

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO MUNICÍPIO DE PACAJUS, REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA - CEARÁ

Itabaraci Nazareno Cavalcante¹; Francisco Wladiston Cordeiro Dias²; Virgínia Pereira de Sousa³; Maria da Conceição Rabelo Gomes⁴ & Milton A. da Silva Matta⁵.

RESUMO - O presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade das águas subterrâneas do município de Pacajus através de análises físico-químicas, baseando-se na Portaria Nº 518 de 25/03/2004 do Ministério de Saúde. A metodologia desse trabalho constou do Levantamento Bibliográfico, Cadastro de Poços Tubulares e Análises de Águas, Tratamento Preliminar dos Dados, Etapas de Campo, Tratamento e Interpretação dos Dados. Os resultados obtidos a partir das 08 análises físico-químicas das águas dos poços, mostram que o valor médio de STD nas águas subterrâneas é de 912,79 mg/L, oscilando entre 58,5 e 7104,5 mg/L., sendo que o valor máximo tolerável de STD para consumo humano é de 1.000 mg/L. De acordo com o diagrama de Piper, as amostras analisadas foram classificadas predominantemente como cloretadas (75%) sódicas (50%).

ABSTRACT - This study aims to assess the quality of groundwater the municipality of Pacajus through physical and chemical analyses, based on Ordinance Nº 518 de 25/03/2004 of the Ministry of Health. The methodology of this work consisted of Bibliographical Survey, Registry of Wells tubulares and Analysis of Waters, Preliminary Data Processing, Stages of Field, Data Processing and Interpretation. The results from 08 physical-chemical analyses of water from wells, show that the average value of STD in groundwater is 912.79 mg / L, ranging between 58.5 and 7104.5 mg / L., where the maximum tolerable of STD for human consumption is 1,000 mg / L. According to the diagram of Piper, the samples were classified as predominantly the Cl⁻/Na⁺ type.

Palavras-chave: Qualidade, Águas subterrâneas, Pacajus.

¹ Prof. Dr. Adjunto do Departamento de Geologia/UFC. Av. Humberto Monte, s/n, Pici. Fortaleza/CE. e-mail: ita@fortalnet.com.br

² Mestre em Hidrogeologia/DEGEO/UFC. e-mail: wladiston@yahoo.com.br.

³ Graduanda do Curso de Geologia/UFC. Rua São Roque 189. Álvaro Weyne/CE. e-mail: nina_efe@hotmail.com

⁴ Especialista em Gestão hídrica/UFPA e mestranda do Curso de Geologia/UFC. Rua Alcides Gerardo 71. Conjunto Palmeiras. Fortaleza/CE e-mail: conceicaoabelo@yahoo.com.br

⁵ Prof. Dr. do Instituto de Geociências/UFPA. Campus do Guamá-Belém/PA. e-mail: matta@ufpa.br

1. INTRODUÇÃO

A crise decorrente da necessidade de água potável é uma realidade em nível mundial, principalmente pelos aspectos vinculados à poluição antrópica que degrada a composição natural da água, um bem mineral estratégico e esgotável em sua qualidade primária.

Associada a esta, a procura por água subterrânea aumenta a cada dia em função de aliar a proximidade da fonte hídrica à demanda, seus aspectos qualitativos, comparativamente melhores do que os das águas superficiais, a melhor proteção em relação a evaporação e, principalmente, o menor custo de captação.

Essa captação de água subterrânea, feita através de poços, para que ocorra de forma segura e sustentável depende da identificação dos sistemas aquíferos, dos projetos técnico-construtivos de poços e da qualidade da água.

O presente trabalho foi extraído da Dissertação de Mestrado de Dias (2004), que mostra a avaliação da qualidade das águas subterrâneas no município de Pacajus, quanto à composição química, potabilidade e consumo humano.

1.1. Localização e Acesso

A área de estudo corresponde ao município de Pacajus, situado na Região Metropolitana de Fortaleza, porção nordeste do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, nas coordenadas 04°10'22''S e 38°27'39''W, em relação a Linha do Equador, numa área de 254,43 km² e ocupando parte das Folhas Baturité (SB.24-X-A-I) e Beberibe (SB.24-X-A-II) – SUDENE, 1973, escala 1:100.000.

