

QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO MUNICÍPIO DE MAURITI -VALE DO CARIRI, BACIA DO ARARIPE-CEARÁ-BRASIL

Larissa Silva e Silva¹; Itabaraci Nazareno Cavalcante²; Rafael Mota de Oliveira¹ ; Milton Antonio da Silva Matta³ ; João Thiago Viana Maia⁴ & Maria da Conceição Rabelo Gomes⁵

Resumo - O trabalho foi realizado no município de Mauriti (1.112 km²), situado ao Sul do Estado do Ceará, a 406 km de Fortaleza, na Bacia Sedimentar do Araripe. Objetivou estudar a qualidade das águas subterrâneas, classificando-as ionicamente e analisando sua qualidade para consumo humano e irrigação. Obteve-se um cadastro de 199 poços tubulares, dos quais 20 possuíam análises físico-químicas. As águas são predominantemente Bicarbonatadas Sódicas, cuja classificação iônica das águas oscilam de boa a excelente. Quanto à irrigação, o diagrama *U. S. Salinity Laboratory* mostra que as águas possuem de baixa a média salinidade podendo ser utilizadas para quase todos os tipos de solos, com um fraco risco de formação de teores nocivos de sódio susceptível de troca, prestando-se ao cultivo de quase todos os vegetais.

Abstract - The study was conducted in the municipality of Mauriti (1.112 km²), located south of the state of Ceará, to 406 km from Fortaleza, in the sedimentary Basin Araripe. Aimed to study the quality of groundwater, placing the ionically and analyzing its quality for human consumption and irrigation. Obtained from a registered 199 drilling wells, of which 20 had physical and chemical analysis. That according to the Piper Diagram, the waters were classified predominantly as Sodium Bicarbonate, classified ionic water range from good to excellent. As for irrigation, the diagram *U. S. Salinity Laboratory* shows that the waters have low to medium salinity can be used for almost all types of soils with a low risk of forming harmful levels of sodium could turn, lends itself to the cultivation of almost all vegetables.

Palavras-Chave – Mauriti, Qualidade, Água Subterrânea.

1 Graduanda do Curso de Geologia/UFC. E-mail: larissa.ssgeo@gmail.com

2 Prof. Dr. Associado do Departamento de Geologia/UFC. E-mail: ita@fortalnet.com.br

1 Graduando do Curso de Geologia/UFC. E-mail: rafaelmota20@yahoo.com.br

3 Prof. Dr. Associado da Faculdade de Geologia/IG/UFPA. E-mail: matta@ufpa.br

4 Mestrando em Geologia, Linha de Hidrogeologia/DEGEO/CC/UFC. E-mail: viana_thiago@yahoo.com.br

5 Doutoranda em Geologia-DEGEO/UFC (Bolsista CAPES/REUNI). E-mail: conceicaorabelo@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

Na captação de água subterrânea através de poços, não é importante apenas o aspecto da quantidade, isto é, a vazão a ser obtida, mas, também, a qualidade da água subterrânea é outro fator a ser considerado, tendo em vista o uso proposto para a água a ser captada.

A qualidade das águas subterrâneas é dada, a princípio, pela dissolução dos minerais presentes nas rochas que constituem os aquíferos por ela percolados. Mas, ela pode sofrer a influência de outros fatores como composição da água de recarga, tempo de contato, água/meio físico, clima e até mesmo a poluição causada pelas atividades humanas.

A qualidade é definida pelas características físicas, químicas e biológicas da água. Dentro dos valores encontrados para cada um destes parâmetros, é possível estabelecer os diferentes usos: consumo humano, irrigação, industrial e outros.

Este trabalho aborda o estudo da qualidade das águas subterrâneas do município de Mauriti (1.112 km²), localizado na porção sul do Estado do Ceará, a 406 km de Fortaleza, inserido na Bacia Sedimentar do Araripe (Figura 01). O acesso é feito a partir da rodovia Fortaleza/Milagres/Mauriti, por meio de rodovias estaduais.

