

CARACTERIZAÇÃO BACTERIOLÓGICA, HIDROQUÍMICA E FÍSICO-QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DAS COMUNIDADES DE KM 60 E SUCUPIRA NA CHAPADA DO APODI LIMOEIRO DO NORTE – CEARÁ

¹SILVA, Kelly de Fátima Nogueira Lima; ²SILVA, Charles Teles Santos da; ³CARVALHO, Clayton Moura de.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade das águas subterrâneas quanto aos parâmetros bacteriológicos, hidroquímicos e físico-químicos das comunidades Km 60 e Sucupira. Os parâmetros físico-químicos e hidroquímicos pesquisados estão de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/2004, com exceção dos STD e Cloretos, na Comunidade Km 60, no período chuvoso, sendo superiores aos valores máximos permitidos. O íon nitrogenado (amônia), a água da comunidade Sucupira no período seco foi superior ao VMP para águas potáveis. De acordo com a Resolução N° 396 do CONAMA (2008), não há restrição quanto às concentrações dos cátions (cálcio, magnésio e potássio), para o consumo humano. A Condutividade Elétrica e o pH, em ambas as comunidades os valores foram mais elevados no período chuvoso, sendo a Condutividade Elétrica superior na Comunidade Km 60 e o pH na Comunidade Sucupira. Os Coliformes Totais foram encontrados em ambos os períodos na Comunidade Km 60, sendo que na Comunidade Sucupira apenas no período chuvoso. Os Coliformes Termotolerantes estavam presentes na água do poço da comunidade Km 60 no período seco, no qual deve estar ausentes nas águas potáveis.

Palavras-chave: Manancial Subterrâneo, Potabilidade, Chapada do Apodi

BACTERIOLOGICAL CHARACTERIZATION, HIDROQUÍMICA AND PHYSIOCHEMICAL OF THE UNDERGROUND WATERS OF THE COMMUNITIES OF KM 60 AND SUCUPIRA IN THE CHAPADA DO APODI LIMOEIRO DO NORTE – CEARÁ.

SUMMARY

The present work has as objective evaluates the quality of the underground waters as for the bacteriological parameters, hidroquímicos and physiochemical of the communities Km 60 and Sucupira. The physiochemical parameters and researched hidroquímicos are in agreement with the established potability patterns for the low 518/2004, except for STD and Cloretos in the Community Km 60 in the rainy period, being superior to the allowed maximum values. The ion nitrogenado (ammonia) in the community's water Sucupira in the dry period was superior to VMP for drinking water. In agreement with the Resolution In the 396 of CONAMA (2008), there is no restriction as for the concentrations of the cátions (calcium, magnesium and potassium), for the human consumption. The Electric Conductivity and the pH in both communities the values were higher in the rainy period, being the superior Electric Conductivity in the Community Km 60 and the pH in the Comunidade Sucupira. Coliformes Totais were found in both periods in the Community Km 60, and in the Comunidade Sucupira just in the rainy period. Coliformes Termotolerantes were present in the water of the community's Km 60 well in the dry period, in which should be absentees in the drinking water.

Word-key: Underground spring, Potability, Chapada do Apodi

¹ Professora MSc. do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Maranhão – IFMA, *Campus Zé Doca*. Avenida Cel. Stanley Fortes Batista, Centro – 2822, Zé Doca (MA). Cel. (88) 99217613. E-mail: kelly.kyl@ifma.edu.br

² Mestre em Engenharia Agrícola - Tecnólogo em Gestão dos Recursos Hídricos - Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos - COGERH. Rua Antonio Joaquim, Centro – 1296, Limoeiro do Norte, CE. Cel: (88) 9951-1047. E-mail: charles.teles@cogerh.com.br

³ Doutorando em Irrigação e Drenagem, Departamento de Eng. Agrícola, UFC, Prof. FATEC Cariri, Rua José Cavalcante, 57 – Parangaba, Fortaleza, Ceará, Brasil, CEP: 60720-670, e-mail: carvalho_cmc@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

A vida e o sustento da humanidade dependem da água. A procura de água doce aumenta continuamente ao ritmo do crescimento populacional. No entanto, muitas pessoas vivem em áreas do mundo onde falta água potável essencial à sua sobrevivência; a sua prosperidade depende do abastecimento de água segura e barata. É impossível manter o fornecimento de água doce de qualidade para abastecimento humano, indústria e agricultura se a água subterrânea não for aproveitada, sendo esta a maior e mais segura de todas as fontes de água potável existentes na Terra.

Para Bezerra (2008), os aquíferos são imensos reservatórios subterrâneos de água doce. Eles representam mais de 90% do total de água doce líquida existente no planeta. Daí os aquíferos desempenharem um papel fundamental no abastecimento público e privado de água em todo o mundo, satisfazendo a necessidade de aproximadamente 1,5 bilhões de pessoas.

O equilíbrio entre a procura (consumo) e a oferta (recursos) começa a deixar de existir. Mais de 30 países sofrem de uma séria crise crônica de falta de água e a água subterrânea é cada vez mais usada para fazer face à procura. A agricultura é a maior consumidora de água no mundo (70%), seguida da indústria (20%) e dos lares (10%). Esforços consideráveis têm sido feitos para reduzir o consumo na indústria e nos lares, mas muito continuam por fazer no que respeita à eficiência na irrigação agrícola. O aumento do uso, não sustentável, de água subterrânea para irrigação em zonas áridas é de particular gravidade (UNESCO, 2007).

Na maior parte dos casos, a água subterrânea é menos contaminada do que a superficial, uma vez que se encontra protegida da contaminação à superfície proveniente dos solos e da cobertura rochosa. É por isso que, em diversas partes do mundo, a maior parte da água que se bebe é água subterrânea. No entanto, o aumento da população humana, as modificações do uso da terra e a industrialização acelerada, colocam a água subterrânea em perigo. A água subterrânea poluída só pode ser descontaminada por intermédio de processos caros e demorados. Nos piores casos, o abandono completo da sua utilização durante muito tempo é a melhor solução (UNESCO, 2007).

Segundo Oliveira & Maia (1998) nos aquíferos da região da Chapada do Apodi a água de poços tubulares rasos (influenciados pelo calcário) e profundos (confinados no arenito) apresenta maiores problemas que as águas superficiais, devido aos maiores valores de pH e à concentração de íons bicarbonatos.

A Chapada do Apodi, localizada na divisa entre os estados do Ceará e do Rio Grande do Norte a aproximadamente 240 km de Fortaleza, tem uma importante reserva de água subterrânea armazenada nos calcários clásticos e dolomíticos da formação Jandaíra. Nesta área, a predominância de calcários e de arenitos desta formação não favorece a presença de rios e riachos;

portanto, recursos hídricos superficiais são escassos, o que leva à exploração dos recursos hídricos subterrâneos para utilização na irrigação de áreas agrícolas e consumo de pequenas comunidades (Fernandes *et al.*, 2005). De acordo com o mesmo autor, a Formação Jandaíra caracteriza-se por carbonatos marinhos de águas rasas, e sua litologia dominante é constituída por calcários clásticos e dolomíticos compactos, duros, lajeados e fraturados.

