

AVALIAÇÃO DE RISCO A SAÚDE HUMANA POR INGESTÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NO ESTADO DO PIAUÍ

Daniel Alves Barcelos

Aluno de Graduação em Química, 3º Período, UFRJ
Período PIBIC/CETEM: Setembro de 2011 a Julho de 2012

dbarcelos@cetem.gov.br

Zuleica Carmen Castilhos

Orientadora, Bioquímica, D. Sc.

zcastilhos@cetem.gov.br

1. INTRODUÇÃO

Com o crescente investimento das indústrias no estado do Piauí, principalmente na área de mineração, cresce o interesse das autoridades públicas pelo conhecimento da atual qualidade das águas destinadas ao consumo humano. Isso se justifica, pois a mineração pode liberar elementos químicos tóxicos como, por exemplo, os metais pesados. Estes estudos sobre a qualidade das águas subterrâneas servirá como referência da qualidade ambiental e permitirá o acompanhamento da variação da qualidade por meio de monitoramentos sistemáticos, bem como da depreciação ambiental. A região deste estudo é uma província ferrífera, em fase inicial de lavra.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem por objetivo aplicar a metodologia de avaliação de risco não cancerígeno à saúde humana de adultos e de crianças, via ingestão de águas subterrâneas, em abordagem conservativa, em Betânia do Piauí, Curral Novo do Piauí, Paulistana e Simões-PI.

3. METODOLOGIA

Amostras de águas subterrâneas de 25 poços em produção foram coletadas no período de 10 a 19/11/2011, em quatro municípios da região sudeste do Piauí: Betânia do Piauí (7), Curral Novo do Piauí (2), Paulistana (19) e Simões (7). A coleta foi realizada após o esgotamento do poço para evitar a coleta de água parada na tubulação, em dois frascos de polietileno, previamente descontaminados com HNO₃ (10% v/v) e lavados com água destilada. Uma das amostras, para análises de cátions e ânions, foi mantida sob refrigeração, enquanto à outra, para análise de metais, adicionou-se 1 ml de HNO₃ (65% v/v), acidificando e mantendo os metais em solução, não havendo perdas por precipitação. Esta amostra não necessita de refrigeração.

As amostras foram encaminhadas para análise química no Laboratório de águas da PUC/RJ - LABAGUAS. Análises físico-químicas e de presença de cátions e ânions foram realizadas nas amostras refrigeradas enquanto que nas amostras não refrigeradas foi realizada a identificação dos metais: Be, B, V, Cr, Mn, Zn, As, Se, Sr, Mo, Cd, Ba, Hg e Pb por meio da espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), em equipamento *Agilent, modelo 7500ce*.

A avaliação de risco é uma metodologia preconizada pela USEPA (*United States Environment Protection Agency*) que relaciona a qualidade ambiental e o risco potencial à saúde humana, sendo expressa por meio de estimativas numéricas dependentes dos teores de contaminantes no meio ambiente e das características da exposição humana. O risco não cancerígeno é caracterizado pela existência de um limiar de toxicidade. Este limiar, denominado de quociente de risco (QR), é calculado pela divisão da dose média crônica diária (CADD) pela dose de referência (RfD) do elemento químico. Os cálculos da CADD podem ser observados por meio da Equação 1, abaixo.

$$CADD = \frac{C_{max} \times IR \times AAF \times EF}{BW \times 365 \text{ d/y}} \quad (1)$$

C_{max}: Média máxima da concentração do elemento em um período de 7 anos; IR: Taxa de Ingestão; AAF: Ajuste do Fator de absorção
EF: Frequência de Exposição; BW: Peso do corpo;

A RfD é um valor determinado pela *USEPA*, para a qual não se espera a ocorrência de efeitos adversos à saúde humana. A avaliação por múltiplos contaminantes e múltiplas vias, chamado Índice de Risco (ou Índice de Risco Total - IRT), é o somatório dos quocientes de risco (QR), sendo que em somas abaixo da unidade 1, indicam a inexistência de risco à saúde humana.

Primeiramente, foi realizado um levantamento, no sítio da *IRIS – USEPA (Integrated Risk Information System)*, dos metais que apresentam doses de referência (RfD) para efeitos não cancerígenos, via exposição oral. Os valores de RfD podem ser observados por meio da Tabela 1.

Tabela 1. Valores de RfD para diversos metais, considerando a exposição ambiental crônica oral

Metais	RfD mg/kg*dia	Metais	RfD mg/kg*dia	Metais	RfD mg/kg*dia
Be	0,002	Ni	0,02	Mo	0,005
B ⁽¹⁾	0,2	Zn	0,3	Cd	0,0005
V ⁽²⁾	0,009	As	0,0003	Ba	0,2
Cr ⁽³⁾	0,003	Se	0,005	Hg	0,0003
Mn ⁽¹⁾	0,14	Sr ⁽¹⁾	0,6	Pb ⁽⁴⁾	ND

ND - Não determinado

⁽¹⁾ Esses elementos não existiam na base de dados dos RISC 4[®], eles foram adicionados e os valores toxicológicos e químicos necessários para isso foram retirados da ATSDR (Agency for Toxic Substances & Disease Registry).

