

Qualidade de água para consumo humano em comunidades rurais do município de Congo, PB¹

Water quality for human consumption in rural communities of the municipal district of Congo, PB

Jacqueline da Silva Mendes², Lúcia Helena Garófalo Chaves³ e Iêde de Brito Chaves⁴

Resumo - O uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes e a falta de tratamento dos dejetos animais e humanos têm reduzido consideravelmente a disponibilidade de água de boa qualidade utilizada para consumo humano no meio rural. O trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de águas utilizadas para consumo humano em áreas rurais da região do Congo, Paraíba. As amostras de água foram coletadas em açude, poços e rio, em dois períodos do ano: chuvoso (maio/2006) e seco (dezembro/2006). As variáveis avaliadas foram: pH, CE, Ca, Mg, Na, K, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄, Fe, alcalinidade e dureza total. Todas elas aumentaram no período seco, exceto o pH, cuja variação foi pequena. A composição química das águas foi semelhante, sendo predominantemente, cloretadas e sódicas. Em ambos os períodos avaliados, as águas dos poços apresentaram-se mais salinas do que as águas do açude e do rio. De acordo com os resultados de pH, cátions e ânions, mais de 60% das águas coletadas, em ambos os períodos deste estudo, foram consideradas próprias para o consumo humano.

Palavras-chave: Qualidade de água. Cátions. Ânions

Abstract - The indiscriminate use of pesticides and fertilizers and the lack of treatment of the animal and human dejections have been reducing considerably the readiness of good quality water in the rural zone. The research was carried out to evaluate the quality of waters used for the human consumption in agricultural areas of Congo region, Paraíba State, Brazil. The water was collected in a dam, wells and in a river, in two periods of the year, rainy (May/2006) and dry (December/2006). The variables that were measured were pH, CE, Ca, Mg, Na, K, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄, Fe, alkalinity and total hardness. These variables increased in the dry period, except pH, whose variation was small. The chemical composition of all waters was similar, being predominantly, chloride and sodium salts. In both periods, the waters of the wells presented more salt than the dam and the river waters. In agreement with the results of the pH, cations and anions, more than 60% of the collected waters, in both periods of this study, were considered adequate for human consumption.

Key words: Water quality. Cations. Anions

¹ Recebido para publicação em 04/09/2007; aprovado em 11/12/2007

Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, apresentada em 2007 ao Dep. de Eng. Agrícola da UFCG. Apoio financeiro: CAPES

² Bióloga, M. Sc. em Engenharia Agrícola, UFCG, Rua: João Pessoa de Araújo, 132, Tambor, Campina Grande, PB, CEP: 58105-590, jacqueline.mendes@gmail.com

³ Eng. Agrônoma, Ph. D., Profa. Titular da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Av. Aprígio Veloso, 882, Campina Grande, PB, CEP: 58109-970

⁴ Eng. Agrônomo, Ph. D., Prof. Associado do Departamento de Solo e Engenharia Rural, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Campus II, Areia, PB, CEP: 58397-000

Introdução

Durante séculos a humanidade considerou a água como um recurso inesgotável e utilizou-a de forma predatória e insustentável. Na atualidade, a água representa um recurso vital para o desenvolvimento, tanto em quantidade como em qualidade, tornando-se um dos principais fatores limitantes ao crescimento social e econômico, nas regiões áridas e semi-áridas do mundo, onde já se faz sentir sua escassez (TUNDISI, 2003).

O Semi-Árido Nordeste caracteriza-se por temperaturas elevadas, chuvas relativamente escassas e irregulares, distribuídas em 3 a 6 meses do ano, e um potencial de evaporação que supera em muito a precipitação (SILVA, 1987). No ambiente semi-árido, os reservatórios estão submetidos a processos de evaporação elevada que causam concentrações de sais, deteriorando a qualidade da água, particularmente, para consumo humano (TUNDISI, 2003). Aliado a estes condicionantes climatológicos, a escassez de água de boa qualidade em áreas agrícolas, também está diretamente relacionada à forma de ocupação do solo, à transformação de ecossistemas naturais equilibrados em áreas de lavouras, ao uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes e à falta de tratamento dos dejetos animais e humanos. Assim, a utilização de águas superficiais e subterrâneas para consumo humano nessas áreas, deve ser feita de maneira criteriosa, para evitar riscos à saúde dos consumidores.

Devido a esses vários fatores, é importante a obtenção sistemática de informações quanto à qualidade das águas, uma vez que qualquer ação sobre os recursos hídricos não pode ser eficientemente planejada e implementada sem a disponibilidade de dados adequados e confiáveis. No município de Congo, inserido na região semi-árida paraibana, cuja principal fonte de renda é a agricultura, há um contingente populacional, que por viver na zona rural, onde não há abastecimento com água de boa qualidade, está à mercê da qualidade das águas dos poços e açudes utilizadas para o seu consumo. Neste contexto, o trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade de águas utilizadas em áreas agrícolas do referido município, para o consumo humano, fornecendo assim, um quadro diagnóstico da situação atual deste recurso no município.

Material e Métodos

Área de estudo

O município de Congo, no Estado da Paraíba, localiza-se na microrregião do Cariri Ocidental, situada sobre o

Planalto da Borborema, a uma altitude aproximada de 480 m. Sua área territorial é de 274 km² e sua sede municipal tem como coordenadas geográficas a latitude de 7°47'48" S e a longitude de 36°39'34" W.

