

IV-311 - AVALIAÇÃO DE RISCO EM AMOSTRAS DE ÁGUA POTÁVEL NA ÁREA RURAL NO MUNICÍPIO DE ITAMBACURI, MG, BRASIL

Mayne Luisa Silva Veronesi ⁽¹⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelas Faculdades Unificadas DOCTUM de Teófilo Otoni. Mestranda em Tecnologia, ambiente e Sociedade pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Analista Socioambiental da Ângulo Social/COPASA.

Endereço⁽¹⁾: Travessa São Sebastião, 437 - Centro – Teófilo Otoni - MG - CEP: 39800-139 - Brasil - Tel: (33) 991167755 - e-mail: mayneluisa@hotmail.com

RESUMO

Os corpos hídricos estão sujeitos à contaminação, seja difusa ou pontual, de origem natural ou antropogênica. A degradação dos recursos hídricos pode interferir negativamente na saúde humana, no desenvolvimento de atividades industriais e agropecuárias, gerando assim impactos significativos nos âmbitos, sociais, econômicos e ambientais. Apesar da importância reconhecida dos recursos hídricos, este tem sido significativamente contaminado por metais tóxicos de processos industriais, agrícolas, de mineração ou mesmo litogênicos. Este estudo visou avaliar a qualidade da água através de parâmetros físico-químicos, microbiológicos e análise de metais. Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, turbidez e temperatura. A análise microbiológica foi realizada pela determinação da presença de coliformes totais e termotolerantes através dos métodos de tubos múltiplos e número mais provável. Os metais foram identificados e quantificados através de espectrometria de massa de plasma acoplado indutivamente (ICP-MS). Dentre os 36 pontos analisados, foram observados os seguintes resultados: 11 pontos apresentaram o valor do pH abaixo do limite aceitável; 21 pontos apresentaram alteração em relação à turbidez; 16 pontos apresentaram valores positivos para coliformes termotolerantes. Dentre os metais analisados apenas quatro apresentaram alteração quando comparados aos limites exigidos pela legislação, são eles mercúrio, alumínio, manganês e ferro. O arsênio, embora possua valores dentro dos parâmetros, possui alta toxicidade e, por essa razão, também foi analisado o valor do quociente de risco. Verificou-se que em 15 pontos, dos 36 analisados, existe um risco potencial à saúde humana não carcinogênica, entretanto a população desta região está em risco de exposição aos efeitos dos metais tóxicos.

PALAVRAS-CHAVE: Área rural, água potável, Avaliação de risco, metais.

INTRODUÇÃO

A água potável é derivada de duas fontes básicas: águas superficiais, como rios e reservatórios, e águas subterrâneas. Toda a água contém contaminantes naturais, particularmente contaminantes inorgânicos que surgem dos estratos geológicos através dos quais a água flui e, numa extensão variável, a poluição antropogênica por microorganismos e substâncias químicas (Fawell, 2003), isso poderia ser um risco potencial para a saúde de a população.

Nos últimos anos, uma quantidade crescente de dados foi contaminada por toxinas ambientais. Cada vez mais a exposição humana a esses metais tem aumentado, pois seu uso tem diversificado, incluindo aplicações industriais, agrícolas (fertilizantes), domésticas e tecnológicas (TCHOUNWOU, 2014). Mesmo sem ação antrópica, o aumento das concentrações de metais também pode ocorrer por processos naturais, como intemperismo e lixiviação.

Alguns metais como cobalto (Co), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), magnésio (Mg), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni), selênio (Se) e zinco (Zn) são considerados essenciais para funções bioquímicas e fisiológicas. Além disso, alguns metais, mesmo em baixas concentrações, podem ser perigosos para a saúde humana (TCHOUNWOU, 2014).

Um elemento importante a ser considerado é o alumínio, composto neurotóxico que, quando absorvido em grande quantidade, pode causar, em longo tempo, encefalopatia grave em pacientes que se submetem à diálise renal, poderia trazer distúrbios neurológicos (FREITAS et al., 2005). A água também pode conter um excesso de íons de ferro e manganês dissolvidos, já que não há oxigênio suficiente para oxidá-los e precipitá-los. A alta exposição do manganês afeta o sistema nervoso, causando uma doença degenerativa, denominada doença de Parkinson, cuja característica é a perda de coordenação. Além disso, o excesso de manganês no corpo reduz a absorção de ferro causando anemia, além de afetar o sistema nervoso central, reprodutivo e respiratório (TSALEV, 1984). Enquanto a absorção excessiva de ferro leva ao acúmulo desses íons nos tecidos, o que pode causar hemocromatose, que causa pigmentação bronzada na pele, bem como distúrbios hepáticos (CONAMA, 1986).

