

# QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA PORÇÃO SEDIMENTAR DA REGIÃO DO BAIXO CURSO DO RIO PARAÍBA

Camila Macêdo Medeiros<sup>1</sup>; Dayse Luna Barbosa<sup>2</sup>; Beatriz Susana Ovruski de Ceballos<sup>3</sup>; Márcia Maria Rios Ribeiro<sup>4</sup> & José do Patrocínio Tomaz Albuquerque<sup>5</sup>

**RESUMO** - Este trabalho apresenta um diagnóstico sobre a qualidade das águas subterrâneas na porção sedimentar do Baixo Curso do rio Paraíba a partir de dados obtidos em cadastros de informações, como o cadastro da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba - CDRM e o cadastro do trabalho de Costa et al. (2007). O Diagrama de Piper foi usado para identificar, classificar e comparar as águas de diferentes poços quanto aos íons dominantes, tanto ânions como cátions. Foram também avaliados os valores de pH dessas águas. Com base nos parâmetros considerados, se conclui que as águas são adequadas para o consumo humano (Portaria MS nº 518/04 e Resolução CONAMA nº 396/08).

**ABSTRACT** - This work presents a diagnosis about the quality of the groundwater in the sedimentary portion of the Paraíba River Basin using data obtained in registers of information, as the register of the Company of Development of Mineral Resources of Paraíba - CDRM and the register of the work of Costa et al. (2007). The Diagram of Piper was used to identify and classify the water as for the dominant ions, anions and cations, pH data was also used. The results showed that the aquifer water quality is appropriate for the human consumption considering physical and chemical parameters (according to guidelines established by MS nº. 518/04 and Resolution CONAMA nº. 396/08).

**Palavras-chave:** Enquadramento; Poluição; Gestão de Recursos Hídricos.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Campina Grande. Graduanda em Engenharia Civil, Caixa Postal 505, 58.100-970, Campina Grande-PB, 83333101157, camilamedeirosm@gmail.com.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Campina Grande. Doutora em Recursos Naturais, Caixa Postal 505, 58.100-970, Campina Grande-PB, 8333101157, dayseluna@yahoo.com.br.

<sup>3</sup> Universidade Estadual da Paraíba. Professora Titular, Avenida das Baraúnas, 351 /Campus Universitário Bodocongó, Campina Grande, PB, beatriz.cebillos@yahoo.com.br.

<sup>4</sup> Universidade Federal de Campina Grande. Professora Adjunta, Caixa Postal 505, 58.100-970, Campina Grande-PB, 83333101157, mm-ribeiro@uol.com.br.

<sup>5</sup> Universidade Federal de Campina Grande. Pesquisador, Caixa Postal 505, 58.100-970, Campina Grande-PB, 83333101157, patrociniotomaz@uol.com.br.

## 1 - INTRODUÇÃO

A oferta de água doce superficial de boa qualidade vem diminuindo devido à contaminação antropogênica. Em consequência, procuram-se outras fontes, como as águas subterrâneas. Estas apresentam, na maioria dos casos, a vantagem de serem de qualidade adequada para diversos usos por passarem por processos de filtração ao longo do perfil do solo, o que constitui um método natural de purificação. Muitas vezes não é necessário o seu tratamento para consumo humano ou requerem apenas simples desinfecção. Contribui também com o incremento da exploração dos aquíferos, o custo relativamente acessível de perfuração, captação e adução.

Diversos países usam águas de aquíferos para o abastecimento urbano. Rêgo & Albuquerque (2004) citam que nos Estados Unidos 39% dos serviços municipais de fornecimento hídrico tem como fonte a água subterrânea e na Comunidade Econômica Européia 75% dos sistemas públicos de abastecimento aproveitam águas de aquíferos. Já na Suécia, Bélgica, Dinamarca, Alemanha e Áustria, esse percentual atinge 90%.

Nas últimas décadas foram verificados efeitos deletérios dos impactos ambientais na qualidade das águas subterrâneas, o que se torna cada vez mais uma preocupação mundial. Dentre os contaminantes mais frequentes se destacam agrotóxicos e fertilizantes utilizados na agricultura, despejos das indústrias, descargas de esgotos e disposição inadequada dos resíduos sólidos. Os efeitos se refletem na saúde humana e no meio ambiente. Uma vez contaminadas, a recuperação das águas subterrâneas demora anos ou centos de anos e é onerosa, muito mais que das águas superficiais e em alguns casos torna-se irreversível. De forma geral, isto ocorre devido ao lento movimento das águas subterrâneas, principalmente em camadas de materiais finos, inseridas em formações de permeabilidade mais alta e a fenômenos de adsorção e trocas iônicas na superfície da matriz sólida. Tais fenômenos são significativos quando estão presentes materiais argilosos no aquífero (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

O Sistema Aquífero Paraíba-Pernambuco, localizado na Bacia Sedimentar da Região do Baixo Curso do rio Paraíba, no estado homônimo, apresenta-se vulnerável aos impactos das descargas das áreas agrícolas de sua bacia, aos esgotos despejados sem tratamento ao chorume de lixões a céu aberto (Costa, 2008).

O presente trabalho tem como objetivo analisar, com referência na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA nº 396/08 e Portaria do Ministério da Saúde – MS nº 518/04, a qualidade da água de poços da Região da Bacia Sedimentar Costeira do Baixo Curso do rio Paraíba, usando dados secundários de parâmetros físicos e químicos selecionados.