O clima, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Bsh: semi-árido quente, que se caracteriza por precipitações médias anuais muito baixas, em torno de 400 mm. A variabilidade espacial e temporal é uma constante, podendo as chuvas concentrar-se em dois a três meses no ano e a estação seca atingir 11 meses.

As médias de temperatura nunca são inferiores a 24 °C, contudo, as temperaturas noturnas devido ao efeito da altitude, são mais amenas, podendo nos meses mais frios de inverno (junho/julho) atingir valores inferior a 15 °C.

Época e locais de coleta

Durante o período de estudo foram efetuadas duas coletas de amostras de água. A primeira coleta foi realizada no mês de maio de 2006, correspondendo ao período após as chuvas, e a segunda coleta no mês de dezembro do mesmo ano, correspondendo ao período mais seco da região, período este em que não ocorreram precipitações no município.

As coletas de água foram realizadas em dez poços amazonas (PA), quatro poços tubulares (PT), em dois locais do açude Cordeiro (A) e no rio Paraíba, totalizando 17 pontos de amostragem de água (Figura 1), cujas observações, a respeito de cada ponto de coleta, encontram-se na Tabela 1.

A escolha dos poços selecionados teve como base o fato de suas águas serem utilizadas para o consumo hu-

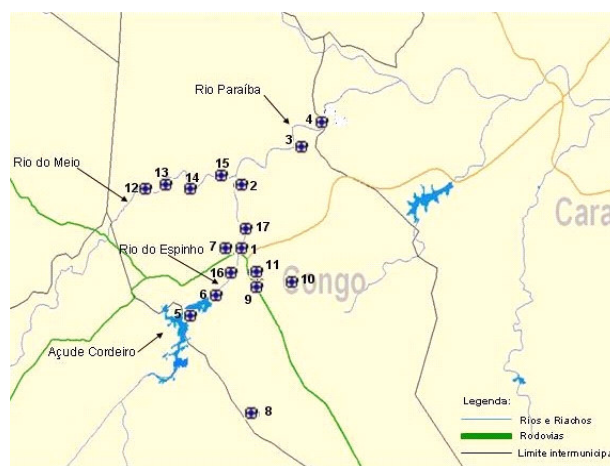


Figura 1 - Localização dos pontos de coleta de água no município do Congo-

Tabela 1 - Localização, tipo de fonte e observações do local de coleta das amostras

Nº da amostra	Localização	Tipo/Fonte ¹	Observação
Ponto 1	Rio do Espinho	PA	Situado no leito do Rio do Espinho
Ponto 2	Barra do Rio	PA	Situado no leito de Rio Paraíba
Ponto 3	Poço Comprido	PA	Situado no leito de Rio Paraíba
Ponto 4	Barro Branco	RT	Leito do rio Paraíba. Divisa entre o município do Congo/Caraúbas
Ponto 5	Congo	A	Açude Cordeiro:abastece a população do Congo
Ponto 6	Congo	A	Açude Cordeiro:abastece a população do Congo
Ponto 7	Rio do Espinho	PT	Situado próximo ao Rio do Espinho
Ponto 8	Congo	PT	Situado no interior de propriedade rural
Ponto 9	Congo	PT	Situado no interior de propriedade rural
Ponto 10	Congo	PT	Situado no interior de propriedade rural
Ponto 11	Congo	PT	Situado no interior de propriedade rural
Ponto 12	Santa Rita de Cima	PA	Situado no leito do Rio do Meio
Ponto 13	Santa Rita de Cima	PA	Situado no leito do Rio do Meio
Ponto 14	Santa Rita de Baixo	PA	Situado no leito do Rio do Meio
Ponto 15	Santa Rita de Baixo	PA	Situado no leito do Rio do Meio
Ponto 16	Poço da Areia	PA	Situado no leito do Rio do Espinho
Ponto 17	Rio do Espinho	PA	Situado no leito do Rio do Espinho

¹ PA – poço amazonas; RT – rio temporário; A – açude; PT – poço tubular

mano. Da mesma forma, as águas do açude Cordeiro e do rio Paraíba, que também são utilizadas para este mesmo fim em algumas propriedades rurais do município de Congo, PB, onde não existe nenhum tipo de poço.

Procedimento de amostragem de água

Para coleta das águas foram utilizadas garrafas plásticas de 0,5 litro, as quais foram lavadas de três a quatro vezes com a água do manancial a ser analisada. No caso da amostra de águas dos poços, as coletas foram realizadas após 15 minutos de funcionamento da bomba. Nos açudes e no rio, as garrafas foram mergulhadas rapidamente com a boca para baixo, até uma profundidade de 15 a 30 cm abaixo da superfície da água, e em seguida, inclinadas, direcionando suas bocas para cima. Depois das garrafas serem preenchidas até a borda, sem deixar espaço vazio (bolha de ar), foram fechadas, imediatamente, com as suas próprias tampas, de modo a não deixar vazamento. Após o procedimento de coleta as garrafas foram identificadas com a data de coleta, tipo de fonte e nome da propriedade, acondicionadas em caixas térmicas com gelo evitando que a temperatura ultrapassasse 25 °C (SIMPLÍCIO; SANTOS, 2004).