O arsênio é conhecido como um carcinogênico humano pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer (IARC) e pela Conferência Americana de Higienistas Industriais (ACGIH) (IARC, 2010; ACGIH, 2003). Os sintomas da exposição aguda ao arsênio são os mesmos para derivados orgânicos e inorgânicos: gastroenterite grave com início após 30 minutos de exposição (ATSDR, 2010; Hu et al., 2017).

O mercúrio é um dos poluentes mais tóxicos do meio ambiente. O mercúrio, quando ingerido com água de consumo, é rapidamente absorvido pelo trato gastrointestinal, acumulando-se nas hemácias e ligando-se facilmente aos grupos sulfidril das proteínas. Os principais efeitos adversos atribuídos à sua exposição são: efeitos gastrointestinais, renais, musculoesqueléticos, hepáticos, cardiovasculares e principalmente neurológicos (ATSDR, 2010; Arcega-Cabrera et al., 2018).

A exposição humana a metais tóxicos pode ocorrer através de três vias principais: ingestão direta (oral), inalação pela boca e nariz e absorção dérmica através da exposição à pele; no entanto, para beber água, a rota de ingestão é a mais significativa.

O município de Itambacuri vive um momento crítico de escassez de água, o que levou a intensos processos de êxodo rural e busca de fontes alternativas de água para consumo humano, especialmente na área rural, nessa busca por fontes de água, essa população tem utilizado (Corrêa et al., 2013). Neste sentido, este trabalho é extremamente relevante, pois visa avaliar o nível de contaminação por análises físico-químicas e análises químicas em águas de consumo humano, bem como a análise de risco para a saúde humana de alguns metais e o risco de câncer usando arsênio como um parâmetro. Os resultados mostram que as autoridades públicas e a sociedade civil podem tomar as decisões mais adequadas para garantir o abastecimento de água de qualidade, melhorando a saúde da população desse município, bem como despertando o poder público e a sociedade civil em outros municípios que passam pela mesma realidade.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo:

A área de estudo inclui o interior da cidade de Itambacuri com uma população de 7.690 habitantes. A cidade de Itambacuri está localizada no estado de Minas Gerais, na mesorregião do Vale do Rio Doce, Brasil (IBGE, 2010). Foram coletadas amostras de água que são utilizadas para consumo humano (poços artesianos, cisternas, nascentes, riachos, lagoas artificiais, poços), em dezessete comunidades rurais.

Coleta de amostra:

A coleta das amostras foi realizada de acordo com o procedimento adotado pela CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 2010). Para tanto, foram utilizados frascos de polipropileno do tipo falcão, com tampa, metálicos livres de 15 e 50 ml. Amostras de água foram coletadas em 15 comunidades rurais, três pontos de coleta em sete comunidades, dois pontos em sete comunidades e um ponto e uma comunidade, totalizando 36 pontos de coleta. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram avaliados no Laboratório de Análise de Poluentes e Multiusuários do Instituto de Ciências, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (ICET-UFVJM). Todas as amostras também foram armazenadas em frascos, tampados, em um refrigerador de 4 ° C. A figura 1 mostra o mapa do município de Itambacuri e os pontos onde as coleções foram feitas.

Dos parâmetros de qualidade da água bruta, a turbidez, a cor aparente, o pH, a alcalinidade, a temperatura e os índices de coliformes totais e fecais são periodicamente registrados na maioria das estações de tratamento de água.

