



## **Estudo da Variação da Salinidade de Águas Subterrâneas do Poço Amazonas (Canindé – Ceará) em função da pluviosidade**

Paulo José Sousa Maia<sup>1,\*</sup>, Mayane Pereira de Souza<sup>2</sup>, Orlando Amazonas da Rocha Loureiro Paes<sup>2</sup>, Flávio Augusto Freitas<sup>3</sup>

*Submetido 10/05/2017 – Aceito 21/07/2017 – Publicado on-line 30/07/2017*

### **Resumo**

A escassez de água no semiárido nordestino gera uma grande necessidade da utilização das poucas águas subterrâneas encontradas. O uso delas varia entre consumo humano, dessedentação de animais e irrigação. Este estudo teve como objetivo avaliar a salinidade das águas do Poço Amazonas, localizado na cidade de Canindé – Ceará, através de medidas de pH, condutividade elétrica (CE), alcalinidade ( $\text{HCO}_3^-$ ), sólidos totais (ST) e cloretos em relação à pluviosidade nesta região, uma vez que o carreamento das águas das chuvas que dissolvem os minerais das rochas intemperizadas, aumentam a concentração de sólidos totais e cloretos. As coletas foram feitas mensalmente durante todo o ano de 2008: período chuvoso (janeiro a maio) e período seco (julho a dezembro). Os parâmetros físico-químicos foram realizados e mostraram pouca variação nas medidas de pH (entre 6,8 e 8,7), além de uma alta correlação entre a pluviosidade e as medidas de condutividade elétrica e também com medidas de sólidos totais. A média das concentrações de ST foram de 1103,8 e 2301,0  $\text{mgL}^{-1}$  de resíduos totais nas águas do período de menor e maior pluviosidade, respectivamente. Os valores de CE para baixa e alta pluviosidade foram de 1471,1 e 2856,8  $\mu\Omega \text{ cm}^{-1}$ , respectivamente. Os teores de bicarbonato encontrados mostram uma grande variação, estando eles entre 72,9 e 654,3  $\text{mgL}^{-1}$ . Os teores de cloreto apresentaram uma grande variação entre 11,4 e 1613,4  $\text{mgL}^{-1}$  de Cl<sup>-</sup>, mostrando uma forte dependência das águas meteóricas. Segundo o CPRM, a classificação das águas deste poço varia entre salobra e salgada e, pela Resolução CONAMA n° 396/2008, a água analisada seria imprópria para consumo humano e irrigação na maior parte do ano, com exceção do mês de setembro.

**Palavras-Chave:** Recursos naturais, Qualidade da água e Parâmetros físico-químicos

### **Salinity variation study on Amazon well (Canindé - Ceará) groundwaters as a rainfall function.**

The scarcity of water in the Brazilian Northeast generates a great need for the use of the few groundwater found. Their use varies between human consumption, animal dander and irrigation. The objective of this study was to evaluate the salinity of the Amazonas Well, located in the city of Canindé – Ceará, through measurements of pH, electrical conductivity (EC), alkalinity ( $\text{HCO}_3^-$ ), total solids (TS) and chlorides. The samplings were made monthly throughout the year of 2008: rainy season (January to May) and dry period (July to December). The physical-chemical parameters were observed and showed a low variation in pH measurements (between 6.8 and 8.7), in addition, presented a high correlation between rainfall and electrical conductivity measurements and also with total solid measurements. The mean concentrations of TS were 1103.8 and 2301.0  $\text{mg L}^{-1}$  of total residues in the waters of the period of lowest and highest rainfall, respectively. The EC values for low and high rainfall were 1471.1 and 2856.8  $\mu\Omega\text{cm}^{-1}$ , respectively. The bicarbonate contents showed a great variation, being between 72.9 and 654.3  $\text{mg L}^{-1}$ . The chloride contents presented the greatest variation (between 11.4 and 1613.4  $\text{mg L}^{-1}$  of Cl<sup>-</sup>), showing a strong dependence on the meteoric waters. According to the CPRM, the water classification of this well varies between brackish and saline and, according to CONAMA Resolution n° 396/2008, the analyzed water would be unfit for human consumption and irrigation for most of the year, with the exception of September.

**Key-words:** Natural resources, Water quality and Physico-chemical parameters

<sup>1</sup> Professor do Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia em Itacoatiara - ICET, Universidade Federal de Manaus, Rua Nossa Senhora do Rosário 3863, Tiradentes, Itacoatiara, AM 69103-128, Brasil. E-mail: pmlddb@gmail.com

<sup>2</sup> Pesquisador (a) no Centro de Biotecnologia da Amazônia, Av. Gov. Danilo de Matos Aersa, 690 – Distrito Industrial, Manaus – AM, 69075-351, Brasil. E-mail: mayanesouza23@gmail.com

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Química, Universidade Federal do Amazonas, Av. General Rodrigo Octavio Jordão Ramos, 1200 – Coroado I, Manaus - AM, 69067-005, Brasil. E-mail: freitas.flavio@yahoo.com.br



## 1. Introdução

Águas subterrâneas são intensamente exploradas no Brasil. A água de poços e fontes tem sido utilizada para diversos fins, tais como o abastecimento humano, irrigação, indústria e lazer (VON SPERLING, 2007; VASCONCELOS et al., 2014).