Análise e classificação das águas

As análises das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola-Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande (UAEEAg/CTRN/UFCG), onde foram avaliadas as seguintes variáveis: pH, condutividade elétrica (CE), cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), cloreto (Cl), carbonato (CO₃), bicarbonato (HCO₃), ferro (Fe), sulfato (SO₄), alcalinidade e dureza total. O comportamento destas variáveis foi avaliado por meio das seguintes medidas descritivas: máximo, mínimo, desvio padrão e coeficiente de variação (CV). As águas foram classificadas quanto à conveniência para o consumo humano conforme a Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) e a Portaria do Ministério da Saúde Nº 518, de 25 de março de 2004 (BRASIL, 2004). Para as variáveis cálcio, magnésio e potássio, não referenciadas nessa resolução e/ou portaria, as referências da Organização Mundial de Saúde foram tomadas como base (OMS, 1999) (Tabela 2).

Tabela 2 - Limites máximos dos parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da água para o consumo humano

Parâmetro	Unidade	Limite
pH		6,0 – 9,5
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	-
Cloretos	mg L ⁻¹	250
Sulfatos	mg L ⁻¹	250
Ferro	mg L ⁻¹	0,3
Cálcio	mg L ⁻¹	200
Magnésio	mg L ⁻¹	150
Sódio	mg L ⁻¹	200
Potássio	mg L ⁻¹	20
Dureza total	mg L ⁻¹	500
Alcalinidade Total	mg L ⁻¹	400

Fonte: BRASIL (2005); BRASIL (2004); OMS (1999)

Resultados e Discussão

pH

Os valores de pH das fontes de água em estudo oscilaram de acordo com o período chuvoso e seco. O pH variou de neutro para alcalino (7,00 a 8,34 e de 7,77 a 8,54) com valores médios de 7,59 e 8,12 nos períodos chuvoso (17 amostras) e seco (15 amostras), respectivamente (Tabela 2). O número de amostras diferiu, já que duas fontes secaram durante o ano. Diniz et al. (1995), estudando a qualidade da água de 21 corpos aquáticos lênticos de pequeno e médio porte, em sua maioria, temporários, inseridos em pequenas propriedades rurais do Estado da Paraíba, também constaram pH variando de neutro a alcalino.

O fato de ter sido coletada água apenas de um rio não permitiu que seus dados fossem analisados estatisticamente, assim, pode-se observar que o pH da água do rio Paraíba foi menor que os valores médios de pH encontrados nas águas coletadas nas demais fontes (Tabela 3). Ao contrário disto, as águas coletadas nos poços tubulares foram as que apresentaram maiores valores de pH, nos dois períodos de coleta.

O pH das águas do açude Cordeiro, coletadas no período seco, ficou em torno de 8,18. Este valor está dentro da faixa de valores de pH (7,53 a 8,22) encontrados em outras águas, coletadas no mesmo período, nos açudes Santo Antônio (São Sebastião do Umbuzeiro), Pocinhos

e Poções (Monteiro), Camalaú (Camalaú), Sumé (Sumé), Serra Branca (Serra Branca) e Namorados (São João do Cariri), todos situados na região do Cariri Paraibano, (SUDEMA, 2005).

As fontes de água do Nordeste Brasileiro são consideradas ecossistemas aquáticos que, em geral, apresentam elevados valores de pH devido à composição química dos solos, ricos em íons carbonatos e bicarbonatos, ou então, devido ao balanço hídrico negativo, onde a evaporação supera a precipitação, concentrando sais durante a época de estiagem, o que influencia no pH (ESTEVEZ, 1998). A pequena variação do pH entre os dois períodos de coleta pode estar associada à alta alcalinidade e a capacidade de tamponamento, que permitem manter um pH mais ou menos estável no sistema (DINIZ, 2005).

De acordo com a Resolução CONAMA no. 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005) que considera os valores de pH de água de 6,0 a 9,5 como sendo normais para o consumo humano, pode-se dizer que as águas coletadas em todas as fontes apresentam pH adequado para consumo humano.

Condutividade elétrica (CE)

A CE das amostras de água variou de 0,13 a 2,60 dS m⁻¹, com média de 1,01 dS m⁻¹ (períodos chuvoso) e de 0,24 a 4,22 dS m⁻¹, com média de 1,27 dS m⁻¹ (período seco) (Tabela 3). No período chuvoso, os valores de CE das águas provenientes das diversas fontes foram menores devido, provavelmente, ao efeito de diluição pelas águas das chuvas, enquanto que, no período seco, houve um aumento gradual da CE, ocasionado pelo efeito da concentração de sais decorrente da diminuição das precipitações pluviométricas e do aumento da evaporação de água na região.

Essa variação da CE mostra a variação da qualidade da água durante os dois períodos. Em estudo realizado por Lira et al. (2007), em um reservatório de abastecimento do Estado de Pernambuco, foram encontrados valores de condutividade elétrica ligeiramente maior no período seco.

