

## AVALIAÇÃO E ESPACIALIZAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DOS POÇOS DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA - PARAÍBA

Tarciso Cabral da Silva<sup>1</sup>; Laudelino de A. P. Filho<sup>1</sup>; Ana Cristina Souza da Silva<sup>1</sup>

**Resumo** – Em decorrência da última crise no abastecimento d'água por que passou a cidade de João Pessoa como produto da seca de 1997/1999, as águas subterrâneas no município foram subitamente valorizadas. De fato, a ocorrência de águas subterrâneas em quantidade e qualidade bastante aceitáveis no âmbito municipal, favorecem a instalação de poços tubulares principalmente na parte urbanizada. Também foram reativados poços pela Companhia e Águas e Esgotos da Paraíba - CAGEPA, com vistas a complementar a oferta d'água através da rede hidráulica existente, já que com a entrada em operação da barragem de Gramame – Mamuaba em 1988 a maioria destes poços tinha sido desativada. Neste trabalho se faz um compilação de dados existentes sobre os poços no município, realizando-se estatísticas básicas sobre os parâmetros vazão, profundidade e vazão específica. São feitas também espacialização desses parâmetros utilizando um programa de SIG o ArcView 3.2, objetivando-se identificar variações principalmente de produtividade no espaço geográfico municipal. Os resultados mostraram altas variações de profundidade nos poços e baixas variações de vazão e vazão específica.

**Abstract** - Due the last crisis that the city of João Pessoa passed, as product of the drought of 1997/1999, the city's underground waters were valorised. In fact the occurrence of underground waters in amount and quantity quite acceptable in municipal ambit, favours the tubular wells implantation mainly on the urbanised area. Wells were also reactivated by the state's water distribution company, CAGEPA. It had as objective to complement the offer of water through the existent hydraulic net, considering that since the beginning of operation in 1998 of Gramame – Mamuaba's reservoir its wells were disabled. In this work its made a compilation of the existent data about the wells at João Pessoa, and basics statistics about relevant parameters. A space distribution of this parameters using a SIG program, the ArcView 3.2 was also made. The aim is identify productivity variations in the city geographical space mainly. The results showed high variations of the depth of the wells and low variations of the flow rate and specific flow rates.

---

<sup>1</sup>Universidade Federal da Paraíba – Campus 1 – Centro de Tecnologia – Área de Recursos Hídricos – João Pessoa - PB  
CEP: 58.059-900 Fone: 0xx83-2167684 Fax: 0xx83-2167179 E-mail: tarciso@lrh.ct.ufpb.br

**Palavras-chave:** águas subterrâneas, produtividade de poços, geoprocessamento.

## INTRODUÇÃO

Uma das características mais especiais da captação de águas subterrâneas, através de poços, é a possibilidade de instalação muito próxima do consumidor. Além desta característica, a da não ocupação de espaço útil, e ao relativamente curto tempo para implantação de poços para captação, conferem as águas subterrâneas um fator importante e estratégico para o gerenciamento de recursos hídricos.

A partir da seca de 1997–1999 que se abateu na região Nordeste de Brasil, que pioneiramente afetou os sistemas de abastecimento d'água supridos por mananciais de superfície nas capitais dos Estados, a demanda para a implantação de poços aumentou enormemente, principalmente nas cidades de Recife e João Pessoa.

Em particular, na cidade de João Pessoa, a seca que atingiu a bacia hidrográfica do rio Gramame, provocando o quase colapso do seu principal manancial o açude Gramame-Mamuaba, com 59 milhões de metros cúbicos, o racionamento adotado para afirmar o desconforto dos consumidores urbanos, serviu como alerta para se repensar a matriz de captações de água para abastecimento urbano e de indústrias.

No entanto, 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.

Algumas respostas vieram em decorrência disto, sendo a principal delas a aplicação da Lei Estadual número 6.308 de 2 de julho de 1996, que institui a Política Estadual de Recursos Hídricos. Nesta lei estadual, exige-se a outorga para a instalação de poços no território estadual ou simples cadastramento no caso de poços de vazão insignificante.

A elaboração de Planos Diretores de Recursos Hídricos também contribuíram no sentido de se organizar os dados e de ações de cadastro, como o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Gramame que abrange parte do município de João Pessoa.

Percebendo a importância estratégica das águas subterrâneas para a cidade de João Pessoa e a carência de dados e estudos sobre os aquíferos regionais, a Área de Recursos Hídricos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba – UFPB em João Pessoa, tomou a iniciativa de

tentar contribuir para aumentar o conhecimento sobre as potencialidades dos aquíferos, disponibilidades e caracterização geral do uso de águas subterrâneas na província costeira, abrangendo os aquíferos da formação Barreiras e Beberibe, Pernambuco/Paraíba onde se situa a maior concentração de poços do Estado da Paraíba, na cidade de João Pessoa.

Neste sentido, uma tarefa que vem sendo feita pelo Laboratório de Recursos Hídricos é a coleta de informações sobre os poços na região, particularmente tentando atualizar um cadastro que possa subsidiar com mais segurança futuras ações de planejamento e manejo da água na região.

A partir do cadastro dos poços existentes, elaborados pela CDRM – Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba, e sua atualização com informações oriundas de outros levantamentos, fez neste trabalho estatísticas básicas no sentido de se extrair informações gerais sobre as características dos poços já instalados no município de João Pessoa.

Também é feito um breve levantamento da bibliografia existente sobre os aquíferos da província costeira.

Um sistema de informações geográficas SIG, o ArcView 3.2 com sua extensão Spatial Analysis 2.0, é utilizado para a espacialização das características abordadas.

## **CARACTERÍSTICAS REGIONAIS**

O município de João Pessoa localiza-se na zona costeira do Estado da Paraíba, contando com a particularidade de abrigar o ponto mais oriental das Américas (figura 1). Sua precipitação média anual é de aproximadamente 1.700 mm, evaporação média anual em tanque classe A de 1.310 mm. Seu clima é classificado segundo Koeppen (adaptada para a região segundo Varejão e Silva, 1987) como Aw'i , indicando clima tropical úmido, apresentando verão seco, sendo a variação de temperatura média mensal do ar ao longo do ano praticamente desprezível. A temperatura média anual do ar é de 26,1 °C. A sua área é de 210 km<sup>2</sup>, com população recenseada pelo IBGE em 2000 de 595.429 habitantes, representando 15,3 % da população estadual. Constitui portanto, a maior concentração populacional do Estado da Paraíba. O município apresenta um índice de urbanização bastante alto, não dispondo de zona rural segundo as informações do IBGE. Os vazios urbanos portanto correspondem praticamente a áreas de preservação (mata atlântica, manguezais, vegetação de restinga, espelhos d'água) e loteamentos ainda não ocupados.

A economia do município fundamenta-se nos setor de serviços (comércio, serviços em geral inclusive serviço público, turismo), transferências (aposentadorias e pensões) e indústrias.