A crescente oferta de energia elétrica e a poluição das fontes hídricas de superfície foram fatores desencadeadores do aumento do uso das águas subterrâneas (VASCONCELOS et al., 2014). Além disso, as condições climáticas e geológicas do país permitiram a formação de aquíferos, alguns deles de extensão regional com potencial para suprir água em quantidade e qualidade necessárias às mais diversas atividades (DOBEREINER e VAZ, 1998).

Diante desse cenário, águas subterrâneas têm apresentado grande importância como fonte de abastecimento, devido a fatores que restringem a utilização das águas superficiais, como por exemplo, o crescente aumento dos custos da sua captação, adução e tratamento, tornando assim as águas subterrâneas uma alternativa viável (ANA, 2005).

Devido ao grande alcance social de águas subterrâneas, os poços quando bem construídos e protegidos, garantem a saúde da população. Porém, o aumento do uso, em grande parte, não foi conduzido através de planejamentos calcados no conhecimento, sendo o resultado de consecutivos programas emergenciais de combate aos efeitos da seca e de esforços isolados de companhias de saneamento (COSTA, 2008, VASCONCELOS et al., 2014, ANA, 2005).

No Ceará, apesar da predominância de embasamento cristalino, que sugere baixa disponibilidade de águas de substrato, a exploração deste recurso vem aumentando continuamente em razão de pressões de demanda. Além disto, períodos de estiagem prolongada impõem a necessidade de fontes suplementares de água.

Dentre as diversas práticas tradicionais de armazenamento de água – cacimbas, barreiros, olhos d'água, etc. – o poço amazonas consiste no aprimoramento dessas práticas, potencializando a capacidade de armazenamento de cada fonte de água. Esses poços são feitos usando diversos materiais, tais como, tijolos, terra batida, cimentos. A construção usando anéis de cimentos

tem sido utilizado desde os anos 80 no semi-árido nordestino (COSTA, 2012).

No Brasil, a utilização das águas subterrâneas também tem crescido de forma acelerada. A comprovar esse fato tem-se um crescimento contínuo do número de empresas privadas e órgãos públicos com atuação na pesquisa e captação dos recursos hídricos subterrâneos (CPRM, 2002). Em algumas zonas, as águas subterrâneas são intensamente aproveitadas e constituem o recurso mais importante de água doce mesmo em casos de elevado teor salino, como nas áreas de ocorrência dos aquíferos fissurados do semiárido nordestino, constituem, não raro, a única fonte de suprimento de água permanente (TODD e MAYS, 2005).

A falta de instrumentos legais, de normas técnicas de proteção e de uma estrutura técnico-administrativa que garanta a eficácia na exploração e controle desse recurso tem colocado em risco os principais aquíferos, pois não há limitações para uso (ARAÚJO e SANTAELLA 2001). No Brasil, os estudos das águas subterrâneas sempre estiveram mais vinculados à investigação geológica que à hidrológica (PORTO, 2004; VASCONCELOS et al., 2014). A hidrogeologia tem sido tratada mais como uma ciência da terra do que da água. Isso provavelmente se deve a uma política de utilização das águas voltada quase que exclusivamente para os recursos de superfície e a uma organização gerencial que separa as águas superficiais das águas subterrâneas (VASCONCELOS, 2017).

Estimava-se, no final do ano de 2003, que havia cerca de 23.000 poços perfurados no Ceará, estando alguns em funcionamento desde 1903. Cerca de 63% destes estavam no embasamento cristalino, 29% em litologia sedimentar e o restante em aluviões e formações cársticas. Pelo menos 95% dos poços são do tipo tubular e o grau de mecanização atinge 55%. Os poços localizados no cristalino cearense possuem vazão específica em torno de 13% do valor observado em poços localizados em bacias sedimentares. Os poços deste tipo litológico são 35% mais profundos que os de embasamento cristalino.

Desta forma, este trabalho consiste na investigação da salinidade das águas subterrâneas do Poço Amazonas (Canindé – CE) em função da pluviosidade como contribuição para estudos futuros de outras fontes de águas subterrâneas.

Serão investigados parâmetros como a presença de ácido carbônico, formado pelo gás carbônico dissolvido nas águas e ácidos orgânicos produzidos pela atividade dos seres vivos ao nível do solo (TODD e MAYS, 2005) bem como conjunto de sais em solução (VASCONCELOS, 2017; VON SPERLING, 2005). Além de aspectos químicos, propriedades físicas como amplitude térmica, cor, pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, alcalinidade (STD) (TODD e MAYS, 2005; APHA, 2005; HERMES, et. al. 2004) também serão determinados com o intuito de avaliar estes aquíferos em relação aos parâmetros de potabilidade segundo o CONAMA nº 396/2008 (Brasil, 2008).

