

AVALIAÇÃO DO RISCO À SAÚDE HUMANA POR MEIO DO CONSUMO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA CONTENDO METAIS, NA ZONA RURAL DO MUNICÍPIO DE PALMARES DO SUL (RS).

*Débora Karine Koller^{*1}; Pedro Antonio Roehe Reginato²*

RESUMO

Este trabalho apresenta estudo prospectivo do risco à saúde de moradores da zona rural de Palmares do Sul, RS, que consomem água subterrânea de aquíferos livres associados a sedimentos arenosos, em poços ponteira. Para avaliação do risco foram efetuadas: caracterização hidrogeológica da região, interpretação de análises físico-químicas e comparação dos teores de Al, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn, de treze poços ponteira, com parâmetros normativos de resoluções regulamentadoras. A metodologia compreendeu coleta e avaliação dos dados, avaliação toxicológica, avaliação da exposição, caracterização e quantificação do risco. Identificou-se que 53,8 e 92,3% dos poços analisados apresentam teores de ferro e manganês, respectivamente, acima dos valores máximos permitidos. Tendo como base um cenário residencial rural e ingresso realizado através da ingestão de água subterrânea, os valores de HI calculados para receptores adultos são inferiores ao valor unitário, indicando o baixo potencial de risco devido à presença dos metais selecionados. Quatro poços evidenciaram potencial existência de efeitos toxicológicos adversos não carcinogênicos à saúde, considerando receptores crianças. Ressalta-se que a água subterrânea e a ingestão oral são apenas um caminho e uma rota de exposição aos metais selecionados nesse estudo, e que existem incertezas associadas ao cálculo do risco.

Palavras-chave: avaliação de risco à saúde, água subterrânea, metais.

Human health risk assessment through groundwater ingestion containing metals, in rural area of Palmares do Sul (RS).

ABSTRACT

This paper presents a prospective study about the risk to human health of rural residents of Palmares do Sul. In order to evaluate the risk, the steps were followed: the region hidrogeological characterization, interpretation of the physicochemical analysis and comparison between Al, B, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn contents, from 13 driven wells, with regulatory values. The assessment methodology was based on USEPA and comprehends data collect and evaluation, toxicological evaluation, exposition evaluation, risk characterization and quantification. It was identified that 53,8 and 92,3% of the analyzed wells presented Fe and Mn concentrations in the groundwater, respectively, above the CONAMA 396/08 regulatory values. The Health risk assessment indicated that all HI values, admitting adults' receptors, are lower than the unit and would be possible risk immune by the selected metals presence. Four wells presented HI values higher than the unit, admitting children receptors, highlighting the potential existence of non-carcinogenic toxicological effects to their health. It is emphasized that groundwater and oral intake are just a path and a route of exposure to the selected metals and that there are uncertainties associated with the risk calculation.

Keywords: health risk assessment, underground water, metals.

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, debora.koller@ufrgs.br.

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pedro.reginato@ufrgs.br.

1. INTRODUÇÃO

Os aquíferos constituem a maior reserva de água potável no planeta (CETESB, 1978), demonstrando serem essenciais ao abastecimento populacional, lazer, produção de bens, entre outros. No entanto, de toda água subterrânea existente, apenas uma parcela está disponível para consumo humano, devido a fatores limitantes, como sua qualidade. Caso a água consumida por determinado indivíduo esteja contaminada, esse corre riscos de saúde, devido a sua exposição aos contaminantes ali presentes. Vários fatores controlam a possibilidade de esse risco existir, como a dose ingerida pelo consumidor, o tempo de exposição e o fator de toxicidade do contaminante.

Segundo a Agência de Proteção dos Estados Unidos (USEPA), a “avaliação de risco toxicológico consiste no processo de estimar a natureza e a probabilidade de efeitos adversos à saúde humana, que pode estar exposta a substâncias químicas presentes em ambientes contaminados, no presente ou no futuro”. A mesma é descrita no Manual de Avaliação da Saúde Humana da USEPA (*Risk Assessment Guidance for Superfund - Volume I - Human Health Evaluation Manual (Part A)*) (USEPA, 1989).

Nesse sentido, esse trabalho procura investigar a existência de risco à saúde humana por meio do consumo água subterrânea, provinda de poços ponteira, com concentração variada de metais. A população avaliada abrange moradores da zona rural de Palmares do Sul, município localizado na planície costeira do Rio Grande do Sul (RS), Brasil.

