QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA CONSUMIDA POR TRÊS COMUNIDADES DO MUNICÍPIO DE BARCARENA-PA

Simone de Fátima Pinheiro Pereira[1], Cléber Silva e Silva[2], Ronaldo Magno Rocha[3], Davis Castro dos Santos[2], Daniel Pinheiro Nogueira[4], Rafaella Galvão Miranda[4]

Abstract - The well water communities of the Laranjal, São Sebastião and the Nova Jerusalém in Barcarena-PA municipality, was assessed. These communities are located in the industrial area of an aluminum plant. The pH (4.47 ± 0.16) with acid characteristics is not in accordance with the 518/04 regulation of the Ministry of Health. The turbidity was not in accordance only the community as São Sebastião. In abundance, whereas average values for major elements, there is a sequence Na> Ca> K> Fe> Al. Among the minor and trace elements the sequence found was Zn> Mn> Sr> Ba> V> Cu> Pb> Ni> Cr> Cd. For minor and trace elements is a disagreement in terms of abundance, for Mn and Ni all other elements showed the same behavior. We have found high concentrations of Al (364.45 ± 17.38 ng/mL) and Fe (444.90 ± 183.04 ng/mL) in wells of two local communities.

Index Terms - Aluminum plant, water contamination, well, heavy metal

INTRODUÇÃO

Todas as formas de vida na terra dependem da água para sua sobrevivência. Deve-se lembrar que, de toda a água do planeta apenas 3% é água doce, sendo que deste total 79% está sob a forma de geleiras e icebergs, 20% como água subterrânea, e apenas 1% está diretamente disponível para o uso humano (Baird, 1999).

Apesar disso os reservatórios naturais vêm sendo depositários de uma ampla variedade de subprodutos provenientes da atividade antrópica. A presença de elementos potencialmente tóxicos é responsável por efeitos adversos sobre o ambiente, com repercussão na economia e na saúde pública. A introdução de elementos tóxicos nos sistemas aquáticos ocorre naturalmente através de processos geoquímicos, no intemperismo e, a contribuição atribuída a atividade humana é um reflexo de sua ampla utilização pela indústria (Yabe & Oliveira, 1998).

[1]Docente da Universidade Federal do Pará - Laboratório de Química Analítica e Ambiental - Cidade Universitária José da Silveira Neto - Rua Augusto Correa S/N CEP: 66075-900 - Belém - Pará - Brasil - Tel: (91) 32018136 Fax: (91) 32017635 - simonefp@ufpa.br
[2]Programa de Pós Graduação em Química - UFPA
[3]Laboratório Central - Secretaria de Saúde do Estado do Pará
[4]Laboratório de Química Analítica e Ambiental - UFPA.

Em geral, podem ser liberados poluentes no ambiente como gases, substâncias dissolvidas ou na forma de material particulado. Os poluentes alcançam o ambiente aquático por uma variedade de transportes, inclusive a atmosfera e o solo. A variabilidade dos poluentes liberados no ambiente aquático se divide em três categorias, a saber: fontes permanentes ou contínuas, como por exemplo, despejos domésticos e industriais; fontes periódicas, como variações sazonais ocorridas na região afetada; e fontes acidentais, como o vazamento de resíduos tóxicos de tanques de contenção (Meybeck *et al.*, 1992).

A água subterrânea, além de ser um bem econômico, é considerada mundialmente uma fonte imprescindível de abastecimento para consumo humano, para as populações que não têm acesso à rede pública de abastecimento ou para aqueles que, tendo acesso a uma rede de abastecimento, têm o fornecimento com freqüência irregular. No Brasil, o aqüífero subterrâneo abastece 6.549.363 domicílios (19% do total), e, destes, 68,78% estão localizados na área rural, abrangendo 11,94% de toda a população nacional (IBGE, 1994).

