

ANÁLISE DOS NÍVEIS DE REBAIXAMENTO DE POÇOS ARTESIANOS NO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA (PB, NE, BRASIL)

Ramon Santos Souza¹; Joseline da Silva Alves²; Estevão dos Santos Ferreira³; Lanusse Salim Rocha Tuma⁴

RESUMO – Este trabalho aborda o comportamento do nível dinâmico de 93 poços artesianos, situados no município de João Pessoa, através de técnicas de interpolação. O objetivo é realizar uma análise do nível de rebaixamento dos poços registrados, além de realizar um levantamento de suas formas de utilização. A metodologia adotada constou-se de revisão bibliográfica; investigação e coleta das análises das informações existentes; elaboração de planilhas eletrônicas; obtenção dos atributos; manipulação dos softwares Excel e Surfer[®]; edição dos modelos gerados; integração dos resultados. Os resultados da análise estatística descritiva indicou que a profundidade dos poços alcança um limite de -115 m e uma profundidade mínima de -10 m. As curvas do isovalores assinalam maiores profundidades de até -60 m na porção central e setentrional da área. Os valores mais superficiais do nível dinâmico concentram-se no patamar até -35 m, e compreendem as porções extremo norte e noroeste da área, onde ocorrem terrenos alagados dos mangues, cursos fluviais e áreas de sedimentos costeiros recentes. Portanto, com base nos produtos gerados pode ocorrer o subdimensionamento da oferta hídrica no futuro vindouro devido o consumo excessivo pela população, sem incluir que pouco se conhece do atual estágio envolvendo a oferta de poços clandestinos existentes.

ABSTRACT – This study refers to the dynamic level behavior, through estimative tendencies, of 93 artesian wells located in the city of João Pessoa (PB). The aim is to carry out an analysis of the dynamic potentiometric level of the wells in question as well as a survey of their ways of use. The methodology adopted dealt with the bibliographical review; investigation and collection of the analyses of existent information; elaboration of electronic spreadsheets; obtaining of attributes; manipulation of softwares as Excel and Surfer[®]; edition of generated models; integration of results. The results of descriptive statistic analysis have indicated that the wells profundity reaches a limit of -115 m and a minimal profundity of -10 m. The curves of isovalues have pointed out large depths of until -60 m in the central and setentrional portion of the area. The most superficial values of the dynamic level are around -35 m, and they cover the portions of extreme north and the northwest of the area where one may observe the presence of flood regions of mangrove swamps, river flows, and areas of recent coast sediments. Therefore, based on the generated products, one may observe the occurrence of a sizing of water offer for the near future due to the excessive consumption by the population. Besides, it is relevant to mention that there is little knowledge of the current situation involving the offer of existent clandestine wells.

Palavras-Chave – poços, geoestatística, modelagem.

¹ Aluno do curso de Licenciatura Plena em Geografia, Centro de Humanidades da Universidade Estadual da Paraíba, Bairro Areia Branca – PB 75 – km 1, Cep 58200-000 - Guarabira - Paraíba, fone: (83) 3271-4080, fax: (83) 3271-3322, e-mail: ramongeography@gmail.

² Aluna do curso de Licenciatura Plena em Geografia, Centro de Humanidades da Universidade Estadual da Paraíba, Bairro Areia Branca – PB 75 – km 1, Cep 58200-000 - Guarabira - Paraíba, fone: (83) 3271-4080, fax: (83) 3271-3322, e-mail: joseline.geo@gmail.com.

³ Aluno do curso de Licenciatura Plena em Geografia, Centro de Humanidades da Universidade Estadual da Paraíba, Bairro Areia Branca – PB 75 – km 1, Cep 58200-000 - Guarabira - Paraíba, fone: (83) 3271-4080, fax: (83) 3271-3322, e-mail: estevaogeografia@hotmail.com.

⁴ Professor Doutor do Departamento de Geografia, Centro de Humanidades da Universidade Estadual da Paraíba, Guarabira - Paraíba, Bairro Areia Branca – PB 75 – km 1, Cep 58200-000 - fone: (83) 3271-4080, fax: (83) 3271-3322, e-mail: lanussetuma@yahoo.com.

1 INTRODUÇÃO

O manancial subterrâneo vem sendo utilizado pela perfuração crescente de poços no Brasil para suprir as demandas do abastecimento público ou outras atividades como a indústria, lazer e a produção agrícola. Hirata (2000) discorre sobre o uso cada vez mais intenso e extensivo das águas subterrâneas em todo mundo, decorrente da sua grande disponibilidade, menores custos de produção, e qualidade natural normalmente excedente, que está levando a sociedade a se preocupar mais com estes recursos. Além disso, a importância da água subterrânea é confirmada pelo papel que desempenha na descarga em cursos fluviais, tais como: rios, lagos e pântanos, o que permite sua conservação em épocas de seca, o mesmo mecanismo garante a manutenção de áreas alagadiças, como manguezais e restingas, essenciais para o equilíbrio ecológico e manutenção de espécies frágeis (HIRATA, VIVIANI-LIMA e HIRATA, 2009).

Baseado no consumo excessivo destes mananciais, poucos são as políticas de gestão dos mesmos. Segundo Zoby e Oliveira (2005), apesar da importância para o desenvolvimento socioeconômico, os estudos regionais do potencial hídrico, estágio de exploração e a qualidade da água subterrânea no Brasil encontram-se defasados.