Segundo dados do IBGE (2010), Palmares do Sul possui área de 946,24 km², representando 0,35% do Estado. A população total é dividida em urbana e rural e apresenta 10969 habitantes. A maior parte da população, 83,8% reside em regiões urbanas e, em contrapartida, 16,2% da população é rural (IBGE, 2010). A maior parte da água utilizada para abastecimento dos moradores rurais do município provém de poços ponteira, localizados próximos às residências. Esses poços são de pequeno diâmetro, pouco profundos e captam água de aquíferos rasos, localizados em camadas de sedimentos arenosos. Em função do tipo de captação e do aquífero, a vulnerabilidade à contaminação é maior, assim como o potencial de contaminação das águas subterrâneas.

Sendo assim, entende-se a extrema importância de se avaliar a possível existência de risco à saúde dos moradores da zona rural do município de Palmares do Sul que utilizam a água subterrânea para abastecimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Levantamento de dados

A identificação e caracterização hidrogeológica foi realizada por meio da consulta ao Sistema de Informação de Águas Subterrâneas (SIAGAS-CRPM), Prefeitura Municipal, CORSAN, EMATER e Empresas de Perfuração de Poços. As informações sobre as características construtivas dos poços, usos da água, tipos de aquíferos, nível estático e vazão dos poços foram obtidas junto ao banco de dados do Projeto Lagoas Costeiras II, publicado por Reginato e Michalski (2013).

A caracterização hidroquímica foi feita baseada no resultado de 13 amostras de água subterrânea coletadas diretamente na tubulação de saída de poços ponteira, após passados 10 minutos de funcionamento da bomba. As amostras foram acondicionadas em frascos de Polietileno e Borossilicato Esterilizado, sendo que em alguns dos frascos foi adicionado HNO₃ para preservação da mesma. Todas as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor, mantidas refrigeradas e transportadas, no mesmo dia da coleta, para os laboratórios onde foram feitas as análises dos seguintes parâmetros: alcalinidade, bicarbonatos, cálcio, magnésio, sódio, potássio, cloretos, sulfatos, dureza,

fluoretos, nitrato, odor, cor, sólidos totais dissolvidos, ferro, manganês, alumínio, chumbo, cobre, cromo, cádmio, zinco, boro, turbidez, amônia e fósforo. Os parâmetros pH e condutividade foram medidos diretamente no campo por meio do emprego de uma sonda multiparâmetros HQ40D com sonda para CE (robusta, eletrodo de grafite e cabo de 5 m) e sonda para pH (robusta, membrana de vidro e cabo de 5 m). A análise de metais foi realizada no laboratório do Centro de Ecologia da UFRGS e, o restante, no laboratório Ecocerta Análises Ambientais Ltda, sendo que ambos seguem a metodologia do Standards Methods.

2.2. Avaliação do risco à saúde humana

A avaliação do risco à saúde humana foi realizada com base no manual de gerenciamento de áreas contaminadas da CETESB (2001), o qual é dividido em quatro etapas.

2.2.1. Coleta e análise de dados já existentes: Nessa etapa, foi feito um levantamento inicial dos dados históricos e informações já existentes, como as características da hidrogeologia local, as formas de captação, análises físico-químicas e identificação dos potenciais contaminantes presentes na área.

2.2.2. Avaliação da toxicidade: Na determinação e quantificação da relação entre o nível de exposição do contaminante (dose de referência - RfD - ou ingestão) e do aumento da probabilidade de ocorrência e/ou gravidade dos efeitos adversos, consultou-se o banco de dados toxicológicos, não carcinogênicos e carcinogênicos, da IRIS (2004) e da ATSDR (2013). Dentre as substâncias químicas consideradas nesse estudo apenas o Cd é carcinogênico, isso é, tem evidências da probabilidade de ocorrência de câncer em humanos.