As fontes de contaminação antropogênica em águas subterrâneas são em geral diretamente associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de lixo que contaminam os lençóis freáticos com microorganismos patogênicos (Freitas & Almeida, 1998). Além de promoverem a mobilização de metais naturalmente contidos no solo, como alumínio, ferro e manganês (Nordberg et al., 1985), também são potenciais fontes de nitrato e substâncias orgânicas extremamente tóxicas ao homem e ao meio ambiente

A disposição de efluentes industriais contendo metais pesados em fontes hídricas é o maior fator antropogênico, responsável pela poluição em vários ambientes aquáticos. A natureza geoquímica do solo é importante fator causal de poluição por metais, particularmente em fontes de águas subterrâneas. Metais pesados em água persistem por mais tempo que poluentes e percolam da superfície para a camada subterrânea de água (Pathak et al., 1994). Metais no sistema de distribuição de água podem ter origem na variabilidade da qualidade da água que o sistema de distribuição pode apresentar ou estar relacionados a esse fato.

Metais na água são absorvidos pelo organismo humano através do trato gastrintestinal. Esta absorção pode ser afetada pelo pH, pelas taxas de movimentação no trato digestivo e pela presença de outros materiais; combinações particulares desses fatores podem contribuir para fazer a absorção de metais ser muito alta ou muito baixa no homem.

Os efeitos tóxicos dos metais podem expressar-se de forma aguda ou crônica. Dentre os mecanismos de toxicidade dos metais estão incluídas as interações com sistemas enzimáticos, interações com membranas celulares e efeitos específicos sobre certos órgãos e sobre o metabolismo celular em geral (Goyer, 1986).

A proposição deste trabalho foi avaliar a qualidade da água de poço das comunidades do Laranjal, São Sebastião e Nova Jerusalém no município de Barcarena-PA, localizadas na área industrial de uma planta de alumínio e outras indústrias.

METODOLOGIA

O município de Barcarena (figura 1) situa-se a nordeste do estado do Pará entre os paralelos 1º 30´S a 1º 40´S e entre os meridianos 48º 30´ W a 48º 50´ W. A geologia local faz parte da bacia sedimentar da foz do rio Amazonas; os terrenos são representativos do grupo Pará, caracterizado por depósitos de areia, siltes, argilas e concreções lateríticas (Resende & Fernandes, 1971 *apud* Lima & Kobayashi, 1988). O município de Barcarena tem cerca de 60 mil habitantes, segundo dados estatísticos do IBGE (2000). As principais atividades produtivas do município são a agricultura e a indústria. A cidade vive hoje sérios problemas ambientais relativos não só às indústrias, como também relativo aos problemas de saneamento básico (lixões, esgotos domésticos e sanitários). Sendo assim, as águas naturais, assim como o ambiente geológico como um todo, interagem permanentemente, ocasionando uma série de transformações químicas.

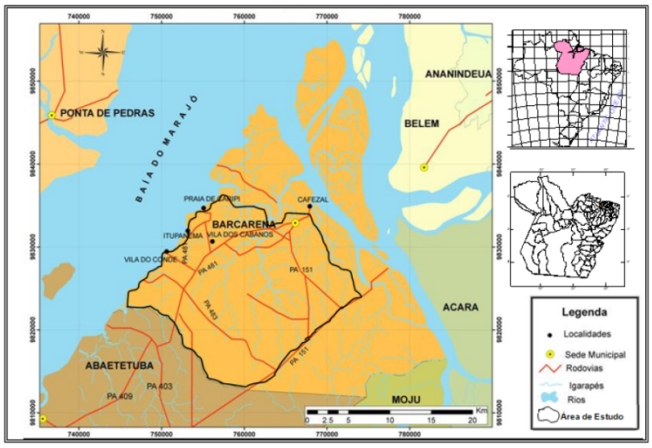

Figura 1 - Município de Barcarena
Fonte: Modificado de IBGE (2000) e outras fontes

As comunidades escolhidas neste estudo localizam-se próximas a área industrial de Barcarena e sofrem com os constantes vazamentos dos efluentes e rejeitos depositados a céu aberto pelas indústrias principalmente de pigmentos (caulim) e alumina (lama vermelha). Tanto as águas superficiais quanto as águas subterrâneas recebem parte destes efluentes que são depositados em bacias sem impermeabilização ou com impermeabilização deficiente que em época de chuva acabam por transbordar causando impactos ambientais severos nos ecossistemas locais (figura 2).