Seus limites municipais são: ao norte, município de Horizonte; a leste, o de Cascavel; ao sul, o de Chorozinho; a sudoeste, o de Barreira e Acarape; a noroeste, o de Guaiuba.

O acesso ao município, a partir de Fortaleza, pode ser feito através da BR 116 num percurso de 51 km. Demais vilas, lugarejos, sítios e fazendas estão interligados por estradas asfaltadas e/ou carroçáveis, as quais permitem franco acesso durante todo o ano.

1.2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade das águas do município de Pacajus, através de análises físico-químicas, baseando-se na Portaria N° 518 de 25/03/2004 do Ministério de Saúde.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia deste trabalho constou, basicamente, de cinco etapas distintas: Levantamento Bibliográfico; Cadastro de Poços Tubulares e Análises de Águas; Tratamento Preliminar dos Dados; Interpretação dos Dados.

O levantamento bibliográfico constou da revisão dos trabalhos técnico-científicos realizados, principalmente, na Região Metropolitana de Fortaleza obtendo, então, dados referentes a avaliação da qualidade das águas subterrâneas de Pacajus, gerando informações sobre a área de estudo.

A segunda etapa refere-se ao cadastramento dos principais pontos de água subterrânea existentes na área, incluindo poços tubulares, amazonas e manuais. O cadastro, abrangendo o município de Pacajus, compreendeu o levantamento de 221 poços, sendo 174 poços tubulares (PT), 01 poço amazonas (PA) e 46 poços manuais (PM). A distribuição dos 221 poços cadastrados é bastante ampla, os números de poços abandonados são 21, em uso são 158 poços, desativados são 12, não instalados são 11, restando 19 poços sem informação. Os poços públicos contam 106 e os privados são 115.

Foram cadastradas 08 fichas de análises físico-químicas, contemplando os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, dureza total, Sólidos Totais Dissolvidos, Ca^{++} , Na^+ , K^+ , Fe^{+++} , HCO_3^- , Cl^- e NO_3^- .

A terceira etapa constou do tratamento inicial do cadastro de poços, realizado a partir do cadastro de fichas técnicas dos poços, e que possibilitou a formação de um arquivo de dados elaborado em planilha eletrônica Excel (Microsoft Office 2002 for Windows). Isto possibilitou uma avaliação preliminar das condições de captação de água subterrânea no município envolvido. Destas, foram confeccionadas as bases de localização dos pontos d'água, geológica e a dos sistemas aquíferos, utilizadas neste trabalho. Utilizando programas computacionais gráficos (p.ex. Corel Draw 9.0, Autocad 2004), conservando-se as informações originais, as bases foram padronizadas na escala 1:100.000, facilitando o manuseio das mesmas.

As etapas de campo foram realizadas, no sentido de melhor se verificar a acuracidade dos dados cadastrados e/ou proceder ao levantamento de novas informações. Foi verificada as condições *in situ* de uso dos poços tubulares, assim como a atualização do cadastro de poços iniciais com a localização dos poços com uso de GPS (Garmim III plus, 12 canais). Através desse trabalho de campo foi registrada a ocorrência de 09 poços rasos de perfuração manual (cacimbas) e 01 poços do tipo amazonas, tendo sido os mesmos georeferenciados (GPS) e em alguns foram tomadas de condutividade elétrica das águas.

O tratamento dos dados cadastrados, gerando informações para a pesquisa, constou da compilação, uniformização, formação de arquivo de dados, tratamento estatístico e integração e/ou modificações dos mapas, gerando as bases para a execução do trabalho. As análises físico-químicas das 08 amostras foram processadas e submetidas a um cálculo de balanço iônico para se verificar a acuracidade dos dados obtidos. Após isto, elaborou-se um gráfico hidroquímico (Piper) com a utilização do pacote computacional “qualigraf”, versão Beta, desenvolvido por MÖBUS (2003) e divulgado no *site* da FUNCEME (www.funceme.br).