O município de João Pessoa vem passando por um avançado processo de urbanização e implicações ambientais relacionadas à falta de planejamento territorial e a ocupação antrópica irregular, o que contribui no uso demasiado dos mananciais subterrâneos em questão. Necessita-se de aplicações de experiências metodológicas, como por exemplo, a geoestatística que na prática pode ser importante para um ordenamento territorial na área.

A Geoestatística foi criada por Daniel G. Krige e H. S. Sichel, na África do Sul, e recebeu um tratamento formal por G. Matheron nos anos 60, na França. Preocupa-se com o entendimento, por meio da análise matemática dos problemas referentes às variáveis regionalizadas com condicionamentos espaciais causais e/ou determinísticos, cujas estimativas podem ser plotadas em cartas ou mapas de isovalores de seus atributos físicos (LANDIM, 1998; LANDIM, 2006). Este alicerce metodológico pode corroborar para a elaboração de estratégias de planejamento e gestão sustentável dos recursos naturais.

A geoestatística assume uma continuidade geográfica a partir das variáveis que se manifesta pela tendência ao qual tem de apresentar valores muito próximos em dois pontos vizinhos, mas diferentes à medida que os pontos vão ficando mais distantes (LANDIM, 1998).

Houve avanços práticos da geoestatística em estudos hidrogeológicos no Brasil (BOLFE *et al.*, 2002; VIDAL e KIANG, 2004; BOLFE *et al.*, 2005; VASCONCELOS e SOUSA, 2009; SANTOS *et al.*, 2010), porém, o município de João Pessoa ainda é pouco provida de trabalhos relacionados à temática em foco.

Atualmente, a Geoestatística é utilizada para diversos fenômenos (KRÜGER, 2005; AMARAL, FERREIRA e WATZLAWICK, 2010) entendido como regionais. Nesta perspectiva, foram desenvolvidas técnicas quantitativas para a manipulação de comportamentos exercidos por poços, contribuindo para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas de serviços hidrogeológicos.

A Krigagem de acordo com Landim (1998) é um termo cunhado pela escola francesa de geoestatística em homenagem ao engenheiro de minas D. G. Krige. É um processo de estimação de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes enquanto considerados como interdependentes pelo semivariograma. Trata-se, em último caso, de um método de estimação por médias móveis. O autor discute, ainda, que a Krigagem pode ser utilizada para previsão pontual de uma variável regionalizada em um determinado local dentro de um campo geométrico, cálculos médios de uma variável regionalizada para volumes maiores e a estimação do *drift*.

O método de interpolação utilizado foi do tipo ordinária que representa uma estimação linear das variáveis regionalizadas distribuídas no espaço que satisfaz a hipótese intrínseca (LANDIM, 1998), sendo as diferenças entre valores de fraco incremento, isto é, as diferenças são localmente estacionárias (LANDIM *et al.*, 2002). É a variação mais utilizada da Krigagem Simples, descrita por Trangmar *et al.* (1985), em que o valor interpolado de uma variável regionalizada $Z(x_0)$, num local x_0 , pode ser determinada por:

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n [\lambda_i \times Z(x_i)] \quad (1)$$

Onde:

n = número de pontos;

$\hat{Z}$ = valor estimado para local não amostrado;

$Z(x_i)$ = valor obtido por amostragem no campo;

λ_i = peso associado ao valor medido na posição x_i .

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise através da geoestatística do comportamento dos cones de rebaixamento (nível da água dentro do poço, quando está em processo de bombeamento) em poços artesianos na área em questão, bem como fazer um levantamento da sua forma de uso e elaborações de documentos cartográficos para servirem de apoio ao uso ordenado dos recursos hídricos subterrâneos.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O local desta pesquisa foi João Pessoa, capital do Estado da Paraíba, localizada no extremo oriental brasileiro, na Mesorregião da Mata Paraibana, inserida na Província Costeira, cujas coordenadas geográficas apresentam-se entre as latitudes 7°14'29'' e 7°03'18'' S e as longitudes 34°58'36'' e 34°47'36'' WGr com um território de 211,47 km² (TUMA, 2004; IBGE, 2011; CARVALHO, 2011). Faz divisa territorial com os municípios do Conde (ao sul), Bayeux e Santa Rita (ao oeste), Cabedelo (ao norte), ao leste com plataforma oceânica Atlântica conforme Meneses *et al.*, 2011 (figura 1).