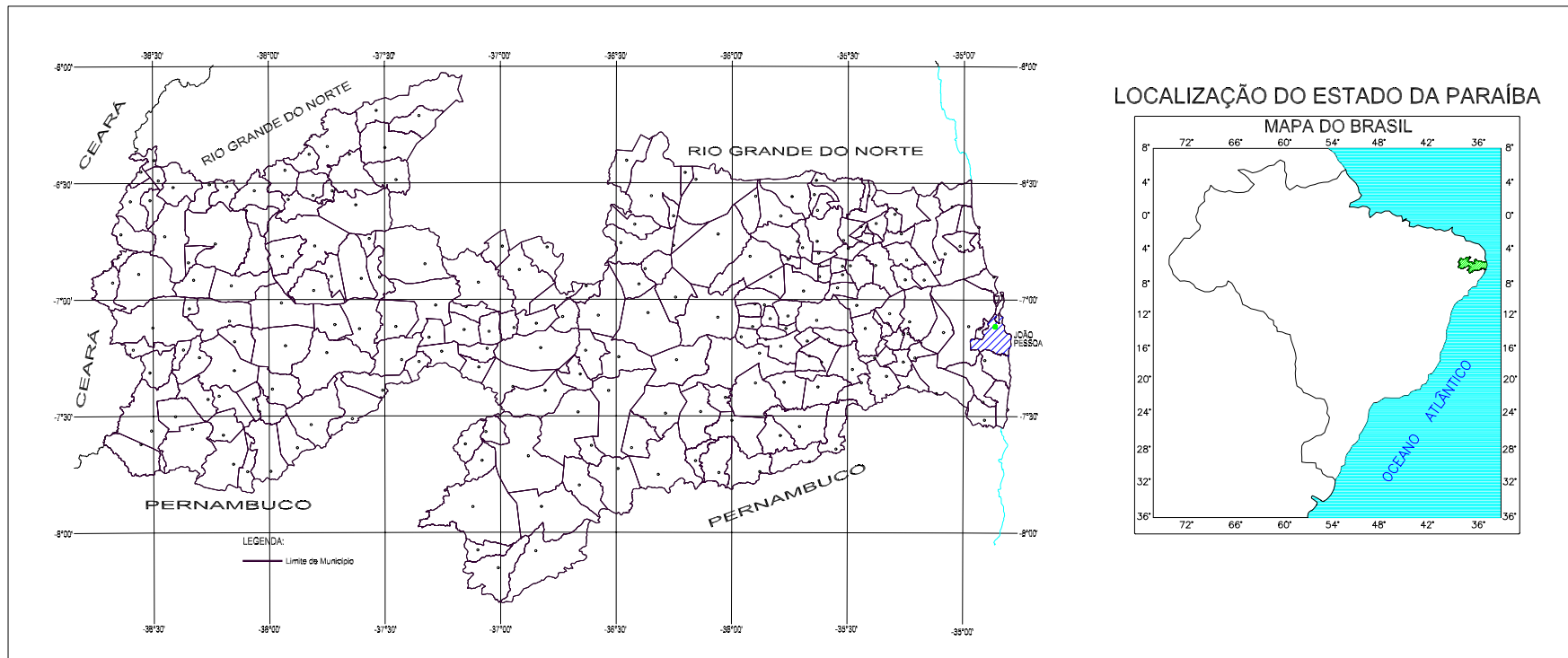


Figura 1 – Localização da área estudada.

## **Caracterização Hidrogeológica**

Os terrenos sedimentares são o estofo do município, representados pelos sedimento mesocenozóicos do Grupo Paraíba compostos das formações Beberibe e Gramame, pertencentes a bacia sedimentar costeira denominada Pernambuco-Paraíba, além de exposições terciárias, constituídas do Grupo Barreiras e Quaternárias, formadas por aluviões, dunas e sedimentos de praia, tais como recifes e mangues.

Como expressão hidrogeológica apresentam-se os sistemas aquíferos Beberibe e Barreiras, sendo o primeiro do tipo confinado e mais importante e o segundo um sistema livre presente na formação do mesmo nome (SUDENE, 1978). Comparecem também como sistemas aquíferos menos importantes os aluviões dos rios Gramame e Mumbaba, além dos sedimentos praiheiros do município.

Não são muitos os estudos sobre as águas subterrâneas na região, apesar de ser considerada zona costeira em sua maioria com crescente ocupação e exploração de água através de poços.

No entanto, é possível encontrar-se alguns estudos que permitem fazer avaliações do potencial da bacia, entre outras informações importantes.

Em 1978, a SUDENE (op. cit.) publicou o Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, folha nº16 Paraíba S0. Trata-se de um trabalho de nível exploratório básico, abrangendo uma caracterização fisiográfica e hidrogeológica da área englobada (coordenadas de 33° a 36° de longitude oeste e 6° a 8° de latitude sul), além de uma descrição de seus aspectos sócio-econômicos, com o fim de definir as áreas de maior vocação hidrogeológica e as tendências do seu aproveitamento. A folha referida abrange a parte úmida costeira - incluindo o município de João Pessoa - referente ao domínio dos terrenos sedimentares e parte mais ocidental correspondente a uma constituição geológica de terrenos pré-cambrianos e cristalinos. Na região da em estudo, município de João Pessoa o Inventário Hidrogeológico aponta potenciais exploráveis classificados como muito elevado (figura 2). Em termos de qualidade da água dos poços na região enfocada na folha, o Inventário conclui que na área de toda a folha, as águas não apresentam restrições de uso, com ressalvas para os problemas de contaminação por águas salgadas do mar (interface) e estuários de rios decorrentes de poços mal locados ou mal construídos.

O Projeto RADAM (1981) de área de bastante abrangência, emprega escalas muito pequenas de mapeamento e uma metodologia não convencional para a avaliação de potenciais hidrológicos. Sofrem por estes motivos críticas, já que a metodologia utilizada envolve por exemplo o

“sentimento pessoal” (SEPLAN/ATECEL, 1994) do técnico, podendo produzir resultados atípicos ou irreais.

O trabalho denominado Estudos de Reconhecimento e Estudos Hidrogeológicos para Aproveitamento Integrado – Região Centro-Leste da Bacia Potiguar e bacias costeiras da Paraíba-Pernambuco foi realizado pela SUDENE/CONESP/OESA em 1976, compreendendo a área entre os municípios de Alhandra e Mamanguape. Utilizou-se de técnicas de modelagem matemáticas de fluxo subterrâneos, buscando-se avaliações do que foi denominado de “fluxo natural” (escoamento subterrâneo ao mar), considerando-se retiradas por bombeamento na área dos aquíferos enfocada. É portanto um trabalho de importância com resultados obtidos para o aquífero hidraulicamente simulado como um todo.

Rebouças (1978), em seu trabalho Recursos Hídricos: As Águas Subterrâneas no Brasil, estimou armazenamentos de águas subterrâneas no território brasileiro, organizando mapas indicativos de produtividade, de importância para as estimativas de potencialidade de águas subterrâneas.

O Plano Estadual e Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SEPLAN/ATECEL, 1994), apesar de se constituir em um documento onde as avaliações de potencialidades e disponibilidades são preliminares, além de que a escala de mapeamento seja pequena, nos relatórios denominados Potencialidades Hídricas Subterrâneas do Estado da Paraíba e Disponibilidade Hídrica Subterrânea encontram-se valiosas informações sobre a região costeira. As avaliações foram feitas por sistema aquífero e por bacia hidrográfica, tendo sido estes valores acatados por outros autores (Lima et al., 1999) devido as suas estimativas serem baseadas não só na produtividade de poços, mas também em coeficientes características da curva de depleção dos hidrogramas e outros parâmetros hidrogeológicos..