Figura 2 - Água de poço com alta turbidez, Comunidade Nova Jerusalém após vazamento de caulim

Um grande problema social existente na área industrial de Barcarena são as invasões que ocorrem de maneira irregular e que ocupam áreas impróprias para moradias convencionais. Na comunidade Nova Jerusalém apenas uma estrada separa a comunidade da barragem de depósito de rejeito (figura 3).

Figura 3 - Apenas uma estrada separa a comunidade da barragem

Foram pré-selecionadas três comunidades várias estações de monitoramento em cada comunidade. As análises físico-químicas foram realizadas no local usando sonda multiparâmetros – Fabricante YSI – Hexis do Brasil – Modelo 6600 – que avaliou o OD, pH, temperatura,

condutividade, clorofila, profundidade, turbidez, amônio, amônia, cloreto e nitrato. Calibrados com soluções apropriadas antes da viagem de campo.

As amostras para a análise dos metais foram coletadas com equipamento apropriado em três profundidades e condicionadas em frascos devidamente descontaminados, mantidas sob refrigeração a 4º C e preservadas segundo recomendação da CETESB (1988). As amostras foram coletadas em duplicata.

No Laboratório, as amostras foram filtradas em membrana de 0,22 µm de porosidade de modo a quantificar somente o material dissolvido sem adicionar ácido (elementos solúveis) e encaminhadas para as análises dos elementos traço usando a espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP-AES).

.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados encontrados em termos de média para os parâmetros físico-químicos estão mostrados na Tabela 1.

Os poços da comunidade Nova Jerusalém apresentaram características visuais normais e aparência totalmente alterada. As características dos poços com água límpida mostraram baixa acidez, característica oxidante, baixa condutividade, alta turbidez e baixo TDS. Já o poço (com água turva apresentou pH próximo à neutralidade, característica redutora, elevada condutividade, elevada turbidez e elevado TDS. Segundo a portaria 518/04 do ministério da saúde esta água está imprópria para o consumo e não deve ser utilizada pelos moradores locais. Pelo observado principalmente no ponto BRC4 está havendo a percolação do efluente da bacia de sedimentação da indústria de Caulim pelo solo atingindo o lençol freático, recomenda-se que haja a exigência de impermeabilização das bacias de armazenagem dos efluentes já que as mesmas não estão sendo efetivas na contenção do material estando o mesmo atingindo o meio ambiente.

Outros poços deverão ser analisados segundo a norma 6410 da CETESB que estabelece a amostragem e o monitoramento das águas subterrâneas e um estudo sobre: o mapa piezométrico; a descrição da geologia local e a estimativa da espessura do aqüífero freático deverá ser realizado visando estabelecer a planta topográfica com os locais prováveis de monitoramento.

A população que usa água de poço está sujeita a poluição que percola no solo atingindo o lençol freático, daí a importância de alertar a população para não consumir água de poço.

Pelos resultados encontrados a água das comunidades Laranjal e São Benedito tem características ácidas se encontrando em não conformidade com a portaria 518/04 do Ministério da Saúde. A turbidez esteve em não conformidade somente na comunidade São Sebastião.

Elementos químicos

Os resultados encontrados para os elementos nos poços analisados se encontram na tabela 2.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos