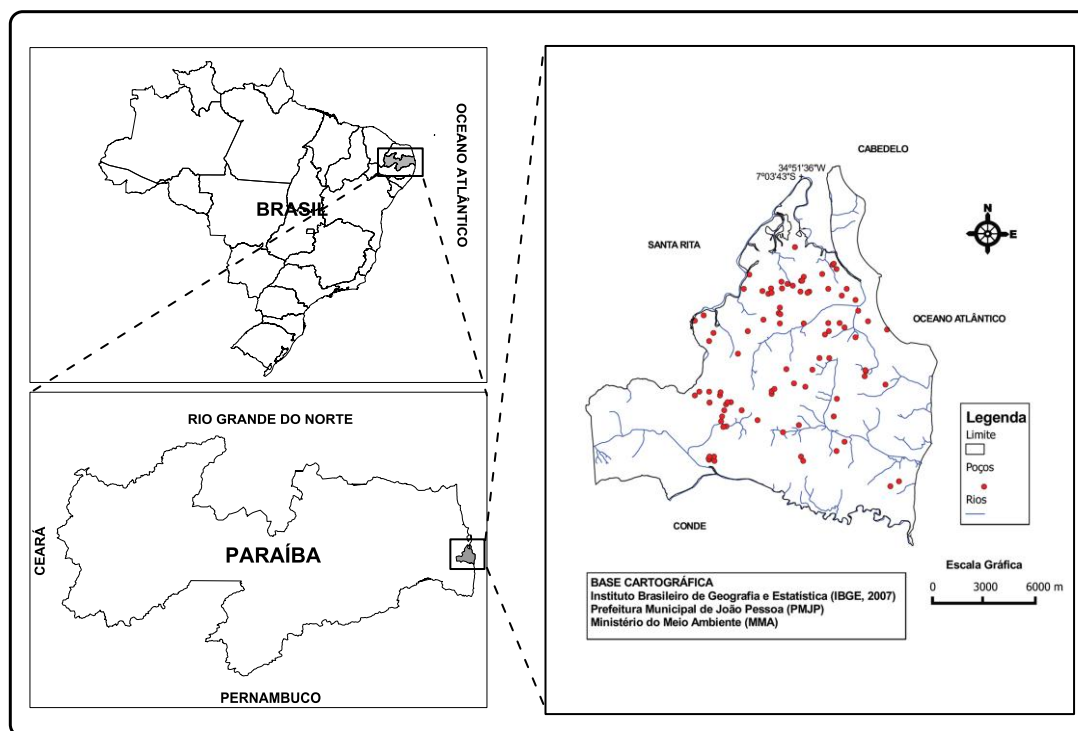


Figura 1 - Localização geográfica do município de João Pessoa (PB) e suas adjacências, e posição dos poços cadastrados.

A área está inserida na Bacia Pernambuco-Paraíba contendo uma sedimentação estuarina e lagunar, passando a plataformar, no intervalo entre o Santoniano e Maastrichtiano, ligada à abertura do Oceano Atlântico sul. Após a formação dessa bacia, o subsolo paraibano passou a se comportar como uma plataforma estável, havendo apenas a formação de coberturas continentais interiores e costeiras e a deposição de formações superficiais, relacionadas aos eventos de denudação das cadeias pré-cambrianas (SANTOS *et al.*, 2002).

Suguio e Nogueira (1999) afirmam que o Grupo Barreiras é composto de depósitos sedimentares siliciclásticos de origem continental e, localmente, com fácies costeira na base. Este grupo estende-se ao longo da costa atlântica do Brasil, em faixa praticamente contínua e de largura variável, desde o Estado do Amapá até o Rio de Janeiro, representando um testemunho de eventos

geológicos continentais (abertura do Oceano Atlântico sul, tectonismos e orogênese andina) e, provavelmente, mundiais do Neógeno.

Mabesoone *et al.* (1972) os sedimentos Barreiras são constituídos por uma sequência afossilífera de coloração variegada, constituída predominantemente de arenitos silticos argilosos, argilas areno-siltosas e leitos conglomeráticos. Predominam os teores avermelhados, ocorrendo entretanto, intercalações caulínicas de teores esbranquiçados. Os sedimentos são comumente mal selecionados. Há nítida predominância das frações de areia e argila.

Segundo Assis (1985), esta área encontra-se coberta por uma sequência sedimentar cenozóica, constituída por litologias do Terciário, representado pelo Grupo Barreiras, e do Quaternário, por aluviões e sedimentos de praia (figura 2).

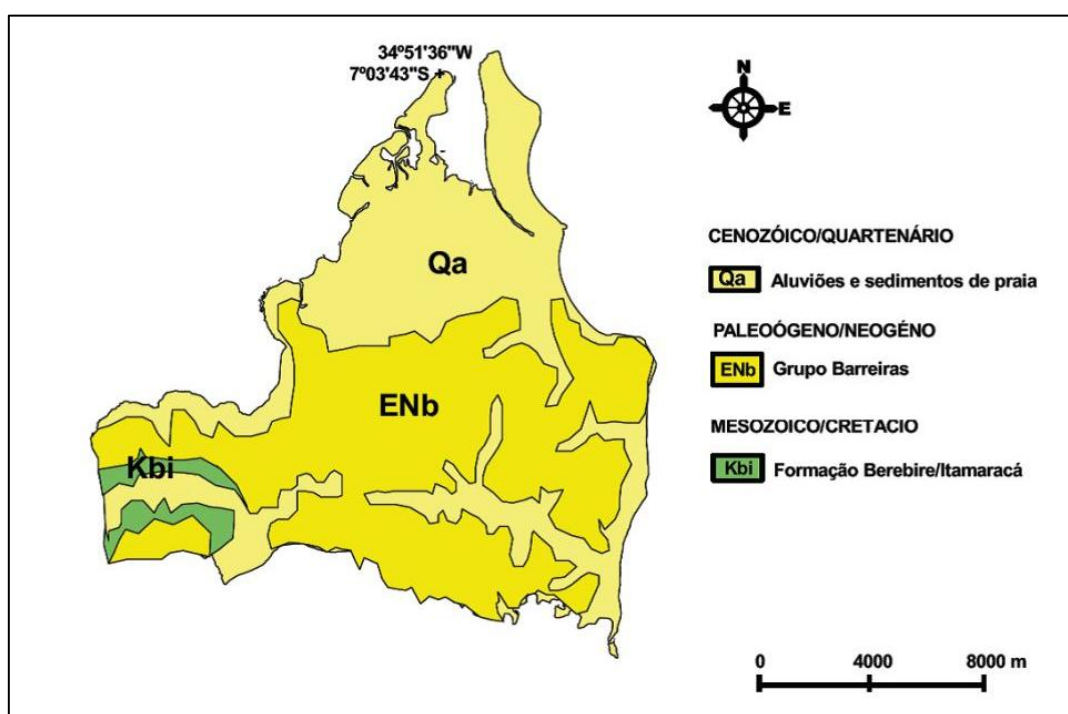


Figura 2 – Unidades geológicas aflorantes no município de João Pessoa (PB, Brasil).