De acordo com Amaral *et al.* (2003), o propósito primário para a exigência de qualidade da água é a proteção à saúde pública. A água de consumo humano é um dos importantes veículos de enfermidades diarréicas de natureza infecciosa, o que torna primordial a avaliação de sua qualidade microbiológica.

A principal fonte de água para a abastecimento humano na Chapada do Apodi é subterrânea, cuja captação é feita do arenito Açú, em poços com cerca de 800m de profundidade, e do calcário Jandaíra, com profundidade em torno de 100m. Atualmente, o tipo de poço mais utilizado é aquele que explora o aquífero calcário Jandaíra.

Devido o agronegócio estar se desenvolvendo de forma acelerada na Chapada do Apodi, há uma preocupação por parte da população que habita nas proximidades das empresas que cultivam frutas tropicais, em relação ao uso inadequado de fertilizantes agrícolas e agrotóxicos, na qual são fontes de contaminação do aquífero, e assim podendo afetar a qualidade das águas subterrâneas.

Tendo em vista a problemática da Chapada do Apodi com o desmatamento, o uso inadequado do solo, a intensa perfuração de poços e o uso descontrolado dos agrotóxicos, a pesquisa visa analisar as águas subterrâneas que abastecem as comunidades de Km 60 e Sucupira, através dos seguintes parâmetros bacteriológicos, hidroquímicos e físico-químicos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A litologia do aquífero, ou seja, a sua constituição geológica (porosidade/permeabilidade intergranular ou de fissuras) é que irá determinar a velocidade da água em seu meio, a qualidade e a sua quantidade como reservatório. Essa litologia é decorrente da sua origem geológica, que pode ser fluvial, lacustre, eólica, glacial e aluvial (rochas sedimentares), vulcânica (rochas fraturadas) e metamórfica (rochas calcária), determinando os diferentes tipos de aquíferos. Quanto à porosidade, existem três tipos de aquífero: poroso, fissural e cárstico (Leal, 1999; Borguetti *et al.*, 2004).

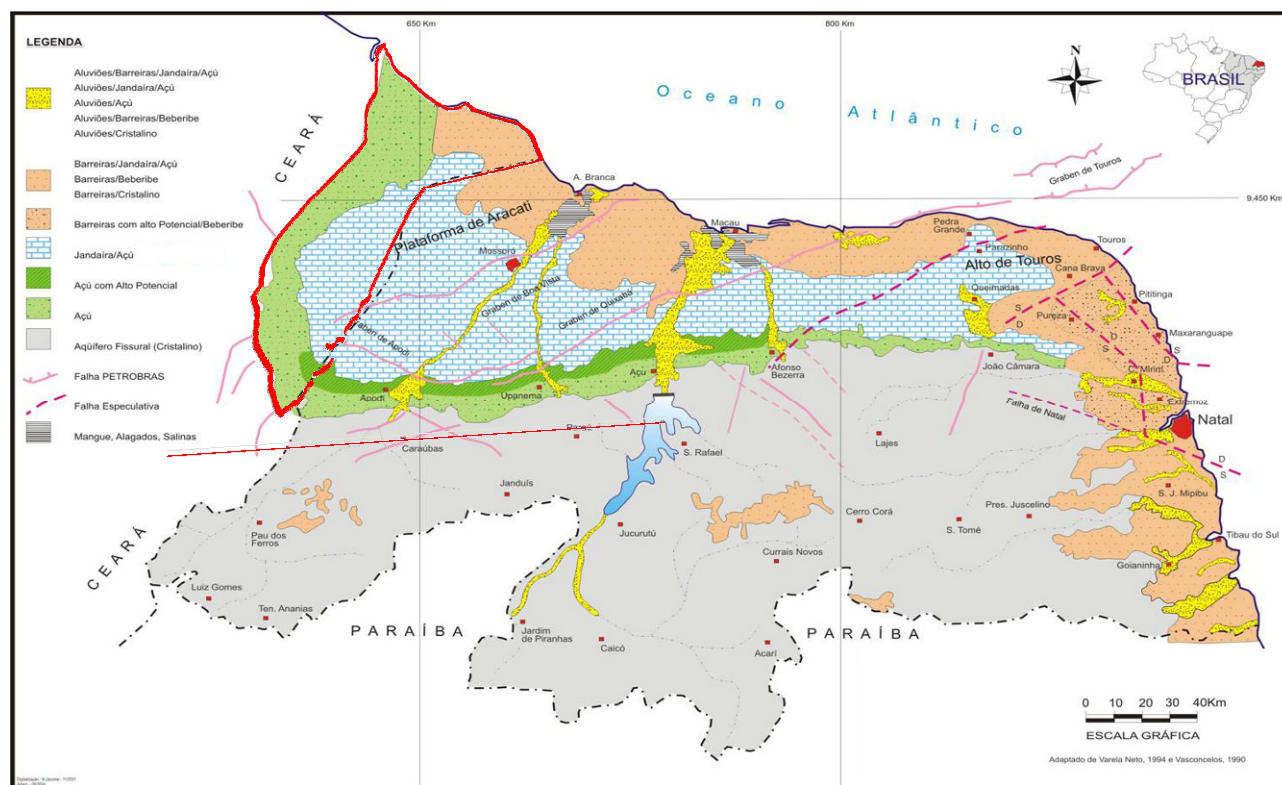
Os sistemas porosos constituem-se de rochas sedimentares; os fissurados, de rochas cristalinas e cristalofilianas; e os cársticos, de rochas carbonáticas com fraturas e outras descontinuidades submetidas a processos de dissolução cárstica (Leal, 1999).

A Região Nordeste do Brasil possui algumas bacias hidrográficas de grande importância. Dentre elas destaca-se a Bacia Sedimentar Potiguar. Segundo Brasil (1981), a Bacia Potiguar situa-

se no Nordeste brasileiro, ocupando parte dos Estados do Rio Grande do Norte e do Ceará. A forma geométrica geral da seqüência sedimentar é uma cunha que se espessa para o norte em direção ao mar, atingindo espessuras superiores a 1.000 metros.

2.1 - Caracterização da Área de Estudo

A segunda maior reserva de água subterrânea do estado do Ceará está localizada na Chapada do Apodí, porção leste do estado do Ceará, na divisa do Ceará com o Rio Grande do Norte (Figura 1). Geograficamente, pertence aos municípios de Limoeiro do Norte, Quixeré, Tabuleiro do Norte e Alto Santo no estado do Ceará, e aos municípios de Baraúna, Dix-Sept Rosado, Felipe Guerra e Apodí no Rio Grande do Norte; está distante cerca de 200 km de Fortaleza.