## 2 - ASPECTOS LEGAIS E INSTITUCIONAIS DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

### Nível Federal

A Lei Federal nº 9.433 (Brasil, 1997) que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos tem como um dos seus objetivos assegurar a atual e as futuras gerações, a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, tendo como um dos seus instrumentos de gestão o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, que visa *“assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes.”*

Segundo a lei citada, as classes de corpos de água serão estabelecidas pela legislação ambiental, no caso das águas subterrâneas, a Resolução nº 396/08 do CONAMA dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas.

A Resolução nº 396/08 classifica as águas subterrâneas em 6 classes de acordo com o uso a que forem determinadas e estabelece limites para os parâmetros de qualidade. A mesma define enquadramento como o estabelecimento de metas de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um aquífero de acordo com os usos preponderantes pretendidos ao longo do tempo.

A Resolução nº 15/01 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, que *“estabelece diretrizes gerais para a gestão de água subterrânea”*, dispõe que no enquadramento dos corpos de água subterrâneos devem-se considerar as características hidrogeológicas dos aquíferos, uma vez que essas características modificam a composição da água. Já a Resolução nº 91/08 do CNRH, que *“dispõe sobre procedimentos gerais para o enquadramento dos corpos de água superficiais e subterrâneos”* institui que a elaboração da proposta do enquadramento deve analisar a associação das águas superficial e da subterrânea de forma integrada.

Outra normativa importante para a proteção das águas subterrâneas é a Resolução nº 92/08 do CNRH que *“considera a necessidade de promover a utilização racional das águas subterrâneas e sua gestão integrada com as águas superficiais, de forma sustentável”*. Esta Resolução estabelece critérios para a proteção e conservação das águas subterrâneas.

O Ministério da Saúde (MS) faz uso da Portaria nº 518/04, para estabelecer procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Segundo a Portaria, toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão estabelecido. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias listadas na Portaria.

## **Nível do Estado da Paraíba**

A Política Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba, regida pela Lei nº 6.308/1996, alterada pela Lei nº 8.446/07, dispõe que a Política Estadual de Recursos Hídricos será desenvolvida de acordo com a proteção dos recursos hídricos contra ações comprometedoras da sua qualidade, quantidade e usos. Apesar do enquadramento dos corpos de água não se encontrar disposto como um instrumento de gestão, a política estadual afirma que compete ao Conselho Estadual de Recursos Hídricos aprovar o enquadramento dos corpos de água em classes de uso preponderante com base nas propostas dos órgãos e entidades que compõem o Sistema Integrado de Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos.

O órgão responsável por promover a elaboração de normas e padrões relativos ao controle da poluição e à administração do meio ambiente e dos recursos hídricos no estado da Paraíba é a SUDEMA - Superintendência de Administração do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos da Paraíba. Este órgão estuda, avalia, coordena e controla, no nível estadual, as atividades referentes à proteção ambiental, controle da poluição e à administração de recursos hídricos, desenvolvidas por entidades públicas e privadas no estado.

O órgão responsável pela emissão de outorga no estado é a AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. O estado possui um decreto que regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos, o Decreto nº 19.260/97. O Decreto estabelece que está sujeito à outorga o lançamento em um corpo d'água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos com o fim de sua diluição, transporte e assimilação de esgotos urbanos e industriais ou qualquer outro tipo de uso que altere o regime, a quantidade e a qualidade da água. Além disso, dispõe que não será considerada outorga para lançamento na água de resíduos sólidos, radioativos, metais pesados e outros resíduos tóxicos perigosos e lançamento de poluentes nas águas subterrâneas.

## **3 - FONTES DE CONTAMINAÇÃO**

O crescimento da utilização da água subterrânea foi seguido de construções de poços sem critérios técnicos. Sua perfuração em locais inadequados, entretanto, coloca em perigo a qualidade da água. Entre os fatores construtivos dos poços que oferecem riscos de contaminação à água está a proximidade com pontos potencialmente poluentes, como fossas, postos de gasolinas, cemitérios e lixões. A forma de construção de um poço é fundamental para garantir a qualidade da água captada.

O projeto de poço para a captação de água subterrânea é regulamentado pela norma ABNT NBR- 12.212/06, que define condições exigíveis para a preparação de projeto de poço que capta água subterrânea para abastecimento público. A norma que regulamenta a execução do projeto é a ABNT NBR- 12.244/06 (ANA, 2007).

A Resolução CNRH nº 15/01 considera que poços abandonados e desativados devem ser devidamente tampados, para que não se tornem possíveis fontes de contaminação para o aquífero.

A ausência de saneamento representa um risco às águas subterrâneas pela infiltração das descargas das fossas negras, pelo escoamento superficial de esgotos, etc. Outra fonte poluidora é o chorume, constituído por diversos produtos da degradação do lixo, de natureza orgânica e inorgânica que incluem metais pesados e altas concentrações de matéria orgânica. A infiltração do chorume contamina o solo e pode atingir a água subterrânea (ANA, 2007).

Os cemitérios também são um grande risco às águas subterrâneas. O necrochorume pode lixiviar e atingir aquíferos. A contaminação está relacionada à modificação da qualidade química das águas por substâncias tóxicas e à contaminação com microrganismos dos corpos em decomposição (ANA, 2007). A Resolução CONAMA nº 335/03 dispõe sobre o licenciamento ambiental dos cemitérios e estabelece uma distância mínima de 1,5m entre a sepultura e o lençol freático.