Parâmetro	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
Nova Jerusalém				
T (ºC)	28,25	28,00	28,50	0,35
pH	5,29	3,91	6,67	1,95
Eh (v)	0,05	-0,11	0,21	0,22
Condutividade (µS/cm)	223,35	49,70	397,00	245,58
Turbidez (UNT)	141,38	3,75	279,00	194,63
TDS (mg/L)	164,00	37,00	291,00	179,61
Laranjal				
T ºC	26,90	26,40	27,30	0,46
OD (mg/L)	2,55	1,95	2,87	0,52
Turbidez (UNT)	1,03	0,80	1,20	0,21
pH	4,39	4,35	4,45	0,05
Salinidade (mg/L)	0,03	0,03	0,03	0,00
Condutividade (µS/cm)	17,51	0,77	51,00	29,00
Cl^- (mg/L)	31,66	28,00	38,29	5,75
NO_3^- (mg/L)	0,09	0,05	0,13	0,04
Clorofila a (µg/L)	0,53	0,30	0,70	0,21
NH_3 (mg/L)	0,00	0,00	0,01	0,00
NH_4^* (mg/L)	0,04	0,03	0,05	0,01
São Benedito				
T ºC	26,18	25,36	27,00	1,16
OD (mg/L)	4,45	3,90	5,00	0,78
Turbidez (UNT)	5,80	5,60	6,00	0,28
pH	4,69	4,23	5,15	0,65
Salinidade (mg/L)	0,02	0,01	0,03	0,01
Condutividade (µS/cm)	36,00	28,00	44,00	11,31
Cl^- (mg/L)	96,33	90,66	102,00	8,02
NO_3^- (mg/L)	0,08	0,07	0,09	0,01
Clorofila a (µg/L)	1,10	1,06	1,14	0,06
NH_3 (mg/L)	0,00	0,00	0,00	0,00
NH_4^* (mg/L)	0,03	0,02	0,03	0,01

Na comunidade Nova Jerusalém Cd, Cr, Ni, Pb, Zn, Ca e Mg estiveram abaixo do limite de detecção nos poços analisados. Co e Cu apresentaram valores baixos na estação BRC3-PL (270 ng/mL e 10 ng/mL respectivamente).

Tabela 2 - Resultado dos elementos químicos nos poços (mg/L)

Amostra	Na	Ca	K
Portaria 518/04	-	-	-
	Nova Jerusalém		
Média	-	-	-
	Laranjal		
Média	35736,77	6690,80	671,10
	São Sebastião		
Média	7863,8	7787,8	978,2
	Cd	Cr	Cu
Portaria 518/04	5**	50**	2000**
	Nova Jerusalém		
Média	<1,5	<0,9	<1,1
	Laranjal		
Média	2,23	4,77	12,87
	São Sebastião		
Média	2,4	5,4	9,5
Amostra	Fe	Al	Mg
Portaria 518/04	300*	200*	-
	Nova Jerusalém		
Média	1760,00	46650,00	-
	Laranjal		
Média	384,07	370,03	1120,17
	São Sebastião		
Média	641,00	370,70	1211,2
	Co	Mo	Ni
Portaria 518/04	-	-	-
	Nova Jerusalém		
Média	<0,2	590,00	<4,2
	Laranjal		
Média	-	-	6,50
	São Sebastião		
Média	-	-	4,0
Amostra	Mn	Zn	Ba
Portaria 518/04	100*	5000*	700**
	Nova Jerusalém		
Média	-	<9,7	**57070,00**
	Laranjal		
Média	50,93	89,87	18,97
	São Sebastião		
Média	66,6	43,2	21,9
	Pb	Sr	V
Portaria 518/04	70**	-	-
	Nova Jerusalém		
Média	<5,3	-	-
	Laranjal		
Média	11,37	38,73	23,03
	São Sebastião		
Média	6,2	18,9	7,1

*Padrão máximo de aceitação para consumo humano;
** Padrão de potabilidade para substâncias químicas que representam risco à saúde

O Mn esteve em não conformidade com a portaria 518/04 do Ministério da Saúde, na estação BRC3-PL com um valor (140 ng/mL) 1,4 vezes o permitido na legislação brasileira (100 ng/mL).

O alumínio esteve em não conformidade com a legislação brasileira para água potável (200 ng/mL) na água dos poços que apresentaram alta turbidez, variou de 60 ng/mL (BRC3-PL) a 93230,00 ng/mL (BRC4-PT) com média 233,25 vezes acima do máximo permitido pela legislação brasileira.