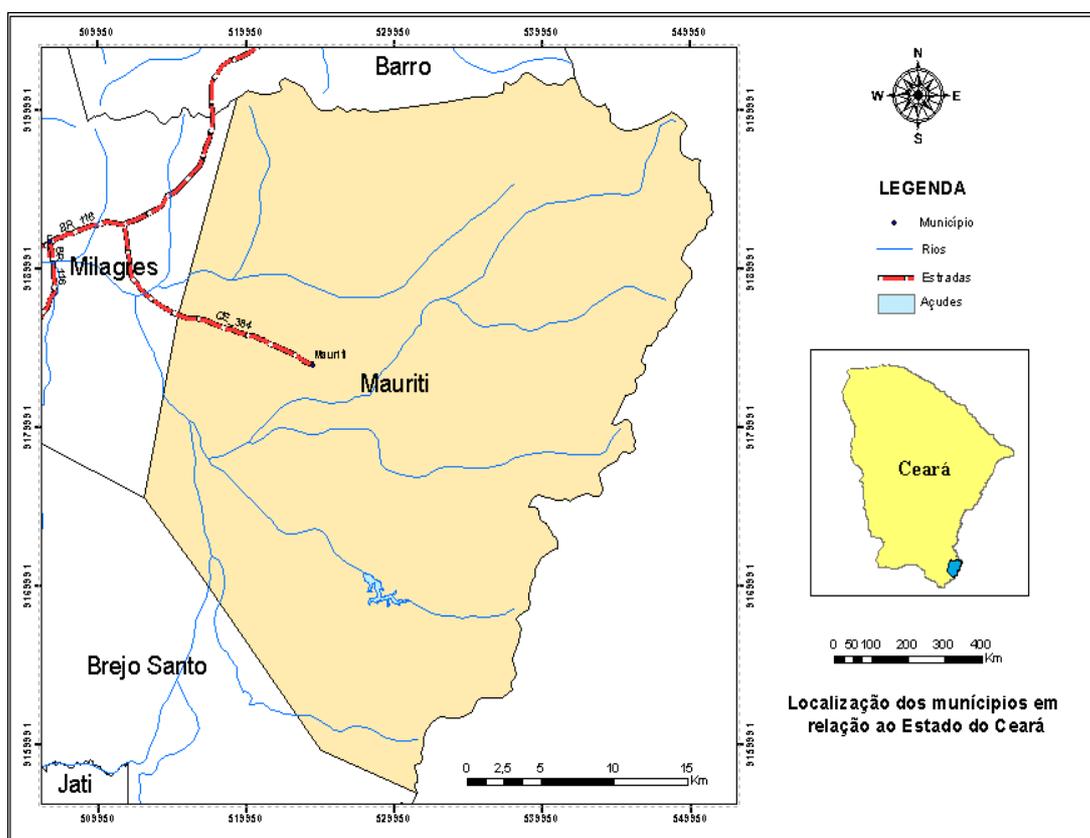


Figura 01- Localização da área de estudo.

OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade das águas do Aquífero Missão Velha no município de Mauriti, procurando classificá-las em termos iônicos e analisando sua qualidade para consumo humano e irrigação, utilizando os diagramas de Piper e *U. S. Salinity Laboratory*, além da Portaria Nº 518 de 25/04/2004 do Ministério da Saúde - MS do Brasil.

METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia adotada foi desenvolvida sistematicamente seguindo etapas previamente estabelecidas, tais como: levantamento bibliográfico, cadastramento de poços tubulares e análises de água, tratamento e integração dos dados.