Fonte: Adaptado de PERH/RN, 1999.

Figura 1 – Localização da Bacia Potiguar.

Segundo Fernandes *et. al* (2005), a Formação Açu caracteriza-se por sedimentos clásticos em camadas relativamente espessas, variando de areias finas a seixos. Esta formação tem comportamento de aquífero confinado onde está sobreposto pelo Jandaira e pelo seu nível superior mais argiloso, e de aquífero livre, nas zonas de afloramento (zonas de recarga). Sua litologia é formada por arenitos brancos, cinza e avermelhados, com intercalações de folhelhos, siltitos e calcarenitos. Esta formação apresenta espessura média de 150m na área de afloramento. Tem suave mergulho para o norte, quando aumenta gradativamente de espessura, chegando a atingir em média 500m.

A Formação Jandaíra compreende calcarenito com bioclastos de moluscos, algas verdes, briozoários e equinóides. Também ocorrem calcilitos com marcas de raízes, dismicritos e gretas de contração. A Formação Jandaíra apresenta uma ampla variação litológica tanto vertical como horizontal composta por calcários cinzas e cremes, margas, siltitos, folhelhos, argilitos e dolomitos. O ambiente deposicional é descrito como uma planície de maré, laguna rasa, plataforma rasa e mar aberto. O contato inferior desta Formação é concordante com a Formação Açú. A Figura 2 mostra um afloramento do calcário Jandaíra, (COGERH, 2009).



Figura 2 - Afloramento de calcário da Formação Jandaíra, Chapada do Apodi – Ceará, 2007.

A água subterrânea é, sem dúvida, fonte abundante e imprescindível para o abastecimento público e para fins industriais. Dessa forma, é importante que os resíduos sólidos, os resíduos líquidos e os resíduos gasosos, provenientes de atividades agropecuárias, industriais, comerciais ou de qualquer natureza, só possam ser conduzidos ou lançados de forma a não poluírem as águas subterrâneas, (CETESB, 2009).

A água subterrânea é vulnerável a diferentes formas de contaminação química e biológica, quer seja pelo lançamento inadequado de fertilizantes, agrotóxicos, pela disposição inadequada de resíduos sólidos domésticos e industriais e por microorganismos patogênicos que proliferam durante a decomposição de cadáveres (CETESB, 2009).

Segundo Silva e Araújo (2003), o destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanques sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, postos de combustíveis e de lavagem e a modernização da agricultura representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas e substâncias orgânicas e inorgânicas, Figura 3.



Figura 3 – Fontes de contaminação da água subterrânea na Chapada do Apodi, Ceará

No meio rural, os poços, são a principal fonte de abastecimento de água, que na maioria das vezes pouco profundos tornam-se bastante susceptíveis à contaminação. O consumo de água segundo os padrões de potabilidade adequados é de importância fundamental para a saúde humana. No Brasil, a vigilância da qualidade da água é normatizada pela Portaria N° 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, que estabelece os Valores Máximos Permitidos (VMP) para contaminantes bacteriológicos e para as características físico-químicas que representam riscos para a saúde, Brasil (2004).

2.2 - Qualidade da Água

O estudo hidrogeoquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos presentes nas águas subterrâneas, procurando estabelecer-se uma relação com o meio físico rochoso. Os processos e fatores que influenciam na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero. A água subterrânea tende a aumentar a concentração de substâncias dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos, mas muitos outros fatores interferem, tais como: o clima, a composição da água da recarga, o tempo de contato/meio físico entre outros, além da contaminação antropica (Fenzel, 1986).

Do ponto de vista hidrogeológico, a qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo da mesma. A disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para determinados tipos de uso, depende fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica (Feitosa *et al.*, 1997).

A avaliação de parâmetros físico-químico fornece uma idéia da qualidade da água subterrânea de um determinado local. A estimativa dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD), obtida através da Condutividade Elétrica dá uma idéia da potabilidade da água. Quando a estimativa for igual ou maior que 1000 mg L^{-1} , as águas são salobras e/ou podem estar contaminadas. Segundo Feitosa; Manoel Filho (1997), na maioria das águas subterrâneas naturais, a Condutividade Elétrica da água multiplicada por um fator, que varia entre 0,58 a 0,75, gera uma boa estimativa dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) na água.

As águas subterrâneas cumprem função importante e, em inúmeros casos, é vital para o fornecimento de água potável. Por isso, recomenda-se a sua proteção, com eliminação das causas de possíveis contaminações, bem como o uso de filtração, antes da desinfecção, para reduzir, a um nível significativo, o risco de transmissão de parasitos pela água (OMS, 1995 apud Abramovich, 1998).

Entre os constituintes inorgânicos mencionados nos Guias da OMS sobre Qualidade de Água Potável como nocivos à saúde, o nitrato é aquele que apresenta ocorrência mais generalizada e problemática, devido a sua alta mobilidade e estabilidade nos sistemas aeróbios de águas subterrâneas (Foster, 1993). Elevados índices de nitrato, nitrito e amônia estão sempre associados com algumas formas de contaminação fecal e, conseqüentemente, com qualidade microbiológica insatisfatória (Packham, 1992).

A gestão da qualidade das águas subterrâneas é considerada na legislação federal através de duas resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. A Resolução nº 15, de 2001, estabelece que os Estados devem orientar os municípios sobre as diretrizes de gestão integrada das águas subterrâneas, propondo mecanismos de estímulo à proteção das áreas de recarga dos aquíferos e a Resolução no 22, de 2002, afirma que os planos de bacia devem explicitar medidas de prevenção, proteção, conservação e recuperação dos aquíferos, sendo que a criação de áreas de uso restritivo poderá ser adotada com medida para alcance dos objetivos propostos (ANA, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODO

A pesquisa foi desenvolvida em duas comunidades (Km 60 e Sucupira) situadas na Chapada do Apodi, no município de Limoeiro do Norte, localizado na região do Baixo Jaguaribe, porção nordeste do Estado do Ceará (Figura 4), limitando-se com os municípios de Quixeré, Tabuleiro do

Norte, Russas, Morada Nova e com o estado do Rio Grande do Norte. Localiza-se nas cartas topográficas Quixeré (SB. 24-X-C-III) e Limoeiro do Norte (SB. 24-X-C-II), todas da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, escala 1:100.000.