Segundo Molle e Cadier (1992), a concentração de sais em água é perceptível ao paladar quando a CE atinge valores superiores a 0,8 dS m⁻¹. Levando em consideração este valor e os resultados de CE das amostras de água de Congo – PB, pode-se dizer que 27,8% e 50% das mesmas, coletadas nos períodos chuvoso e seco, respectivamente, teriam sabor salgado e seriam desagradáveis para o ser humano. Por outro lado, Sawyer e McCarty (1987) observam que numerosas comunidades ao redor do mundo con-

Tabela 3 - Valores máximo, mínimo, médio, desvio padrão (DP) e coeficiente de variação (CV) para o pH, condutividade elétrica (CE), Dureza Total (DT), Alcalinidade Total (AT) e Ferro (Fe) correspondentes às amostras de água coletadas em diferentes fontes de água em dois períodos de coleta no município de Congo-PB

Medida	Período									
	Chuvoso					Seco				
	pH	CE dS m ⁻¹	DT mg L ⁻¹	AT mg L ⁻¹	Fe mg L ⁻¹	pH	CE dS m ⁻¹	DT mg L ⁻¹	AT mg L ⁻¹	Fe mg L ⁻¹
Poço Tubular										
Máximo	8,34	2,60	380,00	482,50	0,31	8,54	2,70	478,75	558,50	1,02
Mínimo	7,57	0,51	91,88	254,50	0,15	8,19	0,62	104,38	215,00	0,23
Média	7,97	1,53	250,16	364,88	0,21	8,37	1,85	286,67	402,33	0,55
DP	0,39	1,13	134,57	112,29	0,08	0,18	1,09	187,38	173,86	0,42
CV (%)	4,88	73,75	53,80	30,77	36,47	2,09	59,17	65,36	43,21	76,40
Poço Amazonas										
Máximo	7,98	2,60	490,00	292,00	1,58	8,47	4,22	624,38	416,50	3,57
Mínimo	7,00	0,13	51,25	43,50	0,07	7,77	0,24	81,88	93,00	0,15
Média	7,44	0,93	226,81	149,65	0,33	8,05	1,27	259,72	203,50	0,72
DP	0,33	0,89	176,33	88,84	0,45	0,20	1,18	150,27	94,64	1,08
CV (%)	4,41	95,27	77,74	59,36	139,16	2,51	92,28	57,86	46,51	150,85
Açude										
Máximo	7,73	0,47	123,75	111,00	0,15	8,18	0,54	138,75	120,50	0,31
Mínimo	7,65	0,46	119,38	101,50	0,15	8,17	0,53	136,88	117,50	0,23
Média	7,69	0,46	121,56	106,25	0,15	8,18	0,54	137,81	119,00	0,27
DP	0,06	0,01	3,09	6,72	0,00	0,01	0,01	1,33	2,12	0,06
CV (%)	0,74	2,29	2,54	6,32	0,00	0,09	1,32	0,96	1,78	20,95
Rio										
	7,36	0,72	181,25	113,50	0,23	7,93	1,00	245,63	165,00	0,15

somem água com CE superior a 0,8 dS m⁻¹, sem apresentar problemas de saúde.

Levando em consideração os tipos de fontes, em termos médios, nos períodos chuvoso e seco, as águas dos poços tubulares são mais salinas do que as águas dos poços amazonas e estas por sua vez são mais salinas do que as águas do rio e do açude (Tabela 3). Esses resultados corroboram os obtidos por Medeiros (1992), que também encontrou para as águas estudadas nos estados do RN, PB e CE salinidade maior em águas de poços seguidas dos açudes.

Alcalinidade total

A alcalinidade total das amostras de água variou de 43,50 a 482,5 mg L⁻¹, com média de 193,06 mg L⁻¹ (período chuvoso) e de 93,00 mg L⁻¹ a 558,5 mg L⁻¹, com média de 229,43 mg L⁻¹ (período seco) (Tabela 3), tendo as águas coletadas nos poços tubulares apresentado os maiores valores.

Considerando que o valor máximo permissível da alcalinidade total em águas para consumo humano recomendada pela OMS (1999) é de 400 mg L⁻¹, em ambos os períodos deste estudo, mais de 80% das águas analisa-

das possuíram valores de alcalinidade total dentro dos normais. Franca et al. (2006), analisando a qualidade de água dos poços e mananciais superficiais em Juazeiro do Norte – CE, em dois períodos do ano (seco e chuvoso), constataram que todas as amostras de água apresentaram valores de alcalinidade total aceitáveis para consumo humano.

Comparando os valores de alcalinidade entre as duas épocas de amostragem, verificam-se maiores valores durante o período seco, conferindo uma maior capacidade de tamponamento as águas durante este período (ESTEVES, 1998). As águas altamente alcalinas são, geralmente, desagradáveis ao paladar e têm encontrado objeção por parte dos consumidores.

Dureza total

De acordo com o que estabelece a Portaria no. 518, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), em relação aos valores limites da dureza na água utilizada para consumo humano (500 mg L^{-1}), pode-se dizer que todas as amostras de água coletadas no período chuvoso e 93,75% das amostras coletadas no período seco são consideradas próprias para o consumo. Isso porque a dureza total das amostras de água variou de $51,25$ a 490 mg L^{-1} , com média de $217,24 \text{ mg L}^{-1}$ (período chuvoso) e de $81,88$ a $624,38 \text{ mg L}^{-1}$, com média de $247,92 \text{ mg L}^{-1}$ (período seco) (Tabela 3). Também neste caso, foram as águas dos poços tubulares que apresentaram maiores valores de dureza total.