O levantamento bibliográfico sobre o local de estudo, constou da obtenção de dados referentes à geologia, hidrogeologia, aspectos socioeconômicos e geoambientais, além de mapas temáticos. Esta pesquisa foi realizada nos órgãos públicos (Serviço Geológico do Brasil - CPRM; Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM; Superintendência de Obras Hidráulicas - SOHIDRA; Secretaria de Recursos Hídricos do Estado do Ceará - SRH; Secretaria do Meio Ambiente do Ceará – SEMACE; Laboratório de Hidrogeologia/DEGEO/CC/UFC), servindo para um melhor conhecimento das características da região, ajudando na elaboração de mapas preliminares de trabalho.

No município de Mauriti foram cadastrados 199 poços tubulares, dos quais 20 possuíam análises físico-químicas.

Foi realizada a integração dos dados através de tratamento estatístico, sendo gerado um arquivo preliminar de 199 poços tubulares e, posteriormente, a seleção de 20 desses que possuíam análises físico-químicas com os seguintes íons e parâmetros: Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , HCO_3^- , SO_4^{--} , Cl , NO_3^- , Sólidos Totais Dissolvidos - STD, dureza, condutividade elétrica e pH. A caracterização química foi realizada com a utilização de diagramas específicos: Piper e *U. S. Salinity Laboratory*, onde foram plotados as concentrações dos íons maiores envolvidos.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A Bacia do Araripe está localizada entre os estados do Ceará (porção sul do estado), Piauí e Pernambuco. Essa possui uma área de 11.000 km², encontrando-se sobre as rochas pré-cambrianas (Província Borborema), apresentando rochas sedimentares originadas desde o Siluriano-Devoniano até o Cretáceo. A área de estudo situa-se na Bacia do Cariri que possui uma configuração tectônica representada por *grabens e horsts*, cujas espessuras clásticas oscilam até aproximadamente 1.400m.

Geomorfologicamente é caracterizada por duas unidades geomorfológicas: Planalto Sertanejo e a Chapada do Araripe. O município de Mauriti apresenta uma superfície plana, tabular, do topo da Chapada do Araripe, com altitudes próximas dos 600m; aparecem a sul e norte as formas suaves da Depressão Sertaneja, em altitudes inferiores, cerca de 300m.

No município a temperatura média oscila entre 23°C (no inverno) e 29°C (no verão) e apresenta uma precipitação atmosférica de 800 mm/ano.

Na região do Cariri, a rede hidrográfica é caracterizada por uma ausência de rios na Chapada e por rios na planície alimentados pelas fontes naturais que surgem no topo da Formação Santana. As águas subterrâneas são a base para o desenvolvimento socioeconômico da região e são exploradas por 95% das comunidades e 100% das indústrias. O Sistema Aquífero Médio é o principal da região, possuindo poços com profundidades de até 350m e vazões de até 300 m³/h.

O município de Mauriti está totalmente inserido na bacia hidrográfica do Salgado e tem como principais drenagens os riachos Mororó, Umburanas, São Miguel, Juriti e Serra Branca. O principal reservatório na região é o açude Quixabinha. Os solos são dos tipos litólicos, bruno não-cálcicos, vertissolos e areias quartzosas distróficas foram encontrados, tendo estabelecida a vegetação de mata seca (floresta subcaducifólia tropical pluvial) e a caatinga arbórea (floresta caducifólia espinhosa).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

➤ Parâmetros Hidroquímicos

A qualidade da água está baseada em seu uso preponderante e seus correspondentes limites de aceitação de poluição e/ou contaminação (Silva *et al.*, 2007).

As águas consideradas potáveis são aquelas consumidas pelo homem sem causar danos a saúde. Os padrões de potabilidade para consumo humano segue as normas estipuladas pela Organização Mundial da Saúde, podendo variar de região para região; no caso do Brasil, os valores para o consumo humano é baseado na Portaria N°518/2004 - MS do Brasil.

Foram utilizadas 20 análises de águas captadas de poços tubulares no município de Mauriti coletadas durante o período chuvoso (Abril) e de estiagem (Outubro), contendo os seguintes íons e parâmetros: sódio (Na⁺), potássio (K⁺), magnésio (Mg⁺⁺), cálcio (Ca⁺⁺), cloretos (Cl⁻), sulfatos (SO₄⁻), nitratos (NO₃⁻), bicarbonatos (HCO₃⁻), dureza, pH, condutividade elétrica e Sólidos Totais Dissolvidos (STD) (Tabela 01 e Figuras 02 a 06).