O uso de fertilizantes e agrotóxicos na agricultura, sobretudo próximo das áreas de recarga dos aquíferos, constitui risco potencial para as águas subterrâneas. Dentre os componentes mais frequentes nos agrotóxicos destacam-se atrazina, metolacoloro, carbofuram e diuron, de uso bastante expandido na cultura de cana-de-açúcar (ANVISA, 2009).

Outras fontes de contaminação das águas subterrâneas são: vazamentos em tanques de postos de gasolina que contaminam a água com benzeno e os resíduos da atividade industrial.

#### **4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A região em estudo está inserida na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba, na Região do Baixo Curso do rio Paraíba (Figura 1), correspondendo à bacia sedimentar costeira Pernambuco-Paraíba. A Região do Baixo Curso do rio Paraíba situa-se na parte litorânea do Estado da Paraíba. A área de estudo é de cerca de 1.129,35 km<sup>2</sup>, abrange total ou parcialmente 10 municípios entre os quais João Pessoa, onde se localiza a capital do estado, com 674.762 habitantes. Está compreendida entre as coordenadas 6°55'06'' e 7°14'55'' Sul e longitudes 34°48'33'' e 35°21'29'' Oeste de Greenwich (Costa, 2008).

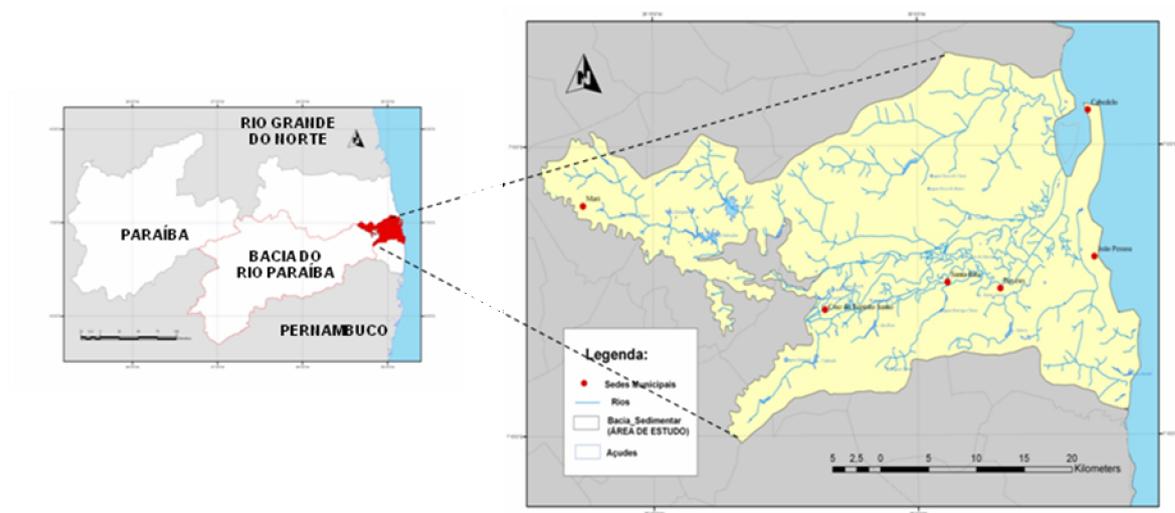


Figura 1 - Localização da porção sedimentar da Região do Baixo Curso do rio Paraíba.

### Caracterização Fisiográfica

A temperatura média mensal anual da Região do Baixo Curso do rio Paraíba está em torno de 25,6 °C. A Região do Baixo Curso do rio Paraíba dispõe de uma rede de postos pluviométricos bastante densa. No contexto da região litorânea, os dados pluviométricos indicam que a precipitação média anual é em torno de 1.500 mm, com variações entre 1.200 e 1.700 mm, com valores decrescentes para o interior. Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH), a evaporação anual na região é entre 1.300 a 1.800 mm, decrescendo do interior para o litoral. A umidade relativa do ar, medida nesta região, varia de 76,7% a 84,8% (Paraíba, 2006).

De acordo com a classificação climática de Köeppen, a Região do Baixo Curso do rio Paraíba possui um clima do tipo Aw'i, ou seja, tropical úmido com estação seca na primavera e variação de temperatura mensal do ar ao longo do ano praticamente desprezível (Paraíba, 2006).

### Caracterização Sócio-Econômica

Dos municípios da área de estudo, os mais desenvolvidos economicamente são João Pessoa e Cabedelo. A Tabela 1 mostra as áreas de cada município, suas respectivas populações e o seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Tabela 1 - Área, IDH e população por municípios da área de estudo (IBGE, 2007).

<b>Município</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>População (hab)</b>	<b>IDH</b>
Bayeux	32,15	92 891	0,689
Cabedelo	31	49 728	0,757
Cruz do Espírito Santo	196	15 281	0,547
João Pessoa	210,45	674 762	0,783
Lucena	89	10 943	0,604
Mari	155	20 256	0,56
Pedras de Fogo	401	26 279	0,568
Santa Rita	727	122 454	0,659
São Miguel de Taipu	93	6 568	0,524
Sapé	316	46 363	0,556
<b>TOTAL</b>	<b>2251</b>	<b>1 065 795</b>	<b>-</b>

Na Região do Baixo Curso do rio Paraíba, verifica-se baixo percentual de esgotamento sanitário, apenas 26,87% dos 279.560 domicílios da área (Paraíba, 2006).

