. Seus principais cursos d'água, além do Gramame que lhe dá o nome, são os rios Água Boa, Mamuaba e Mumbaba. Sua participação no abastecimento d'água para a grande João Pessoa, compreendendo as cidades de João Pessoa, Bayeux, Santa Rita e Cabedelo, além de Pedras de Fogo e Conde, é fundamental. O principal reservatório é o Gramame-Mamuaba com capacidade de armazenamento de 56,9x106 m³.

ESTUDOS EXISTENTES

Apesar da importância que as águas subterrâneas vêm assumindo no abastecimento da população, a quantidade de estudos é escassa. De acordo com Silva et. al. (2001), "apesar do número crescente de novas instalações de poços na cidade, o que se verificou é que os dados cadastrais de poços, e os estudos hidrológicos nos aquíferos da região costeira deixavam muito a desejar".

Como contribuição para o aumento do conhecimento da situação das águas subterrâneas na grande João Pessoa e na bacia do Rio Gramame, alguns trabalhos foram desenvolvidos. Em 1978, a SUDENE (SUDENE, 1978) publicou o Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, folha nº 16 Paraíba S0. Neste trabalho podemos observar a caracterização de fisiográfica e hidrogeologia de toda a área da Grande João Pessoa, bem como regiões circunvizinhas. De acordo com este Inventário a região apresenta potencial hidrogeológico explorável de muito elevado a elevado. Quanto às restrições de uso o Inventário não impõe qualquer restrição, fazendo, contudo, uma ressalva para os problemas de contaminação por águas salgadas do mar (interface) e estuários de rios decorrentes de poços mal locados ou mal construídos. A figura 1 apresenta o potencial hidrogeológico da área estudada de acordo com o inventário da SUDENE.

A revista Águas Subterrâneas traz em sua edição número 17 um trabalho onde são elaborados perfis geológicos para análise da geometria dos aquíferos costeiros da região metropolitana do Recife-PE (Oliveira et. al., 2003). O trabalho realiza previamente um cadastramento de 570 poços tubulares na região e com base nestes perfis litológicos elabora os perfis. Ao final deste estudo são definidos três sistemas aquíferos denominados da seguinte maneira: a) Aquífero intergranular principal, formado pelas formações Bebeiribe e Itamaracá, onde se recomenda uma melhor caracterização; b) Aquífero cárstico, formado pela formação Gramame/Maria Farinha e apresentando baixa produtividade e má qualidade de águas e c) Aquífero Barreiras formado por formação de mesmo nome, onde se recomenda um melhor estudo para definição de uma área de recarga. Deve-se observar que neste trabalho apesar de terem sido cadastrados 540 poços foram utilizados apenas 390 devido a fatores diversos como ausência de coordenadas, entre outros.