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

Parâmetro	[mg.L ⁻¹]			
	Média	Máximo	Mínimo	Padrão de Potabilidade (Portaria N°518/2004 MS)
Mg ⁺⁺	13,06	51,38	1,89	-
K ⁺⁺	13,80	38,20	3,30	-
Ca ⁺⁺	10,59	33,37	0,78	-
SO ₄ ²⁻	4,82	28,69	0,52	250 mg.L ⁻¹
Ca(HCO ₃) ²⁻	101,07	340,24	15,05	-
C.E.	302,00	755,26	82,73	-
pH	6,54	7,85	5,48	6,0 a 9,5

➤ Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

É o peso total dos constituintes minerais (iônicos) presentes na água, por unidade de volume, representando a concentração de todo o material dissolvido na água.

Foram obtidos nas 20 análises valores de STD variando de 82,73 a 755,26 mg.L⁻¹, com um valor médio de 230,43 mg.L⁻¹ estando assim, dentro do padrão aceitável (1.000 mg.L⁻¹) segundo a Portaria N°518/2004 - MS do Brasil, podendo ser utilizada para fins domésticos como, também, em áreas da indústria. Na coleta realizada no mês de abril, as águas apresentaram as maiores concentrações de STD, com média de 254,66 mg.L⁻¹ (Figura 02).

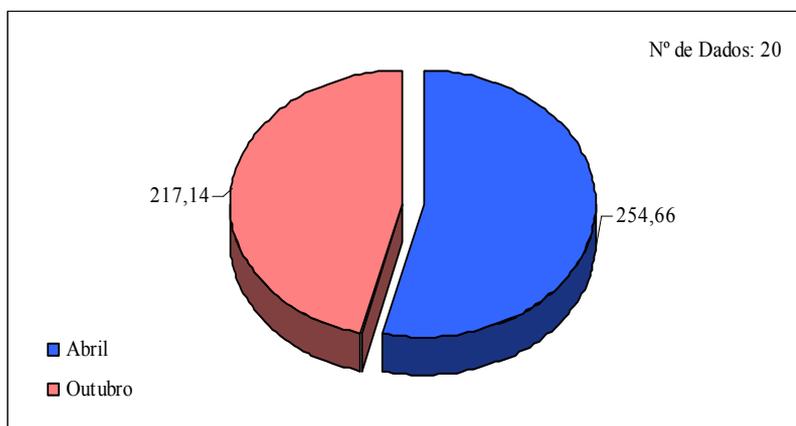


Figura 02- Valores médios de STD (mg.L⁻¹) nas águas subterrâneas da área

➤ Dureza

A partir da concentração de cálcio e magnésio, expressa em teores de carbonato de cálcio, obtém-se a dureza da água, sendo demonstrada pela quantidade de sabão necessária para que se produza espuma (Custodio & Llamas, 1983 *apud* Santos, 2000).

O valor médio para dureza das águas dos poços do município de Mauriti, no período chuvoso, foi de 91,73 mg.L⁻¹ de CaCO₃, enquanto na estiagem foi de 67,71 mg.L⁻¹ de CaCO₃ (Figura 03), não ocasionando nenhum problema para a utilização para consumo humano segundo a Portaria N° 518/2004 - MS do Brasil, que é de 500mg.L⁻¹ de CaCO₃.

As águas dos poços da área apresentam padrões semelhantes, oscilando de “branda” a “muito dura” (menor quantidade), variando de 11,64 a 294,88 mg.L⁻¹ de CaCO₃ (Quadro 01).