Segundo a classificação de águas, de acordo com seus valores de dureza, proposta por Sawyer e McCarty (1987), 38,9% e 27,8% das amostras de água coletadas no período chuvoso, foram classificadas como moderadamente duras ($75 - 150 \text{ mg L}^{-1}$), e muito duras ($>300 \text{ mg L}^{-1}$), respectivamente.

Em relação àquelas coletadas no período seco, tem-se 50% e 10,8% classificadas como duras ($150 - 300 \text{ mg L}^{-1}$) e muito duras ($>300 \text{ mg L}^{-1}$), respectivamente. Medeiros et al. (2003), analisando 45 amostras de água, coletadas no período seco, em propriedades rurais de diversas localidades inseridas nos municípios de Mossoró, Baraúna e circunvizinhos, no Estado do Rio Grande do Norte, constataram que a maior parte delas, em relação à dureza, também se apresenta como duras.

O aumento da dureza no período seco pode ter sido proporcionado pela concentração dos sais de carbonatos e bicarbonatos de cálcio e magnésio como consequência da evaporação das águas. As águas duras têm sabor desagradável e podem causar efeitos laxativos no homem.

Ferro total

O ferro total das amostras de água variou de $0,07$ a $1,58 \text{ mg L}^{-1}$, com média de $0,27 \text{ mg L}^{-1}$ (período chuvoso) e de $0,15$ a $3,57 \text{ mg L}^{-1}$, com média de $0,59 \text{ mg L}^{-1}$ (período seco) (Tabela 3). Dentre as fontes, as águas coletadas nos poços amazonas foram as que apresentaram as maiores concentrações do elemento.

Considerando que a concentração de ferro em águas para consumo humano recomendada pela Resolução CONAMA no. 357 (BRASIL, 2005) e pela Portaria no. 518 (BRASIL, 2004) é de $0,3 \text{ mg L}^{-1}$, no período chuvoso mais de 70% das águas analisadas possuíram valores deste elemento dentro do padrão considerado normal para consumo humano. No entanto, no período seco, 62,5% destas águas apresentaram valores acima do padrão proposto por estas normativas.

Cátions (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e K^+)

Nas águas do rio Paraíba, coletadas nos períodos chuvoso e seco, foram encontrados, respectivamente, as seguintes concentrações dos cátions: cálcio (Ca^{++}) = $44,25$ e $49,00 \text{ mg L}^{-1}$; magnésio (Mg^{++}) = $16,95$ e $29,55 \text{ mg L}^{-1}$; sódio (Na^+) = $88,69$ e $114,08 \text{ mg L}^{-1}$; potássio (K^+) = $2,75$ e $4,90 \text{ mg L}^{-1}$. O íon Na^+ é o que predomina entre os cátions presentes nestas e nas demais águas analisadas, provenientes das outras fontes, tanto no período chuvoso como no período seco (Figura 2). Em uma seqüência decrescente, as concentrações médias dos cátions nas águas foram de $\text{Na}^+ > \text{Ca}^{++} > \text{Mg}^{++} > \text{K}^+$ nos dois períodos deste estudo (Figura 2), confirmando os resultados obtidos por Costa (1982), Medeiros (1992) e Francelino et al. (2002) para a composição de águas provenientes da região semi-árida nordestina.

A concentração dos cátions nas águas, muitas vezes, é o reflexo de suas concentrações nos solos do entorno da fonte de água. Nos solos da região semi-árida, devido seu baixo grau de intemperismo e serem pouco lixiviados, em decorrência das baixas precipitações pluviométricas da região, ocorrem elevados teores de cátions, o que possivelmente tem refletido nos teores das águas. Em relação às épocas de amostragem, tem-se que as concentrações de cátions aumentaram nas amostras de águas coletadas no período seco, tanto no rio como nas outras fontes, sem contudo, terem sido significativos (Figura 2). Esse aumento já era esperado, uma vez que no período seco, a baixa precipitação pluviométrica e a evaporação da água provocam um aumento na concentração dos elementos nas águas.

Levando em consideração as diferentes fontes de água, com exceção do íon K, há maior concentração de