2.2.3. Avaliação da exposição: Calculada por meio do ingresso, que é definido como a quantidade de composto químico disponível para absorção que poderá entrar em contato com determinado organismo. Baseada na determinação da magnitude, frequência, duração e rotas de exposição, direta ou indireta, dos indivíduos aos contaminantes e no cálculo dos níveis de ingestão crônica ou subcrônica de cada substância, utilizando-se as concentrações dos compostos químicos de interesse, assim como os parâmetros de exposição, como dados de entrada. A seguir é apresentada a equação utilizada para o cálculo do ingresso por ingestão de água contaminada, em áreas residenciais rurais (Eq. 1), onde I é o ingresso por ingestão de água contaminada ($\text{mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), C é a concentração do composto químico na água (mg L^{-1}), IR é a taxa de ingestão de água (L dia^{-1}), EF é a frequência da exposição (dias ano^{-1}), ED é a duração média da exposição (ano), BW é o peso corpóreo médio do indivíduo durante a exposição (kg) e AT é o período de exposição médio (dias), encontrados em CETESB (2009).

$$I = C \times \frac{IR \times EF \times ED}{BW} \times \frac{1}{AT} \quad (1)$$

2.2.4. Caracterização do risco: Nessa etapa são combinadas as estimativas de exposição e de toxicidade, quantificando o risco relativo a cada composto químico e, posteriormente, de todos eles em conjunto. Inicialmente, a quantificação do risco deve ser realizada individualmente para efeitos carcinogênicos (Eqs. 2 e 3) e não carcinogênicos (Eqs. 4, 5 e 6), considerando cada contaminante e cada caminho de exposição.

$$R = I_n \times SF \quad (2)$$

$$R_{ET} = \sum R_{CAMINHOEXP_i} \quad (3)$$

$$HQ = I_n / RfD_i \quad (4)$$

$$HI = \sum I_n / RfD_i \quad (5)$$

$$HI_{ET} = \sum HI_{CAMINHOEXP_i} \quad (6)$$

Onde, HQ: quociente de perigo não carcinogênico; HI: índice de Perigo não carcinogênico; I_n : dose de ingresso para o cenário de exposição “n” ($\text{mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); RfD_i : dose de referência para a via de ingresso “i” ($\text{mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); R: risco carcinogênico; SF: slope factor ou fator potencial carcinogênico ($\text{mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$); HI_{ET} : índice de perigo não carcinogênico para exposição total; $HI_{CAMINHOEXP_i}$: índice de perigo não carcinogênico para cada caminho de exposição “i”; R_{ET} : risco carcinogênico para exposição total; $R_{CAMINHOEXP_i}$: risco carcinogênico estimado para cada caminho de exposição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização hidrogeológica e hidroquímica

Segundo o Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul (Machado e Freitas, 2005), o município de Palmares do Sul está localizado, em sua totalidade, sobre o Sistema Aquífero Quaternário Costeiro I (qc1), que se desenvolve de Torres até o Chuí.

Na área de estudo foram identificados 129 poços, sendo que 14 são tubulares (utilizados para abastecimento público), e 115 são do tipo ponteira. A água captada pelos poços ponteira é utilizada principalmente para abastecimento e para irrigação.

Para uma melhor caracterização dos poços ponteiras que são utilizados para abastecimento, foi realizado um inventário de campo onde foram avaliados 27 poços. Os dados obtidos com esse levantamento indicaram que esses poços apresentam pequeno diâmetro (entre 40 e 70 mm), profundidades médias de 15 m, nível estático localizado entre 0,5 e 2 m e vazões inferiores a $2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$.

A análise de perfis geológico-construtivos de poços tubulares perfurados pela CORSAN possibilitou identificar que os aquíferos existentes no município de Palmares do Sul são compostos, predominantemente, por camadas de areia fina a média, que podem estar intercaladas com camadas de areias argilosas, argilas e siltes. Dessa forma, na região há ocorrência de aquíferos granulares confinados e livres. Os poços tubulares da CORSAN captam água de aquíferos confinados, localizados em diferentes profundidades (superiores a 50 m), que possuem uma menor vulnerabilidade a contaminação. Já a população que não é abastecida pela CORSAN obtém água subterrânea através de poços ponteira que captam água de aquíferos livres, associados a camadas arenosas que estão localizadas próximas a superfície. Em função disso, a população que não é abastecida pela CORSAN, está mais exposta, pois os aquíferos rasos são, geralmente, mais vulneráveis à contaminação.

A caracterização hidroquímica baseou-se nos dados de coleta e análise da água subterrânea de 13 poços ponteira que são utilizados exclusivamente para abastecimento (Tab. 1 e Fig. 1). O tratamento desses dados mostrou a ocorrência de águas subterrâneas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas e bicarbonatadas sódicas, apresentando pH médio de 7,9 e condutividade elétrica entre 70,9 e $654 \mu\text{S cm}^{-1}$. Essas águas apresentam concentrações variáveis de alumínio, boro, chumbo, cobre, zinco, ferro e manganês, sendo que esses dois últimos elementos apresentam concentrações, na maioria das amostras, acima dos VMP (CONAMA, 2005).