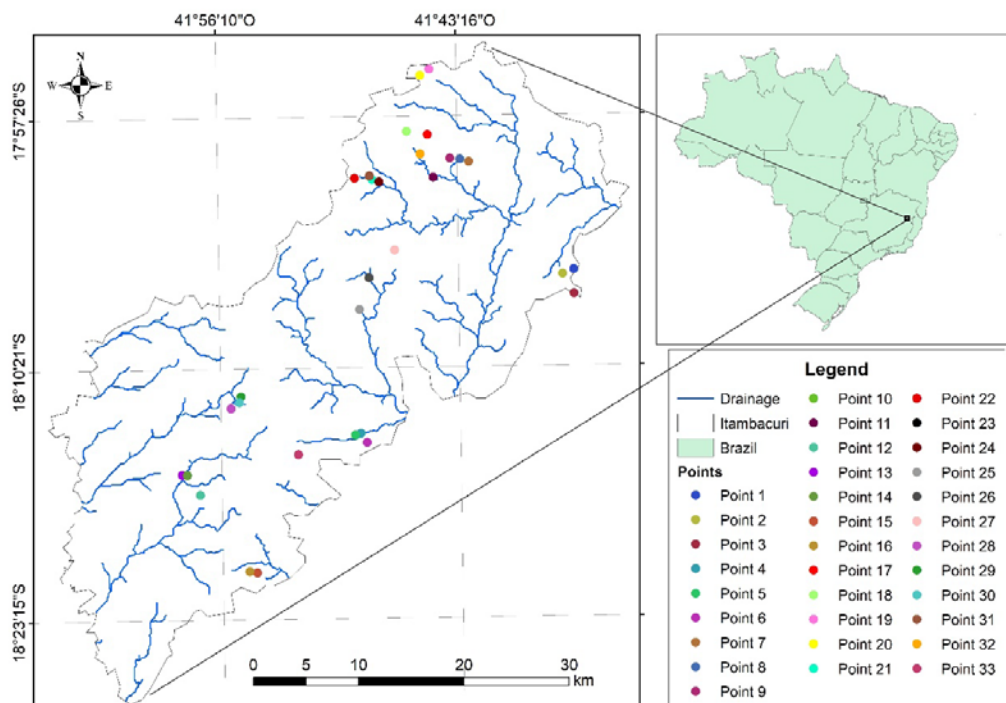


Figura 1: Mapa da cidade de Itambacuri, MG, Brasil, compreendendo pontos de coleta.

Parâmetros físico-químicos:

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: potencial hidrogênio (pH), turbidez e temperatura.

Análise microbiológica:

A análise microbiológica foi realizada pela determinação da presença de Coliformes Totais e Termotolerantes através dos métodos de Múltiplos Canos e Número Mais Provável.

Avaliação de risco em saúde humana:

A taxa de ingestão diária foi determinada usando a Eq. (1), modificado da Agência de Proteção Ambiental dos EUA por Giri & Singh (2015) (USEPA, 2004; GIRI & SINGH, 2015).

$$ADD = (Cw * IR * EF * ED) / (Bw * AT) \quad (1)$$

Onde ADD é a dose diária média, medida em microgramas por quilograma por dia ($\mu\text{g} / \text{kg} / \text{dia}$), Cw é a concentração média de metais em água, medida em microgramas por litro ($\mu\text{g} / \text{L}$), IR é a taxa de ingestão, medida em litros por dia (L / dia), EF é a frequência de exposição, medida em dias por ano (dias / ano), ED é a duração da exposição, medida em anos, BW é o peso corporal, medido em quilogramas (kg) e AT é o tempo médio (dias). EF de 350 dias e ED de 30 anos para adultos foram utilizados. A TA foi calculada a partir da multiplicação da DE por 365 dias para risco não carcinogênico e risco carcinogênico 70×365 dias (GIRI & SINGH, 2015). O valor médio de Bw utilizado foi de 70 kg e o consumo médio de água de 2 l / dia para um homem adulto brasileiro para cálculos.

A caracterização do risco foi quantificada pelo potencial de risco para a saúde humana, o risco não carcinogênico foi determinado pelo quociente de risco (HQ), que foi estimado pela comparação da exposição aos contaminantes ou sua ingestão média com a dose de referência correspondente (RfD) da Eq. (2). Se o valor de HQ exceder 1, pode haver preocupação sobre possíveis danos à saúde, mas não especificamente efeitos carcinogênicos.

$$HQ = ADD / RfD \quad (2)$$

O valor do RfD é originado da tabela de concentração baseada em risco (USEPA, 1993). Para a avaliação do risco de vários metais contidos nas amostras de água potável, foi utilizado um índice de risco total (HI), somando todos os valores calculados de HQ dos metais detectados, como descrito na Eq. (3). Se o valor de HI exceder 1 indica que há um risco potencial de um efeito adverso na saúde humana, mais estudos são necessários para especificar os efeitos. Quanto mais alto o IH, quanto maior o valor do IH maior que 1, maior o risco para a saúde humana (USEPA, 2004; GIRI & SINGH, 2015).

$$HI = \sum HQ \quad (3)$$

Onde HQ é o quociente de perigo de cada metal, HI é o índice de risco para todos os metais detectados na amostra, então se 5 metais foram detectados em uma amostra n neste cálculo é 5.

