

# HIDROGEOLOGIA DOS MUNICÍPIOS DE PACAJUS E CHOROZINHO, PORÇÃO SUL DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA, CEARÁ - BRASIL

Francisco Wladiston Cordeiro Dias<sup>1</sup>; Itabaraci Nazareno Cavalcante<sup>2</sup>; José Antonio Beltrão Sabadia<sup>3</sup>; Nirlano de Oliveira Viana<sup>4</sup>; Cícero Roberto Martins Lopes<sup>5</sup>

## RESUMO

O presente trabalho sintetiza os resultados obtidos a partir do estudo hidrogeológico realizado em uma área de 532 km<sup>2</sup> onde estão inseridos os municípios de Pacajus e Chorozinho, porção sul da Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará - Brasil.

O quadro hidrogeológico da área é formado de quatro sistemas aquíferos, sendo eles: Cristalino, Barreiras, Misto e Aluvionar.

O cálculo de reserva reguladora resulta em um volume de 8 milhões de m<sup>3</sup>/ano para o Barreiras e de 17.282 m<sup>3</sup>/ano para o Aluvionar, enquanto que o de reservas permanentes é de 112 milhões de m<sup>3</sup> e 12 milhões de m<sup>3</sup> para os sistemas Barreiras e Aluvionar, respectivamente, com reservas totais de 132 milhões de m<sup>3</sup>.

Do ponto de vista físico-químico o estudo revelou que as águas subterrâneas da área não são de boa qualidade. O Diagrama de Piper revelou predominância de águas cloretadas-mistas (67%) e o diagrama de *Schoeller & Berkalo*f confirmou restrições ao consumo humano, predominando águas com índices *não aceitáveis*, principalmente quanto ao parâmetro dureza (CaCO<sub>3</sub> > 100 mg/L). A maior parte das amostras de águas são do tipo C<sub>4</sub>-S<sub>2</sub>, C<sub>5</sub>-S<sub>2</sub> e C<sub>5</sub>-S<sub>3</sub>, compreendendo águas com uma alta a muito alta salinidade, com grandes restrições quanto ao uso na irrigação.

## ABSTRACT

This work summarizes the results obtained from a groundwater study, performed in an area of 532 km<sup>2</sup> where the municipal districts of Pacajus and Chorozinho are inserted, south of the Metropolitan Area of Fortaleza, State of Ceará.

The hydrological system in this area is formed by four aquifers systems, as follows: Crystalline, Barreiras, Mixed and Aluvionar.

The regulating reservoir reached the volume of 8 million of m<sup>3</sup>/year and 17,282 m<sup>3</sup>/year, while the permanent reserves of 112 million m<sup>3</sup> and 12 million m<sup>3</sup>, in the systems Barreiras and Aluvionar, respectively, with reserves of 132 million m<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> UFC Depto de Geologia - Rua Santo Andre, 278 – Maraponga - (85) 34950562 [wladiston@yahoo.com.br](mailto:wladiston@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> UFC Depto de Geologia - Rua Conselheiro Galvão, 80 - Maraponga - (85) 3495-8663 [ita@fortalnet.com.br](mailto:ita@fortalnet.com.br)

<sup>3</sup> UFC Depto de Geologia - Av. Humberto Monte - Campus Pici BI 912 - (85) 4008-9869 [ita@fortalnet.com.br](mailto:ita@fortalnet.com.br)

<sup>4</sup> Mestrando do Curso de Geologia-UFC. Bolsista do CNPq/CT-Hidro – Brasil. E-mail: [nirlandoviana@yahoo.com.br](mailto:nirlandoviana@yahoo.com.br).

<sup>5</sup> UFC Depto Geologia - Av. Humberto Monte - Campus Pici BI 912 - (85) 4008-9869 [ciceruroberto@zipmail.com.br](mailto:ciceruroberto@zipmail.com.br)

From the physical-chemical point of view, this study has revealed that the groundwater in the area are not high-quality. The Piper Diagram showed prevailing of the chloride mixed water type (67%) and the Schoeller & Berkaloof Diagram has confirmed greatly restriction to human consumption, prevailing waters with unacceptable indexes, mainly considering the hardness parameter ( $\text{CaCO}_3 > 100 \text{ mg/L}$ ). The majority of the water samples is type  $\text{C}_4\text{-S}_2$ ,  $\text{C}_5\text{-S}_2$  and  $\text{C}_5\text{-S}_3$ ; waters of high to very high salinity, with great restrictions on irrigation uses.

**Palavras-chaves:** Pacajus; Chorozinho; água subterrânea.

## 1. INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de Fortaleza - RMF vem apresentando alguns problemas oriundos da expansão populacional, tais como a ocupação desordenada do solo, a crescente favelização, a ausência de saneamento básico, a poluição dos recursos hídricos e uma oferta d'água tratada insuficiente para atender totalmente a demanda solicitada pela população.

Com essa crescente demanda, o uso das águas subterrâneas torna-se significativo, principalmente nos períodos de estiagem, onde os recursos hídricos superficiais tornam-se escassos. Além de que, as unidades litológicas sedimentares da RMF, em função da sua área de localização e extensão, representam um importante sistema de captação que abastece residências e condomínios, além de serem utilizados também em indústrias de pequeno porte e em projetos de irrigação.

Dessa forma, o presente trabalho concentrou-se na busca de elementos que permitissem uma avaliação hidrogeológica de uma área nos municípios de Pacajus e Chorozinho, porção sul da RMF, Estado do Ceará, onde, também, é grande a demanda de água, contrastando com a oferta, principalmente no que tange ao abastecimento público.

## 2. LOCALIZAÇÃO E ACESSO

A área corresponde aos municípios de Pacajus e Chorozinho, situados na Região Metropolitana de Fortaleza, porção nordeste do Estado do Ceará, Nordeste do Brasil, com área de 533 km<sup>2</sup> (Pacajus: 254,43 km<sup>2</sup>; Chorozinho: 278,4 km<sup>2</sup>). Seus limites municipais são: ao norte, Horizonte; a leste, Cascavel; ao sul, Ocara e Aracoiaba; e a oeste, Barreira, Acarape e Guaiuba (Figura 01).

O acesso aos municípios, a partir de Fortaleza, pode ser feito através da BR 116, num percurso de 54 km até Pacajus e mais 20 km até Chorozinho. Demais vilas, lugarejos, sítios e

fazendas estão interligados por estradas asfaltadas e/ou carroçáveis, as quais permitem franco acesso durante todo o ano.