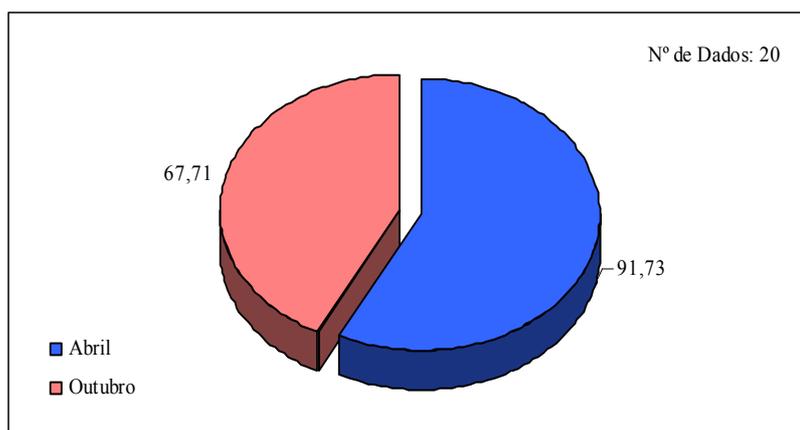


Figura 03- Valores médios de dureza nas águas subterrâneas da área.

Quadro 01 - Classificação da dureza nas águas subterrâneas da área de estudo.

Tipo (*)	Teor de CaCO ₃ (*) (mg.L ⁻¹)	Nº de Amostras	Frequência Relativa (%)
Branda	< 50	12	60
Pouco dura	50 - 100	3	15
Dura	100 - 200	3	15
Muito dura	> 200	2	10

(*) Fonte: segundo a classificação adotada por Custódio & Llamas, 1983.

➤ Sódio (Na⁺)

A concentração de sódio das águas dos poços amostrados, no geral, oscilam de 11,31 a 120,13 mg.L⁻¹, com uma média de 33,7 mg.L⁻¹. Porém, a maior média foi observada nas águas no decorrer de Abril (34,62 mg.L⁻¹), seguido pelas de Outubro, 32,75 mg.L⁻¹ (Figura 04), estando todos os valores dentro do limite permitido (200 mg.L⁻¹) pela Portaria N°518/2004 - MS do Brasil.

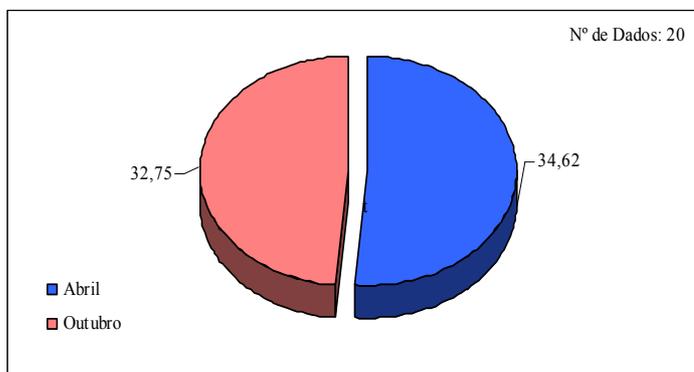


Figura 04- Valores médios de Sódio (mg.L⁻¹) nas águas subterrâneas da área.

➤ Cloretos (Cl⁻)

O cloreto está presente em quase todas as águas naturais. As águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloretos inferiores a 100mg.L⁻¹ (Santos, 2000).

Para as 20 análises foram observados, no período de chuva, uma variação de cloreto entre 10,58 a 177,86 mg.L⁻¹, com média de 54,80 mg.L⁻¹, enquanto que na estiagem os valores foram de 9,61 a 172,09 mg.L⁻¹ e média de 33,65 mg.L⁻¹ (Figura 05). Todos os valores das análises em estudo estão dentro do padrão aceitável, conforme a Portaria N°518/2004 - MS do Brasil, no qual o valor máximo permissível é de 250 mg.L⁻¹, podendo, então, estas águas serem usadas para o consumo humano.