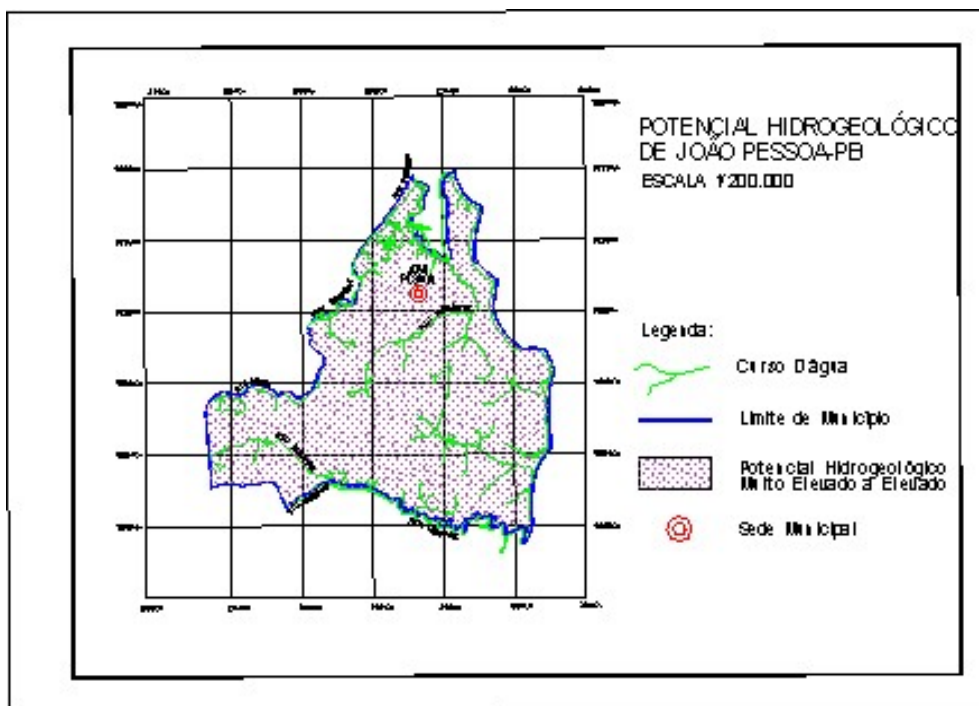


Figura 1: Potencial hidrogeológico da área estudada.

Uma avaliação e espacialização das características dos poços cadastrados na CDRM – Companhia de Desenvolvimento dos Recursos Minerais do Estado da Paraíba, da SEPLAN – Secretaria de Planejamento do Estado da Paraíba, CAGEPA - Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba e SEMARH – Secretaria do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Minerais do Estado da Paraíba mostra valores médios, mínimos e máximos para características como vazão, profundidade, vazão específica e rebaixamento dos poços, apontando ainda uma tendência de crescimento das características analisadas e mostrando uma grande concentração de poços na região industrial de João Pessoa (Silva et. al., op. cit.). Esta tendência de crescimento aliada com o desenvolvimento cada vez maior da cidade e a verticalização da mesma permitem prever futuros conflitos entre usuários e a necessidade de ferramentas que auxiliem os tomadores de decisão no processo de gestão.

Em outro estudo, estima-se a potencialidade e disponibilidade hídrica subterrânea na bacia do Rio Gramame e suas principais sub-bacias (Gramame, Mumbaba, Mamuaba e Água Boa), segundo os autores, "as estimativas feitas indicaram valores de $106,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ para a potencialidade hídrica e $8,3 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ para a disponibilidade, representando uma razão disponibilidade/potencialidade de apenas 7,8%, indicando ser os aquíferos da bacia ainda poucos explorados" (Lira & Silva, 2002).

A área de estudo está completamente inserida na Bacia Sedimentar Costeira Pernambuco-Paraíba. A figura 2 representa um trecho da bacia (apud BARROS, 2001). Esta Bacia se distribui por uma faixa litorânea de cerca de 120 km de extensão, e atinge os 40 Km de largura. Sua constituição, de acordo com o Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste (SUDENE, op. cit.), da base para o topo, compreende: "três formações a saber: I) Beberibe/Itamaracá; II) Gramame; III) Maria Farinha, que em conjunto, formam o Grupo Paraíba". Na sua superfície encontra-se o grupo Barreiras. As formações Estiva e Cabo não afloram no Estado.

METODOLOGIA

Conforme pode se verificar, o trabalho envolve duas etapas sucessivas, quais sejam:

- Desenvolvimento do banco de dados georreferenciado com informações sobre as características dos poços.
- Desenvolvimento do SIG para manipulação das informações sobre os aquíferos e os poços perfurados na região.

Para a concretização destas etapas, as seguintes atividades serão desenvolvidas:

- Caracterização hidrogeológica regional* – Identificando as formações encontradas nos perfis a serem cadastrados para posterior inserção no banco de dados.

- b. *Coleta e organização da base de dados a ser utilizada* - Aquisição de informações relativas aos poços perfurados na Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA e na Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais – CDRM, através de cadastro já existente, porém desatualizado.
- c. *Desenvolvimento do banco de dados* – À medida que as informações sobre os poços forem sendo coletadas será desenvolvido um banco de dados em formato .mdb usando o software Microsoft Access.
- d. *Atualização das informações e adição de novos registros* - Atualização do cadastro através do contato com estes órgãos e adição de novos registros através do contato com empresas particulares de perfuração de poços.
- e. *Desenvolvimento do SIG* – Consta da importação dos mapas digitais da área de estudo e do banco de dados desenvolvido.