Fonte: Adaptado de Santos *et al.* (2002).

A fisiografia da área apresenta-se bastante variada, representada por praias e restingas ao sul de João Pessoa que são caracterizadas, no geral, por serem estreitas e arenosas, interrompidas pelos avanços dos baixos planaltos costeiros e pelos estuários dos rios que deságuam no Oceano Atlântico. As praias do litoral norte são mais amplas, onde os tabuleiros costeiros afastam-se da linha de costa. As dunas podem ser encontradas na foz do rio Miriri e no limite com o Rio Grande do Norte, tornando-se mais significativas na foz do rio Mamanguape. As planícies de restinga localizam-se no estuário do rio Paraíba, desde Manaíra até Cabedelo, e no limite sul de Pitimbu. Nas desembocaduras dos rios surgem os mangues, áreas planas e vegetação típica. Os tabuleiros do Grupo Barreiras ocorrem em todo litoral paraibano e apresentam relevos planos a suavemente

ondulados, com mergulho das camadas no sentido W-E. Os vales entalhados nesses tabuleiros são amplos e de fundo chato (NASCIMENTO, 1985).

A cobertura de solos de João Pessoa é constituído principalmente pelos Argisolos vermelhos-amarelos, cuja principal característica deste tipo solo é o grande aumento de argila em profundidade. Na superfície do solo o teor de argila é muito baixo, mas em subsuperfície é médio/alto. Nas praias do litoral apresentam-se os Neossolos Quartzarênicos que são solos originados de depósitos arenosos, constituídos de grãos de quartzo, apresenta o valor de matéria orgânica baixa até mesmo no horizonte A, textura arenosa nos 200 cm iniciais de profundidade e normalmente ocorre em área de relevo plano ou suave-ondulado (PRADO, 2008). Nas áreas de mangue apresenta-se os Espodossolos que estão associados aos ambientes de restingas, mas ocorrem em outros tipos de vegetação (EMBRAPA, 2006). No sul do município apresentam-se os Gleissolos que são solos formados principalmente a partir de sedimentos estratificados ou não, e sujeitos a constantes períodos de excessos d'água, o que pode ocorrer em diversas situações. Comumente desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos as condições de hidromorfia, podendo forma-se também em áreas de relevo plano de terraços fluviais, lacustres ou marinhos, como também em materiais residuais em áreas abaciadas e depressões. São eventualmente formados em áreas inclinadas sob influência do afloramento de água subterrânea (EMBRAPA, 2006).

A vegetação da região é constituída basicamente por espécies da Mata Atlântica, do tipo Floresta Latifoliada Perenifólia Costeira correspondente a uma formação densa, sempre verde, com árvores de portes elevados e troncos com diâmetros consideráveis (SALGADO *et al.*, 1981). Os tipos vegetais existentes em áreas próximas as praias são as halófitas, caracterizadas por plantas de baixo porte, adaptadas ao alto grau de salinidade (OLIVEIRA, 1985).

3 MATERIAL E MÉTODOS

De acordo com as características teórico-metodológicas adotadas até o momento, a pesquisa seguiu as seguintes etapas: (i) revisão bibliográfica; (ii) investigação e coleta de análise das informações existentes; (iii) elaboração das planilhas eletrônicas; (iv) obtenção dos atributos; (v) manipulação de softwares; (vi) edição dos modelos gerados; (vii) integração dos resultados produzidos e; (viii) descrição final dos resultados.

Na revisão bibliográfica foram realizadas consultas em tutoriais dos programas manuseados, obras técnico-científicas que abordassem os pressupostos e a aplicabilidade da geoestatística através de periódicos, livros e banco de dados digitais.

Posteriormente, realizou-se a investigação e coleta das análises das informações existentes referentes aos atributos do nível dinâmico de 93 poços artesianos perfurados pela Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba – CAGEPA e pela Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais – CDRM, nas décadas de 60, 70 e 80 do século passado, devidamente georreferenciados.

Em seguida, obtiveram-se os demais atributos (limites territoriais, delimitação dos bairros etc) na Secretaria de Planejamento da Prefeitura Municipal de João Pessoa – PMJP, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e o Ministério do Meio Ambiente – MMA, os quais contribuíram para a edição dos mapas.

Na etapa de manipulação dos programas computacionais elaborou-se uma planilha eletrônica Excel 2010 (Microsoft Corporation) estruturada em colunas X, Y e Z, assim como a análise estatística descritiva. Na sequência, os dados foram importados para o software Surfer, versão 10[®] (Golden Software), onde foi criado um *Grid* do nível dinâmico com o método interpolador Krigagem Ordinária, e depois foram criadas as malhas em seu ambiente computacional para interpolação das variáveis e construção de mapas de pontos, bases, de contornos e em superfície pseudo 3-D (*wireframe*). A figura 3 exemplifica o roteiro metodológico adotado para o desenvolvimento desta pesquisa.