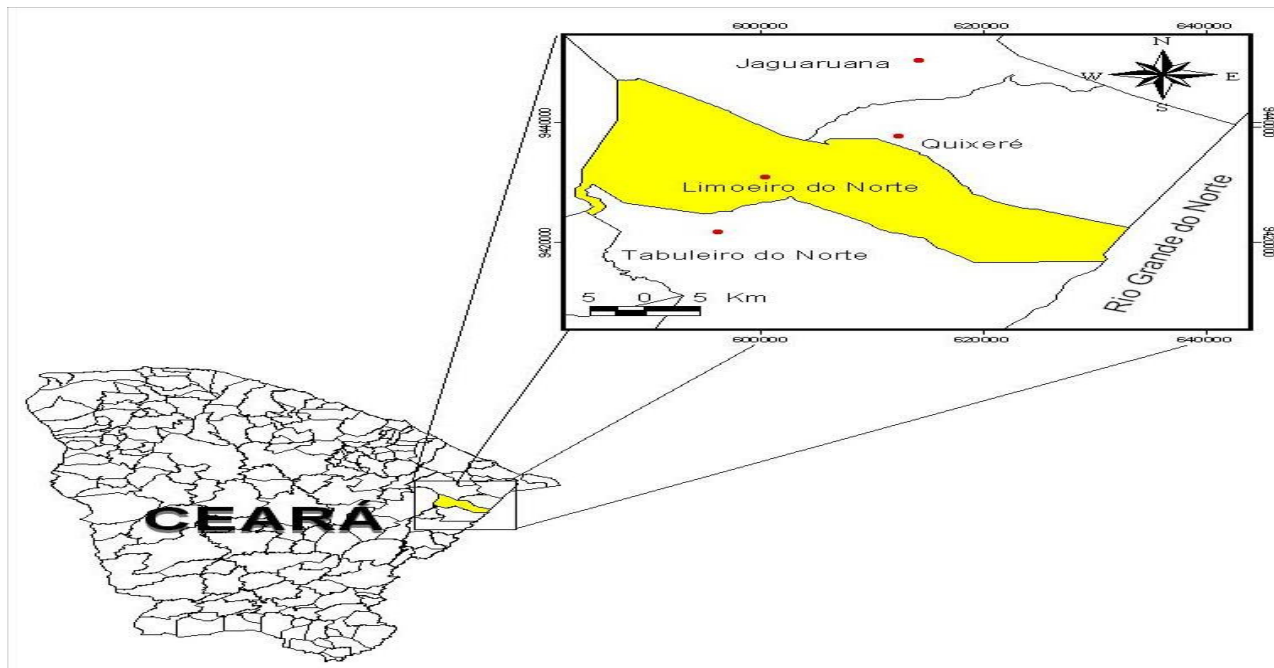


Figura 4 - Localização do município de Limoeiro do Norte.

De acordo com dados do Guia Municipal 2009/2010 (Frota, 2009), a região estudada é caracterizada em sua maioria por um clima tropical quente semi-árido com chuvas de fevereiro a abril e temperaturas variando entre 23°C a 29°C. A precipitação pluviométrica em média para a região encontra-se em torno de 720,50 mm a 949 mm. O relevo é constituído pela Chapada do Apodi.

A vegetação é basicamente formada pela caatinga arbustiva aberta, caatinga arbustiva densa. Diversos solos são encontrados na região, sendo a maioria: podzólico vermelho amarelo distrófico e eutrófico.

3.1 - Caracterização da Amostra

Para atender os objetivos propostos, foram realizadas duas campanhas de coleta d'água nos poços que abastecem as comunidades do Km 60 situada nas coordenadas de UTM (Latitude: 9.422.783 e Longitude: 624.439) e Sucupira localizada nas coordenadas de UTM (Latitude: 9.418.023 e Longitude: 621.423) Figuras 5 e 6, respectivamente, em períodos distintos (Quadra Invernosa e Estiagem) nos meses de abril e setembro de 2008. Os poços relacionados acima se encontram equidistantes em torno de 5,6 km e têm profundidades médias de 80 metros, explotando água do aquífero Jandaíra e estão locados próximos de áreas agricultáveis com irrigação e áreas habitacionais sem saneamento.



Figura 5 – Comunidade de Km 60



Figura 6 – Comunidade de Sucupira

3.2 - Metodologia

3.2.1 - Bacteriologia

As análises bacteriológicas foram realizadas utilizando o método colilert para obter o número mais provável (NMP) de coliformes totais e coliformes termotolerantes em 100 ml de água. As amostras foram realizadas no mesmo dia da coleta no laboratório improvisado na Gerencia Regional da COGERH, por técnicos da Universidade Federal do Ceará (UFC).

3.2.2 - Hidroquímica

As amostras de águas foram coletadas diretamente dos poços após serem bombeadas por, no mínimo, cinco minutos para análise de pH, condutividade elétrica (CE), temperatura, dureza total, cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+), potássio (K^+), cloreto (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), bicarbonato (HCO_3^-), carbonato (CO_3^{2-}), amônio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), turbidez, cor aparente, sólidos totais dissolvidos (STD) e ferro. Temperatura, CE e pH foram medidos *in loco* utilizando uma sonda portátil e turbidez, Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , dureza total, Ca^{2+} e Mg^{2+} foram determinados por técnicos da UFC no mesmo dia em laboratório improvisado na Gerencia Regional da COGERH, Limoeiro do Norte. As outras análises foram realizadas no Laboratório de Hidroquímica do Departamento de Física da UFC, num intervalo máximo de 7 dias entre coleta e análise.

Os métodos utilizados para efetuar as análises de Cl^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , dureza total, Ca^{2+} e Mg^{2+} foram titulométricos, SO_4^{2-} , NH_3 , NO_2^- e cor aparente por espectrofotometria, Na^+ e K^+ por fotometria de chama, STD por análise gravimétrica e turbidez medida com turbidímetro de bancada, todos os métodos baseados em APHA (1992). O método do nitrover foi adotado para análise de NO_3^- e o comprimento de onda foi 500 nm.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Parâmetros Bacteriológicos

Na Tabela 1 estão apresentados os resultados dos coliformes totais e termotolerantes para as Comunidades de Km 60 e Sucupira.

Tabela 1 - Coliformes Totais e Termotolerantes das águas subterrâneas dos poços das comunidades de Km 60 e Sucupira, município de Limoeiro do Norte.

Parâmetros	Período Chuvoso (abril 2008)		Período Seco (setembro 2008)	
	Poço Comunidade Km 60	Poço Comunidade Sucupira	Poço Comunidade Km 60	Poço Comunidade Sucupira
Coliformes Totais (NMP 100ml ⁻¹)	23,3	24,9	35,5	< 1,0
Termotolerantes (NMP 100ml ⁻¹)	< 1,0	< 1,0	35,5	< 1,0

A qualidade bacteriológica de uma água é realizada normalmente através de bactérias do grupo coliformes, principalmente os coliformes totais e *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes (Santos, 2008). A presença de coliformes indica a possibilidade de contaminação da água por esgotos domésticos, porém nem toda água com coliformes representa risco para a saúde, mas é indicativo que microrganismos patogênicos poderão estar presentes e gerar doenças de veiculação hídricas.