## 2. Material e Métodos

As coletas foram realizadas nos meses de janeiro – dezembro de 2008: período chuvoso (janeiro a maio) e período seco (julho a dezembro). Elas foram realizadas de acordo com a metodologia APHA (2005). Para a obtenção e o armazenamento das amostras de água foram utilizados frascos de polietileno (2L), previamente lavados com água deionizada e água do local. A amostragem compreendeu a coleta de água bruta a aproximadamente 10 cm de profundidade, com o frasco inclinado, completando-o por inteiro, deixando apenas um pequeno espaço vazio para a homogeneização da amostra. Terminada a coleta, as amostras foram identificadas e mantidas em caixa de isopor. Em seguida, foi efetuado o transporte até o local de análise, onde foram armazenadas a 4 °C até o momento de execução das medidas dos parâmetros.

### Área de estudo

O município de Canindé localiza-se na região do Sertão Central e Inhamuns do Estado do Ceará, pertence à microrregião de Canindé. Corresponde a uma área de 3.218 km<sup>2</sup> segundo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007), e com as seguintes coordenadas geográficas: 4° 04'2" S de latitude e 3091'9" W de longitude (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME).

A região onde está localizada a cidade de Canindé é considerada como de clima quente e seco, tendo a temperatura máxima média de 32 °C e, mínima média de 24°C, segundo a FUNCEME. Nos últimos 30 anos a precipitação pluviométrica média foi em torno de 750 mm, sendo o regime

hidrológico caracterizado por um balanço hídrico negativo.

A área em estudo limita-se ao Poço Amazonas situado no município de Canindé–Ceará. Esses poços são cavados para obtenção de água, muito utilizado no semiárido da região nordestina (CHACON, 2007; VASCONCELOS et al., 2014). O Poço Amazonas geralmente acompanha uma barragem subterrânea, servindo também para a limpeza da água subterrânea acumulada.

O Poço Amazonas em questão tem uma profundidade de 2,50 m abaixo do nível dinâmico do lençol freático e 32,00 m de profundidade total (COGERH, 2008) e encontra-se sobre embasamento cristalino (SILVA et al., 2007).

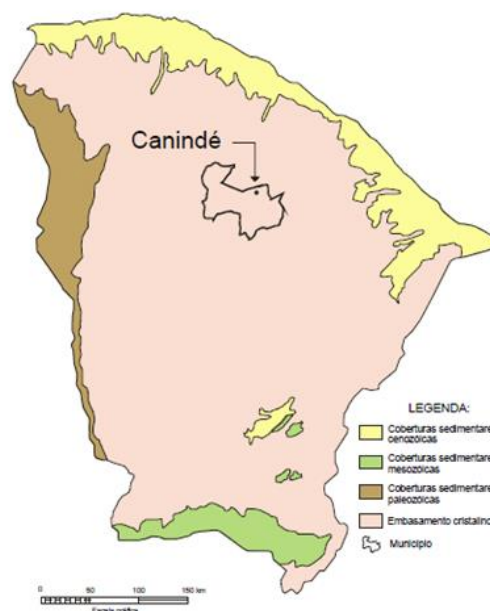


Figura 1. Mapa do Ceará com destaque para o município de Canindé (adaptado de CEARÁ IPLACE, 1997).

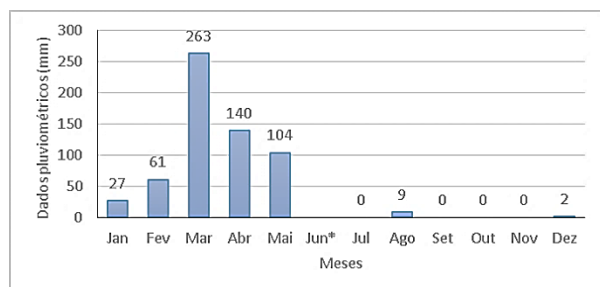
A Salinidade é a medida da concentração total de íons dissolvidos na água. Os principais presentes nas águas naturais são o sódio (Na<sup>+</sup>), o cloreto (Cl<sup>-</sup>), o potássio (K<sup>+</sup>), o cálcio (Ca<sup>2+</sup>), magnésio (Mg<sup>2+</sup>), sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) e o bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). A fim de analisar a salinidade, em cada amostra foram determinados os parâmetros: pH, condutividade (µScm<sup>-1</sup>) à 25 °C, sólidos totais à 103°C (mgL<sup>-1</sup>), alcalinidade por bicarbonato (mgL<sup>-1</sup>) e cloretos (mgL<sup>-1</sup>).

Para a determinação do pH, foi utilizado o pHMETRO Gehaka Digital PG 2000, usando soluções tampão de pH igual a 4,00 ± 0,02 e 7,00 ± 0,02 da Vetec Química Ltda. Para a realização

da condutividade, utilizou-se o condutivímetro ALFAKIT AT 230. A solução padrão de condutividade elétrica para a calibração do instrumento foi preparada de acordo com a Norma da ABNT NBR 14340:1999 (Determinação da condutividade e da resistividade elétrica), utilizando KCl anidro da Vetec, seco em estufa a 105 °C por duas horas. O resíduo total foi obtido segundo a Norma da ABNT 10214:1988 (Águas minerais e de mesa - Determinação do resíduo de evaporação, seco a 180 °C), a partir do resultado da condutividade elétrica. A determinação da alcalinidade ( $\text{HCO}_3^-$ ) foi baseada nas Normas da ABNT NBR 5762:1977 e NBR 10230:1988 (Águas minerais e de mesa - Determinação de alcalinidade em água por titulação direta). Por último, a determinação da concentração de cloretos, seguiu o método titulométrico de Morh.