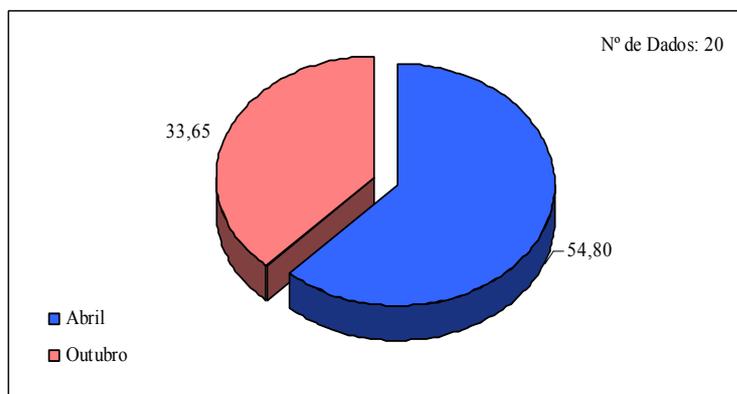


Figura 05- Valores médios de Cloreto (mg.L⁻¹) nas águas subterrâneas da área.

➤ Nitrato (N-NO₃⁻)

O nitrato representa a etapa final da oxidação da matéria orgânica provenientes de resíduos da atividade humana (esgotos sanitários e fossas sépticas), e observa-se que 19 análises apresentaram este elemento. No período de chuva, a concentração deste variou de 0,52 a 9,34 mg.L⁻¹, com média de 3,96 mg.L⁻¹ e, no período de estiagem verificou-se uma variação entre 0,10 a 5,43 mg.L⁻¹ e média de 2,15 mg.L⁻¹ (Figura 06).

Observa-se assim, que todas as amostras encontram-se dentro do VMP (10mg.L^{-1} de N-NO_3) adotado pela Portaria N°518/2004 - MS do Brasil.

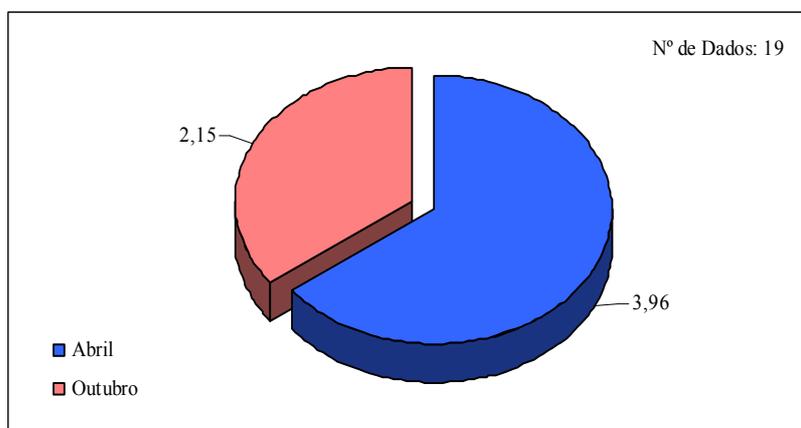


Figura 06- Valores médios de N-NO_3 (mg.L^{-1}) nas águas subterrâneas da área.

➤ Classificação Iônica das Águas Subterrâneas

As águas subterrâneas de Mauriti foram classificadas segundo o Diagrama de Piper (Figura 07). Na confecção do diagrama foi utilizado o programa QUALIGRAF, versão Beta, desenvolvido por MÖBÜS (2003).