O Projeto Áridas (SEPLAN, 1994) em seu relatório II.6 – Água Subterrânea e o Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido Nordeste, faz-se importante revisão sobre a evolução da Hidrogeologia e da atividade de exploração da água subterrânea na região Nordeste, reunindo informações diversas sobre os variados sistemas aquíferos regionais. Informa portanto, valores sobre o sistema aquífero como um todo. Sobre o aquífero Beberibe, o relatório destaca como o principal manancial hídrico subterrâneo, que vem sendo utilizado para abastecimento das cidades costeiras dos Estados da Paraíba e Pernambuco, além de suprir os respectivos parques industriais. A produtividade deste aquífero, segundo este estudo, “é elevada a média, tendo os poços uma vazão específica entre 1 e 4 m<sup>3</sup>/h, com vazões de 25 m<sup>3</sup>/h 100 a m<sup>3</sup>/h para rebaixamento de nível da ordem de 25 m. A qualidade da água é boa, com RS médio inferior a 400 mg/l”.

O PLIRHINE – Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil (1980), definiu os conceitos de Disponibilidades, Potencialidades e Reservas, adotados em diversos planos de recursos hídricos de bacias hidrográficas elaborando estudos hidrogeológicos da região.

No trabalho Disponibilidades Hídricas Subterrâneas na Região Nordeste do Brasil (Costa e Costa, 1997), faz-se uma revisão sobre as reservas subterrâneas tomando como base desde os estudos desenvolvidos pela SUDENE até o mais recente, o Projeto Áridas, procurando sintetizar um quadro de avaliação das disponibilidades hídricas subterrâneas para a região. Neste trabalho, com referência à província costeira referente ao sistema Paraíba-Pernambuco, em particular ao aquífero Beberibe, tabula-se os coeficientes característicos do aquífero, de transmissibilidade, permeabilidade, armazenamento e vazão específica, nos valores de  $1,7 \times 10^3$  ( $m^2/s$ ),  $3,8 \times 10^{-5}$  m/s;  $2,2 \times 10^{-4}$  e Q/s entre 1 e 4 ( $m^3/h.m$ ).

O capítulo 13 do livro Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações (Feitosa, F. A. C e João Manoel Filho, 1997), escrito por Albert Mente refere-se uma breve descrição sobre as “Condições Geológicas do Brasil”. Neste capítulo são apresentadas características básicas médias dos aquíferos Barreiras e Beberibe, com base nos estudos feitos para a elaboração do Mapa Hidrogeológico do Brasil pela CPRM/DNPM de 1979 a 1981. Os valores médios de vazão de poços, profundidade e vazão específica para o aquífero Barreiras foram  $8,7 m^3/h$ , 65 m e  $3,16 m^3/h/m$ , enquanto que para o Beberibe os valores foram  $52,0 m^3/h$ , 142 m e  $6,1 m^3/h/m$ .

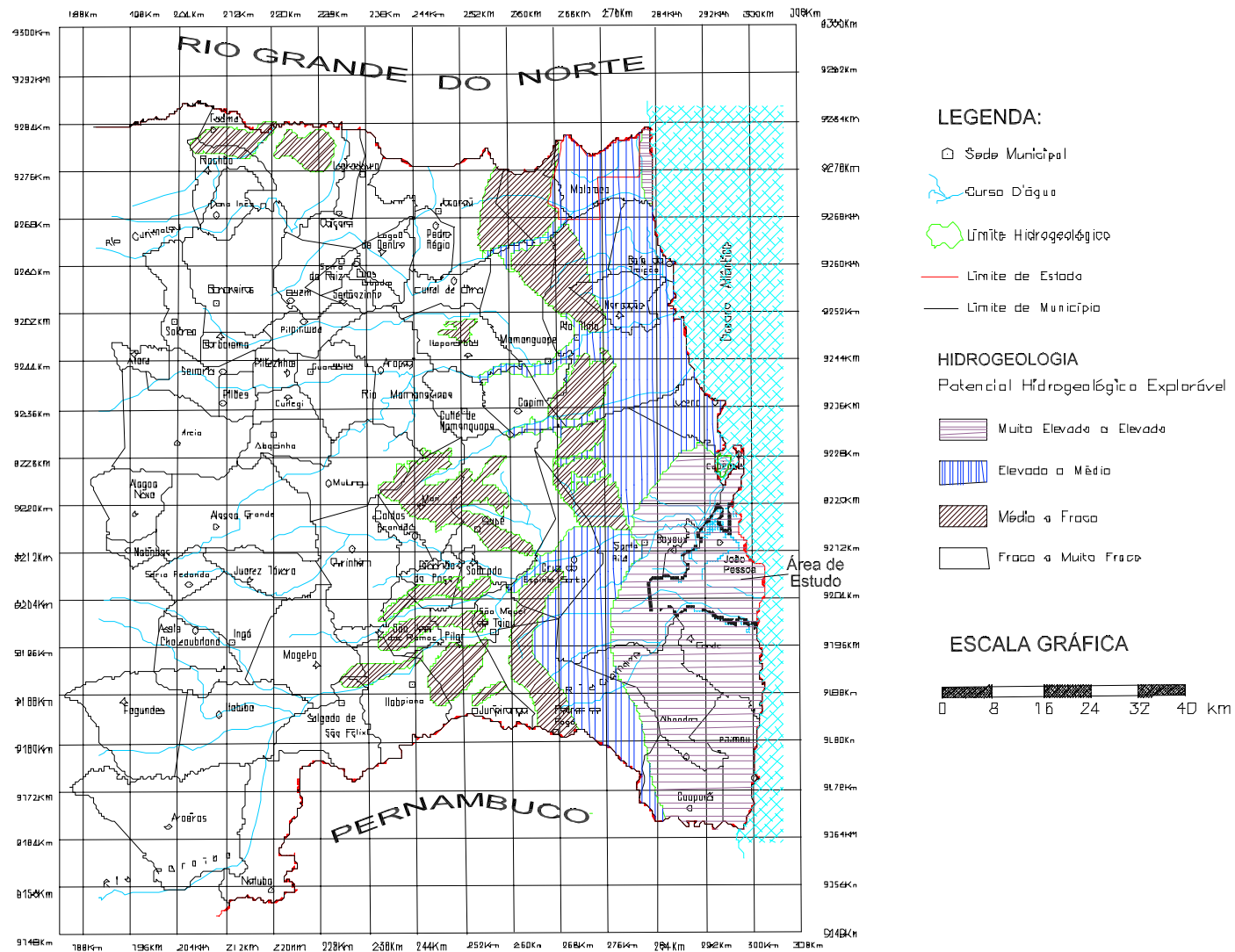


Figura 2 – Hidrogeologia da Região.



## **Coleta e organização da base de dados utilizada**

A coleta de informações para a base de dados constou de duas fases distintas: a primeira fase, referiu-se a consideração do cadastro de poços da Secretaria de Planejamento do Estado da Paraíba de 1994, em meio digital (baseado no cadastro da CDRM – Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado da Paraíba); Este cadastro, apesar de conter diversas informações, não informa sobre o sistema aquífero. A segunda fase refere-se ao levantamento de informações mais recentes, já que no cadastro da SEPLAN, o último poço cadastrado data de 1986. Atualizou-se então os dados cadastrais com as informações dos poços da CAGEPA, que se encontravam desativados, sendo reativados ou perfurados e instalados novos poços no ano de 1999. Na Secretaria do Meio Ambiente, Recursos Hídricos e Minerais do Estado da Paraíba – SEMARH, se organiza atualmente um novo cadastro a partir dos poços outorgados segundo as exigências da lei de recursos hídricos do Estado a Lei 6.308 já citada anteriormente. No entanto, os dados disponíveis em fichas não constam informações sobre sistema aquífero, data de instalação, rebaixamento, entre outros, pelo que não foram incluídos neste trabalho.