### 3. Resultados e Discussão

Os índices pluviométricos foram obtidos pela FUNCEME compreendendo os meses de janeiro a maio e, julho a dezembro de 2008.



\* Não houve leitura da FUNCEME nesse mês

Figura 2. Dados pluviométricos correspondentes aos meses de janeiro-dezembro da cidade de Canindé de 2008, FUNCEME 2008.

Numa área semiárida, como no caso do Município de Canindé, a água subterrânea pode apresentar maior ou menor concentração de sais a partir da evaporação da água da chuva. Inicialmente, quando a chuva quando cai na terra, dissolve alguns dos elementos comuns e, antes de percolar para baixo, evapora-se deixando assim os sais dissolvidos na superfície ou no solo perto da superfície. As chuvas seguintes adicionam mais sais. Finalmente, por ocasião das chuvas mais intensas os sais mais solúveis são carreados para as partes mais profundas do aquífero ocasionando o aumento da salinidade.

As características químicas das águas subterrâneas refletem os meios por onde percolam, guardando uma estreita relação com os tipos de rochas drenados e com os produtos das atividades humanas adquiridas ao longo de seu trajeto.

Esta relação é em particular marcante onde predominam os aquíferos do tipo fissural, passíveis de serem facilmente influenciados pelas atividades humanas. Nas proximidades dos grandes centros urbanos temos problemas associados às seguintes descargas de poluentes: efluentes líquidos industriais e domésticos, vazamentos de depósitos de combustíveis, chorumes provenientes de depósitos de lixo doméstico, descargas gasosas e de material particulado lançado na atmosfera pelas indústrias e veículos. Nas áreas onde se desenvolve algum tipo de agricultura, a química da água pode estar fortemente influenciada pelos produtos químicos utilizados: inseticidas, herbicidas, adubos químicos, calcário, entre outros (XAVIER e BEZERRA, 2005).

As águas subterrâneas possuem, em geral, teores mais elevados de sólidos dissolvidos do que as águas superficiais, por estarem intimamente expostas aos materiais solúveis presentes no solo e nas rochas. O teor de sais em águas subterrâneas depende de sua origem, do curso sobre o qual ela flui e da composição e facilidade de dissolução do substrato em que se encontra em contato (YARON, 1973), ou seja, da geologia da região (SHALHEVET e KAMBUROV, 1976). A quantidade e tipo de sais presentes na água subterrânea dependerão do meio percolado, do tipo e velocidade do fluxo subterrâneo, da fonte de recarga do aquífero e do clima da região (TODD e MAYS, 2005). Silva et al. (2008) relataram que a composição iônica das águas é determinada pela composição das rochas em meses de alta pluviosidade.

Em áreas com alto índice pluviométrico a recarga constante dos aquíferos permite uma maior renovação das águas subterrâneas, com a consequente diluição dos sais em solução. Diferentemente, em climas áridos a pequena precipitação leva a uma salinização na superfície do solo através da evaporação da água que sobe por capilaridade.

Como se pode observar na Figura 2, o período de maior densidade pluviométrica para a região analisada corresponde aos primeiros cinco

meses do ano de 2008, sendo que no mês de março houve o maior volume de chuva de 263 mm. Essa maior concentração de chuva nos primeiros seis meses do ano, cerca de 90% dos totais anuais, ocorre devido três sistemas: na pré-estação de janeiro a meados de fevereiro, as precipitações decorrem dos vórtices ciclônicos do ar superior (VCAS), na denominada quadra chuvosa, as chuvas decorrem do sistema da zona de convergência intertropical (ZCIT), nos meses de junho acontecem às chuvas das ondas do leste, basicamente restringindo-se ao litoral (CAMPOS e SOUZA FILHO, 2006).

No Sertão, a pluviosidade anual está em torno de 750 mm, enquanto que no Sertão Central a média anual da pluviometria não passa de 500 mm. Em relação à evaporação, o volume de água que sofre evaporação chega a ser de até 2500 mm/ano. Os solos do Sertão do Ceará são de embasamento cristalino, praticamente impermeável, com capacidade de acumulação de água restrita a algumas áreas (CHACON, 2007).

Não existe uma correlação linear para cada mês do mesmo período pluviométrico, já que o volume de chuva aumenta com o decorrer dos meses de janeiro a maio.

A salinidade do Poço Amazonas foi avaliada mensalmente por meio da determinação da condutividade, sólidos totais dissolvidos e cloretos. A análise das condições climáticas tem como base os parâmetros pluviométricos a partir de dados da FUNCEME.