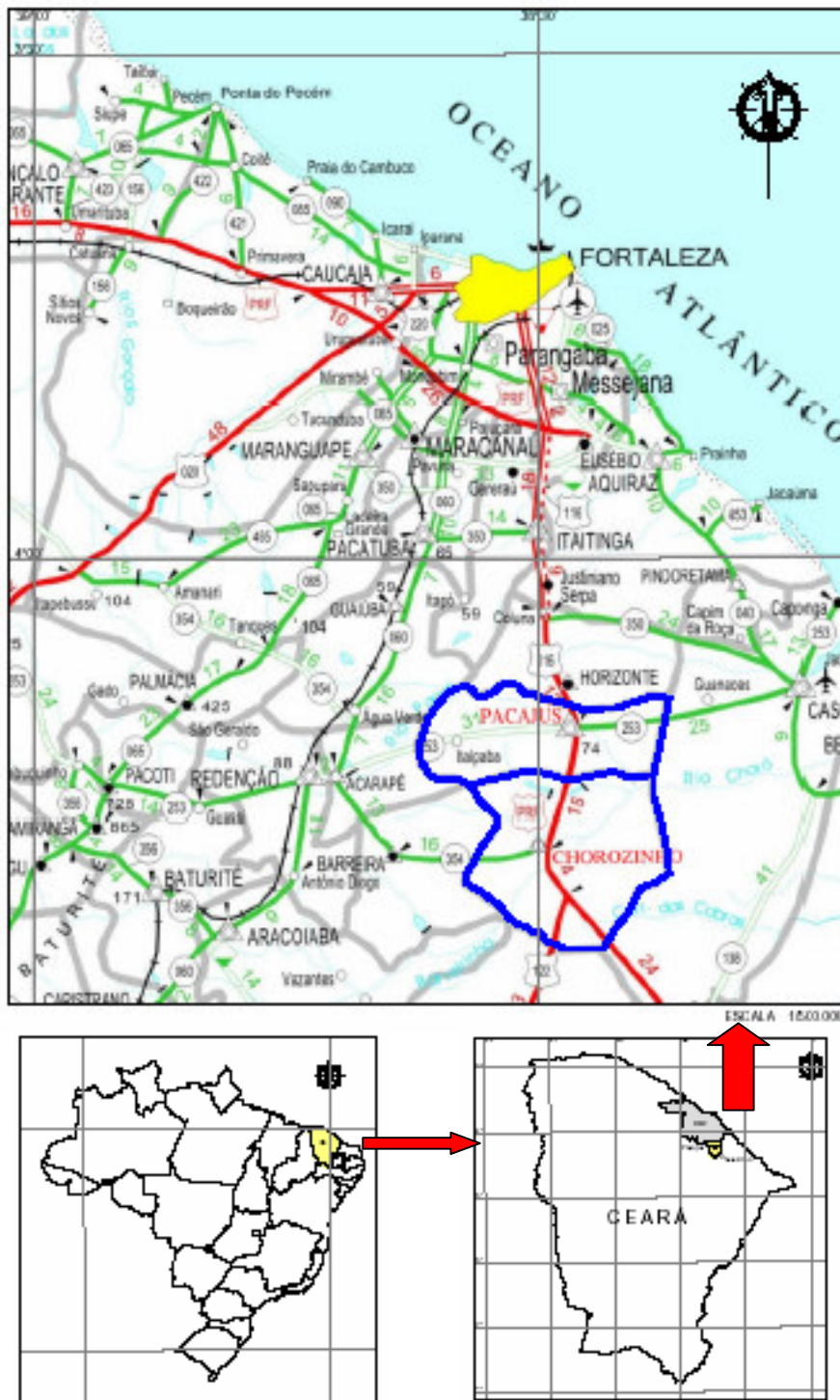


Figura 01 – Localização e acesso da área

### 3. ASPECTOS GEO-AMBIENTAIS

Dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, registrados na estação meteorológica de Fortaleza, referentes a um período entre 1974 e 1998, revelam que a área estudada apresenta um clima com variação de temperaturas, em valores médios entre 26 e 27°C, e precipitações pluviométricas com média de 790 mm anuais, inferior a média no Estado do Ceará, que é em torno de 850 mm.

A paisagem local é predominantemente plana com fraco entalhe da drenagem. De acordo com a classificação geomorfológica de SOUSA (1997) a área apresenta dois domínios morfológicos distintos, sendo eles: Glacis Pré-Litorâneos (Tabuleiros Costeiros) e Depressão Sertaneja (superfície de aplainamento formada sobre rochas do embasamento cristalino).

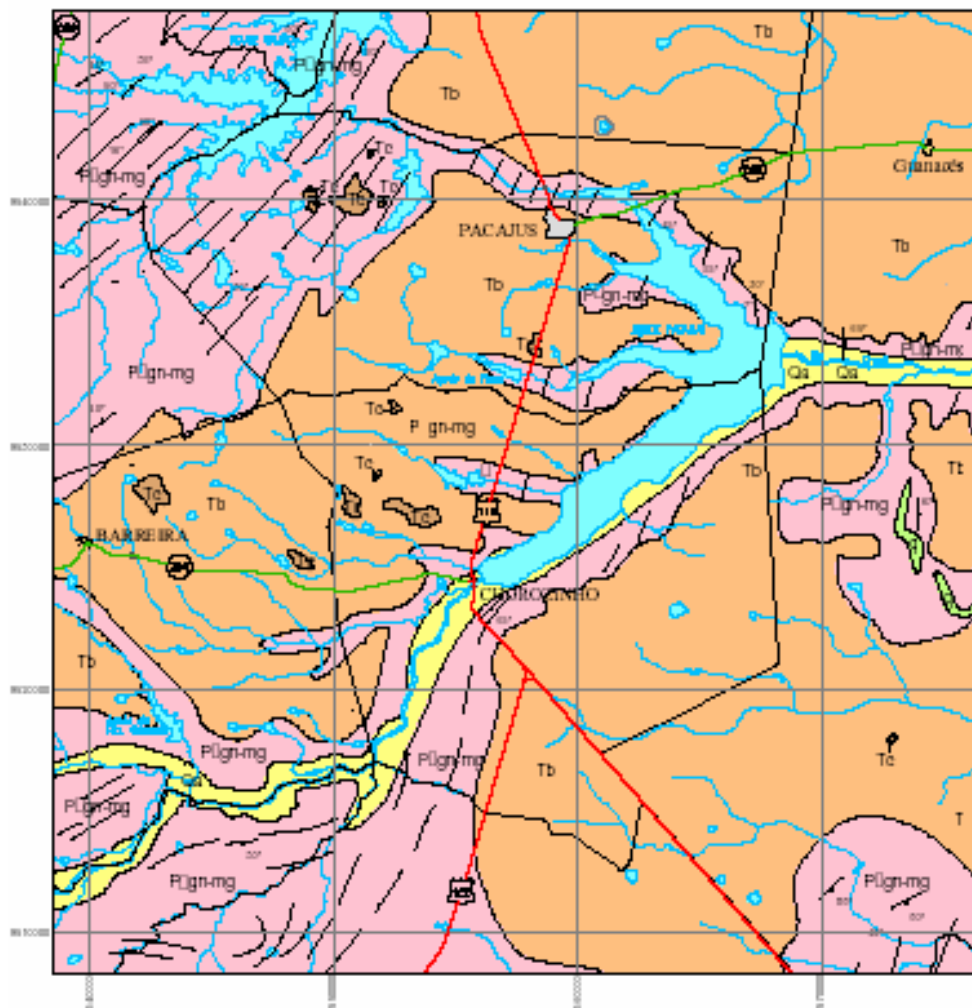
Os tipos de solos existentes na área, intimamente relacionados com a ação do clima sobre as rochas e as feições que compartimentam o relevo, estão enquadrados na Associação de Solos dos Tabuleiros Pré-Litorâneos, que agrupa as areias quartzosas distróficas e os podzólicos vermelho-amarelos distróficos.