A Figura 7 apresenta valores de Coliformes Totais e Termotolerantes dos poços das comunidades de Km 60 e Sucupira, município de Limoeiro do Norte, no (período chuvoso) coletada em abril de 2008 e no (período seco) coletada em setembro de 2008.

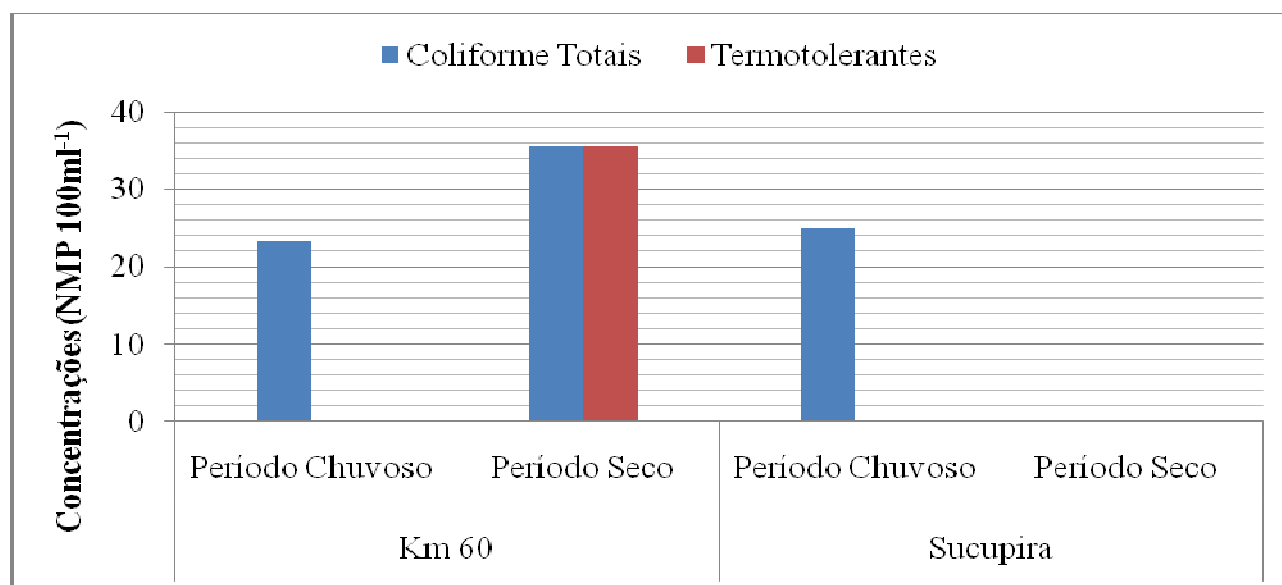


Figura 7 - Coliformes Totais e Termotolerantes dos poços das comunidades de Km 60 e Sucupira, município de Limoeiro do Norte

Ferreira *et al.* (2007), pesquisando a qualidade da água subterrânea na Escola Superior Agrária de Coimbra, encontraram valores de 350 NPM 100ml⁻¹ para coliformes totais e 17 NPM 100ml⁻¹ para coliformes termotolerantes, no período de dezembro de 2005.

Observou-se que os Coliformes Totais se encontram em ambos os períodos na Comunidade do Km 60, sendo que na Comunidade de Sucupira apenas no período chuvoso. Com relação aos Coliformes termotolerantes, que são decorrentes de ação antrópica estavam presentes na água do poço da comunidade do Km 60 no período seco, no qual deve estar ausentes nas águas potáveis.

Estes coliformes estão relacionados diretamente com as condições inadequadas dos poços que permitem facilmente a entrada de água (imprópria) da chuva que carregam todo material em dissolução ou não da superfície do terreno.

4.2 – Parâmetros Hidroquímicos

Os resultados dos parâmetros hidroquímicos (STD, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻ e Fe) estão apresentados na Tabela 2, para as amostras de água subterrânea dos poços das comunidades de Km 60 e Sucupira, município de Limoeiro do Norte, no (período chuvoso) coletada em abril de 2008 e no (período seco) coletada em setembro de 2008.

Tabela 2 - Hidroquímica das águas subterrâneas dos poços das comunidades de Km 60 e Sucupira, município de Limoeiro do Norte.

Parâmetros	Período Chuvoso (abril 2008)		Período Seco (setembro 2008)	
	Poço Comunidade Km 60	Poço Comunidade Sucupira	Poço Comunidade Km 60	Poço Comunidade Sucupira
	Concentrações (mg L ⁻¹)		Concentrações (mg L ⁻¹)	
STD	1141,53	663,74	706,33	655,99
Ca ²⁺	73,60	44,80	110,00	70,00
Mg ²⁺	49,57	69,98	27,95	55,89
Na ⁺	56,95	33,47	56,95	38,18
K ⁺	5,14	6,80	5,14	10,06
Cl ⁻	460,32	77,03	82,80	75,50
SO ₄ ²⁻	47,50	30,54	24,33	24,45
CO ₃ ²⁻	20,64	56,02	46,70	54,49
HCO ₃ ⁻	395,68	344,72	324,47	324,47
NH ₄ ⁺	ND	ND	0,36	2,65
NO ₂ ⁻	0,26	0,35	0,67	0,31
NO ₃ ⁻	31,87	ND	26,96	ND
Fe	0,01	0,02	ND	0,01

ND = Não Detectado

A Figura 8 apresenta valores dos parâmetros hidroquímicos dos poços das comunidades de Km 60 e Sucupira, município de Limoeiro do Norte, nos períodos chuvoso (abril/2008) e seco (setembro/2008).