Finalmente foi realizada a organização dessas informações, juntamente com elaboração de figuras, gráficos e tabelas (*Excel*), digitação dos textos (*Word*) e digitalização e confecção do mapa (*ArcGIS 9*).

3 . HIDROGEOLOGIA

Analisados de uma forma integrada observa-se que o tema recursos hídricos, composto pelas características climáticas, as águas superficiais e as águas infiltradas (subterrâneas), encontra-se intimamente relacionado dentro do ciclo hidrológico, tendo como principal vetor constituinte, logicamente, a água.

A área pesquisada (254,4 km²) é geologicamente constituída por formações cenozóicas, que incluem sedimentos inconsolidados e rochas sedimentares (Formação Barreiras, depósitos colúvio-eluvionares e aluviões) e litotipos pré-cambrianos do Complexo Gnáissico-Migmatítico, que constituem o meio fissural. Nesse contexto, foram individualizados quatro sistemas hidrogeológicos: Cristalino, Barreiras, Misto e Aluvionar.

No Sistema Cristalino é comum a utilização dos termos, Meio Fissurado, Aquífero Fraturado ou Meio Fraturado para designar este contexto hidrogeológico. Nos terrenos cristalinos, a porosidade primária pode ser considerada praticamente nula, ficando a infiltração, armazenamento e circulação das águas restritas as zonas de fraturas. Assim sendo, o enquadramento desses terrenos como aquíferos está na dependência da existência de estruturas rúpteis, abertas e interconectadas com área de recarga (CAVALCANTE, 1998).

Esse sistema possui 07 poços com uma cobertura sedimentar (Barreiras e Aluviões) com 11m de espessura e presença de níveis argilosos nas camadas, principalmente nas mediações da zona urbana do município, onde ocorre a maior concentração de poços. Este meio possui fraca vocação aquífera e as melhores áreas são condicionadas pela existência de zonas cisalhadas, com fraturas abertas e associadas, muitas vezes, a reservatórios superficiais d'água, com os açudes Pacajus que

constituem fontes de recarga, uma vez que a água armazenada nesse açude pode migrar, através dos sistema de fraturas existentes na bacia hidráulica do açude e que são interceptadas pelo poço.

Os dados coletados no cadastro, juntamente com aqueles obtidos nos trabalhos de campo, permitiram observar os aspectos gerais dos poços construídos no contexto do município de Pacajus, de maneira a ser possível a realização de considerações sobre as condições, em momento, desses poços.

O Sistema Hidrogeológico Barreiras é constituído por sedimentos clásticos cenozóicos da Formação Barreiras e das coberturas Cólúvio-eluvionares. Nesse sistema possui 44 poços cadastrados.

O Sistema Misto (é constituído por dois sistemas: o Barreiras e o Cristalino) por englobar mais de uma formação litoestratigráfica, localiza-se em quase toda área abrangida pelo município de Pacajus, sendo que 12 poços foram constatados nesse sistema.

O Sistema Aluvionar corresponde às deposições efetuadas no Quaternário, formadas por material arenoso de granulometria grossa a fina, siltes e argilas que ocorrem na área margeando os baixos cursos dos principais rios (Pacoti e Choró). Em função da pouca ocupação urbana nesse terreno, foi cadastrado apenas 01 poço escavado do tipo amazonas. Esse poço foi construído manualmente e possui grande diâmetro (em torno de 3,5 m), captando água com profundidades de até 10 metros, e nível estático sub-aflorante (inferior a 3 metros).

4. QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Do ponto de vista relativo ao aproveitamento das águas a qualidade é tão importante quanto o aspecto quantitativo. Dessa maneira, o estudo hidroquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas.

A saúde das pessoas está diretamente associada à qualidade da água consumida. É comum doenças de veiculação hídrica causadas por substâncias que não fazem parte da composição da água, encontrando-se aí acidentalmente, como por exemplo a contaminação por chumbo, cianetos, mercúrio, defensivos agrícolas, etc., ou então pelos micróbios patogênicos como os vírus, bactérias, protozoários, fungos e helmintos, que são alheios à fauna e flora naturais da água e que causam doenças infecciosas, direta ou indiretamente, como por exemplo febre tifóide, cólera, amebíase, shigelose ou disenteria bacilar, hepatite infecciosa, leptospirose, giardíase; dengue, febre amarela, malária, filariose; ancilostomíase, ascaridíase, salmonelose, escabiose, pediculose, tracoma, conjuntivite; esquistossomose, etc.