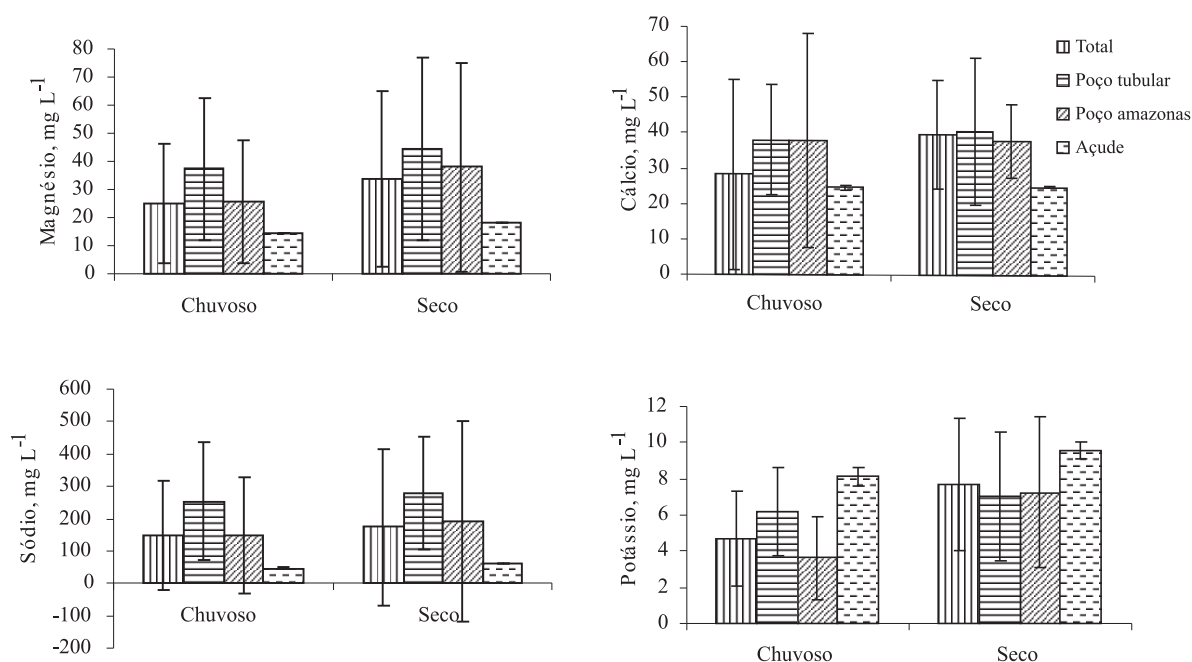


Figura 2 - Concentrações médias de cátions em amostras de água coletadas em diferentes fontes nos períodos chuvoso e seco

cátions nas águas dos poços tubulares, tanto no período chuvoso quanto no período seco (Figura 2), corroborando com os altos valores de CE, que também foram mais elevados nas águas provenientes deste tipo de fonte; provavelmente os altos valores de CE devem ter ocorrido devido a presença destes íons na água.

Conforme os limites estabelecidos pela OMS (1999) em relação aos valores máximos permissíveis dos cátions (Ca^{++} , Mg^{++} e K^{+}), presentes nas águas utilizadas para consumo humano, pode-se dizer que em relação a estes elementos, as águas coletadas nos dois períodos do ano, são consideradas próprias para o consumo humano. Com respeito ao íon sódio, a Portaria n. 518 (BRASIL, 2004) recomenda um valor máximo permissível de 200 mg L^{-1} . Assim sendo, 77,7% (período chuvoso) e 81,3% (período seco) das águas apresentaram concentrações abaixo dos limites, sendo o seu uso recomendado para consumo humano.

Anions (Cl^{-} , $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^{-} e $\text{SO}_4^{=}$)

Nas águas do rio Paraíba, coletadas nos períodos chuvoso e seco, foram encontradas, respectivamente, as seguintes concentrações dos ânions: carbonato ($\text{CO}_3^{=}$) = $7,2$ e $8,40 \text{ mg L}^{-1}$; bicarbonato (HCO_3^{-}) = $108,58$ e $167,75 \text{ mg L}^{-1}$; cloreto (Cl^{-}) = $150,66$ e $217,13 \text{ mg L}^{-1}$; sulfato ($\text{SO}_4^{=}$) = $29,28$ e $17,28 \text{ mg L}^{-1}$. Nessas águas como nas demais, provenientes das outras fontes, o íon Cl^{-} é o que predomina, tanto no período chuvoso como no período seco. Considerando as

concentrações médias dos ânions nas águas tem-se a sequência decrescente $\text{Cl}^{-} > \text{HCO}_3^{-} > \text{SO}_4^{=} > \text{CO}_3^{=}$ nos dois períodos deste estudo (Figura 3). Essa relação sequencial foi também encontrada por Medeiros (1992) e Silva Junior et al. (1999) para a composição aniônica de águas da região semi-árida.

Comparando as concentrações dos ânions presentes nas amostras de água, observa-se que elas aumentaram do período chuvoso para o período seco, corroborando com a afirmativa de que no período chuvoso os elementos encontram-se em menores concentrações nas águas devido o efeito de diluição das chuvas. Já para o período seco, devido à diminuição das precipitações, ocorre a concentração dos mesmos.

Assim como ocorreu com os cátions, considerando as diferentes fontes de água, em geral, as maiores médias dos teores dos ânions, também foram encontradas nas águas dos poços tubulares para os dois períodos em estudo (Figura 3).

De acordo com o que estabelece a Resolução n. 357 (BRASIL, 2005) e a Portaria n. 518 (BRASIL, 2004), em relação aos valores limites dos ânions (Cl^{-} e $\text{SO}_4^{=}$) presentes nas águas utilizadas para consumo humano, pode-se dizer que em relação ao cloreto, 16,7% (período chuvoso) e 37,5% (período seco), apresentaram-se acima dos limites estabelecidos por estas normativas. Silva e Araújo (2003), avaliando a qualidade das águas dos mananciais subterrâneos