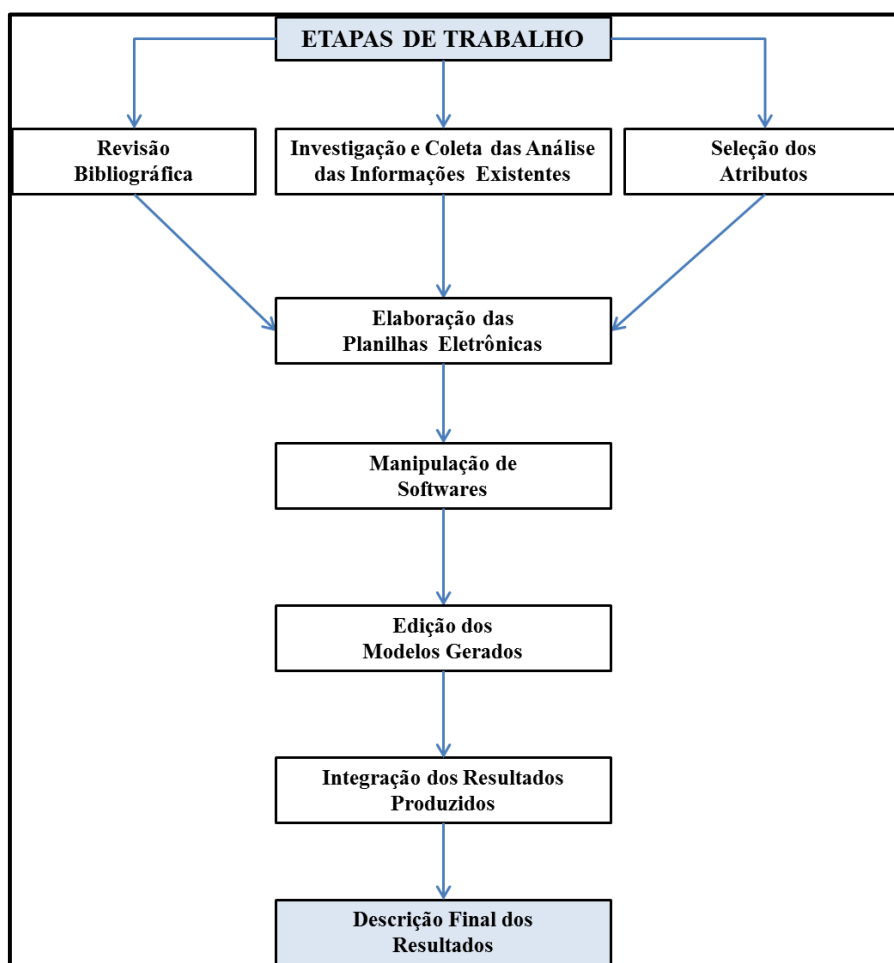


Figura 3 - Organograma das etapas envolvidas no desenvolvimento do trabalho.

Como a pesquisa ainda está em fase de desenvolvimento, a metodologia sofre por adaptações no decorrer da pesquisa, inclusive por adicionar novas experiências, métodos nacionais e internacionais que possam aprimorar os resultados e produtos obtidos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos pela análise estatística descritiva indicaram que a profundidade dos poços artesianos alcança o limite máximo de -115 m, e uma profundidade mínima de -10 m. A relação entre a média ($\bar{X}$), a mediana (Md) e a moda (Mo) sugere o seguinte caso: $\bar{X} > Md > Mo$, o que indica que a curva da distribuição assume Assimetria Positiva, portanto pode-se dizer que a curva alonga-se à direita. O valor da curtose apresenta um valor positivo, o mesmo indica que os dados estão concentrados no centro e a distribuição apresenta uma forte elevação nesse lugar, neste caso, diz-se que a distribuição é *Leptocúrtica* (tabela 1).

Tabela 1 – Resumo estatístico descritivo dos poços artesianos em João Pessoa.

Média.....	-49,8 m
Mediana.....	-46,0 m
Moda.....	-40,0 m
Mínimo.....	-115.0 m
Máximo.....	-10.0 m
Desvio padrão.....	19,17
Curtose.....	0.89315

Com base na distribuição geral dos poços perfurados e cadastrados observa-se uma concentração preferencial na porção centro-norte, coincidindo com a mancha histórica de ocupação da área, logo esse perímetro é formado por bairros mais antigos, e de poder aquisitivo mais privilegiado, ficando evidente a preferência dos órgãos responsáveis pela perfuração dos poços em planícies fluviais, ao qual apresenta lençol freático superficial.

Os bairros da região onde se observou com maiores concentrações de poços são: (1) Distrito Industrial, com 14 poços que apresentam profundidades variando entre -20,0 a -76,4 m; (2) Centro, contém cinco poços com profundidades entre -36,0 a -60,0 m; (3) Castelo Branco, possui cinco poços com níveis entre -50,0 a -88,1 m; (4) Jaguaribe, contendo cinco poços com valores de profundidades, entre -39,5 a -54,0 m (fig. 2).