De acordo com os dados da tabela 2 observa-se que o bário está em não conformidade com a portaria 518/04 do ministério da saúde (700 ng/mL) nos poços analisados, variando de 5250,00 ng/mL (BRC3-PL) a 108890,00 ng/mL (BRC4-PT) com média 81,53 vezes acima do máximo permitido pela legislação brasileira que coloca o bário no rol das substâncias químicas que representam risco a saúde humana.

Assim como o alumínio o ferro está em não conformidade com a legislação brasileira (300 ng/mL) nas águas de poços que apresentaram alta turbidez variou de 290,00 ng/mL (BRC3-PL) a 3230,00 ng/mL (BRC4-PT) com média 5,87 vezes acima do máximo permitido pela legislação brasileira.

O molibdênio não possui valor restritivo na legislação brasileira variando de um mínimo de 510 ng/mL (BRC3-PL) a 670 ng/mL (BRC4-PT).

Nas comunidades Laranjal e São Sebastião em termos de abundância, considerando os valores médios obtidos para os principais elementos, verifica-se a seqüência Na>Ca>Mg>K>Fe>Al, o sódio é portanto o elemento de maior abundância na água subterrânea sendo sua origem tanto natural como antrópica. Entre os elementos menores e traço a sequência encontrada foi Zn>Mn>Sr>Ba>V>Cu> Pb>Ni>Cr>Cd.

Comparando estes resultados com os encontrados para a água superficial verifica-se que o alumínio na água subterrânea não é mais abundante que K, Mg e Fe esta é outra indicação do aporte antrópico do alumino na água do rio Murucupi onde a água dos poços das comunidades sofrem recarga. Em relação aos elementos menores e traço há uma discordância em termos de abundância para o Mn e Ni todos os outros elementos mostraram o mesmo comportamento.

Em relação à portaria 518/05 do Ministério da Saúde somente alumínio e ferro estiveram em não conformidade, entretanto os valores da portaria estão defasados em relação aos parâmetros estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde e até em relação à resolução 357/05 do CONAMA que é muito mais restritiva para elementos como o cádmio e o cobre em água de rio do que a portaria 518 em água de consumo humano. Considerando este ponto de vista e adotando a resolução do CONAMA, cádmio e cobre também estaria em não conformidade, apresentando níveis similares aos encontrados no rio Murucupi.

O cádmio é um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, possibilitando sua

entrada na cadeia alimentar. O cádmio pode ser fator para vários processos patológicos no homem, incluindo disfunção renal, hipertensão, arteriosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos, causa a doença conhecida por Itai-Itai e câncer. Mesmo em baixas concentrações é um elemento perigoso devido sua propriedade bioacumulativa que causa doenças crônicas em indivíduos que consomem quantidades diárias deste elemento seja através da alimentação, de água potável, uso de cigarros etc.. Normalmente está presente nas águas naturais em pequenas concentrações, geralmente inferiores a 0,001 mg/L.

O cobre nas águas superficiais estão em concentrações menores que 0,020 mg/L e nas águas subterrâneas é inferior a 1 µg/L. A ingestão de altas doses pode acarretar, no homem, irritação e corrosão da mucosa, problemas hepáticos, renais, irritação do sistema nervoso e depressão. As atividades humanas responsáveis pela introdução de cobre na água são: corrosão de tubos de cobre e de latão por águas ácidas, algicidas, fungicidas usados na preservação da madeira e indústria de mineração, fundição, galvanoplastia e refino.

Apesar de a concentração de alumínio na água ser controlada por aspectos organolépticos, existe um considerável debate no círculo médico relatando o papel deste metal na incidência do mal de Alzheimer, que é uma doença cerebral degenerativa de etiologia desconhecida caracterizada pela presença de um grande número de estruturas neurofibrilares e placas senis em certas regiões do cérebro (Perl, 1988). O alumínio é um composto neurotóxico que, a longo prazo, pode causar encefalopatia grave em pacientes que sofrem diálise renal, podendo levar à distúrbios neurológicos.