As águas superficiais dos municípios de Pacajus e Chorozinho abrangem parte dos principais cursos fluviais que constituem as Bacias Metropolitanas, definidas pela Secretaria de Recursos Hídricos – SRH (CEARÁ, 1992), cujo principal representante é o rio Choró. As Bacias Metropolitanas assumem grande importância hídrica regional, pois permitem a construção de obras de caráter permanente como o reservatório do Sistema Pacoti-Riachão, no rio Pacoti e o Açude Gavião, no rio Cocó (localizado fora dos limites da área pesquisada) que, juntamente com o açude Pacajus, constituem o principal sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de Fortaleza – RMF.

Dentro de um quadro tectono-geológico regional, a área pesquisada encontra-se inserida nos domínios da Província Costeira, cujos elementos litológicos superpõem-se discordantemente aos conjuntos constituintes da Faixa de Dobramentos Jaguaribeana, parte integrante da Província Borborema, definida por ALMEIDA *et al.* (1977).

Do ponto de vista geológico a área está representada por rochas do embasamento cristalino e sedimentos cenozóicos constituídos pela Formação Barreiras, Coberturas Colúvio-Eluviais e os Depósitos Aluvionares (Figura 02).

As rochas do Pré-cambriano são representadas por rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico. Afloram em faixas irregulares, principalmente acompanhando o contorno do curso do rio Choró, alargando-se nas porções NW e SW da área. Litologicamente esse complexo é formado por migmatitos, quartzitos e gnaisses, dos mais variados, seguidas por anfibolitos, mármore, xistos, gonditos e granulitos.



|              |             |                             |                                |
|--------------|-------------|-----------------------------|--------------------------------|
| CENOZÓICO    | QUATERNÁRIO | Qa                          | Depósitos Fluvio-Aluvionares   |
|              | TERCIÁRIO   | Tb                          | Formações Barreiras            |
| Tc           |             | Coberturas Colúvia-Eluviais |                                |
| PROTEROZÓICO | INFERIOR    | Pign-mg                     | Complexo Gnáissico-Migmatítico |

Figura 02 – Esboço geológico da área estudada

A Formação Barreiras (Plioceno) representa a maior unidade aflorante, perfazendo 60% da área. Litologicamente é constituída de arenitos finos a médios, argilosos, com lentes de siltitos e argilitos de tons avermelhados, amarelados e até esverdeados, com intercalações de conglomerados com níveis lateríticos. Individualiza-se como uma região de tabuleiros planos, localmente ondulada

com depressões suaves, truncada normalmente pelos vales dos rios e riachos, repousando sobre o embasamento cristalino em discordância angular erosiva. Boas exposições desta discordância foram observadas na porção norte de Chorozinho (nas imediações da Fazenda Chaves) e nas margens dos rios Choró e Pacoti.

As coberturas colúvio-eluvionares formam tabuleiros dispersos. São areno-argilosas, ocasionalmente mais grossas, inconsolidadas, alaranjadas e/ou avermelhadas, com horizonte lateritizado na base e, muitas vezes, conservando resquícios de estruturas gnáissicas e fragmentos de quartzo.

Os sedimentos flúvio-aluvionares, ocorrentes em menor proporção na área estudada (6,4%), compreendem os depósitos fluviais que preenchem a calha e a planície do rio Choró, principal curso fluvial da área. São litologicamente constituídos por argilas, areias argilosas, areias puras e cascalhos com ou sem matéria orgânica.

#### **4. ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS**

Conforme visto anteriormente, a área é geologicamente constituída tanto por rochas sedimentares cenozóicas com por rochas pré-cambrianas, que constituem o meio fissural. Nesse contexto, que resulta em um potencial de recursos hídricos subterrâneos heterogêneos, foi possível a individualização de quatro sistemas aquíferos, sendo eles: Cristalino, Barreiras, Misto e Aluvionar.

A identificação dos sistemas hidrogeológicos captados pelos poços tubulares teve como base critérios hidrogeológicos obtidos de trabalhos de campo, através da extensão geográfica dos afloramentos, e correlação com os perfis de poços cadastrados.

- Meio Cristalino

Na área estudada, o embasamento ocupa uma área aflorante de 178,2 km<sup>2</sup>, sendo representado pelo Complexo Gnáissico-Migmatítico e, apesar de não ser predominante espacialmente (33,3%), constitui-se como um dos principais sistemas de captação de água subterrânea na área (19%), em função, principalmente, da pequena espessura da Formação Barreiras local. Dos 23 poços identificados nesse sistema, 16 encontram-se no município de Chorozinho

Os poços tubulares deste contexto possuem profundidades variáveis de 40 a 70 metros. O nível estático oscila, predominantemente, entre 5 e 15 metros, com mínimo de 0,6 m, máximo de 21 m e média de 10,1 m. O rebaixamento do nível d'água nos poços do cristalino oscila predominantemente entre 15 e 30 m. As profundidades perfuradas oscilam entre 50 e 70 m. As

vazões predominantes são geralmente maiores que 0,2 e menores ou igual a 2 m<sup>3</sup>/h (48,9%), com máxima de 22,6 m<sup>3</sup>/h e a capacidade específica é normalmente inferior a 1,0 [(m<sup>3</sup>/h)/m].

Poços construídos no cristalino e situados próximos a corpos hídricos, como rios ou açudes, podem apresentar vazões bem acima dos padrões mencionados anteriormente. Na área estudada observou-se que três poços construídos próximos ao açude Pacajus, no município de Chorozinho, apresentaram vazões relativamente altas para o contexto existente (> 5 m<sup>3</sup>/h).

- Sistema Hidrogeológico Barreiras

O Sistema Hidrogeológico Barreiras é constituído por sedimentos clásticos Barreiras e das coberturas Cólúvio-eluvionares. Esses sedimentos correspondem às unidades de maior exposição na área pesquisada, ocupando uma área aflorante de aproximadamente 320 km<sup>2</sup> (60% da área). As duas unidades litoestratigráficas foram consideradas um sistema aquífero único, em função das características litológicas e hidráulicas similares, anulando uma nítida distinção em termos locais.