É extremamente importante o conhecimento da qualidade das águas de uma região através de análises físico-químicas, que se constitui em um mecanismo para caracterizá-las quanto à composição química, potabilidade e direcionamento de usos (doméstico, industrial e agropecuário).

De forma complementar, foram realizadas em campo medidas de condutividade elétrica (CE), utilizando um condutivímetro portátil do tipo DIGIMED (130 medidas) e, a partir desses valores, seguindo SANTOS, 2000 (*apud* FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000), calculado os Sólidos Totais Dissolvidos (STD), multiplicando-se o valor obtido de CE por uma constante de 0,65.

Para verificação da acuracidade das análises físico-químicas foi utilizada a fórmula apresentada por LOGAN (1965) para o cálculo do balanço iônico, onde os valores dos íons dados em mg/L são convertidos para meq/L, e posteriormente utilizados na equação 01 que define o coeficiente individual de erro das análises. Admitiu-se um percentual menor ou igual a 10% para as análises aproveitáveis, compatíveis ao valor médio de STD. Todas as análises químicas da área, apresentaram coeficientes de erro toleráveis, inferiores a 10%

$$E (\%) = \left| \frac{r\sum \text{ânions} - r\sum \text{cátions}}{r\sum \text{ânions} + r\sum \text{cátions}} \times 100 \right| \quad (01)$$

Onde:
r = meq/L
E = erro (%)

4.1. Composição Físico-Química

As propriedades físico-químicas são importantes no que se refere à qualificação das águas, definidas pela sua composição e pelo conhecimento dos efeitos a saúde que podem causar seus constituintes.

Segue abaixo a tabela 01, mostrando os valores médios, máximos, mínimos e o padrão dado pela Portaria 518/2004, dos parâmetros analisados nas amostras dos poços das águas subterrâneas do município de Pacajus.

Tabela 01- Valores dos parâmetros das águas subterrâneas da área de estudo

Parâmetros	< > mg/L			
	Média	Máximo	Mínimo	Padrão ^{**} (Portaria 512/2004)
Ca ⁺⁺	179,1	572	24,35	-
Na ⁺	290,95	779	72	200 mg/L
K ⁺	26,56	76,6	5,2	-

HCO ₃ ⁻	142,09	285	37	-
Cl ⁻	1250	3189	164	250 mg/L
Fe ⁺⁺⁺	0,39	1,51	0,04	0,3 mg/L
NO ₃ ⁻	5,6	10,9	0,1	10 mg/L
Dureza	1127,09	2500	215	500 mg/L (teor de CaCO ₃)
STD*	912,79	7104,5	58,5	1000 mg/L de sais totais
C.E.*	1440,08	10930,0	90	1000 μ S/cm

* Dados de campo (130 amostras)

**Para consumo humano

→ Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica (CE) é a medida da facilidade que um fluido possui de conduzir corrente elétrica, estando diretamente associada com a concentração de sais dissolvidos sob a forma de íons. Na área estudada, a média é de 1440,08 μ S/cm a 25°C, variando de 90 a 10.930.

→ Sólidos Totais Dissolvidos

Os STD são definidos como o peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. Representam a concentração de todo o material dissolvido na água, seja ou não volátil.

O valor médio de STD nas águas subterrâneas da área é de 912,79/L, oscilando entre 58,5 e 7104,5 mg/L. Segundo a Portaria N° 518/2004 do Ministério da Saúde, o valor máximo tolerável de STD para consumo humano é de 1000 mg/L.

→ Dureza

A dureza de uma água pode ser avaliada pela capacidade de consumir sabão e produzir incrustações, sendo expressa em mg/L de CaCO₃. A portaria N° 518/2004 apresentara uma classificação para as águas subterrâneas e o valor máximo permitido para consumo humano é de 500 mg/L.