Segundo o cadastro da Federação da Indústria da Paraíba - FIEP (2006), a região possui cerca de 75 empresas de grande e médio porte, dentre elas, indústrias de extração mineral, têxteis, de preparação de couros, de fabricação de produtos químicos, entre outros ramos de atividades.

Na região, também, existem grandes áreas de plantação, sobretudo da cana-de-açúcar, abacaxi, inhame e mandioca entre as mais importantes. Segundo o Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba, PERH-PB (Paraíba, 2006), para o ano de 2008, a demanda de água da Região do Baixo Curso do rio Paraíba foi estimada em 196.035.140 m<sup>3</sup>/ano, sendo 51% desse valor apenas para a irrigação, como mostra a Figura 2. Vale destacar que os dados disponíveis no Plano Estadual de Recursos Hídricos da Paraíba referem-se aos dados de toda Região do Baixo Curso do rio Paraíba, no entanto, a área de estudo deste trabalho está limitada a região sedimentar da Região do Baixo Curso do rio Paraíba.

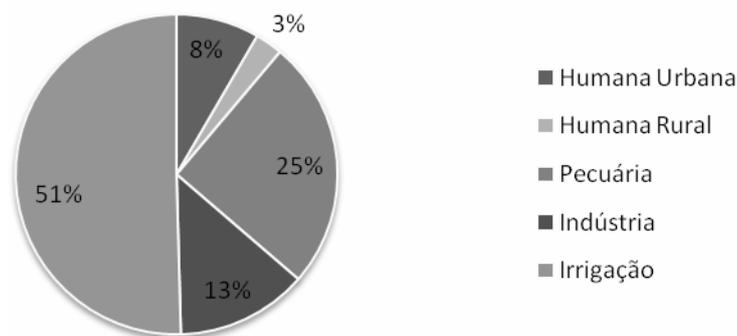


Figura 2 - Demandas hídricas da Região do Baixo Curso do rio Paraíba (PARAÍBA, 2006).

### **Caracterização Geológica e Hidrogeológica**

Em relação às suas características hidrogeológicas, a cidade de João Pessoa situa-se sobre o sistema aquífero Pernambuco-Paraíba que tem por arcabouço geológico a bacia sedimentar homônima. Trata-se de uma bacia de origem tectônica (semi-graben) preenchida por sedimentos continentais e marinhos constituintes das Formações Beberibe Inferior, de arenitos de granulometria variada, com base de conglomerados; Beberibe Superior também denominada Itamaracá, composta em sua maior parte de arenitos calcíferos, com intercalações de litologias pelíticas, todas estas formações de idades Cretáceas. Elas são cobertas, em sua parte mais litorânea, pela Formação Barreiras, originada no Terciário e por sedimentos fluvio-marítimos (areias, calcários conchíferos, etc.), aluviais (areias, siltes e argilas) e de praias (areias finas), inclusive dunas, de idades Quaternárias. Falhamentos desenvolvidos durante e após o processo de sedimentação desempenharam um importante papel na hidrogeologia regional e local do sistema aquífero. No que diz respeito à área ora estudada a falha de gravidade de Cabedelo preservou todo o pacote de sedimentos depositados na bacia. Assim, ocorrem nesta área dois subsistemas aquíferos: um sistema livre ou não-confinado contido na Formação Barreiras e nos sedimentos fluvio-marítimos constituinte da Planície Costeira e mais areias aluviais e de praias, possuindo espessura entre 20 e 70 metros; e um subsistema confinado, sotoposto, contido nas Formações Beberibe Inferior e Superior, com espessura entre 200 e 350 metros, tendo como camada confinante superior a formação Gramame e o Cristalino como embasamento confinante inferior (Figura 3).