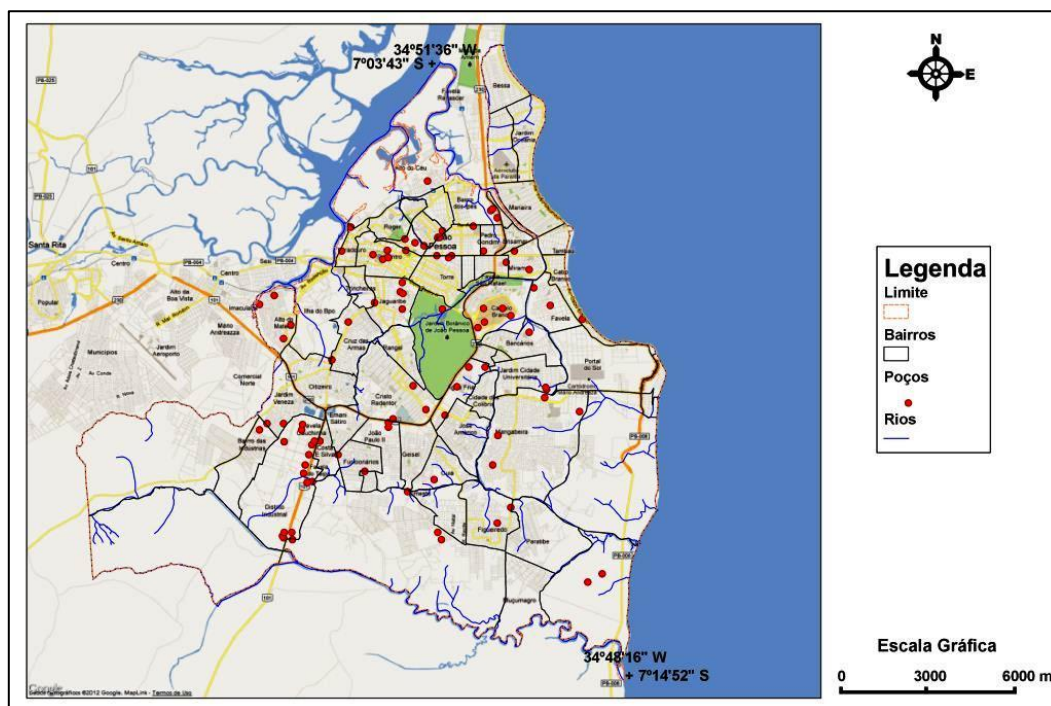


Figura 4 – Mapa dos poços perfurados pela Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba em João Pessoa.

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2012.

O mapa que contém as curvas de isovalores assinalaram maiores profundidades nos patamares entre -55 a -60 m, e se encontram na porção central e setentrional da área, mais precisamente dispostas sobre o aquífero do Grupo Barreiras, o qual se caracteriza na superfície por ter relevos planos a suavemente ondulados formados por sedimentos detríticos terciários assentados diretamente sobre o embasamento cristalino e em planícies fluviais. Observa-se, ainda, que o processo de ocupação do solo é acentuado. Segundo Karmann (2009) o avanço da urbanização e a devastação da vegetação têm influenciado diretamente na quantidade de água infiltrada. Nas áreas urbanas, as construções e pavimentações impedem a infiltração, causando efeitos catastróficos no aumento do escoamento superficial e redução da recarga dos reservatórios subterrâneos.

Os níveis dinâmicos mais superficiais concentram-se nas isolinhas -25 a -35 m, e compreendem as porções extremo norte, noroeste e sudeste sobre influência de terrenos alagados dos mangues ou em áreas de sedimentos costeiros recentes. A demanda desses poços atende, principalmente, aos condomínios residenciais, postos de combustíveis, pontos de lavagem de automóveis, redes hospitalares e os polos industriais (figura 5).

De acordo com Karmann (2009) o traçado do lençol freático acompanha aproximadamente as irregularidades da superfície do terreno, e a infiltração, é favorecida pela presença de materiais porosos e permeáveis, como solos e sedimentos arenosos.

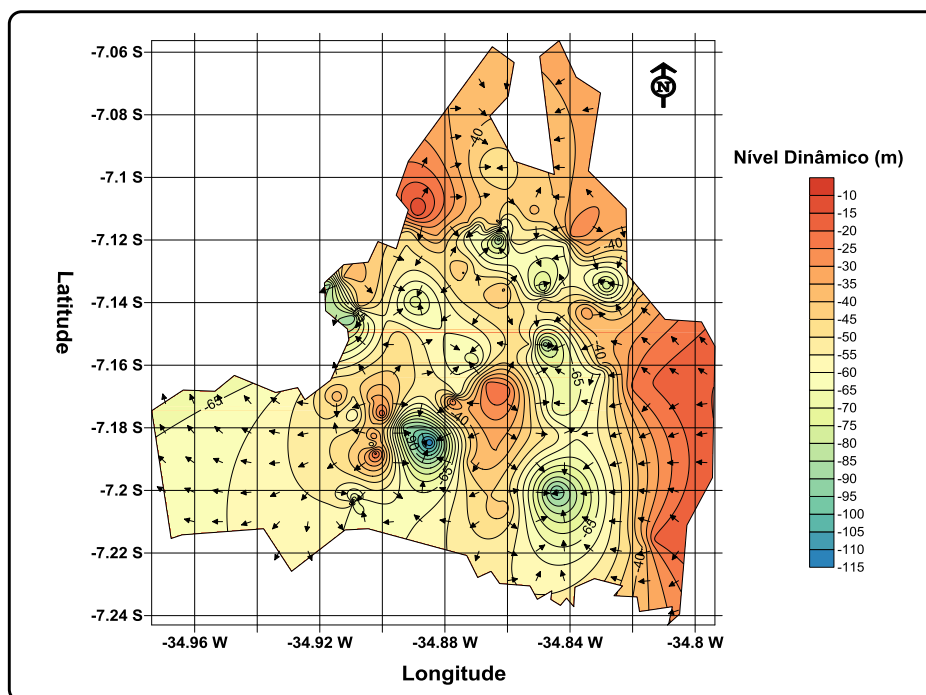


Figura 5 – Mapa de isovalores e dos vetores indicando as áreas de rebaixamento dos poços artesianos de João Pessoa.
Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2012.