Dentro do contexto hidrogeológico da RMF, RIBEIRO (2001) encontrou para o aquífero Barreiras, baseado em testes de aquífero e de bombeamento, valores para a condutividade hidráulica (K) de 4,65 x 10<sup>-4</sup> m/s e de 4,78 x 10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s para a e transmissividade (T).

O nível estático é predominantemente inferior a 6 m, com mínimo de 0,2 m, máximo de 18 m e média de 4,2 m. Possui espessura média saturada de 7 m e suas águas são captadas por poços com profundidades predominando entre 8 e 16 m. Os poços desse sistema hidrogeológico apresentam vazões normalmente inferiores a 2,0 m<sup>3</sup>/h com média regional de 2,8 m<sup>3</sup>/h.

Os principais meios de descarga (exutórios) estão relacionados com a evapotranspiração, a rede de drenagem efluente e a drenança para o meio cristalino sotoposto, a partir do sistema de fraturas que permitem a circulação e o armazenamento da água.

- Sistema Hidrogeológico Misto

Por englobar mais de uma formação litoestratigráfica, esse sistema hidrogeológico localiza-se em quase toda área abrangida pelos municípios de Pacajus e Chorozinho, sendo que 50 poços foram identificados como captando água subterrânea desse sistema (38 pertencem a Chorozinho e 12 a Pacajus).

Esses poços depois de atravessarem o Barreiras, penetram o embasamento cristalino por mais de 50 m, caracterizando um sistema misto de captação, uma vez que as entradas d'água ocorrem tanto nos filtros dispostos na seqüência formada por sedimentos arenosos do Barreiras como em fraturas das rochas do Complexo Gnáissico-Migmatítico sotoposto.

De acordo com os poços cadastrados desse sistema, observa-se que as profundidades situam-se entre 34 e 102 metros, com média de 66 metros. O nível estático oscila, predominantemente, entre 5 e 15 metros, com mínimo de 2 m, máximo de 32 m e média de 11,6 m. O rebaixamento do nível d'água nos poços do Sistema Hidrogeológico Misto oscila predominantemente entre 20 e 45 metros, conhecendo-se, entretanto, valores um pouco acima de 60 metros.

As vazões predominantes são geralmente abaixo de 2 m<sup>3</sup>/h, chegando a valores máximos de 12,5 m<sup>3</sup>/h e média de 2,93 m<sup>3</sup>/h. A capacidade específica, semelhante ao que ocorre com os poços construídos do meio cristalino, é normalmente inferior a 1,0 [(m<sup>3</sup>/h)/m].

Era esperada uma melhor condição de aporte hídrico desse sistema hidrogeológico já que, potencialmente, haveria contribuição de duas unidades aquíferas (Barreiras e Cristalino fraturado). No entanto, revelou-se uma baixa vocação hídrica subterrânea por parte desse sistema hidrogeológico, assemelhando-se aos valores de vazão do meio cristalino. Isso ocorre, provavelmente, devido à pequena espessura do Barreiras local (11 m de espessura média e 7 m de espessura saturada média), juntamente com a forte influência de seus níveis argilosos.

A recarga do Sistema Hidrogeológico Misto ocorre por precipitação pluviométrica nas áreas aflorantes dos sedimentos Barreiras. Como principais exutórios funcionam, dentre outros, o escoamento superficial, dissipado pelos processos de evapotranspiração.

- Sistema Hidrogeológico Aluvionar

Esse sistema 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 (Choró, Pacoti e Areré). Formam faixas alongadas de direção NE-SW, localizadas principalmente na porção central da área, onde corta o rio Choró. Ocupa uma área de 34 km<sup>2</sup> (6,5% da cobertura geológica local).

Em função da pouca ocupação urbana nesses terrenos, foram cadastrados apenas 2 poços escavados do tipo amazonas nesse domínio, construídos manualmente e possuem 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.

Com relação a parâmetros hidrodinâmicos desse sistema, BARROS *et al.* (1981) encontraram valores para Transmissividade (T), Permeabilidade (K) e Porosidade efetiva ( $\eta_e$ ) expressos no Quadro 01. Apresentam-se como aquíferos livres, constituindo-se na alternativa mais barata em termos de captação de água subterrânea, principalmente para população ribeirinha.

A recarga provém das águas de chuva e dos rios com caráter influente. Como exutórios cita-se a evapotranspiração e a própria drenagem em épocas de estiagem.



Quadro 01 – Parâmetros hidrodinâmicos do Sistema Hidrogeológico Aluvionar

| T<br>(m <sup>2</sup> /s) | K<br>(m/s)             | ηe                     |
|--------------------------|------------------------|------------------------|
| 3,0 x 10 <sup>-3</sup>   | 6,0 x 10 <sup>-4</sup> | 5,0 x 10 <sup>-2</sup> |

Fonte: BARROS, *et al.* (1981)

## 5. ASPECTOS QUANTITATIVOS DAS ÁGUAS

Os cálculos de reservas renováveis, permanentes e totais foram efetuados somente para os Sistemas Barreiras e Aluvionar por se tratarem dos aquíferos sedimentares, que possuem porosidade e condutividade hidráulica primárias decorrentes da própria diagênese, condicionando o armazenamento e fluxo d'água. Nas rochas cristalinas, o armazenamento e fluxo ocorrem nas fraturas, interconectadas e abertas, caracterizando um meio anisotrópico e heterogêneo, tornando o cálculo de reservas algo extremamente complexo, necessitando de um número significativo de dados não obtidos no cadastro desta pesquisa.

Dessa forma, baseado nos dados apresentados no Quadro 02, as reservas reguladoras são de 8 milhões de m<sup>3</sup>/ano (Barreiras) e 17.282 m<sup>3</sup>/ano (Aluvionar) e as reservas permanentes de 112 milhões de m<sup>3</sup> (Barreiras) e 12 milhões de m<sup>3</sup> (Aluvionar), com reservas totais de 132 milhões de m<sup>3</sup>.

Quadro 02 – Parâmetros de cálculos das reservas hídricas de Pacajus e Chorozinho – Ceará

| Reserva Permanente                   |                       | Reserva Reguladora                  |                       |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| Área do Barreiras                    | 320,4 km <sup>2</sup> | Área do Barreiras                   | 320,4 km <sup>2</sup> |
| Área Aluvionar                       | 34,3 km <sup>2</sup>  | Área Aluvionar                      | 34,3 km <sup>2</sup>  |
| Porosidade efetiva / Barreiras       | 5%                    | Porosidade efetiva / Barreiras      | 5%                    |
| Porosidade efetiva / Aluvionar       | 7%                    | Porosidade efetiva / Aluvionar      | 7%                    |
| Espessura saturada média / Barreiras | 7 m                   | Varição do nível d'água / Barreiras | 0,5 m                 |
| Espessura saturada média / Aluvionar | 5 m                   | Varição do nível d'água / Aluvionar | 0,72 m                |

A potencialidade da área de estudo foi calculada com o limite de 30% da reserva permanente em 50 anos, isto é, 0,6% ao ano, durante 50 anos consecutivos. Assim, a potencialidade dos sistemas hidrogeológicos Barreiras e Aluvionar [P = (Rp x i) + Rr] foram calculadas em 8,7 milhões de m<sup>3</sup>/ano e 89.282 m<sup>3</sup>/ano, respectivamente.