Essa análise mede as concentrações de íons  $H^+$  na água, sendo a relação entre os íons  $H^+$  e  $OH^-$  fator determinante na acidez ou basicidade (BEATO et al., 1999). O pH possui influência direta no equilíbrio geoquímico e na solubilidade de metais nas águas subterrâneas (WILSON, 1995).

Os dados levantados para os valores mensais do pH apresentaram uma variação de 6,8 até 8,7 (Figura 3). Segundo o estudo realizado por SILVA et al. (2002), sobre a caracterização de águas subterrâneas do cristalino cearense, a faixa observada foi de 6,15 até 8,78 corroborando os valores de pH obtidos.

A concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) apresenta um decréscimo do mês de janeiro para fevereiro, em seguida, se mantém praticamente constante até o mês de março, tendo um aumento para o mês de abril e por fim decresce novamente (Figura 4).

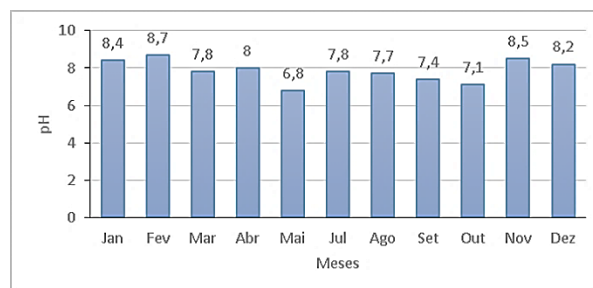


Figura 3. Valores de pH medidos nos meses de janeiro-maio e julho - dezembro.

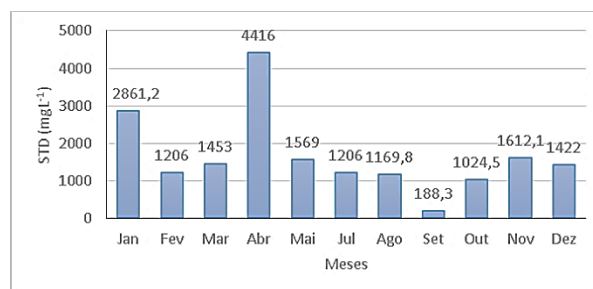


Figura 4. Concentração de sólidos totais dissolvidos medidos nos meses de janeiro-dezembro.

No entanto se a correlação for feita de acordo com as médias dos períodos, o STD é maior nos meses de alta pluviosidade do que em relação aos meses de baixa pluviosidade. No primeiro e segundo períodos as médias dos volumes de chuva foram de 119 mm (Jan-Mai) e 1,83 mm (Jul-Dez), respectivamente. Já a média dos valores das concentrações de ST foi de 2301,04 mg L<sup>-1</sup> de resíduos totais em água para o período de maior pluviosidade e, 1103,78 mg L<sup>-1</sup> para o período de baixa pluviosidade.

Essa diferença de valores das médias decorrente da pluviosidade ocorre porque no período de maior volume de chuvas ocorre a infiltração das águas no solo, a qual atinge o lençol freático, carregando minerais dissolvidos das rochas intemperadas.

Segundo o recenseamento de fontes de abastecimento por água subterrânea, realizado no município de Canindé pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 1998), os dados de sólidos totais dissolvidos classificam a água como salobra (500-1500 mgL<sup>-1</sup>) e salgada (> 1500 mgL<sup>-1</sup>) com exceção do mês de setembro, onde a água é classificada como doce (concentração inferior a 500 mgL<sup>-1</sup>). Conforme o Valor Máximo Permitido (VMP) para sólidos totais dissolvidos descritos na Resolução CONAMA n° 396/2008 (BRASIL, 2008), a água é classificada como imprópria para o consumo

humano por apresentar VMP de  $1.000 \text{ mgL}^{-1}$  o valor limite, tendo novamente o mês de setembro como exceção.

A existência de íons bicarbonato em águas meteóricas é recorrente, em virtude do contato com  $\text{CO}_2$  da atmosfera originando as águas bicarbonatadas (DEUTSCH, 1997).

Os teores de bicarbonato encontrados possuem uma faixa de  $72,9$  até  $654,3 \text{ mgL}^{-1}$  (Figura 5).

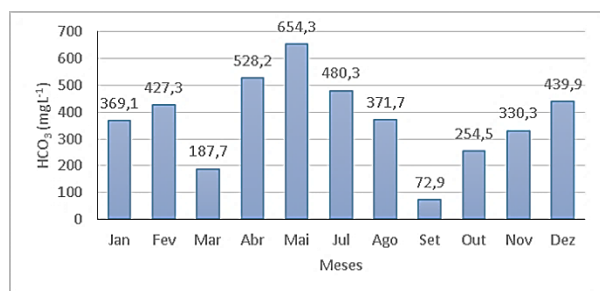


Figura 5. Teores de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) medidos nos meses de janeiro-dezembro.

O mês de setembro apresenta o menor teor, enquanto o mês de maio o maior valor. Estando esses valores dentro da faixa observada por SILVA et al. (2002).

A concentração de cloreto em uma área úmida é geralmente baixa, na ordem de ppm (partes por milhão), devido à solubilidade alta dos sais dos cloretos e boa circulação de água na terra. Em uma área árida o cloreto está presente comumente devido à evaporação da água no solo molhado pela chuva (PORTO et al., 2004).