Dentre estas etapas algumas já vem sendo realizadas, tais como o desenvolvimento do banco de dados, o contato com empresas particulares, a coleta e a organização das base de dados a ser utilizadas.

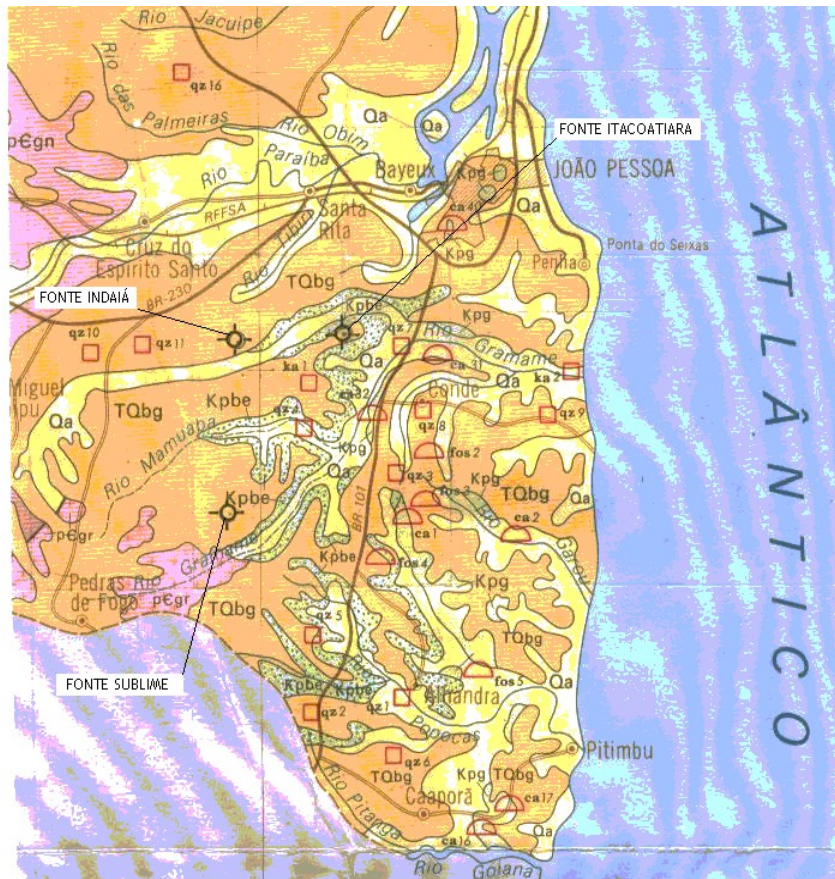


Figura 2: Trecho da bacia sedimentar onde está inserida a área de estudo.

AQUISIÇÃO DOS DADOS

Durante a aquisição de novos registros, parte principal do cadastro, qualquer problema na aquisição dos registros pode ser comprometedora para o desenvolvimento do trabalho.

Durante a seca de 1997-1999, anteriormente citada, a CAGEPA iniciou um trabalho de recuperação dos poços existentes e perfuração de novos poços, deste trabalho surgiram informações sobre cerca de 50 poços, utilizados predominantemente para o abastecimento humano. Há ainda informações disponíveis sobre os equipamentos instalados, as características do poço e testes de bombeamento. Alguns destes postos estão obstruídos ou não estão funcionando, porém as informações sobre os aquíferos são preciosas. Estas informações já estão disponíveis e prontas para serem inseridas no banco de dados.

Outra forma de aquisição de dados, conforme mencionado na metodologia é o contato com empresas particulares, neste sentido, isto já vem sendo realizado. Atualmente já foram contatadas duas empresas particulares colocaram a disposição seus cadastros com mais de 100 poços perfurados na região de estudo e seus contornos. Em uma análise prévia destes cadastros verificou-se que os mesmos são bastante completos em suas informações, contendo todos os

dados necessários para a realização do cadastro georreferenciado.

Tem-se ainda disponível um banco de dados desenvolvido pela CDRM, com mais 3500 registros de poços em todo o Estado, sendo 200 deles na capital. Este banco de dados possui informações sobre localização, características do poço e testes de bombeamento, ocorre porém que não há informações sobre o perfil litológico dos poços, o que limita a sua aplicação a simples conferência por dados posteriores.