A classificação das águas subterrâneas da área, com relação a sua dureza (teor de CaCO₃ em mg/L) a partir de 08 amostras, revela que 50% possuem águas com características aceitáveis para

consumo humano (500 mg/L de CaCO₃) e 50% impróprias para consumo humano. Os valores de dureza nas análises que estão acima dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria N° 518/2004 do Ministério da Saúde, devem estar sendo influenciados, possivelmente, pelas altas concentrações de cloretos.

→ pH

O pH reflete a concentração do hidrogênio na água ou solução, sendo controlado pelas reações químicas e pelo equilíbrio entre os íons presentes, tratando-se essencialmente, de uma função do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade. Varia de 1 a 14, onde os valores inferiores a 7 são denominados de ácidos e os valores superiores a 7 são denominados de básicos, ou alcalinos, e neutros para o valor 7.

Dentro das 08 medidas de pH, os valores oscilaram entre 6,5 e 8,2, onde 3 amostras apresentam um caráter ácido, 4 amostras um caráter básico e 1 reflete o caráter absolutamente neutro. O valor médio do pH é de 7,3 revelando um termo levemente básico das águas subterrâneas da área.

4.2. Classificação Iônica

Para classificar o tipo químico das águas subterrâneas de acordo com os íons predominantes foi utilizado o Diagrama de Piper. Na confecção do diagrama foi utilizado o programa Qualigraf, versão Beta, desenvolvido por MÖBÜS (2003).

Nesse diagrama pode-se distinguir três campos onde são plotados os valores percentuais das concentrações dos principais constituintes iônicos (cátions e ânions), permitindo identificar fácies hidroquímico. O cruzamento do prolongamento dos pontos na área do losango define sua posição e classifica a amostra de acordo com seus fácies químicos.

A variação dos litotipos que constituem os aquíferos permite que sejam definidos, até para um mesmo sistema hidrogeológico, mais de um tipo hidrogeoquímico, predominando, entretanto, um ou dois tipos característicos.

De acordo com os íons presentes em 08 amostras de águas subterrâneas, identificou-se uma predominância da classe cloretadas (75%) sódicas (50%) (Figura 01). De acordo com SANTOS (2000), o predomínio e a presença do cloreto e do sódio nos sistemas aquíferos dá-se pelo fato de

que, além dos dois elementos correspondentes serem muito abundantes nas águas naturais, possuem solubilidade elevada, são de difícil precipitação na maioria dos compostos químicos em solução e têm ampla distribuição nos minerais fontes.

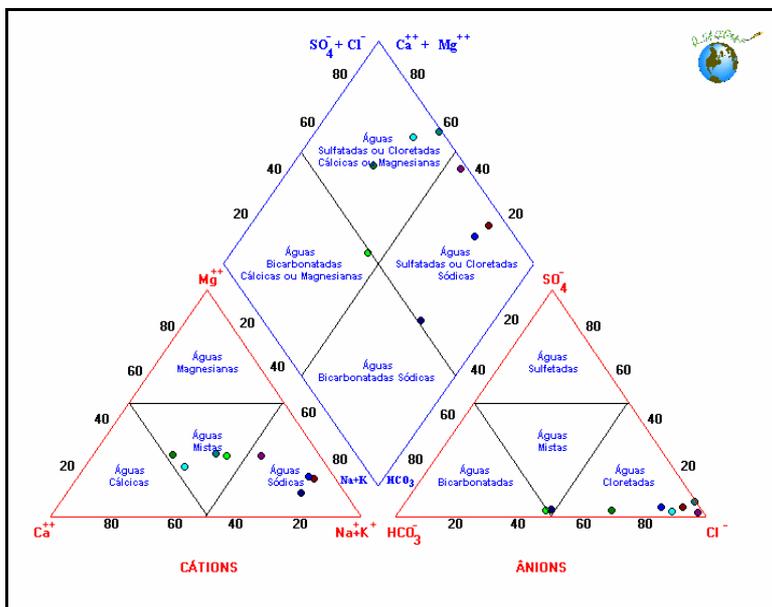


Figura 01- Classificação iônica das águas subterrâneas de acordo com o Diagrama de Piper

4.3. Usos das Águas Subterrâneas

Para CAVALCANTE (1998), a utilização das águas subterrâneas no contexto da RMF é uma constante, com fins variados e tempo de bombeamento compatível com a necessidade e vazão do poço. Na região do município de Pacajus, onde as águas subterrâneas apresentam-se como importante fonte de abastecimento, isso não ocorre diferente.