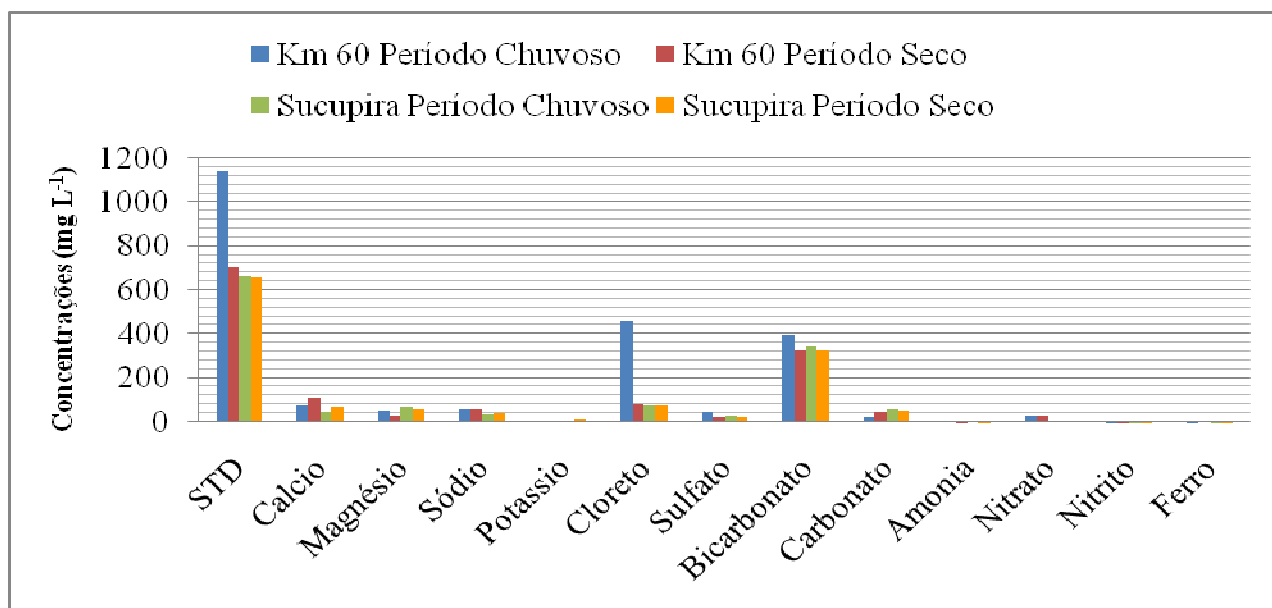


Figura 8 – Parâmetros hidroquímicos dos poços das comunidades de Km 60 e Sucupira, município de Limoeiro do Norte.

Os valores encontrados nesta pesquisa para os **Sólidos Totais Dissolvidos (STD)** foram superiores ao encontrado por Marion *et al.* (2007), analisando a água subterrânea no poço do campus da Universidade Federal de Santa Maria – RS, que encontraram valores médios de 295 mg L⁻¹ de Sólidos Totais Dissolvidos (STD), obtidas através da Condutividade Elétrica, onde variaram entre 247 a 410 mg L⁻¹.

Os valores de **Cálcio** encontrados na comunidade de Km 60 foram de 73,60 mg L⁻¹ (período chuvoso) e 110 mg L⁻¹ (período seco), enquanto que na comunidade de Sucupira os valores foram de 44,80 mg L⁻¹ (período chuvoso) e 70 mg L⁻¹ (período seco). Alencar (2007), pesquisando a água de poços no calcário jandaíra e restrições na agricultura irrigada, encontrou valores absolutos observados de cálcio que variaram entre 6,2 e 26,5 mmolc.L⁻¹ na 1^a coleta e 7,1 e 23,7 mmolc.L⁻¹ na 4^a coleta, onde apenas a localidade de Gangorra apresentou valores considerados acima dos normais (>20 mmolc.L⁻¹) segundo Ayers & Westcot (1999), embora que os valores médios não ultrapassem este patamar.

Com relação ao **magnésio** os valores identificados nesta pesquisa foram superiores no período chuvoso de 49,57 mg L⁻¹ e 69,98 mg L⁻¹, em Km 60 e Sucupira, respectivamente. Segundo Alencar (2007), estudando a água de poços no calcário jandaíra e restrições na agricultura irrigada, detectou valores de magnésio que variaram entre 2,69 e 8,53 mmolc.L⁻¹ na 1^a leitura e entre 2,6 e 15,4 mmolc.L⁻¹, com a localidade de Gangorra apresentando os maiores valores nas duas épocas.

Ferreira *et al.* (2007), pesquisando a qualidade da água subterrânea na Escola Superior Agrária de Coimbra encontraram valores inferiores de **sódio** (6,47 a 27,42 mg L⁻¹) aos obtidos nesta pesquisa (33,47 a 56,95 mg L⁻¹), apesar das concentrações ultrapassarem o VMR (Valor Máximo Recomendado), estão abaixo do VMA (Valor Máximo Admissível) de água para consumo.

Nos valores de **potássio** estudados na comunidade de Km 60 foram constantes (5,14 mg L⁻¹) em ambos os períodos (chuvoso e seco), já na comunidade de Sucupira os valores obtidos entre os períodos foram de 6,80 mg L⁻¹ (chuvoso) e 10,06 mg L⁻¹ (seco).

Costa *et al.* (2006), analisando os aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, identificou concentrações médias de 1741,7 mg L⁻¹ de **cloretos**, sendo inferiores ao encontrado nesta pesquisa, com exceção do valor encontrado na Comunidade de Km 60 no período chuvoso que foi superior (460 mg L⁻¹), sendo que esta acima VMP pela Portaria 518/2004.

O valor máximo de **sulfato** obtido neste estudo foi 47,50 mg L⁻¹, sendo inferior ao encontrado por Costa *et al.* (2006), estudando os aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, que alcançou valores médios de 108,1 mg L⁻¹.

O ânion **bicarbonato** no período seco foi praticamente igual entre as comunidades, no período chuvoso o aumento foi maior na comunidade de Km 60. Tanto no período chuvoso como no período seco o ânion **carbonato** aumentou na comunidade de Sucupira.

Valores encontrados por Marion *et al.* (2007) para bicarbonato que variaram entre 134 e 209 mg L⁻¹, com média de 189,45 mg L⁻¹, estudando a água subterrânea no poço do campus da Universidade Federal de Santa Maria – RS, foram inferiores ao estudado nesta pesquisa.

Dentre as amostras estudadas, apenas a amostra da comunidade de Sucupira no período seco obteve valores acima VMP com relação com **íon nitrogenado amônia**, os demais íons nitrogenados (**Nitrito e Nitrato**) ficaram abaixo do recomendado pela Portaria nº 518/2004.

De acordo com a Resolução N° 396 do CONAMA (2008) as restrições quanto às concentrações de nitrito e nitrato são os VMP indicados no Tabela 3.

Tabela 3 - Restrições (VMP) quanto às concentrações de nitrito e nitrato (CONAMA, 2008).

Uso	mg NO ₂ ⁻ L ⁻¹	mg N-NO ₂ ⁻ L ⁻¹	mg NO ₃ ⁻ L ⁻¹	mg N-NO ₃ ⁻ L ⁻¹
Consumo Humano	3,3	1	44,3	10
Dessedentação de animais	32,9	10	398,5	90
Irrigação	3,3	1	-	-
Recreação	3,3	1	44,3	10

VPM – Valor Máximo Permitido

Em ambas as Comunidades as concentrações de **ferro** são mais altas no período chuvoso do que no seco. Sendo que na Comunidade de Sucupira o valor foi superior ao da comunidade Km 60. As amostras estão dentro do padrão de potabilidade em relação ao ferro, de acordo com a Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

Segundo Ferreira *et al.* (2007), analisando a qualidade da água subterrânea na Escola Superior Agrária de Coimbra, os valores máximos obtidos foram de 0,79 mg L⁻¹, sendo superiores aos obtidos nesta pesquisa.