A determinação da disponibilidade efetiva atual deveria, em tese, ser direcionada para o número de poços pertencentes aos sistemas hidrogeológicos Barreiras e Aluvionar, assim como ocorrido na determinação de reservas e potencialidades. Entretanto, não há uma proporcionalidade entre o número de poços que captam água exclusivamente desses sistemas hidrogeológicos e os dados de vazão, ou seja, os poços que foram identificados como pertencentes a um desses sistemas não apresentam informações concretas sobre vazões. Dessa forma, não foi possível se estimar a disponibilidade efetiva atual desses dois sistemas distintamente.

Mesmo não sendo possível a determinação da disponibilidade efetiva atual dentro do conceito clássico, já que as informações sobre vazões existentes pertencem a aquíferos inter-relacionados (mistos) ou ao meio heterogêneo e anisotrópico (cristalino), é fato que as águas subterrâneas captadas pelos poços da área são utilizadas e consumidas pela população local.

Essa concreta utilização das águas subterrâneas pela população de Pacajus e Chorozinho, independentemente do aquífero captado, nos permite propor um conceito de “*disponibilidade efetiva social*” para o volume de água subterrânea bombeado a partir das obras de captação existentes, mesmo através de aquíferos heterogêneos (misto e cristalino), uma vez que esses apresentam dados sobre vazão.

Assim, tomando-se por base a quantidade de poços em funcionamento, em um regime de bombeamento de seis (6) horas diárias, tempo médio utilizado na região, temos que a disponibilidade efetiva social ( $D_{es}$ ) para os 129 poços é de 819.279 m<sup>3</sup>/ano, correspondente a 10,2% da soma das reservas renováveis dos Sistemas Barreiras e Aluvionar, ou somente 0,7% das reservas permanentes.

Transformada em valor diário, a disponibilidade efetiva social é de 2.224,6 m<sup>3</sup>/dia (ou 2.224.600 L/dia) para uma população estimada de 62.777 habitantes nos municípios de Pacajus e Chorozinho, o que corresponde a 35,4 L/hab./dia, valor esse muito abaixo do recomendado em projetos técnicos, onde a taxa de demanda proposta oscila em torno de 200 L/hab/dia. Seriam necessários aproximadamente 750 poços, com essa média de vazão (2,9 m<sup>3</sup>/h) para atender essa demanda, ou seja, mais que triplicar o número de poços existentes na área.

Dessa forma, mesmo essa *disponibilidade social efetiva* correspondendo a apenas 10,21% da reservas reguladoras dos sistemas hidrogeológicos Barreiras e Aluvionar juntos, ainda não seria suficiente para abastecer a população dos municípios de Pacajus e Chorozinho, em termos de água subterrânea, o que não implica em dizer que a mesma não possa ser utilizada como fonte de abastecimento alternativo, ou em casos específicos como fonte principal, principalmente em épocas de escassez hídrica superficial.

No entanto, considerando os mesmos números de poços e média de vazão, a disponibilidade efetiva social seria suficiente para abastecer uma população de 11.000 habitantes com uma demanda

de 200 L/hab/dia, população essa bem superior ao número de habitantes residentes na maioria dos distritos dos municípios de Pacajus e Chorozinho.

Vale ressaltar que os dados apresentados tratam, evidentemente, de parte dos poços cadastrados nessa pesquisa, sem uma correlação direta entre os aquíferos captados por eles. Uma avaliação mais precisa torna-se difícil, pois tanto as condições de captação como o regime de bombeamento evolui constantemente.

## 6. CLASSIFICAÇÃO E QUALIDADE DAS ÁGUAS

Neste item serão tratados os aspectos pertinentes a hidroquímica, buscando se estabelecer uma classificação iônica das águas subterrâneas e a análise relativa a potabilidade e usos diversos.

### 6.1. Composição Físico-Química

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

Na área estudada, os valores de Sólidos Totais Dissolvidos - STD apresentam uma média de 1.731,46 mg/L, oscilando entre 58,5 e 15.000,0 mg/L. Segundo a Portaria 036/90 do Ministério da Saúde (19/01/90) o valor máximo tolerável de STD é de 1.000 mg/L, ou seja, a média da área encontra-se acima do aceitável.

Quanto à condutividade elétrica, a média geral indica um valor de 3.010  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 25°C, variando no intervalo de 90 a 18.700; sendo que 56% das amostras encontram-se acima de 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; 33% abaixo de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e apenas 11% entre 500 e 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , conforme mostra a Figura 03.

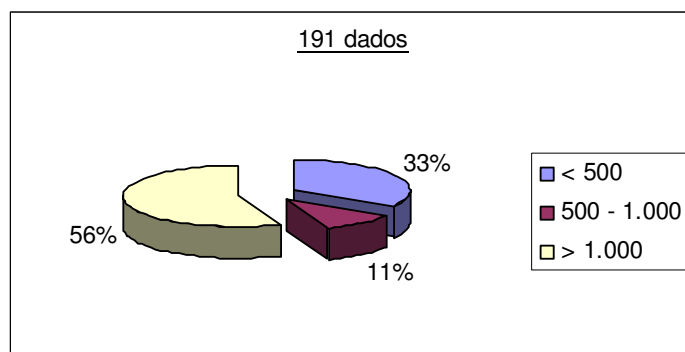


Figura 03 – Distribuição percentual dos valores de condutividade elétrica na área estudada.

A classificação das águas subterrâneas da área, com relação a sua dureza (teor de CaCO<sub>3</sub> em mg/L), a partir de um universo de 55 amostras, revela que praticamente todas as amostras (98%) possuem águas caracterizadas como “muito duras”. Em apenas uma amostra (2%) a água pode ser classificada como do tipo “branda”. Esses altos valores de dureza, acima dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde – OMS (até 500 mg/L de CaCO<sub>3</sub>), devem estar sendo influenciados, possivelmente, pelas altas concentrações de cloretos.

Dentro do universo de 56 medidas de pH, os valores oscilaram entre 3,5 a 8,31, onde 11 amostras (20%) apresentam um caráter ácido, 44 (78%) um caráter básico e a única restante (3%) refletem o caráter absolutamente neutro. O valor médio do pH é de 7,7 revelando um caráter levemente básico das águas subterrâneas da área.