O uso da água pode ser classificado quanto ao consumo em consultivo e não consultivo. A água evaporada, transpirada, assimilada biologicamente ou incorporada a um produto é classificada como de uso consultivo, como também nos usos domésticos, municipal, irrigação e indústrias, enquanto que os usos em navegação, geração de energia elétrica, recreação ou conservação da natureza são exemplos de usos não consultivos.

A grande maioria dos usos da água é, de certa maneira, consultiva. Excluída a água para geração de energia elétrica, que atinge cerca de 4 a 6 vezes a soma de todas as outras finalidades, estima-se que 25% da água retirada para todas as finalidades é consumida (COSTA, 2000 apud FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000). O enfoque neste trabalho foi dado quanto ao consumo humano.

4.3.1. Consumo Humano

Os padrões de potabilidade, conforme FEITOSA & MANOEL FILHO (*op. cit*), compreendem critérios essenciais que dizem respeito à proteção contra a contaminação por microorganismos patogênicos e contra a poluição por substâncias tóxicas e venenosas, além de critérios complementares que visam o controle da qualidade em relação ao aperfeiçoamento da água em aspectos estéticos, organolépticos e econômicos, dentre outros, que embora desejáveis, não são essenciais à proteção da saúde pública (cor, sabor, odor, turbidez, dureza, corrosividade, etc.).

RIBEIRO (2001) define *água potável* como aquela que pode ser consumida pelo homem e não ser prejudicial a saúde. Os padrões de potabilidade ou de água potável definem as quantidades que se encontram nos limites determinados através das características físicas, químicas, organolépticas e dos compostos orgânicos e inorgânicos, que podem ser tolerados nas águas de abastecimento.

De maneira geral, nos sistemas aquíferos estudados predominam águas com índices *não aceitáveis* do ponto de vista físico-químico, principalmente quanto aos parâmetros dureza e cloretos. A média geral dos demais parâmetros (Ca^{2+} , $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ e HCO_3^-), no município, estão dentro do índice *aceitáveis*.

Segundo CAVALCANTE (1998), no Estado do Ceará é comum encontrar-se elevadas concentrações (2 a 15 mg/L) do elemento ferro nas águas das aluviões, cujos poços chegam a ceder vazões de até 150 m³/h/poço, explotadas para abastecimento público. Nestes casos, torna-se obrigatório o tratamento preliminar através de filtros de areia, aeração e filtros com carvão ativado, a fim de se obter uma água potável. No caso das 08 águas analisadas dos poços, 37,5% deles possui elevadas concentrações de ferro, ou seja, impróprias para o consumo humano (para consumo humano, os valores de concentração de ferro teriam que ser igual ou menores que 0,3 mg/L).

Sabe-se que a elevada concentração de ferro, mesmo que pontual, pode causar problemas ao consumo humano, quando favorecendo a incidência de problemas cardíacos e diabetes (DIAS, 2004) aponta que estudos recentes sobre o aspecto de intoxicação por ferro (hemocromatose), originada de distúrbios genéticos, é agravada pela ingestão de compostos com elevadas concentrações de ferro, contemplam aspectos sobre águas ferruginosas.

O íon nitrato, que representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica proveniente de resíduos da atividade humana, encontra-se presente acima dos limites permissíveis pela Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde (10 mg/L – N-NO₃) em 32% das amostras analisadas, independente do sistema aquífero. É provável que esses valores estejam associados a fontes pontuais de poluição, de pequena escala, como esgotos e fossas, que ocorrem nas áreas de maiores

concentrações urbanas, como nas sedes do município de Pacajus, até mesmo porque a maior concentração dos poços cadastrados ocorre, justamente, nessa zona urbana.