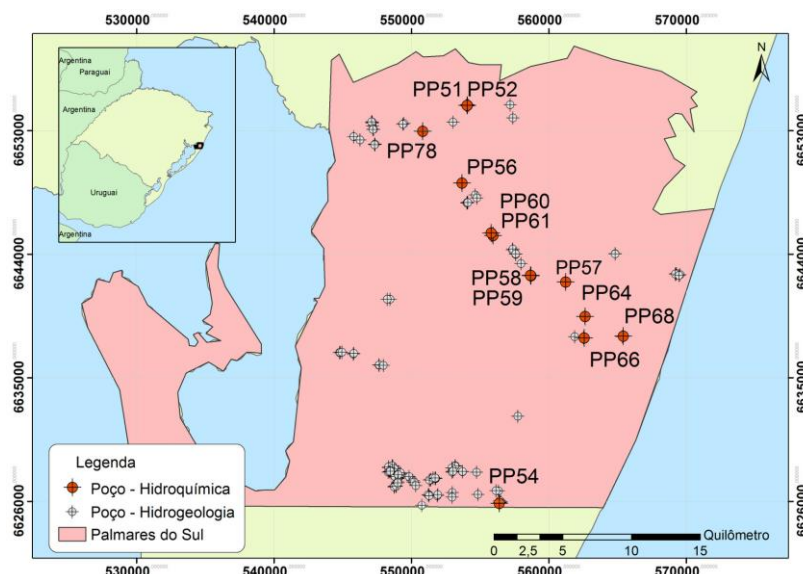


Figura 1- Localização dos poços de água subterrânea com dados hidrogeológicos e hidroquímicos

Tabela 1- Teores dos metais analisados, provindo de poços ponteiras, em mg L⁻¹.

Poço	Coordenadas		Al	B	Cd	Pb	Cu	Cr _T	Fe	Mn	Zn
	N	E									
PP51	6654839	554081	ND	-	ND	3,81E-04	0,001	ND	0,307	0,464	0,529
PP52	6654833	554064	ND	-	ND	3,60E-04	0,282	ND	0,323	0,464	0,679
PP54	6625856	556406	ND	-	ND	4,31E-04	0,079	ND	ND	0,724	1,115
PP56	6649184	553689	ND	-	ND	6,32E-04	0,088	ND	0,828	1,244	1,047
PP57	6641974	561229	0,049	-	ND	3,71E-04	0,021	ND	0,639	1,504	1,484
PP58	6642429	558709	ND	-	ND	6,74E-04	0,069	ND	ND	2,804	3,12
PP59	6642462	558679	0,023	-	ND	8,40E-04	0,040	ND	0,955	0,204	0,324
PP60	6645347	555954	ND	-	ND	7,62E-04	0,088	ND	0,26	0,204	1,224
PP61	6645530	555818	ND	-	ND	6,35E-04	0,001	ND	ND	0,464	0,324
PP64	6639450	562655	0,077	0,357	ND	1,56E-03	0,214	ND	0,575	0,669	0,733
PP66	6637899	562578	0,046	ND	ND	1,60E-03	0,175	ND	0,007	0,02	1,606
PP68	6638030	565426	0,047	0,649	ND	1,36E-03	0,233	ND	ND	1,968	1,62
PP78	6652946	550820	0,04	-	ND	7,20E-04	0,040	ND	0,512	0,464	2,657
LD			0,006	-	0,001	1	0,003	0,1	0,01	0,21	0,02
CONAMA 396/08			0,2	0,5	0,005	10	2	0,05	0,3	0,1	5