Os riscos carcinogênicos foram avaliados pela Eq. (4), onde o valor estimado foi a probabilidade incremental de um indivíduo desenvolver qualquer tipo de câncer ao longo da vida devido à exposição ao arsênico metálico. A faixa aceitável ou tolerável de riscos carcinogênicos pela USEPA é da ordem de 10^{-6} a 10^{-4} (USEPA, 1991, 2000; GIRI & SINGH, 2015; YANG et al., 2015).

$$\text{Cancer Risk} = ADD * SF \quad (4)$$

Onde ADD é a dose diária média de mais de 70 anos em mg / kg / dia e SF é o fator de inclinação, expresso em (mg / kg / dia) $^{-1}$ (USEPA, 1993).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 mostra os resultados obtidos a partir de análises físico-químicas e microbiológicas, bem como os valores de referência derivados da Portaria no. 2.914, de 12 de dezembro de 2011, Ministério da Saúde. É possível perceber que alguns dados apresentaram alteração quando comparados aos valores máximos permitidos pela legislação vigente.

PARÂMETRO	UNIDADE	MÉDIA \pm SD	VARIAÇÃO	VALORES DE REFERÊNCIA
pH		6.41 \pm 0.60	5.46 - 7.53	6 – 9 (CONAMA, 2005)
Turbidez	(NTU)	15.05 \pm 20.80	0.32 - 104	Until 5 (CETESB, 2009)
Temperatura	(°C)	25.55 \pm 3.16	20.4 - 33.9	22 - 26 (ANA, 2012)
Coliformes Totais	(NMP/mL)	883.18 \pm 2624.30	0 – 11000	0 (MS, 2011)
Termotolerante	(NMP/mL)	130.71 \pm 349.36	0 – 1500	0 (MS, 2011)
Alumínio	(μ g/L)	46.24 \pm 167.28	5,85 – 828.22	100 (MS, 2011)
Ferro	(μ g/L)	259.98 \pm 472.76	20.33 – 1903.97	300 (MS, 2011)
Manganês	(μ g/L)	34.72 \pm 64.95	0.52 – 364.21	100 (MS, 2011)
Mercúrio	(μ g/L)	5.48 \pm 0.64	4.68 – 6.64	1 (MS, 2011)

Tabela 1: Resultados das análises físico-químicas, microbiológicas e de metais que apresentaram alteração das amostras de água da área rural de Itambacuri-MG.

* Os valores de referência dos metais estão de acordo com a Portaria no. 2914 do Ministério da Saúde, de 12 de dezembro de 2011, que define os valores máximos permitidos.

Nos pontos 1, 4, 5, 6, 17, 18, 21, 22, 23, 24 e 36, o valor do pH mostrou-se abaixo do limite aceitável, acredita-se que a presença de matéria orgânica na água pode causar redução do potencial de hidrogenação. Segundo a Empresa Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2009) a turbidez da água é o grau de atenuação da intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos suspensos, como partículas inorgânicas (areia, silte), argila e detritos orgânicos, como algas, bactérias e plâncton.

Exposta, a alteração em vinte e uma amostras pode ser justificada pela má conservação e falta de limpeza da fonte de água utilizada, gerando a presença de materiais orgânicos e inorgânicos.

A temperatura da água é um parâmetro importante para a manutenção e qualidade da vida aquática, alguns estudos, como o Levantamento de Qualidade de Água Superficial do Brasil (ANA, 2012), afirmam que a faixa ideal para esse parâmetro é de 22 a 26°C. A extrapolação do limite de algumas amostras é explicada pela exposição direta da fonte de água à incidência solar e ausência de proteção vegetal, podendo gerar redução da concentração de oxigênio dissolvido na água.

De acordo com a American Public Health Association (2012), bactérias que produzem uma colônia vermelha com um brilho metálico (dourado) dentro de 24 h de incubação a 35 ° C em um meio tipo Endo são consideradas membros do grupo coliforme. O grupo coliforme baseia-se na produção de aldeídos a partir da fermentação da lactose. Embora essa característica bioquímica seja parte da via metabólica de produção de gás no teste de tubos múltiplos, algumas variações no grau de desenvolvimento do brilho metálico podem ser observadas entre os coliformes. A presença de coliformes totais foi detectada em muitos pontos, exceto em seis amostras.

A característica distintiva dos coliformes termotolerantes é que eles são resistentes a altas temperaturas e são, portanto, capazes de cultivar e fermentar lactose a 44°C. Os termotolerantes são freqüentemente conhecidos como coliformes fecais porque os regimes de alta temperatura devem suprimir bactérias de origem não fecal. No entanto, bactérias não fecais (vivas, ambientais) podem ainda estar presentes mesmo nessas condições (VON SPERLING, 2007).

Os termotolerantes são bactérias que têm como principal constituinte a *Escherichia coli*. A *E. coli* é geralmente considerada um indicador de contaminação fecal e a presença de patógenos potencialmente nocivos, não como um patógeno bacteriano em si (ALVES, 2002). Dentre os pontos analisados, dezesseis apresentaram valores positivos, indicando uma possível contaminação fecal, animal ou humana.