O nitrato também participa na produção de nitrosaminas no organismo humano, substâncias conhecidas como cancerígenas. HILL *et al*, 1973 (DIAS, 2004) mostram correlações positivas entre a existência de câncer gástrico e elevadas taxas de nitrato nas águas consumidas.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No município de Pacajus foram cadastrados 221 poços, sendo 174 poços tubulares (PT), 46 poços manuais e 01 poço amazonas. Quanto a situação dos poços temos que 21 estão abandonados, 158 em uso, 12 desativados e 11 não instalados, restando 19 poços sem informação. Os poços públicos contam 106 e privados são 115.

Os resultados obtidos a partir das 08 análises físico-químicas das águas dos poços, mostram que no município de Pacajus, a média geral de condutividade elétrica é de 1440,08 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C, variando no intervalo de 90 a 10930,0. O valor médio de STD nas águas subterrâneas da área estudada é de 912,79 mg/L, oscilando entre 58,5 e 7104,5 mg/L (valor máximo tolerável de STD é de 1.000 mg/L). De acordo com a concentração de dureza todas as amostras possuem características próprias para consumo humano. Os altos valores de dureza em 50% das análises (> 500 mg/L de CaCO_3), devem estar sendo influenciados, possivelmente, pelas altas concentrações de cloretos.

De acordo com o diagrama de Piper, as amostras analisadas foram classificadas predominantemente como cloretadas (75%) sódicas (50%).

As águas dos poços possuem elevadas concentrações de nitrato, ou seja, impróprias para o consumo humano, ou seja, com limites permissíveis pela Portaria Nº 518/2004 do Ministério da Saúde (10 mg/L – N- NO_3) em 13% das amostras analisadas. É provável que esses valores estejam associados a fontes pontuais de poluição, de pequena escala, como esgotos e fossas, que ocorrem nas áreas de maiores concentrações urbanas, como nas sedes do município de Pacajus.

Recomenda-se que os poços existentes no município de Pacajus sejam, desde que possível, devidamente recuperados, equipados e monitorados, para tê-los em perfeito estado de funcionamento em caso de necessidade. Além disso, sugerimos um estudo da qualidade das águas dos poços não analisados a fim de direcionar o emprego adequado para cada um deles. Estas recomendações se justificam pela importância crescente que tem os mananciais subterrâneos para a comunidade, devendo os órgãos responsáveis atuar com rigor.

6. BIBLIOGRAFIA

CAVALCANTE, I. N. 1998 - Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. São Paulo-SP. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo/USP. 153p.

COSTA, W. D. - 2000 – Uso e gestão de água subterrânea *In*: FEITOSA, F. A. C. & MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. CPRM - REFO. Fortaleza-CE, cap. 14, 2ª ed. p. 341-365

FEITOSA, F.A.C. & MANOEL FILHO, J. - 2000 – Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. CPRM. 2ª ed., 269p .

HILL, M. J., HAWKSWOTH, G. TATTERSAL, G. – 1973 – Bacteria nitrosamines and cancer of the stomach. *Br. J. Cancer*. n. 28, p. 562-567.

IPECE (Instituto de pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará) – 2008. Disponível em <http://www.ipece.ce.gov.br>. Consultada em 19 de maio de 2008.

LOGAN, J. – 1965 - Interpretação de análises químicas da água. U. S. Agency for International Development. Tradução de Araknéa Martins de Lemos. Recife.

MOBÜS, G. – 2003 – Qualigraf: *softewere* para interpretação de análises físico-químicas, versão Beta. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Fortaleza. Download do programa a partir da página: www.funceme.br.

RIBEIRO, J. A. P. – 2001 – Características Hidrogeológicas e Hidroquímicas da Faixa Costeira Leste da Região Metropolitana de Fortaleza-Ceará. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará; Departamento de Geologia. Fortaleza. 112p.

SANTOS, A. C. – 2000 – Noções de Hidroquímica. *In*: FEITOSA, F. A. C. & MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações. CPRM - REFO. Fortaleza-CE, 2ª ed. cap. 5, p. 81-108,