## 6.2. Classificação Iônica

Para classificar o tipo químico das águas subterrâneas de acordo com os íons predominantes foi utilizado o Diagrama de Piper. A representação das fácies químicas dos sistemas hidrogeológicos consta na figura 04.

De acordo com os íons presentes em 56 amostras de águas subterrâneas, identificou-se uma predominância da classe cloretada (Quadro 03). Dessas águas cloretadas, a maior parte é mista (67%), seguidas das cloretadas sódicas (20%), magnesianas (9%) e cálcicas com apenas 2%. Foram consideradas águas mistas aquelas situadas na parte central dos diagramas triangulares, sem uma predominância significativa entre ânions. A única amostra classificada como água mista (2%) está relacionada com o sódio (mista sódica).

Quadro 03 – Classificação iônica das águas subterrâneas da área

| Classe          |    | Nº de Amostras | Frequência Relativa (%) |
|-----------------|----|----------------|-------------------------|
| Água Cloretadas |    | 55             | 98                      |
| Sódica          | 11 |                | 20                      |
| Cálcica         | 1  |                | 2                       |
| Magnesiana      | 5  |                | 9                       |
| Mista           | 38 |                | 67                      |
| Água Mista      |    | 1              | 2                       |
| Sódica          | 1  |                | 2                       |
| <b>Total</b>    |    | <b>56</b>      | <b>100</b>              |

A predominância para as águas dessa região, em função da relação iônica entre ânions e cátions é de Cl<sup>-</sup> > HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> > SO<sub>4</sub><sup>-</sup> e Na<sup>+</sup> > Mg<sup>++</sup> > Ca<sup>++</sup>. Essa relação catiônica é muito comum nas

águas subterrâneas no âmbito da RMF, como pode ser verificado em RIBEIRO (2001) e CAVALCANTE (1998), reflexo da proximidade da costa Atlântica.

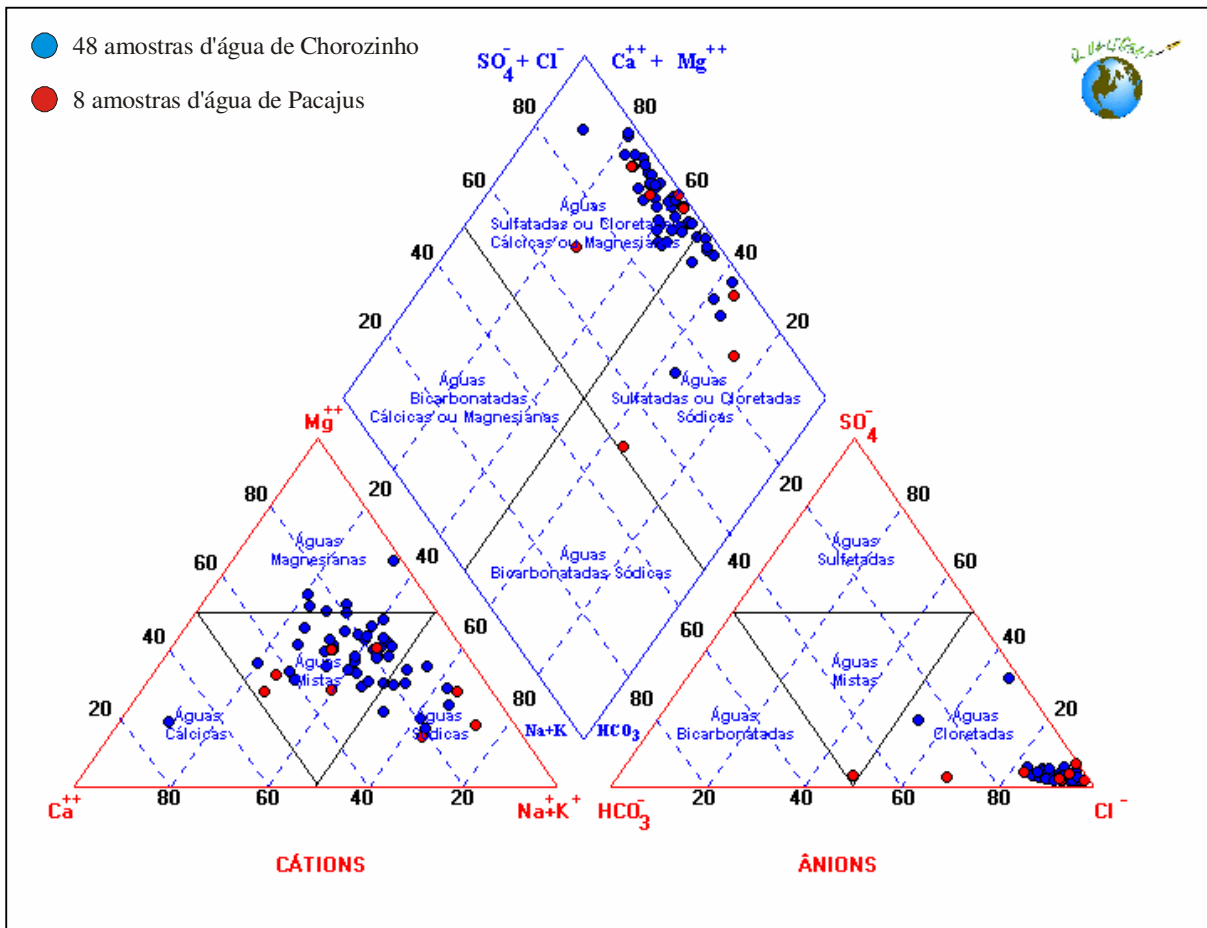


Figura 04 – Diagrama de Piper para as águas subterrâneas de Pacajus e Chorozinho - Ceará.

### 6.3. Potabilidade das Águas Subterrâneas

Os termos de potabilidade das águas subterrâneas, dentro de seus aspectos físico-químicos, podem ser dados através do diagrama logarítmico de *Schoeller & Berkaloff* (Figura 05), onde as mesmas são classificadas em boa, medíocre, má, momentânea e não potáveis, em função dos elementos Ca, Mg, (Na + K), Cl,  $SO_4$ , ( $CO_3 + HCO_3$ ) e  $NO_3$ , com esses íons expressos em mg/L, e, ainda, a Dureza ( $^{\circ}F$ ).

De maneira geral, nos sistemas aquíferos estudados predominam águas com índices *não aceitáveis* do ponto de vista físico-químico, tanto no município de Pacajus quanto de Chorozinho, principalmente quanto aos parâmetros dureza e cloretos, normalmente entre as zonas de “momentânea” a “não potabilidade” do gráfico. A média geral dos demais parâmetros ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+ + K^+$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ), em ambos os municípios, variaram entre “Passável” a “Má”,

desqualificando as águas subterrâneas locais quanto a potabilidade físico-química. Porém, as águas subterrâneas são utilizadas após passarem por um processo de dessalinização por osmose reversa, beneficiando diversas comunidades.