3.2 Avaliação de Risco à Saúde

Os dados utilizados para o cálculo da avaliação de risco à saúde humana são as concentrações das substâncias encontradas nas análises da água subterrânea, provinda de poços ponteiras utilizados para abastecimento da população rural. Dentre as substâncias consideradas, apenas o Cd é carcinogênico, isso é, tem evidências da probabilidade de ocorrência de câncer em humanos. As RfD, expressas em mg kg⁻¹ dia⁻¹, são Pb: 0,0036, Mn: 0,14, Fe: 0,7, Al: 1, Cu: 0,04; Cr⁶⁺: 0,003, Cd: 0,0005, Zn: 0,3 e B: 0,2. Na fase de avaliação da exposição, foram calculadas as doses de ingresso dos metais de interesse, para o evento de exposição humana à água subterrânea de poços. Poderá estar sob risco de contaminação por metais a parcela da população do município de Palmares do Sul que, de alguma forma entra em contato com a água subterrânea de poços ponteira (ingestão, contato dérmico, inalação) e, dessa forma, com as substâncias químicas ali presentes. No entanto, esse estudo considerou apenas os riscos provenientes da ingestão da água subterrânea de poços ponteira, seja pela disponibilidade de dados como pela representatividade do consumo de água subterrânea, em relação às outras atividades. Na tabela 2 são apresentados os resultados do cálculo das doses de ingresso para

cenários compostos por receptores crianças e adultos. Dentre os parâmetros ATn e ATc (período de exposição médio de vida durante a exposição para substâncias não carcinogênicas e carcinogênicas, respectivamente) foi utilizado o ATn, devido à provável inexistência de carcinogenicidade das substâncias químicas consideradas no cálculo do risco.

Tabela 2. Dose de ingresso de metais por meio do consumo de águas subterrâneas no município de Palmares do Sul, para adultos e crianças.

Poço	Ingresso Adultos (mg kg ⁻¹ dia ⁻¹)								
	Al	B	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Zn
PP51 PAL	-	-	-	1,16E-05	0,0000	-	0,0093	0,0141	0,0161
PP52 PAL	-	-	-	1,09E-05	0,0086	-	0,0098	0,0141	0,0207
PP54 PAL	-	-	-	1,31E-05	0,0024	-	-	0,0220	0,0339
PP56 PAL	-	-	-	1,92E-05	0,0027	-	0,0252	0,0379	0,0319
PP57 PAL	0,0015	-	-	1,13E-05	0,0006	-	0,0195	0,0458	0,0452
PP58 PAL	-	-	-	2,05E-05	0,0021	-	-	0,0854	0,0950
PP59 PAL	0,0007	-	-	2,56E-05	0,0012	-	0,0291	0,0062	0,0099
PP60 PAL	-	-	-	2,32E-05	0,0027	-	0,0079	0,0062	0,0373
PP61 PAL	-	-	-	1,93E-05	0,0000	-	-	0,0141	0,0099
PP64 PAL	0,0023	0,0109	-	4,75E-05	0,0065	-	0,0175	0,0204	0,0223
PP66 PAL	0,0014	-	-	4,85E-05	0,0053	-	0,0002	0,0006	0,0489
PP68 PAL	0,0014	0,0198	-	4,12E-05	0,0071	-	-	0,0599	0,0493
PP78 PAL	0,0012	-	-	2,19E-05	0,0012	-	0,0156	0,0141	0,0809
	Ingresso Crianças (mg kg ⁻¹ dia ⁻¹)								
PP51 PAL	-	-	-	2,44E-05	0,0001	-	0,0196	0,0297	0,0338
PP52 PAL	-	-	-	2,30E-05	0,0180	-	0,0206	0,0297	0,0434
PP54 PAL	-	-	-	2,75E-05	0,0051	-	-	0,0463	0,0713
PP56 PAL	-	-	-	4,04E-05	0,0056	-	0,0529	0,0795	0,0669
PP57 PAL	0,0031	-	-	2,37E-05	0,0013	-	0,0408	0,0961	0,0949
PP58 PAL	-	-	-	4,31E-05	0,0044	-	-	0,1793	0,1995
PP59 PAL	0,0015	-	-	5,37E-05	0,0026	-	0,0611	0,0130	0,0207
PP60 PAL	-	-	-	4,87E-05	0,0056	-	0,0166	0,0130	0,0782
PP61 PAL	-	-	-	4,06E-05	0,0001	-	-	0,0297	0,0207
PP64 PAL	0,0049	0,0228	-	9,98E-05	0,0137	-	0,0368	0,0428	0,0469
PP66 PAL	0,0029	-	-	10,2E-05	0,0112	-	0,0004	0,0013	0,1027
PP68 PAL	0,0030	0,0415	-	8,67E-05	0,0149	-	-	0,1258	0,1036
PP78 PAL	0,0026	-	-	4,60E-05	0,0026	-	0,0327	0,0297	0,1699