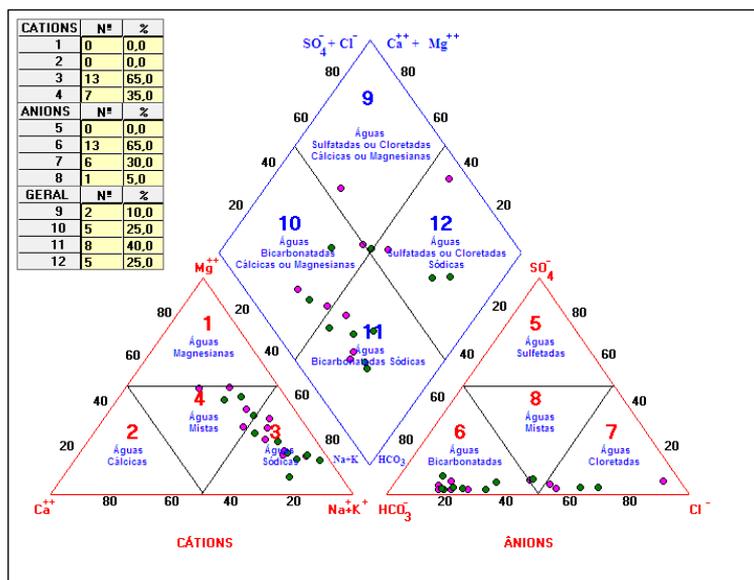
Nesse contexto existe uma predominância da classe Bicarbonatada. A presença maior do íon bicarbonato sobre os outros ânions é característica de águas continentais e aquíferos sedimentares, e também em função direta da percolação da água subterrânea e relação de contato água/rocha através dos litótipos carbonáticos da Formação Santana na área de recarga na Chapada do Araripe.

➤ Uso das águas subterrâneas

A qualidade da água está baseada em seu uso preponderante e seus correspondentes limites de aceitação de poluição e/ou contaminação.

Consumo humano

É considerada água potável, aquelas águas que podem ser consumidas pelo homem sem ocasionar prejuízos a sua saúde.



● Abril ● Outubro

Figura 07- Fácies química das águas subterrâneas da área de estudo.

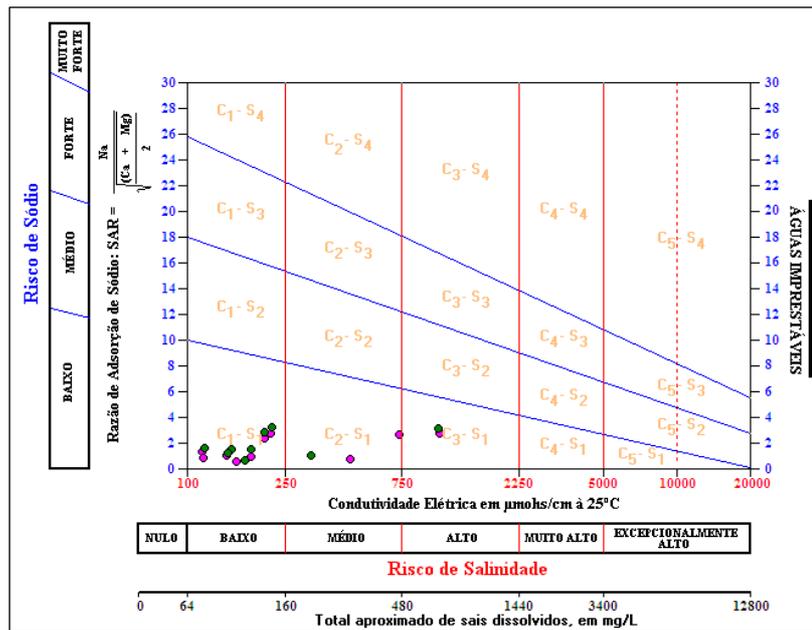
Os padrões de potabilidade para consumo humano variam de região para região, na qual a uma tendência para seguir as normas estipuladas pela Organização Mundial da Saúde; no caso do Brasil, os valores para o consumo humano é baseado na Portaria N°518/2004 - MS do Brasil.

Os padrões também compreendem critérios essenciais (proteção contra a contaminação de microorganismos patogênicos e contra poluição por substâncias tóxicas ou venenosas) e critérios complementares (cor, sabor, odor, turbidez, dureza, corrosividade, etc).