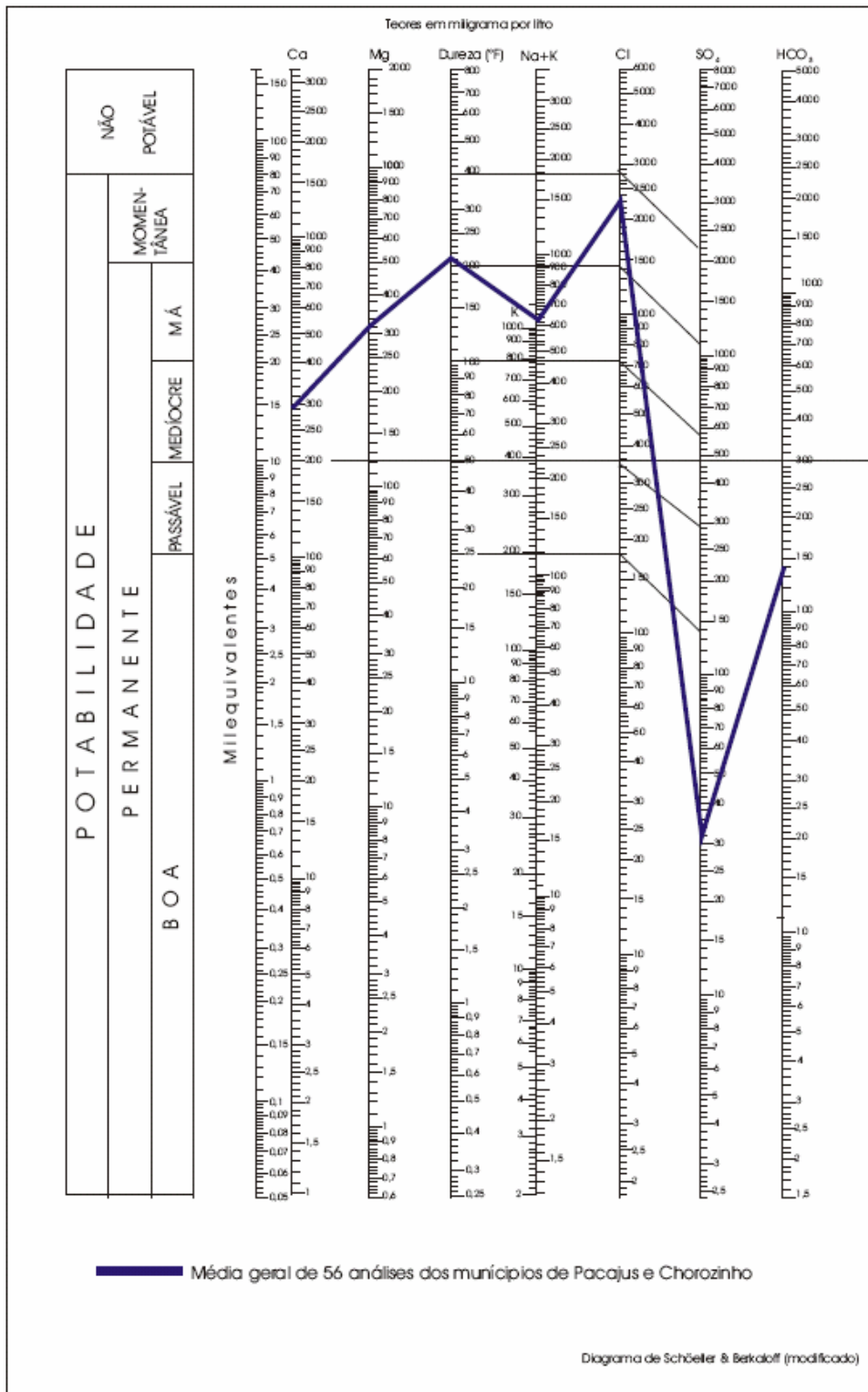


Figura 05 – Diagrama de *Schoeller & Berkloff* para potabilidade das águas subterrâneas, média geral de Pacajus e Chorozinho - Ceará.

Além dos elementos analisados pelo gráfico de *Schoeller & Berkaloff*, as 56 análises ainda revelam que, para o íon ferro, 86% delas encontram-se dentro dos padrões de potabilidade da OMS (< 0,3 mg/L). A tendência à baixa concentração do íon ferro nas águas subterrâneas locais (14% das amostras) reflete a pouca influência da Formação Barreiras na mineralização de suas composições físico-químicas.

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 OMS (10 mg/L – N-NO<sub>3</sub>) 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 dos municípios de Pacajus e Chorozinho, até mesmo porque a maior concentração dos poços cadastrados ocorre, justamente, nessa zona urbana.

#### 6.4. Água Subterrânea para Irrigação

A análise da Razão de Adsorção de Sódio (SAR) e o perigo de salinidade constituem elementos básicos e simples para se obter indicações da possibilidade de uso da água para a irrigação. O SAR indica a porcentagem de sódio contido na água que pode ser adsorvido pelo solo, sendo calculado pela seguinte equação:

$$SAR = \frac{rNa}{\sqrt{\frac{rCa + rMg}{2}}} \quad \text{onde } r = \text{meq/L}$$

A classificação das águas subterrâneas para irrigação utiliza o gráfico proposto pelo *United States Salinity Laboratory* (Figura 06). De acordo com a classificação do diagrama proposto, elas estão inseridas preponderantemente nas classes S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub>, o que denota um médio a muito alto risco de sódio, e nas classes C<sub>4</sub>, e C<sub>5</sub> denotando de muito alto a excepcionalmente alto risco de salinidade (predominam as classes C<sub>4</sub>-S<sub>2</sub>, C<sub>5</sub>-S<sub>2</sub> e C<sub>5</sub>-S<sub>3</sub>). Apenas uma amostra se apresentou na classe C<sub>2</sub>-S<sub>1</sub> (médio risco de salinidade e baixo risco de sódio).

De modo geral, quanto ao uso na irrigação, as águas subterrâneas apresentam grandes restrições. São medianamente a extremamente sódicas, exigem tratamento especial do solo (boa drenagem, lixiviação e presença de matéria orgânica), sendo até mesmo, em alguns casos (C<sub>5</sub>-S<sub>4</sub>) imprestáveis para irrigação. Pelo risco de salinidade apresentado, apenas os vegetais de altíssima tolerância salina podem ser cultivados com essas águas.