Para o cloreto não existe uma correlação linear entre os valores determinados desse íon e pluviosidade, pois o mês de maior volume de chuva (março), não coincide com o mês que apresentou maior concentração desse íon. No entanto, analisando as médias dos volumes de chuvas com as médias das concentrações de cloretos determinadas, vê-se que existe uma relação, pois, no período que corresponde ao mês de janeiro a maio, a média dos volumes de chuvas foi de  $119 \text{ mm}$  com  $708,1 \text{ mgL}^{-1} \text{ Cl}^-$  da média para a concentração de cloretos, e no segundo período a média foi de  $1,83 \text{ mm}$  com  $185,68 \text{ mgL}^{-1}$  de íon cloreto (Figura 6).

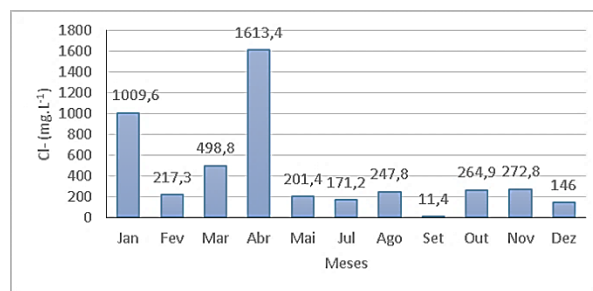


Figura 6. Teores de cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) medidos nos meses de janeiro-dezembro.

A comparação do valor de  $\text{Cl}^-$  observado frente à Resolução CONAMA n° 396/2008 (BRASIL, 2008) classifica a água analisada como imprópria para consumo humano ( $\text{VMP} > 250 \text{ mgL}^{-1}$ ) e também segundo a resolução 2914, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011), a qual recomenda que o teor máximo de cloreto seja de  $2 \text{ mgL}^{-1}$ . Esta constatação é reafirmada pelo estudo feito por SILVA et al., (2002), onde poços de água do cristalino cearense apresentaram faixa de  $13$  até  $8.015 \text{ mgL}^{-1}$  deste íon. Os autores também observaram que  $65,3\%$  dos poços analisados possuem o grau mais alto de salinidade (valor  $> 350 \text{ mgL}^{-1}$ ).

A maior concentração de cloretos encontrada no período chuvoso ocorre devido às maiores concentrações de minerais presentes na água (carreados pela infiltração devido às águas das chuvas).

A condutividade elétrica é a expressão numérica da capacidade da água de conduzir uma corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado à presença de íons dissolvidos na água (CARVALHO et al., 1999). Dependendo das concentrações iônicas e da temperatura essa medida pode indicar a quantidade de sais existentes na água (CETESB, 2004).

Ao tentar correlacionar a condutividade com a pluviosidade mês a mês não se observa uma correlação entre essas variáveis, pois no mês que teve o maior volume de chuva (abril), não corresponde ao mês do maior valor de condutividade (Figura 7).

No entanto, comparando a precipitação pluviométrica nos dois períodos com as médias da condutividade no período seco e chuvoso, se obtém uma correlação. Nos meses de janeiro a maio o valor da média da pluviosidade foi  $119 \text{ mm}$  e o valor da média da condutividade é de  $2856,8 \mu\Omega\text{cm}^{-1}$ . Já para o período seco a média

pluviométrica foi de apenas 1,83 mm, tendo uma condutividade de  $1471,14 \mu\Omega\text{cm}^{-1}$ , valor menor do que a média do período chuvoso. Como a condutividade é a soma de todos os íons presentes na água, a concentração de íons é maior no período de maior pluviosidade, devido ao maior número de íons dissolvidos durante a percolação da água nas rochas. De acordo com Silva et al., (2002), a faixa de condutividade elétrica dos poços do cristalino cearense varia de 110 até  $32.820 \mu\Omega\text{cm}^{-1}$ , correspondendo a 37,9 % de poços classificados com grau de condutividade elétrica muito alto ( $> 4.500 \mu\Omega\text{cm}^{-1}$ ).

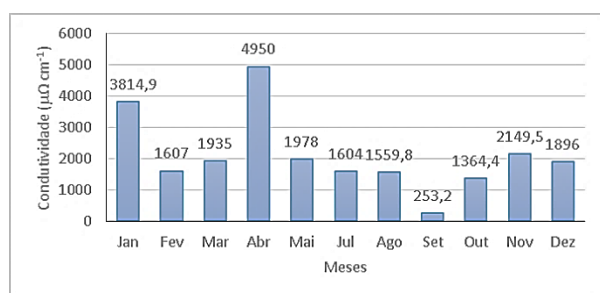


Figura 7. Valores de condutividade medidos nos meses de janeiro-dezembro.

Na Tabela 1 é possível observar a correlação linear entre os parâmetros da concentração molar do íon  $\text{Cl}^-$  e condutividade ( $\mu\Omega\text{cm}^{-1}$ ) apresentam uma correlação linear, ou seja, a medida que a concentração de cloreto aumenta o valor da condutividade também aumenta. Sabemos que a condutividade é a capacidade da água em conduzir eletricidade. Assim, o aumento da concentração iônica acarretará no aumento da condutividade.