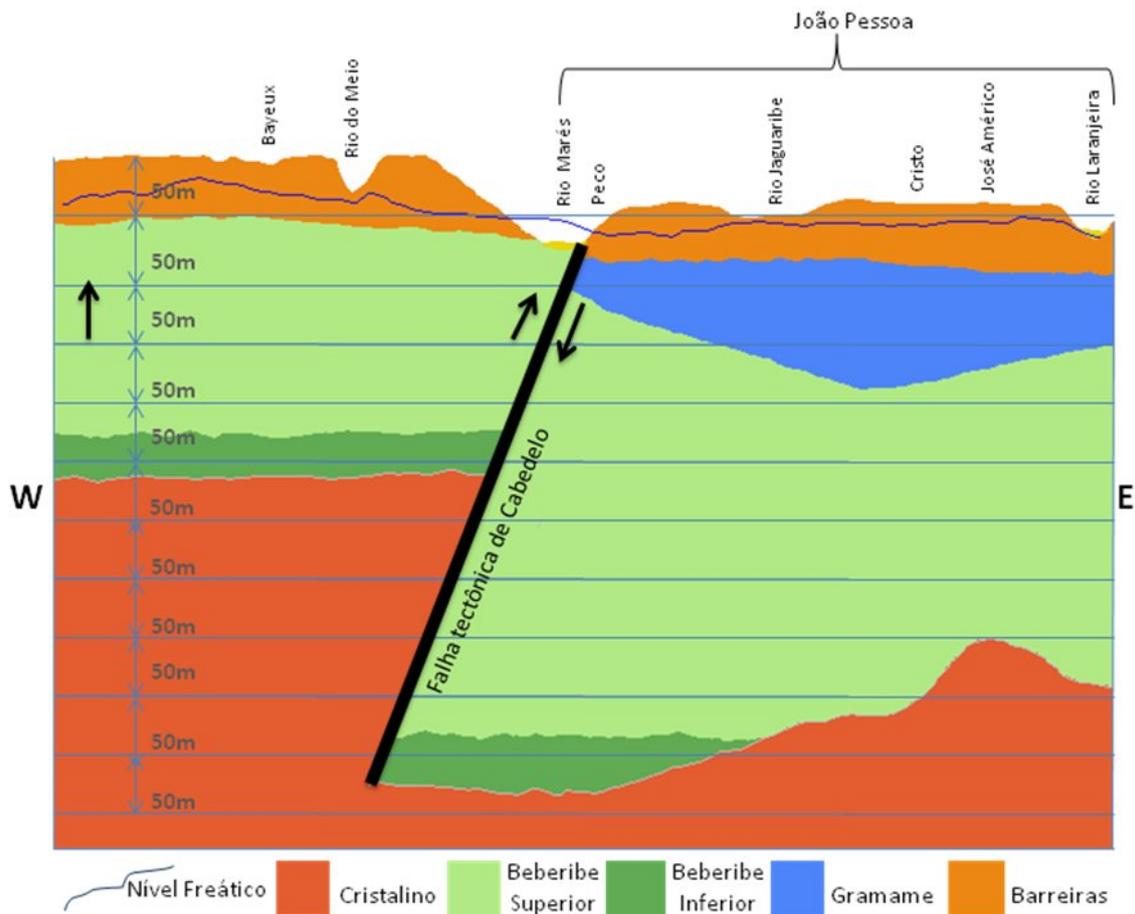


Figura 3 – Corte Geológico da Bacia Sedimentar Costeira PE-PB (Projeto ASUB, 2009).

### O Zoneamento da Área de Estudo

A área em estudo apresenta características distintas em termos hidrológicos, geológicos e de uso do solo, tendo sido dividida em zonas de gerenciamento (COSTA, 2009).

- Zona 01: intensa exploração da água subterrânea para irrigação, especialmente, de cana-de-açúcar;
- Zona 02: delimitada através dos níveis topográficos próximos aos do leito do rio Paraíba;
- Zona 03: definida a partir da falha tectônica de Itabaiana;
- Zona 04: apresenta grande concentração de fontes poluidoras de águas subterrâneas, pois a Região Metropolitana de João Pessoa está inserida nesta zona;
- Zona 05: definida pela região topograficamente delimitada pelas bacias dos açudes São Salvador e Pacatuba;
- Zona 06: definida pela região topograficamente delimitada pela bacia do rio Engenho Novo;

- Zona 07: uma zona própria, pois a sua área de drenagem não participa da região delimitada pelas Bacias dos rios São Salvador e Pacatuba (Zona 5);

A Figura 4 apresenta a área de estudo com as zonas de gerenciamento e respectiva distribuição de poços.