⁽²⁾ Na ausência de RfD para o Vanádio, foi utilizado o RfD Pentóxido de Vanádio, caracterizando o pior cenário.

⁽³⁾ Na IRIS existem dois valores, um para o Cr (III) e outro para o Cr (VI). Aqui foi utilizado o RfD do Cr (VI) como padrão, porque é o mais tóxico, caracterizando assim o pior cenário.

⁽⁴⁾ O chumbo é um elemento altamente tóxico e nocivo à saúde humana e não há dose de referência derivada porque não existe uma concentração mínima em que esse elemento não apresente risco à saúde humana.

A avaliação de risco à saúde humana foi realizada com o uso do *software RISC 4[®]*. Para tanto, foi considerada a via de exposição oral por ingestão de águas para dois tipos de receptores: adulto (70 Kg e ingerindo 2L/dia de água) e criança (15 Kg e ingerindo 1,5L/dia de água), estimando o pior cenário em conformidade com a abordagem conservativa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Betânia do Piauí

Para os 7 poços amostrados em Betânia do Piauí, o risco calculado para população de moradores adultos resultou em um valor abaixo da unidade de referência. Desse modo, atualmente, os teores, de metais presentes nas águas não representam risco não cancerígeno à saúde humana. Para a população de moradores crianças, o valor encontrado para o IR resultou acima da unidade em 4 poços: Baixa Grande (BG), Silvino, Baixão e Mulungú, conforme detalhado na Tabela 2.

Dos quinze elementos analisados, sete mostram maior parcela no total de risco calculado: As, B, Ba, Hg, Se, Sr e V. O risco apresenta-se bem distribuídos entre esses elementos, no entanto, no poço de BG e Baixão, o Se tem o maior QR, 0,27 e 0,25, respectivamente. Já nos poços de Silvino e Mulungú o maior QR é o do V, com 0,33 e 0,31, respectivamente. Deve-se considerar, entretanto que para o V foi utilizado um RfD bastante conservativo.

Tabela 2. QR por elemento, IRT e contribuição dos metais no IRT em Betânia do Piauí.

Poços	IR – Criança RME							
	Be	B	V	Cr	Mn	Ni	Zn	As
BG	2.4E-02	2.3E-01	1.4E-01	1.6E-02	3.4E-04	2.4E-03	1.4E-02	1.6E-01
Silvino	2.4E-02	7.7E-02	3.3E-01	1.6E-02	6.8E-03	2.4E-03	1.6E-02	1.6E-01
Baixão	2.4E-02	1.1E-01	1.4E-01	1.6E-02	3.4E-04	2.4E-03	7.4E-03	1.6E-01
Mulungú	2.4E-02	1.1E-01	3.1E-01	1.6E-02	3.4E-04	2.4E-03	3.8E-03	1.6E-01
Poços	Se	Sr	Mo	Cd	Ba	Hg	Pb	Total
BG	2.7E-01	1.3E-01	9.6E-03	9.6E-02	1.1E-01	1.6E-01	1.3E-02	1.4E+00
Silvino	9.6E-03	7.0E-02	9.6E-03	9.6E-02	1.1E-01	1.6E-01	1.3E-02	1.1E+00
Baixão	2.5E-01	1.7E-01	9.6E-03	9.6E-02	1.6E-01	1.6E-01	1.3E-02	1.3E+00
Mulungú	2.1E-01	1.1E-01	9.6E-03	9.6E-02	1.6E-01	1.6E-01	1.3E-02	1.4E+00
Poços	IRT	< QR			IR elementos <QR		Percentual IRT	
BG	1,4	As, B, Ba, Hg, Se, Sr, V			1,2		85,7	
Silvino	1,1	As, Ba, Hg, V			0,76		69	
Baixão	1,3	As, B, Ba, Hg, Se, Sr, V			1,15		88,4	
Mulungú	1,4	As, B, Ba, Hg, Se, Sr, V			1,22		87,1	

IRT: Índice de Risco Total; IR: Índice de Risco; QR: Coeficiente de Risco; RME: Exposição Máxima Moderada;

4.2 Curral Novo do Piauí

Para a água de 2 poços analisados neste município, os resultados indicaram ausência de risco não cancerígeno para moradores adultos. Já para as crianças, apenas o poço da localidade de Casa Nova apresentou índice de risco. Os resultados encontrados foram: IRT (1,1), elementos com maior QR (As, Hg, Sr e V), IR dos elementos com maior QR (0,75) e percentual de IRT (68,1). Dos 15 elementos analisados, 4 mostram maior parcela no total de risco calculado: As, Hg, Sr e V. O risco está distribuído entre esses 4 elementos, sendo o V o que apresentou maior QR, isto é, 0,28. Deve-se considerar, entretanto que para o V foi utilizado um RfD bastante conservativo.