Tabela 1. Correlação entre a condutividade elétrica (CE) e os sólidos totais dissolvidos (STD) e cloretos ( $\text{Cl}^-$ ) nos meses de janeiro-dezembro.

Correlação	$R^2$
CE x STD	0,9843
CE x $\text{Cl}^-$	0,8979

Também é possível observar na Tabela 1 uma forte correlação entre STD e CE. Como os sólidos totais dissolvidos correspondem ao material obtido após a evaporação da água, a condutividade deve estar relacionada a este parâmetro, visto que os sais dissolvidos irão conduzir a corrente elétrica.

A classificação das águas subterrâneas destinadas para irrigação que possam ser utilizadas em todas as condições ou localizações geográficas é um desafio. Os principais riscos a se considerar quanto à adequação destas águas estão relacionados à salinização, sodicização e alcalinização por carbonatos para o solo (UNESCO, 1973). Dentre os diversos parâmetros, a condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD) e cloreto, podem ser considerados os mais relevantes indicadores para a classificação da salinidade da água (SILVA et al., 2007).

Tabela 2. Classificação das águas subterrâneas para irrigação\*

Variáveis	Restrição		
	Nenhuma	Leve a moderada	Severa
CE ( $\mu\Omega\text{cm}^{-1}$ )	$< 700$	700 a 3000	$> 3000$
STD ( $\text{mg L}^{-1}$ )	450	450 a 2.000	$> 2.000$

\*Adaptado de Ayers e Westcot, 1992

De acordo com Ayers e Westcot (1992), as águas de condutividade elétrica acima de  $700\mu\Omega\text{cm}^{-1}$  já apresentam moderado potencial de salinização do solo quando usadas na irrigação. Assim, as águas dos meses de janeiro e abril apresentam restrição severa, em setembro nenhuma restrição e os demais meses possuem restrição ligeira ou moderada.

Segundo Hillel (2002), as águas subterrâneas podem ser classificadas em classes de 1 a 4, sendo a classe 1 para consumo humano. Considerando a CE das águas dos meses de janeiro e abril são classe 4 ( $> 2250 \mu\Omega\text{cm}^{-1}$ ), setembro como classe 2 ( $250 - 760 \mu\Omega\text{cm}^{-1}$ ) e os demais como classe 3 ( $760 - 2250 \mu\Omega\text{cm}^{-1}$ ). Quanto aos STD as águas dos meses de janeiro, março, abril, maio e novembro são classe 4 ( $> 1.440 \text{mgL}^{-1}$ ), setembro como classe 2 ( $161 - 480 \text{mgL}^{-1}$ ) e os demais como classe 3 ( $481 - 1.440 \text{mgL}^{-1}$ ), o que torna difícil a utilização dessa água tanto para irrigação como para dessedentação de animais.

### Conclusão

As determinações de condutividade, concentrações dos sólidos totais dissolvidos, concentração de bicarbonatos e cloretos neste estudo permitiu observar a variação da salinidade, relacionando-a com a pluviosidade anual na



região do Poço Amazonas, o qual está localizado no município de Canindé – CE.

Através dos resultados obtidos foi possível observar uma boa correlação entre as médias de precipitação pluviométrica no período chuvoso e seco com as médias das concentrações dos parâmetros analisados nos mesmos períodos.

Constatou-se que somente no mês de setembro as águas deste poço poderiam ser utilizadas para consumo humano e dessedentação de animais, bem como para irrigação. Contudo, seria necessária a utilização de outros parâmetros para dar mais segurança na utilização dessas águas, tais como análises microbiológicas, teores de sódio, oxigênio dissolvido, nitrito, nitrato, amônio, fosfato, além de estudar a influência dos efluentes domésticos sobre as águas do poço estudado.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC) e ao Professor Dr. Francisco Belmino Romero.

#### Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. Os autores e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

#### Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater**. USA: Washingtown, 2005.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil. Cadernos de recursos hídricos. Brasília, DF: ANA [et al.]. v. 1. 175 p. 2005.

ARAÚJO, J.C.; SANTAELLA, S.T. **Gestão da Qualidade. In: Gestão das Águas**. Nilson Campos e Ticina Studart (Edit.). Porto Alegre, RS: ABRH. 2. ed. 242. 2001.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Traduzido por H. R. Ghevy, J. F. de

BEATO, D.A.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; VIANA, H.S. **Estudos Geoambientais das fontes hidrominerais de Águas de Contendas, Cambuqueira, Caxambu, Lambari e São Lourenço**. Belo Horizonte. Minas Gerais. Secretaria de Estado de Minas e Energia 1992.p.142.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente-Resolução CONAMA. Portaria Nº 396. De 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. dou nº 66, p. 64-68.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de Dezembro de 2011. Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano. Brasília: SVS, 2011.

CAMPOS, J.N.; SOUZA FILHO, F. D. **Water Management in Ceará, Brazil**. In: BISWAS, A.K.; TORTAJADA, C.; BRAGA, B.; RODRIGUEZ, D.J. *Water quality management in the Americas*. Springer, 2006.