ESTRUTURAÇÃO DO BANCO DE DADOS

O banco de dados é a base para a montagem do SIG, um dos produtos finais do trabalho, por isso é de fundamental importância que sua estruturação sejam a mais adequada possível. Essa adequação diz respeito à exportação das suas informações para o SIG, visto que este deverá ser utilizado em estudos futuros como modelações hidrológicas, criação de mapas temáticos, interpolação de informações, entre outras. A estruturação do banco de dados talvez corresponda a 40 % do trabalho, não em termos de trabalho para implementação do mesmo, mas sim pelo fato de que o mesmo será a base de todo o trabalho.

Como o banco de dados é o centro de todo o Sistema, uma atenção especial foi dada a esta etapa do trabalho. Uma consulta bibliográfica detalhada foi realizada, após a fase de planejamento e estruturação do banco de dados foram realizadas discussões entre alunos e professores envolvidos no desenvolvimento do trabalho. Desta forma, chegou a uma formatação final do banco de dados, que foi então implementado no Access®.

Um total de oito tabelas foi implementado, a saber:

- a. Tabela com as principais informações sobre os poços (TabPocos);
- b. Tabela com os dados do teste dos poços (TabCurva);
- c. Tabela com informações resumidas do perfil litológico (TabPerfilRes);
- d. Tabela com o tipo de material do aquífero (TabMaterial);
- e. Tabela com informações detalhadas do perfil litológico (TabPerfil);
- f. Tabela com o tipo do aquífero (TabTipAquif);
- g. Tabela com o nome das bacias hidrográficas (TabBacias);
- h. Tabela com o nome dos municípios (TabMunicipio).

A TabPocos contém as principais informações dos poços (Código do poço, nome, latitude, longitude, nível estático, nível dinâmico inicial, vazão específica, vazão de operação, etc.). A TabCurva contém os dados da curva de teste do poço (Código do poço, vazão e nível). O banco de dados ainda permite o cadastro detalhado ou não do perfil litológico dos poços, ou seja, no detalhado cadastra-se, para cada poço, a largura da camada e o tipo de material, já no perfil resumido cadastra-se apenas a largura da camada e o aquífero que a mesma ultrapassa. Estas informações encontram-se, respectivamente, nas tabelas TabPerfil e TabPerfilRes. Têm-se ainda as tabelas com informações das bacias hidrográficas e municípios, que servem para localização dos poços por uma destas duas características.

É importante citar que as tabelas que contêm informações sobre os poços, em geral, têm um campo em comum, o código do poço. Este campo foi criado para relacionar as diversas informações das várias tabelas. Por exemplo, as informações sobre os perfis são armazenadas em tabelas separadas cadastradas através deste código. A figura 3 apresenta a estrutura geral das tabelas bem como os relacionamentos criados entre estas.