Pelo visto, infere-se evidentemente que os dados utilizados neste trabalho são dados amostrais com distribuição temporal heterogênea, já que no período 1991-1998, não se dispõe de informações. O melhoramento das informações cadastrais portanto, é um trabalho em andamento na UFPB, que prossegue com uma certa prioridade haja vista as informações acima prestadas, principalmente com relação as definições dos sistemas aquíferos.

Assim, o cadastro de poços existente foi “atualizado”, para utilização neste trabalho, sendo que os poços construídos pela CDRM, CAGEPA ou CONESP, os dados destes são em geral mais completos, inclusive com informações sobre qualidade de água e de parâmetros hidrodinâmicos do poço.

Foi incluído uma coluna no cadastro de poços utilizado, referente ao uso da água, para indústria, abastecimento humano, animal ou outro uso. Esta decisão visa permitir análises posteriores quanto à destinação das águas subterrâneas na bacia. O cadastro se encontra em formato digital em linguagem ACCESS.

Encontra-se em andamento junto a empresas de perfuração a terceira fase relativa a coleta de informações sobre os poços perfurados por estas empresas especializadas, dados estes em fase de digitação, não incluídos na base usada.

No cadastro utilizado consta dados de 217 poços com diversas características quanto ao seu estado. O quadro 1, estão resumidas as características dos poços, tendo significado:

Quadro 1 – Características dos poços cadastrados.

Estado do poço	Número
Tamponado	13
Obstruído	11
Revestimento Sacado	08
Paralisado	21
Desativado	03
Abandonado	67
Seco	00
Funcionando	125

a) Poço tamponado: Poço cuja a boca é dotada de tampa rosqueada. Espera instalação para funcionar; b) Poço obstruído: tem o interior preenchido por material rochoso ou outro material qualquer, proveniente de desmoronamento de suas paredes rochosas ou colocado por ação predatória ou, mesmo, criminosa de pessoas desavisadas ou mal intencionadas. Pode ser recuperado; c) Poço com revestimento sacado: Os tubos cilíndricos de aço, ferro ou de outro material que revestem paredes de poço foram retirados, em virtude da perfuração não ter alcançado o sucesso esperado – o poço resultou seco, com vazão insignificante ou insuficiente, de água não compatível com o consumo a ser atendido, ou houve acidente durante e no processo de perfuração que impediu a sua continuação. Para não se perder totalmente o investimento, *saca-se o revestimento*. Às vezes, isto não é possível. Um poço deste não pode ser recuperado; d) Poço paralisado: É o poço que, uma vez instalado, deixou de funcionar por quebra de alguma parte das instalações: bomba, catavento, caixa d'água, etc. Pode ser que assim seja classificado, inconvenientemente, o poço que, tamponado, ainda não recebeu instalações. Pode ser recuperado; e) Poço desativado: Poço que, instalado e funcionando, deixa de funcionar por alguma razão quantitativa, qualitativa ou outra qualquer: a vazão de exploração caiu, o poço apresentou piora na qualidade da água, houve desmoronamento de paredes, poluição ou, mesmo, uma nova e melhor fonte de abastecimento foi colocada à disposição da população local; f) Poço abandonado: Poço que, por alguma razão, quantitativa ou qualitativa, perfurado e não instalado ou, mesmo, após a sua instalação, não é aproveitado para qualquer tipo de consumo. O DNOCS costuma classificar como abandonado o poço que apresenta vazão igual zero. Poço com vazão zero significa poço seco. A SUDENE considera poço abandonado aquele que apresenta vazão insignificante ou que sua água

contem um resíduo seco maior que 6000 mg/l. Não pode ser objeto de recuperação; g) Poço seco: É o poço que apresenta vazão nula ou que não sendo nula, apresenta vazão insignificante.

## **METODOLOGIA**

Os estudos efetuados, resumidos neste trabalho são divididos em duas partes: a) Descrição estatística básica das características principais dos poços cadastrados: vazão, profundidade e rebaixamento específico. Nesta parte, foram feitas tabelas e organizados histogramas de frequências e gráficos de dispersão temporais; b) Uma das grandes vantagens da utilização de um SIG - Sistema de Informações Geográficas é a possibilidade de sobreposição e visualização de um grande volume de informações espaciais e não espaciais em um mesmo ambiente (Kaden, 1993). Uma das utilidades mais importantes de um SIG é permitir a visualização e a análise de dados com referência espacial para dar suporte à tomada de decisões na gestão de recursos naturais. Assim, utilizou-se um programa de SIG, o ArcView versão 3.2 com o módulo Spatial Analysis. Este instrumento permite se visualizar as informações espacializadas, o que pode subsidiar análises importantes sobre a distribuição das características em pauta, no espaço geográfico considerado. Permite também a partir da ‘clicação’ em um poço constante no mapa digital gerados das características, consultar as informações cadastrais daquele poço, facilitando também, o mecanismo de busca de uma determinada característica a partir da fixação de uma certa fronteira.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Mostra-se no Quadro 2, os valores médios, de desvio padrão, dos máximos e mínimos das vazões, das suas profundidades e das vazões específicas dos poços.

Quadro 2 – Estatísticas de Vazão, Profundidade e Vazões Específicas

	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação	Valor Mínimo	Valor Máximo
Vazão (m <sup>3</sup> /h)	33,93	47,65	0,72	0,70	409,17
Profundidade (m)	114,40	69,10	1,70	5,00	314,00
Vazão Específica (m <sup>3</sup> /h/m)	2,06	3,38	0,61	0,07	33,76
Rebaixamento (m)	26,13	21,46	1,22	1,00	120,00

Nas figuras 3 (a, b e c) constam os histogramas de frequência de vazões, profundidades, e vazões específicas distribuídas em 15 classes, enquanto que na figura 4 (a, b e c) constam os valores de vazões, profundidades e vazões específicas plotados contra o ano de instalação. Coloca-se nesta figura também as retas de tendência.

Nas figuras 5, 6 e 7 mostra-se a distribuição espacial dos poços, além das iso-curvas de vazão, profundidade e vazão específica respectivamente.

Apesar da base de dados não estar ainda em nível que se desejaria para este tipo de trabalho de caracterização, alguns resultados podem ser interpretados como de valor para o entendimento do processo de implantação de poços no município de João Pessoa no período de 1930 a 1999. Conforme já dito anteriormente, no período 1992 a 1998 não se registra poço implantado, o que evidentemente aponta para as limitações da base de dados empregada neste estudo. Esta constatação é de fácil observação na figura 4. A época de maior ocorrência de registros de poços é a partir dos anos 60, o que de fato corresponde à época de maior crescimento da utilização de águas subterrâneas na região Nordeste (Feitosa, F. A. C e João Manoel Filho, 1997).