A interpretação em 3D do nível dinâmico indica alguns cones de menor rebaixamento na porção norte, nordeste e sudeste da área, já os picos de maior rebaixamento se concentram na porção central, sul e noroeste da área, poços estes situados em aquíferos confinados do Grupo Barreiras, porções consideradas de restrição e/ou controle quanto à exploração (figura 6).

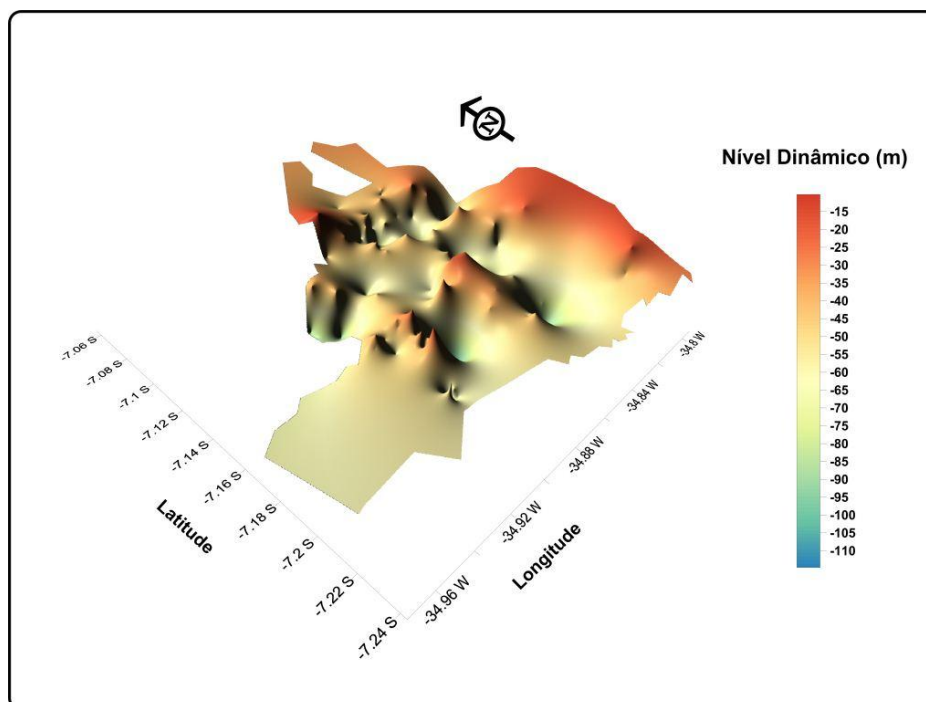


Figura 6 – Aspecto tridimensional do comportamento dos cones de rebaixamento em poços artesianos de João Pessoa. Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2012.

Conforme Hirata *et al.* (2009), o rebaixamento dos níveis do lençol freático é uma resposta natural a qualquer bombeamento de um poço. Esse volume, rebaixado pela exploração individual do poço representa ainda a redução no armazenamento subterrâneo, que obviamente é limitado, assim pode ser interpretado como problemas de exploração intensa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, as maiores profundidades do rebaixamento do nível d'água apresentados neste trabalho ocorrem por haver uma concentração de poços em bairros mais adensados, o que ocasiona uma demanda acelerada e crescente, sendo que quanto mais forem perfurados poços a tendência é o nível dinâmico baixar ainda mais e ocorrer o subdimecionamento da oferta hídrica no futuro vindouro.

Destarte, recomenda-se a elaboração de um zoneamento ambiental em consonância com a legislação vigente para mitigar as pressões sofridas sobre esse manancial, visto que pouco se conhece do atual estágio envolvendo os poços clandestinos na região em foco, além de realização também de trabalhos geofísicos visando avaliar melhor a direção preferencial do fluxo subterrâneo e estimação da reserva hídrica atual.

Em futuros trabalhos serão incorporados os resultados das estimativas contendo o nível potenciométrico e da vazão média desses poços para o aprimoramento dos modelos cartográficos a serem gerados.

AGRADECIMENTOS – Os autores agradecem ao Programa de Incentivo à Pós-Graduação e Pesquisa-PROPESQ e a Universidade Estadual da Paraíba-UEPB pelo financiamento da pesquisa e bolsa do autor, além da Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba-CAGEPA e da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais-CDRM pelo fornecimento dos dados hidrogeológicos da área pesquisada.

BIBLIOGRAFIA

AMARAL, L. P.; FERREIRA, R. A.; WATZLAWICK, L. F. “*Análise da distribuição espacial de biomassa e carbono arbóreo acima do solo em floresta ombrófila mista*” in Anais da III Semana de Geomática, Santa Maria, 2010. pp. 1 – 10.

ASSIS, A. D. *Geologia* in: EGLER, C.A.G. *et al.* (Coord.). Atlas Geográfico do Estado da Paraíba. João Pessoa: Grafset., 1985. p. 22-23.