4.3 - Parâmetros Físico-Químicos

Os resultados para os parâmetros físico-químicos (turbidez, cor, dureza, CE e pH) encontram-se nas Tabelas 4, para as amostras de água subterrânea dos poços das comunidades de Km 60 e Sucupira, município de Limoeiro do Norte, no (período chuvoso) coletada em abril de 2008 e no (período seco) coletada em setembro de 2008.

Os parâmetros turbidez, cor, dureza, CE e pH, também característicos do sistema aquífero, têm seus dados discutidos nos gráficos, permitindo caracterizar a qualidade da água nos dois poços estudados, para o final do período seco e no final do período chuvoso, quando os poços já recebeu recarga. O pH condiciona processos de dissolução e de precipitação de minerais do aquífero; CE expressam a salinidade das águas, embora sem indicar os íons envolvidos. A dureza condicionam precipitação produzindo incrustação.

Tabela 4 - Parâmetros físicos e químicos das águas subterrâneas dos poços das comunidades de Km 60 e Sucupira, município de Limoeiro do Norte.

Parâmetros	Período Chuvoso (abril 2008)		Período Seco (setembro 2008)	
	Poço Comunidade Km 60	Poço Comunidade Sucupira	Poço Comunidade Km 60	Poço Comunidade Sucupira
Turbidez (uT)	0,56	0,83	0,39	0,51
Cor (uH)	ND	ND	ND	1,80
Dureza (mg L ⁻¹)	388,00	400,00	390,00	405,00
CE (µS/cm)	1060	910	913	802
pH	8,4	8,20	8,50	8,90

ND = Não Detectado

O processo natural de recarga muda a **turbidez** das águas em cada poço; através da lixiviação do solo, a água transporta material em suspensão.

A Figura 9 apresenta valores dos parâmetros físico-químicos dos poços das comunidades de Km 60 e Sucupira, município de Limoeiro do Norte, nos períodos chuvoso (abril/2008) e seco (setembro/2008).

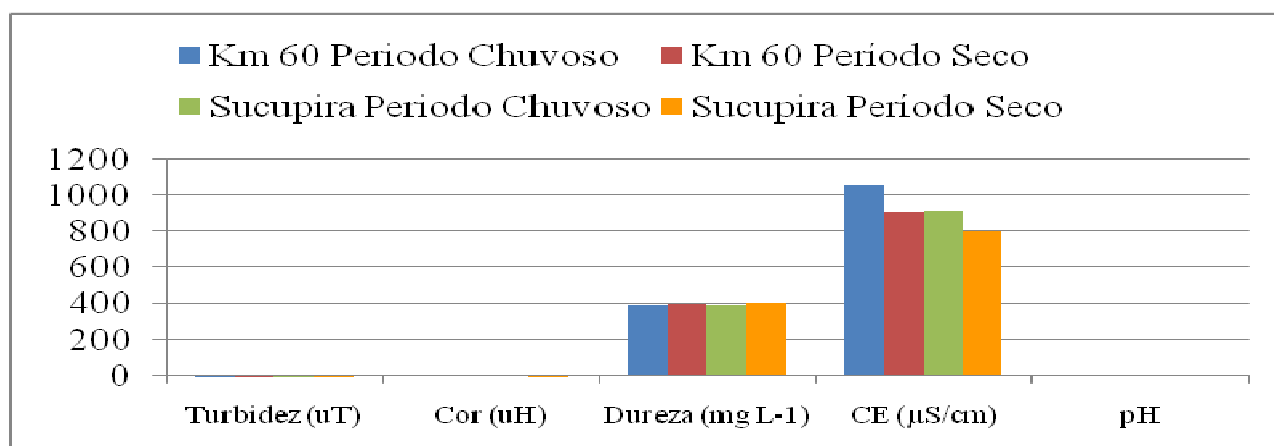


Figura 9 – Parâmetros físico-químicos dos poços das comunidades de Km 60 e Sucupira, município de Limoeiro do Norte.

As águas dos poços das Comunidades de Km 60 e Sucupira apresentaram valores abaixo do VMP (5 uT) para as águas potáveis em relação à turbidez; em ambos os períodos, sendo este valor determinado pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde. Ferreira *et al.* (2007), pesquisando a qualidade da água subterrânea na Escola Superior Agrária de Coimbra encontraram valores máximos de 2,0 uT, sendo superiores aos obtidos nesta pesquisa.

É a recarga o processo natural que muda também a **cor** em cada poço, como ela ocorre através da lixiviação do solo, transporta material em suspensão. As águas dos poços das Comunidades de Km 60 e Sucupira apresentaram valores abaixo do VMP (15 uH) para as águas potáveis em relação à cor em ambos os períodos, sendo este valor determinado pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.

Em ambas as comunidades os valores de **dureza** são mais altos no período seco (390 mg L⁻¹ Km 60 e 405 mg L⁻¹ Sucupira) do que no período chuvoso (380 mg L⁻¹ Km 60 e 400 mg L⁻¹ Sucupira). Medeiros *et al.* (2003), caracterizando as águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi, encontraram valores da dureza com mais de 500 mg de CaCO₃ L⁻¹, valores acima do estudado nesta pesquisa.

Como os poços coletados captam água do calcário Jandaira apresentam elevados valores de dureza. A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde determina águas não potáveis quando o Valor Máximo Permitido ultrapasse 500 mg L⁻¹, (VMP >500 mg L⁻¹).

Em ambas as comunidades os valores da **Condutividade Elétrica (CE)** são mais elevados no período chuvoso do que no período seco, sendo maior na Comunidade de Km 60 (1060 μS/cm). Os valores obtidos neste estudo foram inferiores ao encontrado por Costa *et al.* (2006), estudando os

aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, que alcançou valores médios de 4359,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Em ambas as comunidades, as águas apresentaram **pH** mais baixo no período chuvoso do que no período seco (8,90). Como as águas de chuva são ácidas, a recarga no período chuvoso diminui o pH das águas subterrâneas; quando a recarga é pequena, a mudança é pouco significativa.

Os valores de pH pesquisados foram superiores ao encontrado por Marion *et al.* (2007), avaliando a qualidade da água subterrânea no poço do campus da Universidade Federal de Santa Maria – RS, que encontraram valores médios de 7,63 para o pH, variando entre 6,79 a 8,28, sendo os valores acima de 8,2 indicativos da alcalinidade também para íons carbonato e/ou hidróxidos.

5. CONCLUSÕES

Os parâmetros bacteriológicos (Coliformes Totais) foram encontrados em ambos os períodos na Comunidade do Km 60, sendo que na Comunidade de Sucupira apenas no período chuvoso. Com relação aos Coliformes Termotolerantes, que são decorrentes de ação antrópica estavam presentes na água do poço da comunidade do Km 60 no período seco, no qual deve estar ausentes nas águas potáveis.