Uma observação que deve ser registrada é a amplitude de valores de vazão existente, máximo de  $409,2\text{m}^3/\text{h}$  e mínimo de  $0,7\text{m}^3/\text{h}$ . O poço que apresenta valor máximo, curiosamente é um poço implantado no início dos anos 70 e reativado em 1999 pela CAGEPA nos aluviões do rio Gramame com drenos radiais de grande diâmetro, e profundidade de 22,60 m. Uma vazão excepcional de fato, já que a segunda maior vazão é  $210\text{m}^3/\text{h}$ , corresponde a um poço de profundidade total de 285,49  $\text{m}^3/\text{h}$  implantado em 1999.

A análise da figura 4 permite ainda a observação de que as curvas de tendência são sempre crescentes, sendo que as taxas de crescimento anuais de profundidade e vazão são maiores  $1,869\text{m}/\text{ano}$  e  $1,675\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}/\text{ano}$  respectivamente. O crescimento da vazão específica porém, é de apenas  $0,041(\text{m}^3/\text{h}/\text{m})/\text{ano}$ . Estas constatações levam a se interpretar estes resultados como decorrentes do desenvolvimento dos equipamentos de perfuração/instalação de poços e de novos tipos de bomba, como já é bastante conhecido. É evidente que estes valores de crescimento tendencial não devem ser interpretados como precisos devido aos baixos coeficientes de correlação  $R^2$  calculados.

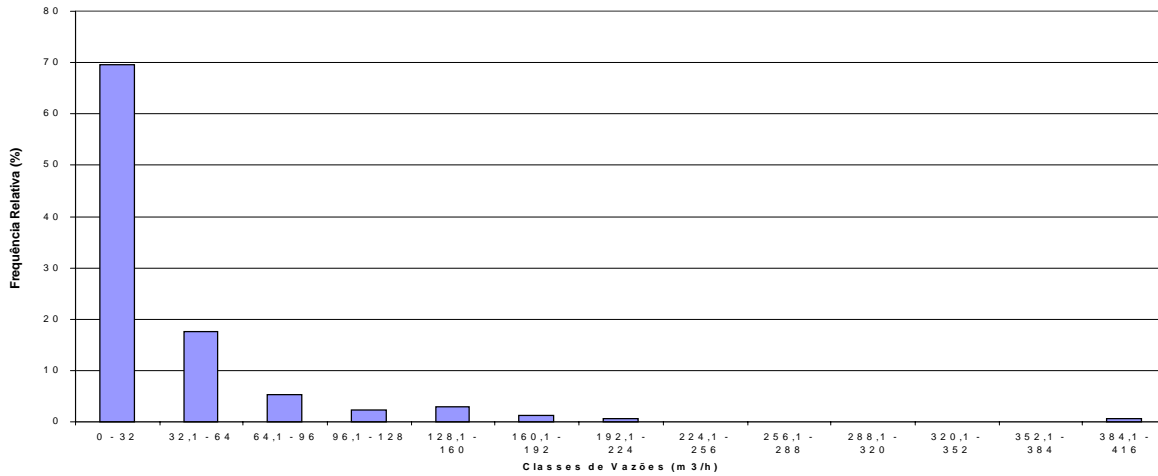
Outra consideração a ser feita é sobre a distribuição de valores de vazão e de vazões específicas apresentarem dispersão bem menores do que os valores de profundidade. Isto pode ser observado desde o Quadro 2 através dos coeficientes de variação e das figuras 3 e 4.

Os valores frequenciais da figura 3 apontam para vazões e vazões específicas variando muito pouco: 92,7% das vazões situam-se na faixa 0,7 a  $96\text{m}^3/\text{h}$  enquanto que 96,7% dos valores de vazão específica estão entre 0,07 e  $6\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ . Já os valores de profundidade apresentam maiores

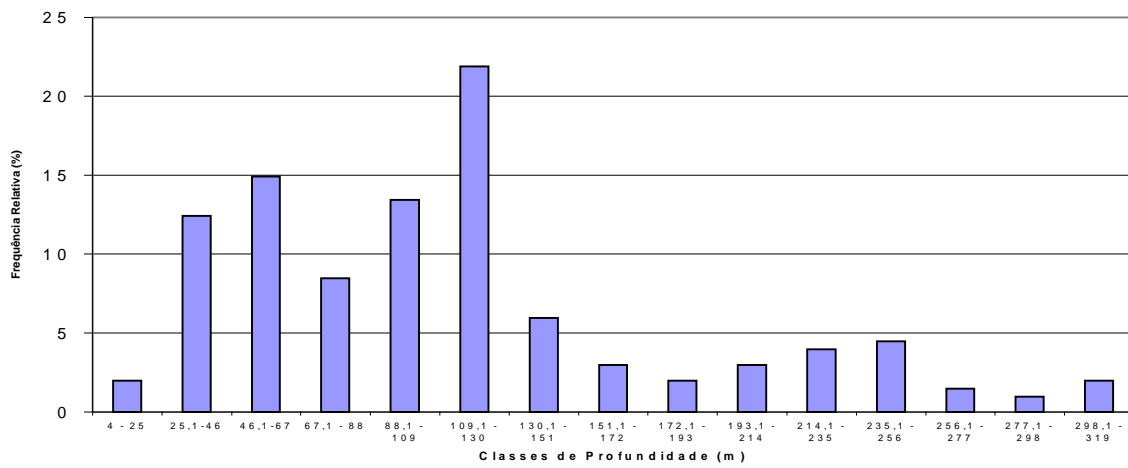
variações, com presenças em todas as classes, sendo que a classe de maior frequência (21,3%) é a de (109,1 – 130 m).

Como era de se esperar, a distribuição espacial das vazões, profundidade e vazão específica apresentam-se concordando com as informações oferecidas nas figuras 3 e 4. Efetivamente, nas figuras 4 e 5, referentes a vazão e vazões específicas, as “colinas” são bem definidas e escassas. Já na figura 6 observa-se mais uniformidade na distribuição espacial das profundidades, muito embora se observe também algumas “colinas” de profundidade.

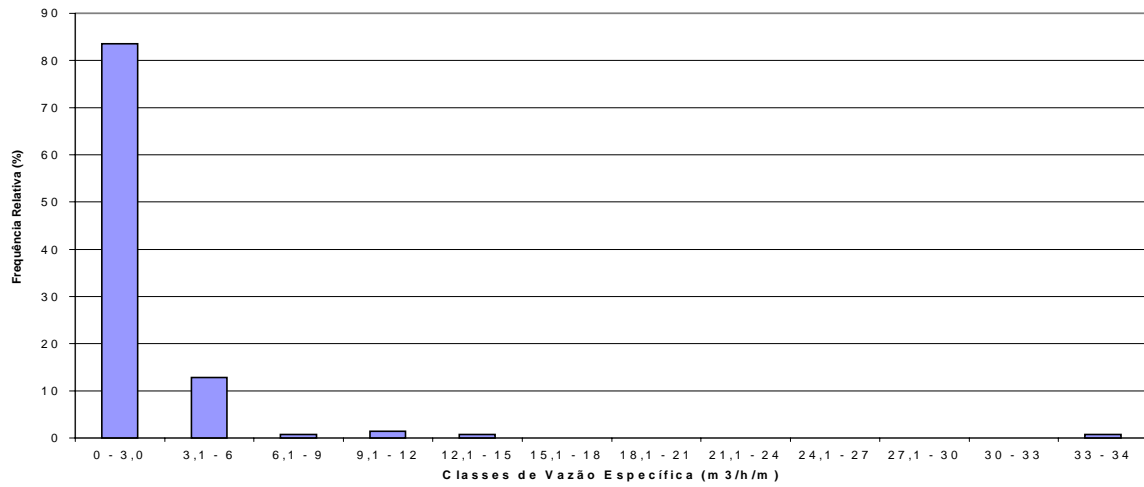
Deve-se ressaltar a potência desses instrumentos – programas SIG - para análises da distribuição e dos dados utilizados, um vez que ao se clicar em um determinado poço na tela, as informações cadastrais se tornam disponíveis em forma de tabelas exportáveis para outros programas tipo planilha por exemplo. Também é possível se elaborar mapas com mecanismo de limitações, por exemplo, entre intervalos de valores de maiores ou menores conforme a necessidade.