BOLFE, E. L.; BARRETO, A. N.; SILVA, A. A. G.; TUPINAMBÁ, E. A. “*Geoestatística aplicada ao monitoramento da superfície freática num perfil de solo de baixada litorânea*” in

- Anais do I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, Aracaju, 2002. pp. 1 – 4.
- BOLFE, É. L.; BARRETO, A. N.; TUPINAMBÁ, E. A.; SILVA, A. A. G.; ALMEIDA, L. D. S. “Geoestatística aplicada ao monitoramento de aquífero freático num perfil de solo de baixada litorânea do Nordeste” in Anais do III Simpósio Internacional de Agricultura de Precisão, 2005. pp. 1 – 4.
- CARVALHO, A. T. (2011). “Análise multicriterial dos recursos hídricos subterrâneos de João Pessoa aplicando o método do processo analítico hierárquico em um sistema de informações geográficas” Campina Grande: (Dissertação de mestrado), UFCG, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. 108 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Solos. “Sistema Brasileiro de Classificação de Solos”. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006.
- HIRATA, R. (2000). “Recursos hídricos, in: *Decifrando a Terra*”. Org. por Teixeira, W.; Toledo, M. C. M.; Fairchild, T. R.; Taioli, F., Oficina de Textos, São Paulo. pp. 313 – 338.
- HIRATA, R.; VIVIANI-LIMA, J. B.; HIRATA, H. (2009). “A água como recurso, in: *Decifrando a Terra*”. Org. por Teixeira, W.; Fairchild, T. R.; Toledo, M. C. M.; Taioli, F., Companhia Editora Nacional, São Paulo. pp. 448 – 477.
- IBGE. “Manual técnico de pedologia”. 2ª ed. Rio de Janeiro: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 2005.
- IBGE, CIDADES. “Censo 2011” disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=250750>>. Acessado em: 09 fev. 2012.
- KARMANN, I. (2009). “Água: ciclo e ação geológica, in: *Decifrando a Terra*”. Org. por Teixeira, W.; Fairchild, T. R.; Toledo, M. C. M.; Taioli, F., Companhia Editora Nacional, São Paulo. pp. 186 – 200.
- KRÜGER, C. M. (2005). “Análise geoestatística de dados meteorológicos do Estado do Paraná utilizando um software livre”. da Vinci, Curitiba, v. 2, n. 1, pp. 87-104.
- LANDIM, P. M. B. (1998). “Análise estatística de dados geológicos”. Fundação ed. UNESP, São Paulo. 226 p.
- LANDIM, P. M. B. (2006). “Sobre geoestatística e mapas”. Terra e Didática, v. 2, nº 1, disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/>>, pp. 19-33.
- LANDIM, P. M. B.; MONTEIRO, R. C.; CORSI, A. C. “Introdução à confecção de mapas pelo software Surfer”. Geomatemática, Texto Didático 8, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, 2002.
- LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R.; MONTEIRO, R. C. “Krigagem ordinária para situações com tendência regionalizada”. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 06, 2002, 12 p.

- MABESOONE, J. M. “*Caracterização sedimentológica do Grupo Paraíba (Nordeste do Brasil). Estudos Sedimentológicos*”. Natal, 2 (1/2): 53-63, 1972.
- MENESES, L. F. S. T. C.; FIGUEIREDO, E. C. T. P.; RAFAEL, R. A. (2011). “*Evolução urbana e vulnerabilidade dos aquíferos superiores no município de João Pessoa-PB*”. Revista Brasileira de Cartografia nº 63/02. pp. 267 – 280.
- NASCIMENTO, J. A. “*Aspectos físicos do litoral paraibano*”. 1985. Monografia para a conclusão do curso de Bacharelado em Geografia (DGEO/UFPB). João Pessoa/PB.
- OLIVEIRA, M. L. “*Ambiente litorâneo e vegetação: o caso de João Pessoa*”. 1985. Monografia para a conclusão do curso de Bacharelado em Geografia (DGEO/UFPB). João Pessoa/PB.
- PRADO, H. “*Pedologia fácil: Aplicações na Agricultura*”. 2ª ed. Revisada e Ampliada. Piracicaba: pedologia Fácil, 2008.
- SALGADO, O. A.; JORDY FILHO, S.; GONÇALVES, L. M. C. *Vegetação: as regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos, estudos fitogeográficos*. In: Projeto RADAMBRASIL. Folhas SB.24/25 Jaguaribe/Natal: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro: MME/SG, 1981. pp. 485-544. (Levantamento de Recursos Naturais, 23).
- SANTOS, T. O.; MONTENEGRO, A. A. A.; MELO, R. O.; FONTES JÚNIOR, R. V. P. “*Análise geoestatística da salinidade de um aquífero aluvial do Agreste pernambucano*” in X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX– UFRPE, Recife, 2010, pp. 1 – 3.
- SANTOS, E. J. dos, FERREIRA, C. A.; SILVA JR., J. M. F. “*Geologia e Recursos Minerais do Estado da Paraíba*”. Recife: CPRM, 2002. 142p. 2 mapas. Escala 1:500.000 (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Subprograma Mapas Estaduais).
- SUGUIO, K.; NOGUEIRA, A. C. R. “*Revisão crítica dos conhecimentos geológicos sobre a Formação (ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e seu possível significado como testemunho de alguns eventos geológicos mundiais*”. Geociências (São Paulo), 18(2), 1999. pp. 461-479.
- TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; UERARA, G. “*Application of geostatistics to spatial studies or soil properties*”. Advances in Agronomy, San Diego. v.38, 1985, pp. 45-94.
- TUMA, L. S. R. (2004) “*Mapeamento geotécnico da grande João Pessoa-PB*”. São Paulo: Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo, 195 p.
- VASCONCELOS, S. M. S.; SOUSA, A. J. G. “*A abordagem geoestatística em estudos hidrogeológicos: um exemplo de aplicação*”. Revista de Geologia, v. 22, nº 1, 2009, pp. 61-74.
- VIDAL, A. C.; KIANG, C. H. “*Análise geoestatística da salinidade dos aquíferos da bacia de Taubaté*”. Revista Brasileira de Geociências, v. 34, nº 1, 2004, pp. 109-116.
- ZOBY, J. L. G.; OLIVEIRA, F. R. (2005). “*Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil*”. ANA, Brasília. 59 p.