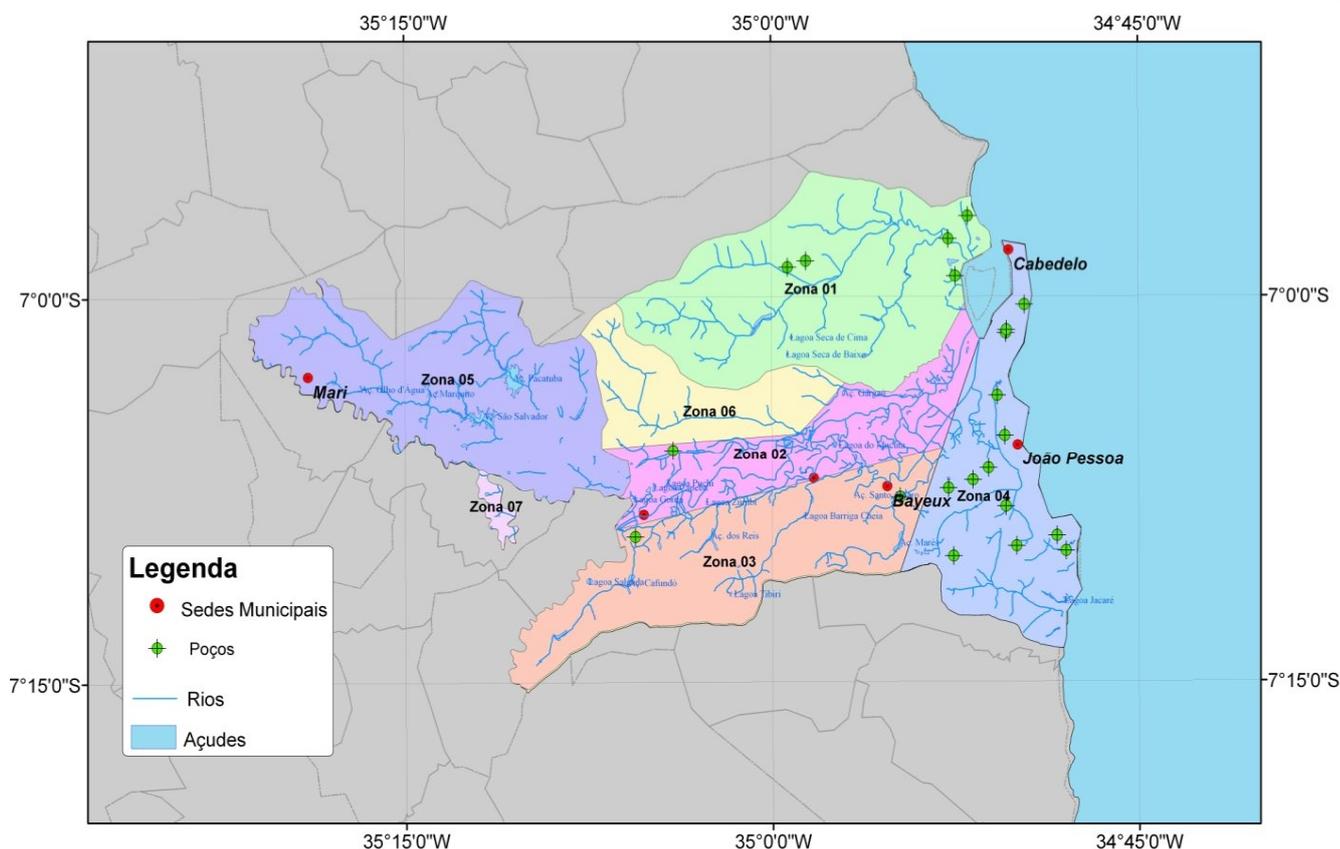


Figura 4 – Área de estudo, zonas de gerenciamento e distribuição dos poços.

## 5 - METODOLOGIA

Foram levantadas, no cadastro da Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba (CDRM) e no trabalho de Costa et al. (2007), informações de 20 poços para área considerada neste estudo. Estas informações contemplam dados de identificação dos poços, coordenadas geográficas, variáveis qualitativas e quantitativas.

As variáveis selecionadas para o estudo foram: Condutividade Elétrica (CE), pH, Cloreto (Cl<sup>-</sup>), Cálcio (Ca<sup>++</sup>), Magnésio (Mg<sup>++</sup>), Sódio (Na<sup>+</sup>), Potássio (K<sup>+</sup>), Carbonato (CO<sup>3</sup>), Bicarbonato (HCO<sup>3</sup>), e Sulfato (SO<sup>4</sup><sup>-</sup>). A Tabela 2 apresenta os dados utilizados neste trabalho.

Tabela 2 - Síntese dos dados estudados.

	Município	Localidade	CE ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH	Cl <sup>-</sup> (mg/L)	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg/L)	HCO <sup>3</sup> (mgCaCO <sup>3</sup> /L)	CO <sup>3</sup> (mgCaCO <sup>3</sup> /L)	Ca <sup>++</sup> (mg/L)	Mg <sup>++</sup> (mg/L)	Na <sup>+</sup> (mg/L)	K <sup>+</sup> (mg/L)
1	Cabedelo	Praia do Poço II	600	8,4	19,46	3,36	-	-	40,08	34,05	61,18	6,25
2	Cabedelo	Praia do Poço I	600	8,2	31,90	10,57	-	-	70,14	24,32	27,14	3,91
3	Cabedelo	Praia de Camboinha	10500	8,4	3118,89	643,73	-	-	180,36	79,04	2019,4	60,21
4	Cruz do Espírito Santo	Gilberto Redutinho	529	7,4	88,75	-	-	-	30	28,8	115	7,41
5	Cruz do Espírito Santo	Jacques	150	7,1	21,3	4,8	-	-	4,01	3,65	9,66	1,64
6	João Pessoa	Aldeia SOS Paraíba	-	5,6	29	-	-	-	-	8	-	-
7	João Pessoa	Cabo Branco Residence Privê	-	7,2	55	-	-	-	96	78	-	-
8	João Pessoa	CIEF/CODEF	-	8,5	25	-	-	-	64,1	19,45	-	-
9	João Pessoa	Motel Andorra II	-	7,2	54	-	-	-	57,7	9,2	-	-
10	João Pessoa	Aeroclube	-	8,8	125	-	-	-	21,6	11,7	-	-
11	João Pessoa	Cristo Redentor	500	8	17,73	6,24	-	-	84,12	9,72	11,04	1,17
12	João Pessoa	Praia da Penha	450	7,5	35,46	0,96	-	-	48,1	13,38	34,04	4,07
13	João Pessoa	Hospital Universitário	-	7,5	22	-	-	-	126	66	-	-
14	João Pessoa	Alto do Mateus II	340	7,4	16	4,12	161,04	9,6	51,6	3,89	20,47	2,73
15	João Pessoa	Mercado Central	-	7,5	27	-	-	-	74	66	-	-
16	João Pessoa	Torre	434,78	6,2	16	1,5	244	9,59	63	10,69	18	2,7
17	Lucena	C. Macônica	638	6,8	92,2	49	-	-	-	-	54,1	2,64
18	Lucena	Santuário	500	8,3	88,62	15,37	-	-	40,08	36,48	34,04	1,95
19	Santa Rita	Lerolândia	250	7,3	24,82	2,4	-	-	20,04	15,01	9,2	6,25
20	Santa Rita	Forte Velho	400	7,1	28,36	10,8	-	-	70,14	15,80	13,57	2,46

Foi utilizado o software QualiGraf, desenvolvido pela FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME, 2009) para a construção do diagrama de Piper para os dados físicos e químicos das 20 amostras de água, para avaliar a composição e a distribuição dos íons. Também foi realizada análise estatística básica (média, desvio padrão, mediana, valores máximos e mínimos).