a) Histograma de Vazão

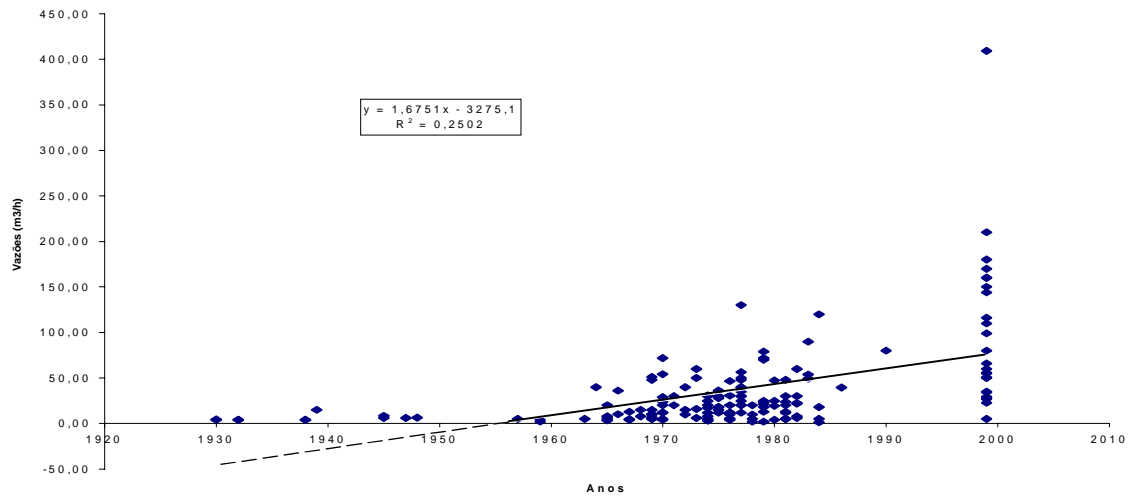


b) Histograma de Profundidade

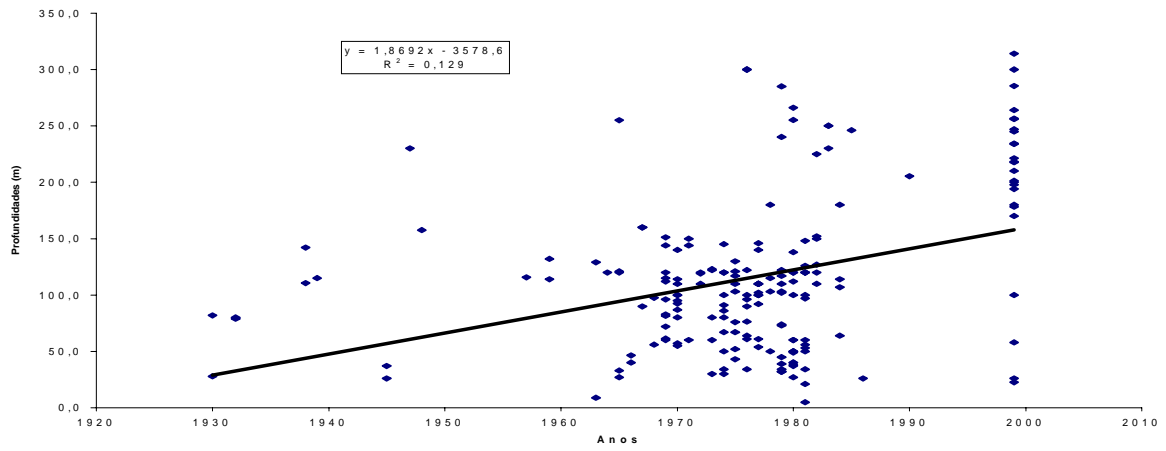


c) Histograma de Vazão Específica

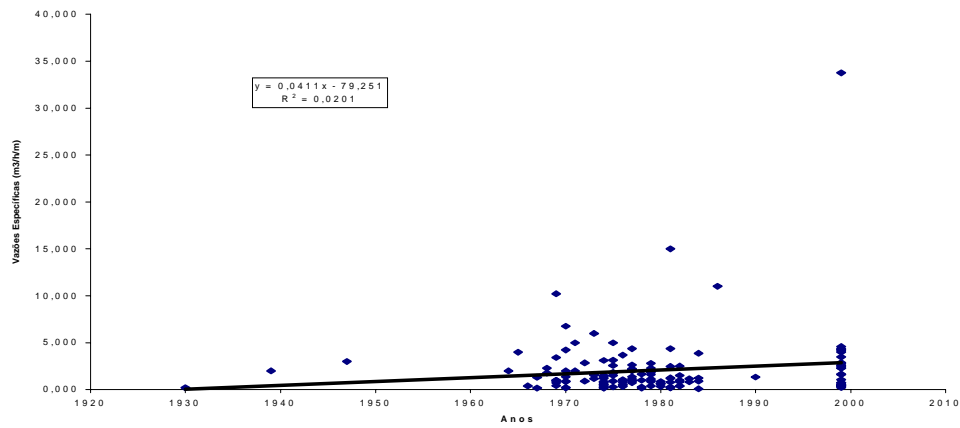
Figura 3 – Histogramas de frequência: a) Vazão; b) Profundidade; c) Vazão específica



a) Gráfico vazão versus tempo (anos) e reta de tendência



b) Gráfico profundidade versus tempo (anos) e reta de tendência



c) Gráfico vazão específica versus tempo (anos) e reta de tendência

Figura 4 – Gráficos de dispersão: a) Vazões; b) Profundidade; c) Vazão Específica; versus tempo-ano.