Na tabela 3 é apresentado, para receptores adultos e crianças, o potencial de efeito não carcinogênico adverso à saúde humana a partir da exposição a cada substância química não carcinogênica (quociente de risco - HQ) e também a exposição simultânea de todas as substâncias consideradas no estudo (Índice de Perigo – HI), por cada ponto de exposição (poços de água subterrânea). A análise dos dados mostra os valores de HI, para receptores adultos, estão entre 0,14 e 0,98, não excedendo o valor unitário. Dessa forma, no que se refere ao rastreamento do risco de danos crônicos não carcinogênicos à saúde humana, por ingestão de água subterrânea, os resultados indicaram potencial ausência de efeitos adversos, pois todos os cálculos de índices de risco obtidos foram inferiores ao limite tolerável (HI < 1). Quando o risco é calculado com o emprego de parâmetros mais conservativos, isso é, considerando que a população exposta seja composta de crianças, o seu resultado é superior. Considerando esse cenário de cálculo, identificam-se valores de HI acima do valor unitário em quatro poços, apresentados na tabela a seguir, em negrito.

Sendo assim, os resultados indicaram potencial existência de efeitos adversos não carcinogênicos à saúde de crianças consumidoras da água subterrânea provinda dos poços PP56 PAL,

PP57 PAL, PP58 PAL e PP68PAL, pois o somatório dos seus quocientes de risco (HQ) são superiores ao limite tolerável (HI > 1).

Tabela 3. Quantificação do risco equivalente a cada substância química, ao qual receptores adultos e crianças estão expostos.

Poço	Quociente de Risco (HQ) - Adultos									HI por poço
	Al	B	Cd	Pb	Cu	Cr	Fe	Mn	Zn	
PP51 PAL	-	-	-	3,22E-03	0,0008	-	0,013	0,101	0,054	0,17
PP52 PAL	-	-	-	3,04E-03	0,2146	-	0,014	0,101	0,069	0,40
PP54 PAL	-	-	-	3,64E-03	0,0601	-	-	0,157	0,113	0,33
PP56 PAL	-	-	-	5,34E-03	0,0670	-	0,036	0,270	0,106	0,49
PP57 PAL	0,0015	-	-	3,14E-03	0,0160	-	0,028	0,327	0,151	0,53
PP58 PAL	-	-	-	5,70E-03	0,0525	-	-	0,610	0,317	0,98
PP59 PAL	0,0007	-	-	7,10E-03	0,0304	-	0,042	0,044	0,033	0,16
PP60 PAL	-	-	-	6,44E-03	0,0670	-	0,011	0,044	0,124	0,25
PP61 PAL	-	-	-	5,37E-03	0,0008	-	-	0,101	0,033	0,14
PP64 PAL	0,0023	0,0543	-	1,32E-02	0,1629	-	0,025	0,145	0,074	0,48
PP66 PAL	0,0014	-	-	1,35E-02	0,1332	-	0,000	0,004	0,163	0,32
PP68 PAL	0,0014	0,0988	-	1,15E-02	0,1773	-	-	0,428	0,164	0,88
PP78 PAL	0,0012	-	-	6,09E-03	0,0304	-	0,022	0,101	0,270	0,43
Poço	Quociente de Risco (HQ) - Crianças									HI
PP51 PAL	-	-	-	6,77E-03	0,0016	-	0,028	0,212	0,113	0,36
PP52 PAL	-	-	-	6,39E-03	0,4507	-	0,029	0,212	0,145	0,84
PP54 PAL	-	-	-	7,65E-03	0,1263	-	-	0,331	0,238	0,70
PP56 PAL	-	-	-	1,12E-02	0,1406	-	0,076	0,568	0,223	1,02
PP57 PAL	0,0031	-	-	6,59E-03	0,0336	-	0,058	0,687	0,316	1,10
PP58 PAL	-	-	-	1,20E-02	0,1103	-	-	1,280	0,665	2,07
PP59 PAL	0,0015	-	-	1,49E-02	0,0639	-	0,087	0,093	0,069	0,33
PP60 PAL	-	-	-	1,35E-02	0,1406	-	0,024	0,093	0,261	0,53
PP61 PAL	-	-	-	1,13E-02	0,0016	-	-	0,212	0,069	0,29
PP64 PAL	0,0049	0,1141	-	2,77E-02	0,3420	-	0,053	0,305	0,156	1,00
PP66 PAL	0,0029	-	-	2,83E-02	0,2797	-	0,001	0,009	0,342	0,66
PP68 PAL	0,0030	0,2074	-	2,41E-02	0,3724	-	-	0,899	0,345	1,85
PP78 PAL	0,0026	-	-	1,28E-02	0,0639	-	0,047	0,212	0,566	0,90