Irrigação

Os padrões da água para uso na irrigação são mais simples, porque o número de parâmetros a serem considerados são menores (Santos, 2000). Utilizando-se os dados de condutividade elétrica da água a 25°C e do SAR (*Sodium Adsorption Ratio*) calculado pela equação abaixo, foram classificados os tipos de água para irrigação.

Foi empregada a classificação do *United States Salinity Laboratory* (Figura 08), que consiste em um gráfico semi-logarítmico, onde, na abscissa localiza-se a condutividade elétrica da água a 25°C e, e na ordenada, o SAR. Na elaboração do diagrama foi utilizado o programa QUALIGRAF, versão Beta, desenvolvido por MÖBÜS (2003).



C₁ – Baixa Salinidade
 C₂ – Salinidade Média
 C₃ – Salinidade Alta
 S₁ – Fracamente Sódicas

● Abril ● Outubro

Diagrama *U.S. Salinity Laboratory Staff*

Figura 08- Classificação das águas subterrâneas para irrigação na área de estudo.

CONCLUSÕES

Os resultados físico-químicos obtidos mostram que as águas são, no geral, Bicarbonatadas Sódicas com uma qualidade oscilando de boa a excelente, não havendo restrições maiores em nível regional para o consumo humano e irrigação.

A classificação iônica pelo *Diagrama de Piper* mostra que no mês de Abril há uma predominância de Bicarbonatadas Sódicas (30%) e Cloretadas Sódicas (30%), seguida pelas Bicarbonatadas Mistas (20%), Cloretadas Mistas (10%) e Mistas-Mistas (10%). Já em Outubro, observou-se uma predominância de águas Bicarbonatadas Sódicas (50%), seguida pelas Bicarbonatadas Mistas (20%) e Cloretadas Sódicas (20%), e Mistas-Mistas (10%) e a alteração sugere a recarga aquífera, com as águas circulando em diferentes litotipos, modificando suas concentrações iônicas.

Quanto à classificação das águas para irrigação, o Diagrama do *U. S. Salinity Laboratory* mostra que as águas apresentam baixa a média salinidade podendo ser utilizadas para quase todos os solos, possuindo um fraco risco de formação de tores nocivos de sódio susceptível de troca,

prestando-se ao cultivo de quase todos os vegetais. Porém, duas amostras apresentaram salinidade elevada, havendo assim, restrições para alguns tipos de vegetação.

Recomenda-se o desenvolvimento de pesquisas visando à seleção de locais apropriados à disposição de resíduos sólidos e estudos de planejamento e gestão dos recursos hídricos, associados à implementação de políticas de uso racional e proteção de zonas aquíferas, visando o desenvolvimento sustentável da região.

A construção de poços tubulares deve estar associada a conhecimentos como de geologia local, profundidade do poço e níveis de poluição da área a ser locado, se for o caso, minimizando-se assim, custos aos municípios com o tratamento de doenças de veiculação hídrica, já que grande parte da população utiliza-se desse recurso.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MOBÜS, G. 2003. Qualigraf: softwewere para interpretação de análises físico-químicas, versão Beta. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Fortaleza. Disponível em: www.funceme.br. Acesso em: 10 de novembro de 2007.

PORTARIA MS Nº 518/2004 do Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em saúde. Coordenação - Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. Brasília: Editora do Ministério da Saúde 2004. 34p.

SANTOS, A. C. 2000. Noções de Hidroquímica. In: Hidrogeologia. Conceitos e Aplicação. CPRM e LABHID/UFPE. Fortaleza. 2ª edição. Feitosa, C.A.F. & Filho, J.M. cap. 05. p.81-107.

SILVA, L. S.; CAVALCANTE, I. N.; GOMES, M. C. R.; FREITAS, L. C. B.; NOGUEIRA, R. M.; MAIA, J. T. V. 2007. Qualidade e uso das águas subterrâneas em Missão Velha e Milagres, Cariri – Ceará, Brasil. Encontro Intercontinental Sobre a Natureza O 2007. Fortaleza, Ceará.