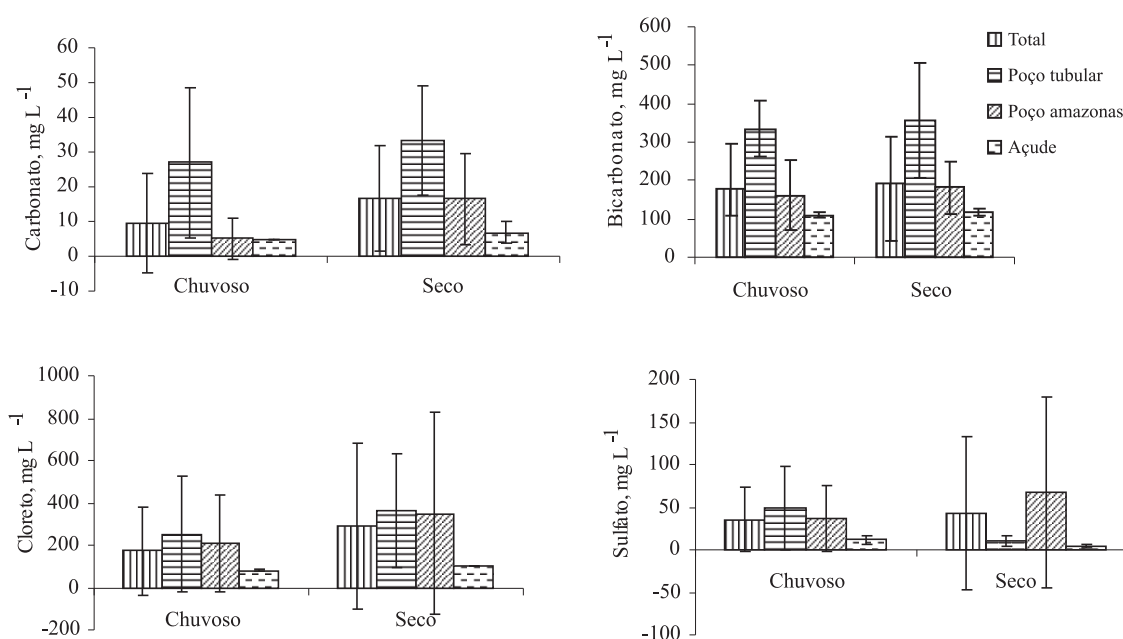


Figura 3 - Concentrações médias de ânions em amostras de água coletadas em diferentes fontes nos períodos chuvoso e seco

os de Feira de Santana (BA), encontraram em 12,5% das amostras analisadas teores de cloreto acima do estabelecido na Portaria n. 518 (BRASIL, 2004). Vale salientar que os cloretos, por si só, não são nocivos ao homem, apenas conferem gosto salgado à água quando em concentrações em torno de 250 mg L⁻¹, o que a faz ser rejeitada pelo consumidor (SAWYER; McCARTY, 1987). No entanto, podem ser nocivos ao homem quando associados às altas concentrações de cálcio, magnésio, sódio ou potássio.

As amostras de água coletadas no período chuvoso não apresentaram problemas em relação ao íon sulfato. No entanto, dentre aquelas coletadas no período seco, 6,25% (1 amostra) estiveram acima do valor permitido para consumo (250 mg L⁻¹), o que indica que quando ingeridas podem provocar efeitos laxativos. Essa amostra coletada no ponto 17, localizado próximo a cidade (Figura 1), recebe contribuições de poluentes da mesma o que, provavelmente, contribuiu para aumentar a concentração de sulfato, já que esse ânion, muitas vezes, encontra-se presente em compostos considerados poluentes. Como altos níveis de sulfato têm a ver com poluição, pode-se dizer que a maior concentração deste elemento nesta amostra ocorreu devido a estas contribuições.

Analisando os resultados dos cátions e ânions presentes nas águas coletadas no município de Congo-PB e considerando o que estabelecem a Resolução n. 357 (BRA-

SIL, 2005) e a Portaria n. 518 (BRASIL, 2004), e os padrões recomendados pela OMS (1999), constata-se que nos pontos de coleta 4; 6; 8; 10; 14 e 15 (Figura 1), em ambos os períodos deste estudo, as águas são consideradas próprias para o consumo humano sem nenhuma restrição (Tabela 4). Entretanto, as águas coletadas nos pontos 5; 9; 12 e 13 só não foram consideradas adequadas para o consumo humano devido às concentrações do ferro (Tabela 4). Esse elemento não é tóxico para a saúde humana, no entanto, constitui-se em padrão de potabilidade por causar diversos problemas para o abastecimento público de água. A presença de ferro, dependendo das concentrações, pode propiciar uma coloração amarelada e turva à água, podendo lhe conferir sabor metálico, amargo e adstringente e favorecer o desenvolvimento das ferrobactérias, que causam maus odores.

Nos demais pontos de coleta, 1; 2; 3; 7; 11; 16 e 17, as águas apresentaram concentrações de uma ou mais variáveis, acima do que estabelece a Resolução n. 357 (BRASIL, 2005) e/ou a Portaria n. 518 (BRASIL, 2004) e/ou a OMS (1999), ocasionando com isso restrições a seu uso.