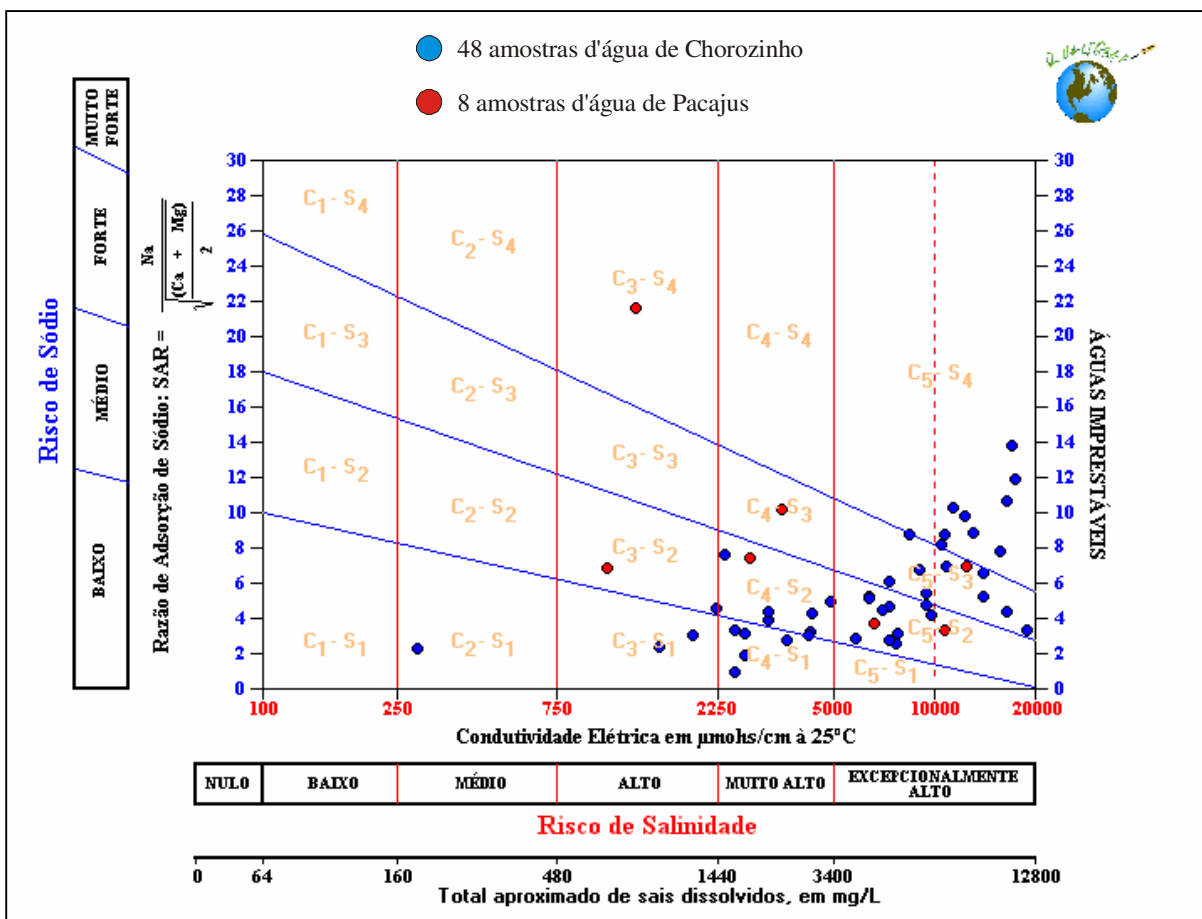


Figura 06 – Classificação das águas subterrâneas para irrigação - Pacajus e Chorozinho - Ceará

## 7. CONCLUSÕES

As seguintes conclusões podem ser esboçadas:

- Os municípios de Pacajus e Chorozinho apresentam quatro sistemas hidrogeológicos distintos: Cristalino, Barreiras, Misto e Aluvionar, sendo o Barreiras correspondente ao de maior exposição na área pesquisada (60% da área), Entretanto, a maior parte dos poços tubulares profundos (62%) captam água do Sistema Hidrogeológico Misto;
- As reservas reguladoras dos Sistemas Hidrogeológicos Barreiras e Aluvionar foram estimadas em 8 milhões de m<sup>3</sup>/ano e 17.282 m<sup>3</sup>/ano, respectivamente, e as reservas permanentes em 112 milhões de m<sup>3</sup> (Barreiras) e 12 milhões de m<sup>3</sup> (Aluvionar), enquanto que as reservas totais desses dois sistemas somaram 132 milhões de m<sup>3</sup>;



- A disponibilidade efetiva social, dos poços em funcionamento, foi calculada em 819.279 m<sup>3</sup>/ano, correspondendo a 10,21% da soma das reservas renováveis dos Sistemas Barreiras e Aluvionar ou somente 0,66% das reservas permanentes. Tendo como referência à população dos municípios de Pacajus e Chorozinho, essa disponibilidade efetiva social corresponde a 35,4 L/hab./dia. Essa disponibilidade é suficiente para abastecer 11.000 habitantes, superior a maioria da população dos distritos pertencentes a Chorozinho e Pacajus.
- A qualidade físico-química das águas subterrâneas não é boa, apresentando problemas em nível local. Existe a predominância de águas cloretadas-mistas (67%), seguidas das cloretadas-sódicas (20%) e cloretadas-magnesianas (9%). Apresentam restrições ao consumo humano, do ponto de vista físico-químico, predominando águas com índices não aceitáveis, principalmente quanto aos parâmetros cloretos e dureza.
- Para uso das águas subterrâneas da área na agricultura, os resultados analíticos indicam a predominância das classes C<sub>4</sub>-S<sub>2</sub>, C<sub>5</sub>-S<sub>2</sub> e C<sub>5</sub>-S<sub>3</sub>, implicando em grandes restrições das águas subterrâneas locais para irrigação. Pelo risco de salinidade apresentado, apenas os vegetais de altíssima tolerância salina podem ser cultivados com essas águas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. F. M. de; HASSUI, Y.; BRITO NEVES, B. B. de; FUCK, R. 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: SBG/Núcleo Nordeste, Simpósio de Geologia do Nordeste, 7, Campina Grande, Atas, 363-391.
- BARROS, M. J. G.; RIBEIRO, A. G.; LIMA, E. A. de; FONSECA, R. A. da. – 1981 – Potencial dos Recursos Hídricos. IN: BRASIL. Ministério das Minas e Energia - Projeto RADAMBRASIL - 1981 - Levantamento de recursos naturais. Folha Jaguaribe. SB. 24/25 Jaguaribe/Natal; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro.
- CAVALCANTE, I. N. 1998 - Fundamentos Hidrogeológicos para a Gestão Integrada de Recursos Hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará. São Paulo-SP. 153p. Tese (Doutorado em Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo/USP.

CEARÁ - 1992 - Secretaria de Recursos Hídricos, Plano Estadual de Recursos Hídricos – Fortaleza  
– Estudo de Base II – v.3.

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, cap. 5, p. 81-108, 2ª ed.

SOUZA, M. J. N. de. - 1997 - Geomorfologia. In: CEARÁ. Secretaria de Planejamento e Coordenação. Atlas do Ceará. Fortaleza - CE. SEPLAN-IPLANCE. p. 14-15.