Os parâmetros hidroquímicos analisados das águas dos poços das duas comunidades estão de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 518/2004, com exceção dos Sólidos Totais Dissolvidos (STD) e Cloretos que na Comunidade do Km 60 no período chuvoso foram superiores aos valores máximos permitidos (VMP). Com relação ao íon nitrogenado (amônia) a água da comunidade de Sucupira no período seco foi superior ao VMP para águas potáveis.

Tanto a Organização Mundial da Saúde quanto a Portaria n.º 518/2004 do Ministério da Saúde, e ainda a Resolução n.º 396/2008, não fazem referência a concentração de cálcio isoladamente, mas este elemento aparece associado a dureza total.

De acordo com a Portaria n.º 518/2004 e Resolução n.º 396/2008, não existe VMP para consumo humano dos elementos potássio e magnésio.

Todos os parâmetros físico-químicos estudados nas águas dos poços das comunidades de Km 60 e Sucupira, em ambos os períodos (chuvoso e seco) encontram-se dentro dos padrões de potabilidade pela Portaria 518/2004.

A Condutividade Elétrica em ambas as comunidades, os valores foram mais elevados no período chuvoso do que no período seco, sendo maior na Comunidade de Km 60. O pH variou de 8,2 a 8,4 no período chuvoso, enquanto que no período seco variou de 8,5 a 8,9.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMOVICH, B. et al. Cryptosporidium y agua: estudio de una asociación riesgosa. Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Argentina, n. 36, p. 30-34, 1998

ALENCAR, Renato Dantas. Monitoramento da qualidade da água de poços no calcário Jandaíra e restrições na agricultura irrigada. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Área de Concentração: Agricultura Tropical. Mossoró: 2007.

AMARAL, L. A.; Nader Filho, A.; Rossi Junior, O; Ferreira, F. L. A.; Barros, L.S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. Rev. Saúde Pública, vol. 37 n. 4. Agosto 2003. p 510-514

ANA - Agência Nacional de Águas. PANORAMA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO BRASIL. Caderno de Recursos Hídricos. Brasília 2005.

APHA. Standard Methods for the examination of water and wastewater. 18. ed. AWWA –WPCP, 1992.

AYERS, R.S.; Westcot, D.W. A qualidade de água na agricultura 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p. FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1

BEZERRA, E. A. Falta de água potável ameaça a humanidade. Webartigos. Categoria: Meio Ambiente. 03/02/2008.

BORGHETTI, N.R.B.; Borghetti, J.R.; Rosa Filho, E.F. Aquífero Guarani: A verdadeira integração dos países do mercosul. Curitiba:Maxigáfica, 2004. 214p.

BRASIL, Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. Projeto RADAMBRASIL. Folhas S.B. 24/25 Jaguaribe/Natal; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro,1981. 744p. (Levantamento de Recursos Naturais, 23).

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria N° 518, de 25 de março de 2004. DOU. N° 59. Brasília, 26/03/2004. Seção 1. p.266

COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (COGERH). Plano de Gestão Participativa dos Aquíferos da Bacia Potiguar, Estado do Ceará. Fortaleza, Outubro 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Poluição das Águas Subterrâneas e do Solo Causada por Vazamentos em Postos de Abastecimento. Waterloo hydrogeologic. 1996. Acesso em: 02 novembro 2009. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/acidentes/postos/introducao>

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - RESOLUÇÃO CONAMA Nº 396/2008. Capítulo VI – Artigo 34º - Dispõe os Valores Máximos Permitidos - VMP.

COSTA, A. M. de B.; Melo, J. G. de.; Silva, F. M. da. Aspectos da salinização das águas do aquífero cristalino no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil Águas Subterrâneas, v.20, n.68 1, p.67-82, 2006

FEITOSA, A. C. F. e Manoel Filho, J. Hidrogeologia - conceitos e aplicações. CPRM - Serviço Geológico do Brasil, Editora Gráfica LCR: Fortaleza, 1997. 389p.

FENZEL, N. Introdução á hidrogeoquímica. Belém: UFP, 1986. 189 p.

FERREIRA, C. S.; Dias, J. M.; Herder, I.; Costa, M. L.; Ferreira, A. D. MONITORIZAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA DE COIMBRA. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, 2007.

FERREIRA, W. B. *et al.* Estudo da alcalinidade em carbonato e bicarbonato de cálcio na água de alimentação de um sistema de dessalinização via osmose inversa (oi) submetido à pré-tratamentos físico-químicos. 47º CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA. NATAL, 2007.

FERNANDES, M. A. B.; Santiago, M. M. F.; Gomes, D. F.; Mendes Filho, J.; Frischkorn, H.; Lima, J. O. G. A origem dos cloretos nas águas subterrâneas na Chapada do Apodi – Ceará. Águas Subterrâneas, v. 19, n. 1, p. 25-34, 2005

FOSTER, S. *et. al.* Determinação de riscos de contaminação das águas subterrâneas: uma metodologia embasada em dados pré-existentes. São Paulo: instituto Geológico, 1993. 87 p.

FROTA, S. X. G. GUIA MUNICIPAL. Revista dos Municípios do Ceará, Fortaleza, ano XII, n.º 05, 2009/2010.

MEDEIROS, J. F. de; Lisboa, R. de A.; Oliveira, M. de; Silva Júnior, M. J. da; Alves, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.3, p.469-472, 2003. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG - <http://www.agriambi.com.br>

LEAL, A.S. As águas subterrâneas no Brasil: Ocorrências, disponibilidades e uso. In: FREITAS, M.A.V. (Org.). O Estado das Águas no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas; Ministério do Meio Ambiente, Secretaria dos Recursos Hídricos, Ministério de Minas e Energia, 1999. 334p.

MARION, F. A.; Capoane, V.; Silva, J. L. S. DA. Avaliação da qualidade da água subterrânea em poço no campus da UFSM, Santa Maria – RS. Ciência e Natura, UFSM, 29(1): 97 - 109, 2007.

OLIVEIRA, O.; Maia, C.E. Qualidade físico-química da água para a irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.2, n.1, p.17-21, 1998.

PACKHAM, R.F. Public health and regulatory aspects of inorganic nitrogen compounds in drinking water. Water Supply. Hamburg, v. 10, n. 3, p. 1-6, 1992.

SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. In: Feitosa, F. A. C.; Filho, J. M.; Feitosa, E. C.; Demetrio, J. G. A. (Coord.). Hidrogeologia Conceitos e Aplicações. Rio de Janeiro: CPRM, LABHID, 2008. cap. 5.1, p. 325-357.

SILVA, R. de C. A. de; Araújo, T. M. de. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Ciência & Saúde Coletiva, v.8 n.º4. p.1019-1028. 2003.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. Água subterrânea - reservatório para um planeta com sede? Ciências da Terra para a Sociedade, 2007.