Apesar do período entre as duas coletas de água ter sido relativamente curto, seis meses, neste intervalo de tempo, houve uma redução de 20% do volume do principal reservatório que abastece o município, o açude Cordeiro, o que deve ter contribuído para o aumento das concentrações de todas as variáveis analisadas nas águas coletadas no período seco e relacionadas com este reservatório. Es-

Tabela 4 - Relação dos pontos de coleta de água e as respectivas variáveis que tiveram concentrações acima das recomendadas pela Portaria do MS, CONAMA e OMS, nos dois períodos de coleta

Pontos de coleta	Período	
	Chuvoso	Seco
1	Na, Cl, Fe	Cl, Fe
2	Na, Fe	Cl, Fe
3	Sem restrição	Cl, Fe
4	Sem restrição	Sem restrição
5	Sem restrição	Fe
6	Sem restrição	Sem restrição
7	Na, Cl, Fe	Na, Cl
8	Sem restrição	Sem restrição
9	Fe	Fe
10	Sem restrição	Sem restrição
11	Na, Cl	Na, Cl, Fe
12	Sem restrição	Fe
13	Fe	Sem restrição
14	Sem restrição	Sem restrição
15	Sem restrição	Sem restrição
16	Na, Cl	Fe
17	Na, Cl, Fe	Na, Cl, SO ₄ , DT, Fe

sas concentrações poderiam ter sido ainda maiores, caso as comportas do referido açude não tivessem sido abertas para perenizar o rio e contribuir para a renovação das águas dos poços amazons, como aconteceu durante o período desta pesquisa.

Outro fato a ser considerado é que o período chuvoso no ano de 2006 foi atípico em relação à média dos últimos 30 anos, ou seja, ocorreu uma melhor distribuição da precipitação pluviométrica na região do município de Congo, PB durante os meses de março, abril, maio e julho, contribuindo para a diluição dos sais.

Vale salientar que a ocorrência de um período seco mais prolongado na região, podendo diminuir o volume de água do açude Cordeiro, faria que as concentrações observadas neste trabalho, das variáveis analisadas nas águas, pudessem ser maiores, aumentando assim, o risco de uso dessas águas.

Finalmente, pode-se dizer que as informações geradas nesta pesquisa são importantes, principalmente, para subsidiar o poder público municipal de Congo, PB, em estratégias para redução de problemas causados pelo consumo

de água de má qualidade, uma vez que, durante o trabalho de campo, foi constatado “in locu”, que todas as águas analisadas estavam sendo utilizadas para o consumo humano. Isto vem reforçar a necessidade do monitoramento constante da qualidade de água do município.

Conclusões

1. Os valores de pH, CEa, cátions, ânions, dureza, alcalinidade total e ferro total da água aumentaram no período seco.
2. A composição química de todas as amostras de água foi semelhante, sendo predominantemente cloretadas e sódicas, nos dois períodos de coleta.
3. Mais de 60% das amostras de água coletadas, em ambos os períodos, foram consideradas próprias para o consumo humano, conforme estabelecem as Resoluções do CONAMA/MS/OMS.

Agradecimentos

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo e a Prefeitura Municipal de Congo, PB pelo apoio durante o tempo de coleta do material utilizado nesta pesquisa.

Referências

- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.aguaseaguas.ufjf.br/PORTARIA%20518%2025032004.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2006.
- CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE, 1992. 524 p.
- COSTA, R. G. **Caracterização da qualidade da água de irrigação da microrregião homogênea de Catolé do Rocha-PB (MRH – 89)**. 1982.89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia

- Civil) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- DINIZ, C. R. **Nictemerais e distribuição espaço-temporal de variáveis limnológicas e sanitárias em dois açudes de trópico semi-árido (PB)**. 2005. 193 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- DINIZ, C. R.; KONIG, A.; CEBALLOS, B. S. O. Corpos lânticos temporários do Agreste Paraibano: aspectos sanitários e físico-químicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 28., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1995. p. 30.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos da limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602 p.
- FRANCA, R. M. et al. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte – CE. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 01, p. 92-102, 2006.
- FRANCELINO, M. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; RESENDE, M. Terra e água na reforma agrária do semi-árido norterio-grandense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 01, p. 183-187, 2002.
- LIRA, G. A. S. T.; BITTENCOURT-OLIVEIRA, M. C.; MOURA, A. N. Caracterização ecológica da comunidade fitoplancônica em um reservatório de abastecimento do Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, p. 219-221, 2007. Suplemento 2.
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos estados do RN, PB e CE**. 1992. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- MEDEIROS, J. F. et al. 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. 03, p. 469-472, 2003.
- ORGANIZATION MUNDIAL DE LA SALUD. **Guias para la calidad del agua potable**. 2. ed. Genebra: OMS, 1999. v. 1.
- SAWYER, C.; MCCARTY, P. L. **Chemistry for environmenta engineering**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1987. 532 p.
- SILVA, M. A. V. et al. **Atlas climatológico do Estado da Paraíba**. 2. ed. Campina Grande: Núcleo de Meteorologia Aplicada - UFPB, 1987.
- SILVA JÚNIOR, L. G. A.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. Composição química de águas do cristalino do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 3, n. 01, p. 11-17, 1999.
- SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, v. 8, n. 04, p. 1019-1028, 2003.
- SIMPLÍCIO, J. B.; SANTOS, M. C. S. **Procedimentos para coleta de amostras de água para irrigação e consumo animal visando análise físico-química**. Disponível em: <http://www.ipa.br/servicos_analise2.php>. Acesso em 27 set. 2006.
- SUPERINTENDÊNCIA DE ADMINISTRAÇÃO DO MEIO AMBIENTE. **Monitoramento dos reservatórios de consumo humano**. Disponível em: <http://www.sudema.pb.gov.br/servicos_monitoramento.shtml>. Acesso em: 23 ago. 2006.
- TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, 2003. 248 p.