## 6 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade da água pode ser determinada através de diversos parâmetros físicos, químicos, biológicos e microbiológicos. Neste trabalho foram selecionados apenas parâmetros físicos e químicos por serem os disponíveis em maior número de poços dos bancos de dados consultados. Os resultados da análise de estatística básica são apresentados na Tabela 3. Os parâmetros com maior desvio padrão foram Condutividade Elétrica (CE) e Cloretos. Os resultados mostram águas de pH neutro, em torno de 7,5 (poços no Mercado Central, Hospital Universitário e Praia da Penha, no município de João Pessoa), mas há também locais com água levemente básica, com pH de 8,8 (poço do Aeroclube, em João Pessoa). As primeiras são águas de sedimentos areno-argilosos,

provavelmente do sub-sistema aquífero livre (Formação Barreiras e sedimentos fluvio-marítimos formadores da Planície Costeira) e as últimas, provenientes do aquífero Beberibe Inferior, de arenitos calcíferos, ora integrante do subsistema livre, ora do subsistema confinado.

Tabela 3 - Estatística básica dos dados de qualidade física e química de amostras de 20 poços.

Parâmetros	Amostras	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	13	1222,44	500,00	2791,09	150,00	10500,00
pH	20	7,52	7,45	0,80	5,60	8,80
Cloretos (mg/L)	20	196,82	28,68	688,50	16,00	3118,89
Sulfatos (mg/L)	12	62,74	5,52	183,43	0,96	643,73
Bicarbonato	2	9,60	9,60	0,01	9,59	9,60
Carbonato	2	202,52	202,52	58,66	161,04	244,00
Cálcio (mg/L)	18	63,39	60,35	41,34	4,01	180,36
Magnésio (mg/L)	19	28,06	15,80	25,33	3,65	79,40
Sódio (mg/L)	13	186,68	27,14	551,45	9,20	2019,40
Potássio (mg/L)	13	7,95	2,73	15,82	1,17	60,21

O diagrama de Piper, apresentado na Figura 5, mostra a distribuição dos íons predominantes no total dos poços. Este diagrama é usado para classificar e comparar distintos grupos de amostras de água em relação aos íons predominantes.

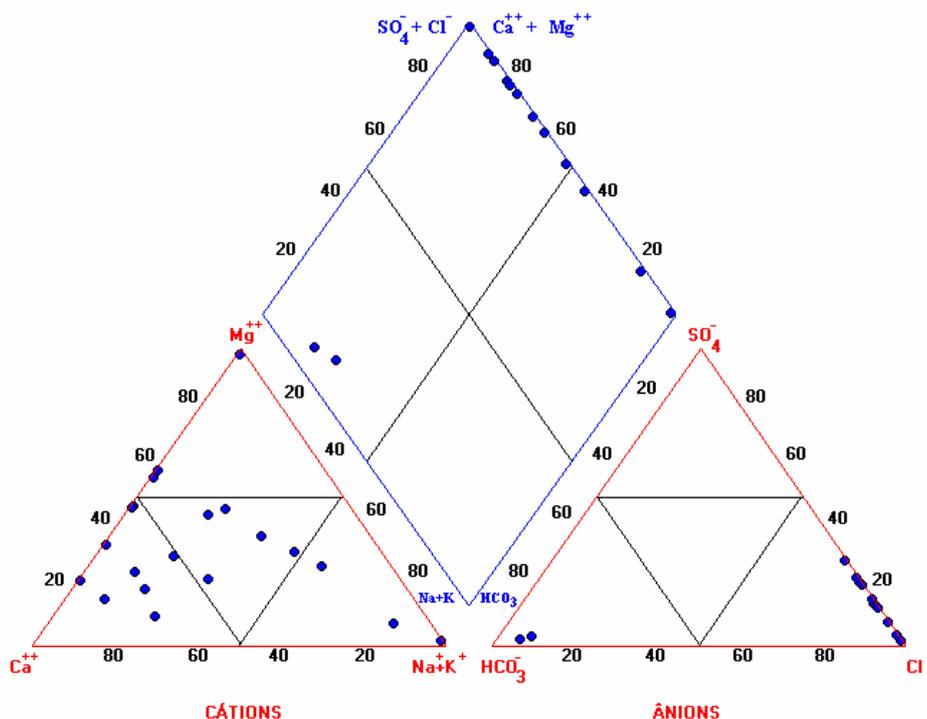


Figura 5 - Diagrama de Piper. Íons predominantes das amostras.

Observam-se no diagrama que estas águas são, na maioria, águas cloretadas, cálcicas e sulfatadas.

Comparando os valores dos parâmetros com o valor máximo permissível estabelecido na Portaria MS nº 518/04, nota-se que o Cloreto está dentro dos padrões na maioria das amostras, com exceção de um poço, situado em Cabedelo, com valor acima do permissível. Isso pode ocorrer pela proximidade com um (somente há um único aterro na Paraíba, que fica perto de Gramame) lixão, uma vez que o Cloreto pode ser um bom indicador dessa poluição. Altas concentrações de cloreto são prejudiciais para os vegetais, inibindo o seu crescimento. Um único poço teve concentração de Sódio acima de 200mg/L, limite estabelecido na Portaria. Segundo Feitosa & Manoel Filho (1997), o Sódio é o principal responsável pelo aumento constante da salinidade das águas naturais. Apenas um valor de Sulfato superou o valor máximo permitido. Deve-se atentar ao fato de que o Sulfato aumenta a salinidade dos solos, tornando-o impróprio para a agricultura. Com relação à Condutividade Elétrica apenas um poço apresentou valor acima do permitido, nos demais poços a água apresentou valores dentro do considerado aceitável.