Vale ressaltar que esses resultados refletem a probabilidade do risco de potencial ocorrência de efeitos não carcinogênicos à saúde humana e também, que sua metodologia pode conter incertezas a ela associadas. A informação de potabilidade, isso é, se a água é própria ou não para o consumo humano, é fornecida pela consulta aos valores VMP das resoluções e portarias adequadas a esse fim. Nesse caso, as concentrações encontradas para os parâmetros Fe e Mn, que na sua maioria são superiores aos VMP da CONAMA 396 (CONAMA, 2008), indicam que essas águas não deveriam ser utilizadas para consumo humano.

4. CONCLUSÃO

A população rural do município de Palmares do Sul utiliza água subterrânea para abastecimento, sendo que sua captação é realizada através de poços ponteiros que captam água de aquíferos porosos livres, localizados em profundidades menores que 15 metros. As águas apresentam concentrações variáveis de alumínio, boro, chumbo, cobre, zinco, ferro e manganês, sendo que esses dois últimos elementos apresentam concentrações, na maioria das amostras, acima dos VMP.

Os resultados da avaliação de risco demonstraram a existência de risco potencial não carcinogênico à saúde de crianças (situação de risco mais conservativa). Dos treze poços considerados

nos cálculos, quatro apresentaram valores acima da unidade, isso é, risco potencial à saúde desse grupo. O aumento do risco pode ser atribuído, principalmente, ao manganês, que se destacou como parâmetro de interesse na área, devido a sua ocorrência em elevadas concentrações.

Com esses resultados, evidencia-se a importância de se desenvolver um estudo completo, que aborde todos os caminhos e rotas de exposição, outras substâncias químicas danosas à saúde e influentes nos resultados da avaliação do risco à saúde humana. Sugere-se, por fim, maior envolvimento e responsabilização dos órgãos públicos ambientais e da saúde, por meio da fiscalização das atividades potencialmente poluidoras do ambiente, aumento da frequência do monitoramento da qualidade das águas captadas para abastecimento público e também estudos da saúde populacional.

REFERÊNCIAS

ATSDR - AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Toxic Substances Portal. Disponível em <<http://www.atsdr.cdc.gov/>>. Acesso em 11 jul. 2017.

CETESB (1978). *Água subterrânea e poços tubulares*. Cetesb, São Paulo. 3ed. 482 p.

CETESB (2001). *Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas: Avaliação de Risco Toxicológico à Saúde Humana (Cap. IX)*. Cetesb, São Paulo-SP.

CETESB (2009). Planilhas Para Avaliação De Risco Em Áreas Contaminadas Sob Investigação. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/areascontaminadas/planilhaspara-avalia%C3%A7%C3%A3o-de-risco/8-planilhas>>. Acesso em 11 jun. 2015.

CONAMA (2005). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília - DF, 18 mar. DOU nº 053, pp. 58-63.

CONAMA (2008). Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília - DF, 7 abr. DOU nº 66, pp. 64-68.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Dados de Palmares do Sul no ano de 2010. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em 19 mar. de 2017.

IRIS - INTEGRATED RISK INFORMATION SYSTEM. List of IRIS Substances. Disponível em <<http://www.epa.gov/IRIS/>>. Acesso em 10 mar. 2017.

MACHADO, J. L. F. & FREITAS, M.A. (2005). Projeto Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul – Relatório Final. SEMA e CPRM, Porto Alegre - RS. 65 p.

REGINATO, P. A. R. ; MICHALSKI, E. Z. (2013). Águas Subterrâneas na Região do Balneário Pinhal, Cidreira e Palmares do Sul. In *Gestão dos Recursos Hídricos dos Municípios de Cidreira, Balneário Pinhal e Palmares do Sul: Recursos Hídricos e Toxicologia*. Org. por Lanzer, R.; Schäfer, A.; Jahn, M. P. EDUCS. Caxias do Sul - RS, v. 1, pp. 38 - 72.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund - Volume I - Human Health Evaluation Manual (Part A). Office of Emergency and Remedial Response U.S. Environmental Protection Agency Washington, D.C. 20450. 291 p.