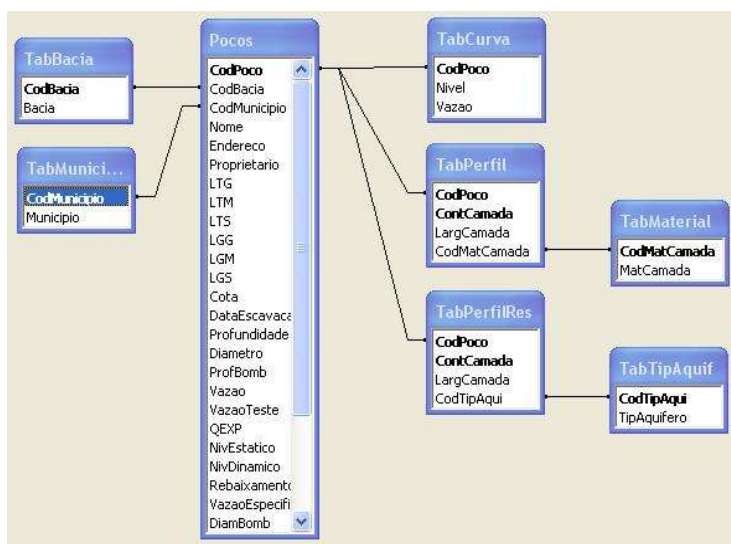


Figura 3: Estrutura geral e relacionamentos do banco de dados

Além da estruturação do próprio banco de dados também foram criados formulários para entrada dos dados, isto objetivando simplificar a utilização do sistema. Assim, foi criada uma janela principal onde o usuário do Sistema pode cadastrar as principais informações abordadas anteriormente. A partir desta janela o usuário também pode ativar independentemente os módulos de cadastrados do perfil detalhado ou resumido, além do cadastro da curva característica do poço. A figura 4 apresenta esta interface, nela ainda pode-se ver que a entrada de dados do perfil detalhado, perfil resumido e da curva característica é realizada de maneira separada, ou seja, ao se clicar em um dos 3 botões, tem-se acesso a estes sub-módulos.

Cadastro de Poços

Informações gerais:

Código: 1

Nome: João Pessoa

Ender.: Altiplano Cabo Branco

Propriet.: CAGEPA

Bacia Hidrog.: 1

Município: 7507

Localização:

Long. (Graus): 34 49 39

Lat. (Graus): 7 8 1

Long (km):

Lat (km):

Caract. Técnicas:

Niv. Est. (m): 39

Niv. Din. (m): 51

Rebaix. (m): 12

Vaz. Espc.: 4,58

Prof. (m): 210

Diam. (mm):

Diam. Bomb.: 100,5

Ext. Filtro (m): 100,5

Cota do terreno (m):

Data da perfur.:

Vazao de oper.: 55

Prof. da bomba (m): 100,5

Vazao Teste:

QEXP:

Diam. Filtro: 6"

Quant. Filtros: 41

Abert. do Filtro: 0,75

Observação: Operando

Perfis: Perfil Detalhado | Perfil Resumido | Curva característica

Figura 4: Cadastro de dados de um poço.

RESULTADOS ESPERADOS

Após a conclusão do banco de dados e a inserção de todos os dados adquiridos, as próximas etapas são o desenvolvimento do SIG e a elaboração de mapas temáticos baseados neste SIG.

O principal produto é o cadastro georreferenciado dos poços com Sistema de Informações Geográficas incluindo os perfis litológicos dos poços. Espera-se que após o desenvolvimento deste SIG haja uma melhor compreensão da "variação espacial dos aquíferos" contribuindo assim para um melhor conhecimento das características dos aquíferos e para a determinação de suas características hídricas e hidráulicas, permitindo um melhor gerenciamento dos recursos

hídricos na região estudada.

Após a conclusão deste SIG será possível utilizar esta base de dados em outros estudos, tais como aplicações para a determinação da vulnerabilidade dos aquíferos, modelações hidrológicas e até mesmo como auxílio ao gerenciamento e gestão dos recursos hídricos subterrâneos do Estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BARROS, Heronides Dias da. As fontes de água mineral da bacia hidrográfica do rio gramame: aspectos legais, geológicos e ambientais. João Pessoa, 2001. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente -Universidade Federal da Paraíba, 2001.
2. LIRA, Gustavo Arruda Ramalho; SILVA, Tarciso Cabral da; SILVA, Ana Cristina Souza da. Potencialidades e disponibilidades de águas subterrâneas na bacia do Rio Gramame. In Anais do VI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Maceió, AL. 2002.
3. MENDES, Carlos André Bulhões; CIRILO, José Almir. Geoprocessamento em recursos hídricos: Princípios, interação e aplicação. Porto Alegre: ABRH. 2001.
4. OLIVEIRA, Leonizze Teixeira; DEMÉTRIO, José Geilson Alves; TOMÉ, Maria Emília Travassos Rios; VASCONCELOS, Cleidiane de Lemos. Análise da geometria dos aquíferos da porção norte da região metropolitana do Recife – PE a partir de perfis litológicos de poços tubulares. Revista Águas Subterrâneas nº 17. São Paulo – SP. Maio 2003.
5. SILVA, Tarciso Cabral da; FILHO, Laudelino de A. Pedrosa; SILVA, Ana Cristina Souza da. Avaliação e espacialização das características dos poços do município de João Pessoa – Paraíba. In Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Aracaju, SE. 2001.
6. SUDENE, 1978. Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste. Recife.