Os Valores máximos permissíveis da Resolução CONAMA nº 396/08, para o Cloreto, Sulfato e Sódio são os mesmos exigidos na Portaria MS nº 518/04 para consumo humano.

## **7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A água da região foi considerada boa para o consumo humano na maior parte dos poços. Outros usos como irrigação e industrial também podem ser atendidos com essa água subterrânea.

Com o diagrama de Piper observou-se que as águas são predominantemente Cloretadas, Cálcicas e ocorrendo em menor escala Bicarbonatadas e Magnesianas. Esses dados de qualidade da água, como foi informado, foram obtidos de 20 poços localizados na região.

Para se obter uma análise mais precisa dessa água deve-se possuir uma maior quantidade de amostras, considerar o mapa de uso e ocupação do solo da área, fazer monitoramento da água durante o período seco e chuvoso. Essa análise mais precisa será importante para subsidiar, entre outros, o estabelecimento de critérios para o enquadramento dos corpos d'água da região em estudo.

## **AGRADECIMENTOS**

Esta pesquisa se insere no âmbito do projeto “Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a gestão das águas subterrâneas” financiado pelo MCT/FINEP/CT-HIDRO. Os autores agradecem a todas as instituições mencionadas.

## 8 - REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. (2007). *Cadernos de Recursos Hídricos. Panorama do Enquadramento dos Corpos de Água*. Brasília, 2007.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (2009). <[http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm\\_pesquisa\\_agrotoxico.asp](http://www4.anvisa.gov.br/AGROSIA/asp/frm_pesquisa_agrotoxico.asp)> Acessado em Abril de 2009.

BRASIL (1997). Lei Federal nº. 9.433 de 08 de janeiro de 1997. *Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*. Senado, Brasília.

CDRM - Companhia de Desenvolvimento de Recursos Minerais da Paraíba. (2009). *Cadastro de poços*. Documento cedido em abril de 2008.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. (2001). Resolução nº. 15, de 11 de janeiro de 2001. *Estabelece diretrizes gerais para a gestão de águas subterrâneas*. Brasília.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. (2008). Resolução nº. 91, de 05 de novembro de 2008. *Dispõe sobre procedimentos gerais para a outorga de direito de uso dos recursos hídricos*. Brasília.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. (2008). Resolução nº. 92, de 5 de novembro de 2008. *Estabelece critérios e procedimentos gerais para proteção e conservação das águas subterrâneas no território brasileiro*. Brasília.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2008). Resolução nº. 396 de 03 de abril de 2008. *Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências*. Brasília.

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. (2003). Resolução nº. 335 de 03 de abril de 2003. *Dispõe sobre o licenciamento ambiental de cemitérios*. Brasília.

COSTA, M. L. M. (2009). *Estabelecimento de Critérios de Outorga de Direito de Uso para Águas Subterrâneas*. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, 128 p, 2009.

COSTA, M. L. M.; CARVALHO, M. L.; MEDEIROS, C. M.; RIBEIRO, M. M. R. (2008). *Análise da integração das águas superficiais e subterrâneas no aparato legal de recursos hídricos do Brasil e do Estado da Paraíba*. In: XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008, Natal.

COSTA, W. D.; ALBUQUERQUE, J. do P. T. de; BRANCO, R. L. de C.; MARANHÃO, C. M. L.; GOLDFABER, M. (2007). *Estudo de caracterização e verificação da disponibilidade hídrica da vertente litorânea do estado da Paraíba*. Estudos Hidrogeológicos. Relatório Final. Tomo I – Texto. Ministério da Integração Nacional.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (1997). *Hidrogeologia. Conceitos e aplicações*. CPRM, LABHID-UFPE, 1997, 412 p.

FIEP (2006). *Cadastro industrial da Federação da Indústria da Paraíba*. Cedido em novembro de 2008.

FUNCEME (2009). *Qualigraf*. Disponível on-line em: <http://www.funceme.br/>.

IBGE (2007). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível on-line em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em maio de 2009.

MOREIRA, C. M. D. S. (2005). *Aspectos qualitativos da água subterrânea no campus da UFSM*. Dissertação (Mestrado). Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

PARAÍBA (2006). *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. Relatório Final*. Disponível on-line em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/perh/>>. Acesso em março de 2009.

PARAÍBA (1997). Decreto Estadual nº. 19.260, de 31 de outubro de 1997. *Regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos e dá outras providências*. Disponível online em <[www.aesa.pb.gov.br/legislacao/decretos/estadual/19260\\_97\\_outorga\\_agua.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/decretos/estadual/19260_97_outorga_agua.pdf)>.

PARAÍBA (1996). Lei Estadual nº. 6.308 de 02 de julho de 1996. *Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, suas diretrizes e dá outras providências*. Disponível on-line em: <[www.aesa.pb.gov.br/legislacao/leis/estadual/politica\\_estadual\\_recursos\\_hidricos.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/legislacao/leis/estadual/politica_estadual_recursos_hidricos.pdf)>.

PROJETO ASUB (2009). *Integração dos instrumentos de outorga, enquadramento e cobrança para a Gestão das águas Subterrâneas*. Relatório Técnico Parcial nº 1. Campina Grande. Universidade Federal de Campina Grande.

RÊGO, J. C.; ALBUQUERQUE, J. do P. T. (2004). *Hidrogeologia Aplicada*. Campina Grande: UFCG/UNESCO, 2004.