4.3 Paulistana

Dos 19 poços analisados, os resultados indicaram ausência de risco não cancerígeno para moradores adultos e 13 apresentaram IR maior que a unidade de referência, para as crianças. Os resultados podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3. Contribuição dos metais no IRT em Paulistana.

Poços	IRT	<QR	IR elementos <QR	Percentual IRT
MPF	1,6	As, Ba, Hg, Sr, V	1,41	85,7
VR	1	As, Ba, Hg, Sr	0,79	79
Ingá	1,4	As, Ba, Hg, Sr, V	1,22	87
Tamanduá	1,2	As, Hg, Sr, V	0,92	92
Sítiozinho	1,6	As, Ba, Hg, Sr, V	1,38	86,2
RC	1,4	As, Ba, Hg, Mn, Sr	1,2	87
CSI	1,3	As, Ba, Hg, Sr, V	1,07	82
Topa	1,2	As, Ba, Hg, V	0,85	85
LG	1,2	As, B, Ba, Hg, Mn	0,79	65,3
Espinheiro	1,1	As, Ba, Hg, V	0,8	72,7
SV	1,3	As, Ba, Hg, Sr, V	1,08	83
AB	1,1	As, Ba, Hg, Sr	0,94	85,4
Curipati	1,5	As, Ba, Hg, Sr, V	1,31	87,3

MPF: Malhadinha-do-Pau-Ferro; VR: Vereda do Rancho; RC: Roça de Cima; CSI: Chapada Santa Isabel; LG: Lagoa do Gentil; SV: Serra Vermelha; AG: Água Branca;

Dentre os 15 elementos, 6 apresentaram maior parcela no IRT (As, Ba, Hg, Mn, Sr e V). As e Hg estão presentes nos que apresentam risco. Os QR estão distribuídos entre esses elementos, entretanto, Ba, Sr e V contribuem com maior QR na maioria desses poços. Isso não ocorre no poço LG, onde o Mn tem maior QR. O Ba tem maior QR em 7 poços, o Sr em 2 e o V em 3. Deve-se considerar, entretanto, que para o V foi utilizado um RfD bastante conservativo.

4.4 Simões

Neste município, 2 poços apresentaram risco à saúde de moradores adultos. Os resultados encontram-se ilustrados na Tabela 4.

Tabela 4. Contribuição dos metais para o IRT em Simões, para os moradores adultos.

Poços	IRT	<QR	IR elementos <QR	Percentual IRT
Bela Vista (BV)	1,5	Hg	1,3	86,6
Veredão	1,5	Ba, Sr	1,35	90

Dentre os 15 elementos analisados, no poço de Veredão, somente 2 (Ba e Sr) apresentaram maiores QR; os outros 13 elementos, quando somados, contribuem com um IRT de 0.15. No poço de BV o maior responsável pelo risco é o Hg, os outros 14 elementos não contribuíram efetivamente, pois, ao somar os seus QR contribuem para um IRT de 0,2.

Para os moradores crianças foi apresentado risco em 5 localidades desse município. Os resultados encontram-se detalhados na Tabela 5.

Tabela 5. Contribuição relativa dos metais para o IRT para crianças em Simões.

Poços	IRT	<QR	IR elementos <QR	Percentual IRT
BV	5,2	As, B, Hg, Sr	4,98	95,7
Currallinho	2,8	As, B, Hg, Mo, Se, Sr, V	2,5	89,2
Sítio Amparo (SA)	3,1	As, Ba, B, Hg, Sr	2,81	90,6
Veredão	5,3	As, Ba, Hg, Sr	5,04	95
Juazeiro	1,2	As, Ba, Hg	0,87	72,5

Os elevados valores de IR para crianças do poço de BV, devem-se ao Hg. Os metais Ba e Sr contribuíram para o elevado IRT no risco para as crianças de Veredão; em Currallinho, o Mo com QR 1,3 é o maior contribuinte, em SA, é o Sr (QR = 1,7) e em Juazeiro, o Ba (ao QR 0,55).

A partir dos resultados deste trabalho foi possível caracterizar regiões de potenciais risco não cancerígeno à saúde humana. No entanto, são necessários estudos mais aprofundados, incluindo a avaliação de riscos cancerígenos. Este trabalho servirá, também, em monitoramentos futuros, como referência na qualidade das águas subterrâneas do sertão piauiense sem impactos da mineração.

5. AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS, Zuleica, CNPq, Fernanda, Jean Abbud, Thiago Teles, meus pais e amigos.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ATSDR. Metals Toxicological Profiles. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp151.pdf>>. Acesso em 9 abr. 2012.

CASTILHOS, Z.C.; CASTRO, A.M.; RAMOS, A.S.; LIMA, C.A.; RODRIGUES, A.P.C. Avaliação de risco à saúde humana: conceitos e metodologia. CETEM/MCT, 2005.

USEPA IRIS (Integrated Risk Information System) Disponível em: <<http://www.epa.gov/IRIS/>>. Acesso em 20 abr. 2012.