A natureza da associação entre os depósitos de alumínio no cérebro, a neuroquímica da formação de placas e o mal de Alzheimer ainda é motivo de investigações. No entanto, em virtude da presença de alumínio em água potável ser mais prontamente disponível para absorção biológica que outras fontes, assumiu-se que o alumínio em água potável teria um efeito desproporcional sobre o mal de Alzheimer (Reiber et al., 1995). O Alumínio, embora seja o terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre, possui reduzida função biológica. Esse elemento pode interferir no metabolismo de diversas formas de vida.

O ferro livre é tóxico porque ele pode catalisar quimicamente a oxidação de lipídios e outras biomoléculas; proteínas específicas ligadas controlam o transporte extracelular e o armazenamento intracelular. É um elemento persistentemente presente em quase todas as águas subterrâneas em teores abaixo de 0,3mg/L. Suas fontes são minerais escuros (máficos) portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfibólios. Em virtude de afinidades geoquímicas quase sempre é acompanhado pelo manganês. O ferro no estado ferroso ($Fe^{2}+$) forma compostos solúveis, principalmente hidróxidos.

Em ambientes oxidantes o $Fe^{2}+$ passa a $Fe^{3}+$ dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. Desta forma, águas com alto conteúdo de Fe, ao saírem do poço são incolores, mas ao entrarem em contato com o oxigênio do ar ficam amareladas, o que lhes confere uma aparência nada agradável. Apesar do organismo humano necessitar de até 19 mg de ferro por dia, os padrões de potabilidade exigem que uma água de abastecimento público não ultrapasse os 300 ng/mL. Este limite é estabelecido em função de problemas estéticos relacionados à presença do ferro na água e do sabor ruim que o ferro lhe confere.

CONCLUSÕES

Os resultados comprovaram que ocorreu comprometimento da água subterrânea das comunidades avaliadas por ocasião de vazamentos de caulim e lama vermelha na área industrial de Barcarena. Elementos cancerígenos como Cd, foram identificados nas comunidades de Laranjal e São Sebastião representando sério risco à população que consome esta água sem tratamento.

REFERÊNCIAS

[1]. BAIRD, C. Environmental Chemistry. 2ª ed. University of Western, Ontario. 1999.

[2]. FREITAS, M. B. & ALMEIDA, L. M., 1998. Qualidade da água subterrânea e sazonalidade de organismos coliformes em áreas densamente povoadas com saneamento básico precário. In: *X Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. CD-ROM, São Paulo: Sonopress-Rimo.

[3]. GOYER, R. A., 1986. Toxic effects of metals. In: *Casarett & Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons* (L. J. Casarett, C. D. Klaassen, K. Klaassen & J. Watkins, ed.), pp. 582-635, New York: Macmillan Publishing Company.

[4]. IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 1994. *Dados sobre Domicílios no Estado do Rio de Janeiro*. Anuário Estatístico do Brasil, v. 54. Rio de Janeiro: IBGE.

[5]. MEYBECK, M; HELMER, R. In: Chapman, D. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring, cap. 3. 2ª ed. behalf of UNESCO, WHO and UNEP. London, E & FN Spon, 1992.

[6]. NORDBERG, G. F.; GOYER, R. A. & CLAKSON, T. W., 1985. Impact of effects of acid precipitation on toxicity of metals. *Environmental Health Perspectives*, 63:169-180.

[7]. PATHAK, S. P.; KUMAR, S.; RAMTEKE, P. W.; MURTHY, R. C.; BHATTACHERJEE, J. W. & GOPAL, K., 1994. Potability of water sources in relation to metal and bacterial contamination in some northern and northern-eastern districts of India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 33: 151-160.

[8]. PERL, D. P. & GOOD, P. F., 1988. Aluminum, environmental and central nervous system disease. *Environmental Technology Letters*, 9:901-906.

[9]. REIBER, S.; KUKULL, W. & STANDISH-LEE, P., 1995. Drinking water aluminum and bioavailability. *Journal of the American Water Works Association*, 87:86-99.

[10]. YABE, Maria Josefa Santos & OLIVEIRA, Elisabeth Heavy metals in fresh waters for evaluations of hydrographic basin; Química Nova, 21(5), 551-556, 1998.