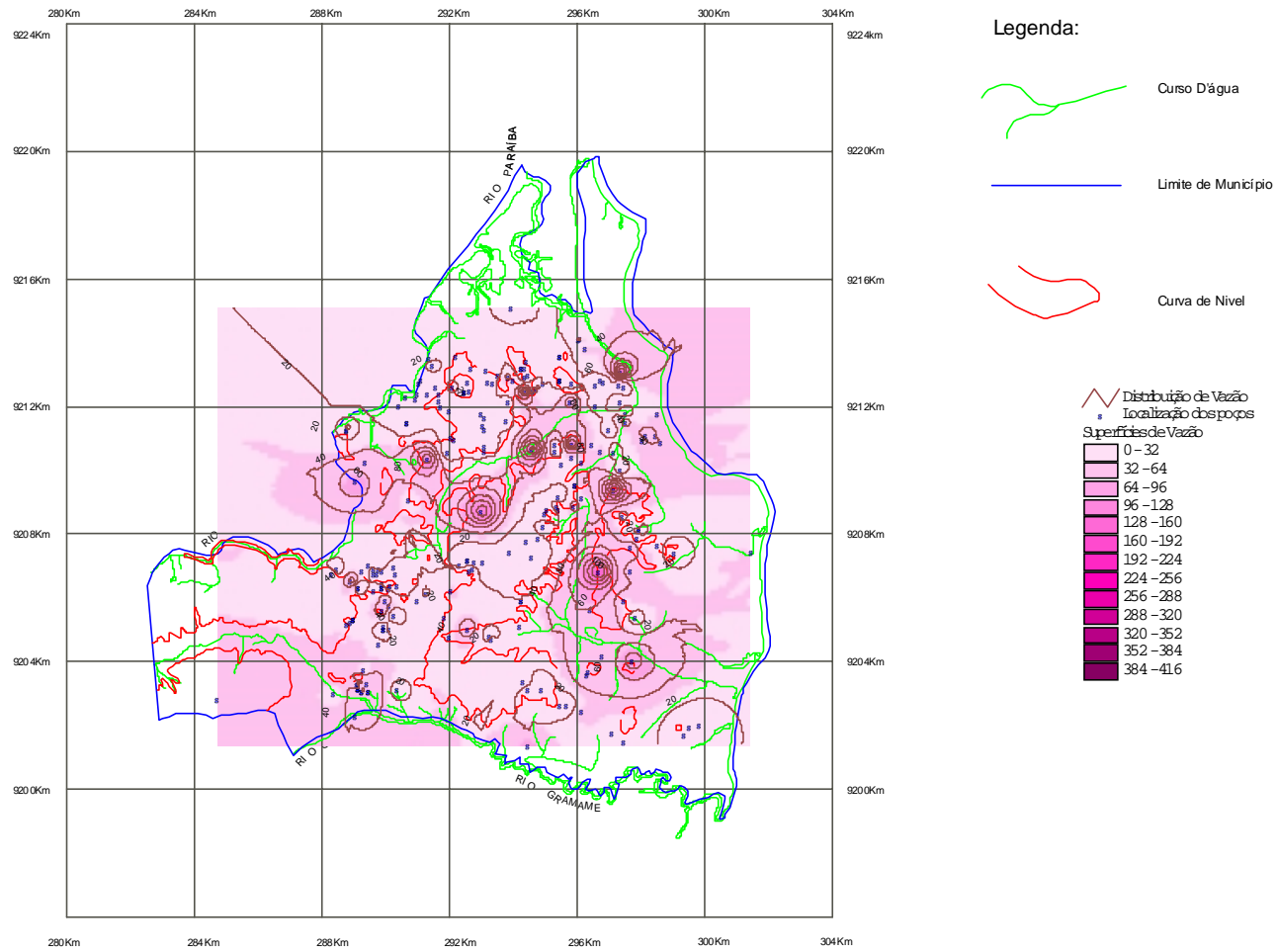


Figura 3 – Distribuição espacial de Vazão

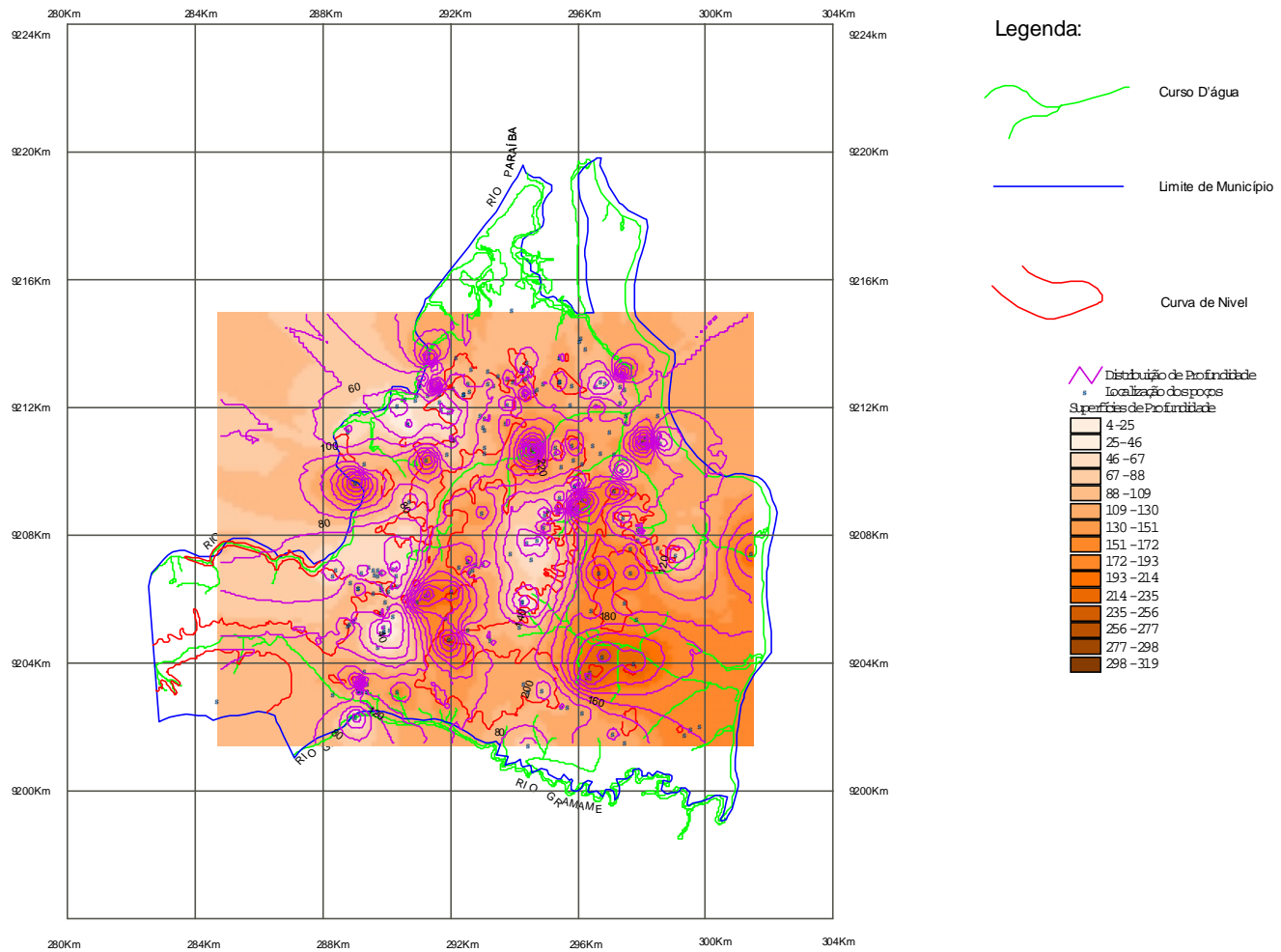


Figura 4 – Distribuição espacial de Profundidades

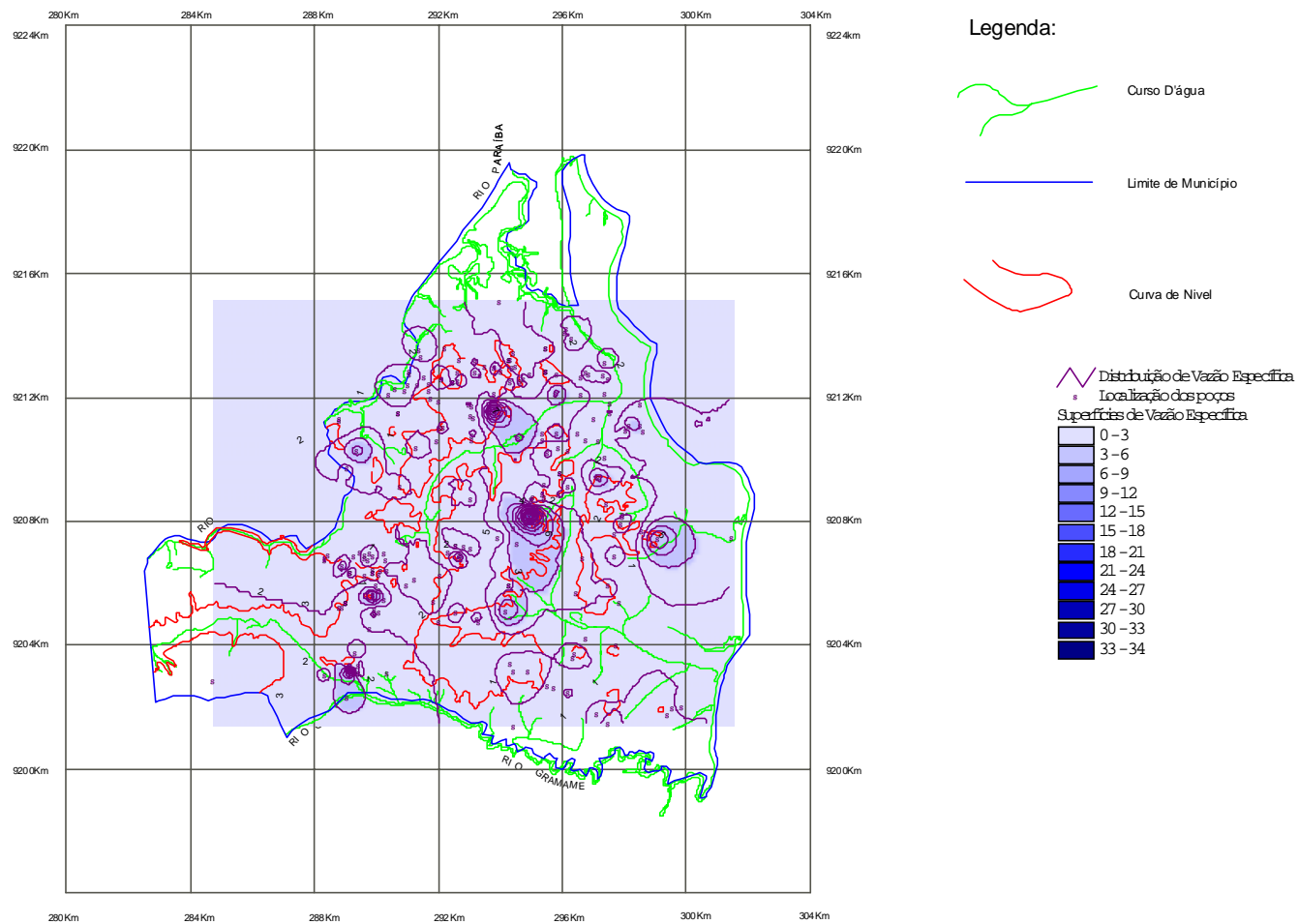


Figura 5 – Distribuição espacial de Vazão Específica

## CONCLUSÕES

As principais conclusões deste trabalho são sintetizadas a seguir:

- 1) O procedimento adotado mostrou-se suficiente para se explicitar informação sobre vazões, vazões específicas e profundidade dos poços, a partir da base de dados disponível;
- 2) As características dos poços analisados mostraram-se bastante variadas no espaço e na frequência da distribuição com relação às profundidades, o que não ocorreu com as vazões e vazões específicas;
- 3) Todas as características analisadas foram crescentes tendencialmente ao longo dos anos, sendo as tendências de aumento bem maiores para as vazões e profundidades. Este fato reflete a incorporação dos avanços tecnológicos na produtividade dos poços.

Deve ficar evidenciado, que a base de dados é fundamental para se inferir resultados mais precisos, daí se ter em mente que todos os esforços devem ser empreendidos para se coletar, organizar, criticar e sistematizar as informações que permitam a elaboração de estudos mais aprofundados, inclusive relativos a incorporação de políticas de planejamento e gerenciamento integrado de águas de fontes superficiais e subterrâneas nas cidades da região; que entende-se seja o cenário mais provável para utilização futura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- VAREJÃO E SILVA, M. A.; “Atlas Climatológico do Estado da Paraíba”. Editora UFPB. 2<sup>a</sup> edição, 1987.
- SUDENE - Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste,. “Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste”. Folha nº 16. PARAÍBA – SO. Recife, PE. 167p. 1978.
- ATECEL, 1994, Caracterização Hidrogeológica do Estado da Paraíba; Potencialidades, PESGRH, Campina Grande.