CARVALHO, A. R.; SCHLLITTER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da Atividade Agropecuária com Parâmetros Físico-Químicos da Água. **Química Nova**, v. 23, n. 5, p. 618-622, 1999.

CEARÁ. IPLANCE. **Atlas do Ceará**. Fortaleza, 1997. 65p. Mapa colorido, Escala 1:1.500.000.

CETESB, São Paulo. Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2001 – 2003 – São Paulo: CETESB, 2004.

CHACON, Suely. S.. **O Sertanejo e o Caminho das Águas: Políticas públicas, modernidade e sustentabilidade no Semi-árido**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2007. v. 1. p.351.

COGERH – Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos. **Plano de Gestão Participativa dos Aquíferos da Bacia Potiguar, Estado do Ceará**, 2008.

COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS (CPRM). *Perspectivas do meio ambiente do Brasil – Uso do subsolo*. CPRM, 2002. p.54.

COMPANHIA DE PESQUISA E RECURSOS MINERAIS (CPRM). Programa de Recenseamento de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea no Estado do Ceará - Diagnóstico do município de Canindé. CPRM, Fortaleza, 1998.





COSTA, C.L., LIMA, R.F., PAIXÃO, G.C., PANTOJA, L.D.: Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do Estado do Ceará, Brasil. *Semina: CiBiol Saúde*. 2012, p:171-80

COSTA, W. D. **Hidrogeologia dos meios fissurados**. In: Feitosa, F. A. C; Filho, J. M.; Feitosa, E. C; Demetrio, J. G. A. (Coord). *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. CPRM, LABHID, UFPE. 3ª Edição Revisada e Ampliada. Rio de Janeiro, 2008, p:121-151.

DEUTSCH, W. J. **Groundwater Geochemistry: fundamentals and applications to contamination**. Lewis Publishers-New York, 1997.

DOBEREINER, L.; VAZ, L. F. **Tratamento de Maciços Naturais**. In: Oliveira, A. M. S.; Brito, S. N. A. *Geologia de Engenharia*, 1998.

FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, Avaliação da Previsão e Estação Chuvosa de 2008, Fortaleza, 2008.p. 14.

HERMES, L.C. e SILVA, A.S. **Avaliação da qualidade das águas: manual prático**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, 2004. p. 55.

HILLEL, D. **Salinity management for sustainable irrigation: integrating science, environment and economics**. Washington: The World Bank, 2000. p. 91.

Medeiros e F. A. V. Damasceno. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1992. p.218 (Estudos FAO– Irrigação e Drenagem, n. 29).

PORTO, E.R.; BRITO, L.T.L.; SOARES, J.M. Influência no solo da salinidade do rejeito da dessalinização usado para irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13, Cuiabá, 2004.

SHALHEVET, J.; KAMBUROV, J. **Irrigation and salinity: A worldwide survey**. New Delhi: International Commission on Irrigation and Drainage, p. 106 1976.

SILVA, A.E.P.; ANGELIS, C.F.; MACHADO, L.A.T.; WAICHAMAN, A.V. **Influência da precipitação**

**na qualidade da água do Rio Purus**. *Acta Amazônica*, vol. 38, p. 733–742, 2008.

SILVA, F.J.A.; ALMEIDA, M. M. M.; FERNANDES, A. L. C. **Hidroquímica de águas subterrâneas do cristalino no trópico semiárido nordestino**, Brasil. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIASANITÁRIA E AMBIENTAL, 10., Braga, 2002. Anais... Braga, 2002. 1 CD-ROM.

SILVA, F.J.A.; ARAÚJO, A.L.; SOUZA, R.O. **Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade**. *Rev. Tecnol. Fortaleza*, v. 28, n. 2, p. 136-159, 2007.

TODD, K. D.; MAYS, L. W. **Groundwater hydrology**. Third Edition. 2005.

UNESCO. **Irrigation, drainage and salinity: an international source book**. Paris: UNESCO/Hutchinson, 1973. p.177-205.

VASCONCELOS, M. B., What are wells? Overview of the terms used to groundwater abstraction. *Águas Subterrâneas* v. 31(2), p. 44-57, 2017.

VASCONCELOS, M. B.; SOUSA, N. G.; GENARO, D. T.; LUZ, C. A.; TUPINAMBA, M. K. F. **Histórico das Perfurações de Poços Tubulares no Estado do Piauí**. *Revista de Geologia*, v. 27, p. 111, 2014.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. v.1.3.ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2005.

WILSON, N. **Soil water and ground water sampling**. Boca Raton, Florida, CRC Press, 1995.p. 188.

XAVIER, Y. M. A. e BEZERRA, N. F. **Gestão Legal dos Recursos Hídricos dos Estados do Nordeste do Brasil**, Fundação Konrad Adenauer, 2005. p. 187.

YARON, B. **Water suitability for irrigation**. In: Yaron, E.; Danfors, E.; Vaadid, Y. (eds.). *Arid zone irrigation*. Berlin: Springer- Verlag, p.71-85, 1973.