- COSTA, W.D.; COSTA, W.D., 1997, A água em Revista; Disponibilidades Hídricas Subterrâneas na Região Nordeste do Brasil, ano V, n ° 9, novembro.
- LIMA, C.A.G.; GOLDFARB, M.C.; CYSNEIROS, D.O.; SILVA, T.C., 1999, Avaliação da Sustentabilidade Hídrica da Bacia do Rio Gramame, in I Workshop sobre Uso e Conservação da Bacia do Rio Gramame, SUDEMA-PB/PRODEMA-UFPB, João Pessoa – PB, Anais.
- PLIRHINE, 1980, Plano de Aproveitamento Integrado dos Recursos Hídricos do Nordeste do Brasil, Fase I - Conflitos Inerentes ao Aproveitamento, Recife, VOL XIII, p.100.

- REBOUÇAS, A.C., 1978, Recursos Hídricos: As Águas Subterrâneas no Brasil – CNPq, Brasília-DF.
- SCIENTEC/SEPLAN, 1997, Plano Diretor de Recursos Hídricos no Estado da Paraíba; Diagnóstico, Inventário Hidrológico Básico do Nordeste.
- SEPLAN, 1994, PROJETO ARIDAS: Água Subterrânea e o Desenvolvimento Sustentável do Semi-Árido Nordeste, p.53.
- SUDENE, 1978. Inventário Hidrogeológico Básico do Nordeste, Recife, p.167.
- SUDENE/OESA/CONESP, 1976, Estudo de Reconhecimento e Estudo Hidrogeológico para Aproveitamento Integrado; Região Centro – Leste de Bacia Potiguar e Bacia Costeiras da Paraíba e Pernambuco; Estudos Hidrogeológicos, volume 3, Recife.
- VELOSO, H.P. & FILHO, L.G. 1982, Fitogeografia Brasileira, Classificação Fisionômica – Ecologia da vegetação neotropical, Boletim Técnico, Série Vegetação Nº 1, RADAM BRASIL/MME, Salvador – BA. 85p.
- KADEN. STEFAN; “Gis in water-related environmental planning and management: problems and solutions”. HydroGIS 93: Application of Geographic Information Systems in Hydrology and Water Resources . Proceedings of the Vienna Conference. April 1993 . Publicação IAHS 211. 1993.
- FEITOSA, FERNANDO A. C. ; JOÃO MANOEL FILHO. (coordenação). “Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações. CPRM- Serviço Geológico do Brasil e LABHID – Laboratório de Hidrogeologia da UFPE. Fortaleza-CE. 389p. 1997.