Através das figuras 1 e 2 fica claro que a eficiência de remoção com a utilização do cloreto férrico é maior do que a de sulfato de alumínio para ambas as águas.

Tabela 2: Resultados da avaliação de risco à saúde de amostras de água do interior de Itambacuri - MG.

Ponto	HQ Hg	HQ Al	HQ Mn	HQ Fe	HQ As	HI (5 metal)	Risco de Câncer (As)
1	0.429224	0.500000	0.004587	0.009861	-	0.943672	-
2	0.443836	0.461644	0.00455	0.00293	-	0.91296	-
3	0.434703	0.455479	0.009119	0.019516	-	0.918818	-
4	0.427397	4.346575	0.006431	0.005443	-	4.785847	-
5	0.427397	0.718493	0.004695	0.001673	-	1.152258	-
6	0.434703	0.691096	0.005354	0.003809	-	1.134962	-
7	0.439269	0.757534	0.004523	0.003018	-	1.204345	-
8	0.440183	0.844521	0.008063	0.006832	-	1.299598	-
9	0.440183	0.969863	0.004548	0.001647	0.102283	1.518523	$4.6 \cdot 10^{-7}$
10	0.440183	3.417808	0.004832	0.004607	-	3.86743	-
11	0.439269	0.417808	0.004444	0.001915	0.047489	0.910926	$2.137 \cdot 10^{-7}$
12	0.437443	0.630822	0.007313	0.001879	-	1.077457	-
13	0.431963	0.540411	0.005084	0.003142	-	0.980601	-
14	0.437443	0.712329	0.004863	0.002441	-	1.157076	-
15	0.435616	0.410959	0.010409	0.001934	-	0.858919	-
16	0.430137	0.400685	0.004681	0.003343	-	0.838846	-
17	0.509589	-	0.001008	0.0066	0.208219	0.725416	$9.37 \cdot 10^{-7}$
18	0.555251	-	0.071274	0.048639	0.217352	0.892516	$9.78 \cdot 10^{-7}$
19	0.513242	-	0.000233	0.002181	0.210046	0.725701	$9.452 \cdot 10^{-7}$
20	0.507763	-	0.001943	0.001827	0.208219	0.719752	$9.37 \cdot 10^{-7}$
21	0.555251	2.477397	0.02045	0.063535	0.223744	3.340378	$1.01 \cdot 10^{-6}$
22	0.53242	-	0.008726	0.007455	0.204566	0.753168	$9.21 \cdot 10^{-7}$
23	0.520548	-	0.000425	0.001792	0.20274	0.725504	$9.12 \cdot 10^{-7}$
24	0.606393	-	0.001939	0.001332	0.218265	0.827928	$9.82 \cdot 10^{-7}$
25	0.531507	16.2274	0.012532	0.033464	0.210959	17.01586	$9.49 \cdot 10^{-7}$
26	0.589041	-	0.000992	0.001029	0.205479	0.796542	$9.25 \cdot 10^{-7}$
27	0.544292	2.834247	0.00028	0.001346	0.210959	3.591124	$9.49 \cdot 10^{-7}$
28	0.534247	-	0.000229	0.000796	0.205479	0.740751	$9.25 \cdot 10^{-7}$
29	0.530594	3.921918	0.000221	0.00255	0.205479	4.660762	$9.25 \cdot 10^{-7}$
30	0.52968	-	0.000215	0.00121	0.205479	0.736585	$9.25 \cdot 10^{-7}$
31	0.584475	-	0.000102	0.00086	0.221918	0.807355	$9.99 \cdot 10^{-7}$
32	0.582648	56.72740	0.000971	0.013338	0.217352	57.54171	$9.78 \cdot 10^{-7}$
33	0.565297	0.683562	0.000587	0.001941	0.207306	1.458692	$9.33 \cdot 10^{-7}$

A Tabela 2 apresenta os resultados das avaliações de risco à saúde, onde o QG (coeficientes de risco) é o risco calculado pela ingestão de certos metais pela população, enquanto HI (índice de risco) é a soma dos quocientes de risco. Vários metais foram analisados, mas apenas quatro apresentaram alterações quando comparados aos limites exigidos pela legislação, são eles mercúrio, alumínio, manganês e ferro. O arsênico, embora possua valores dentro dos parâmetros, possui alta toxicidade e, por essa razão, também foi analisado o valor do quociente de risco.

E se $HQ < 1$ ou $HI < 1$, é improvável que o indivíduo exposto sofra de um efeito adverso notável para a saúde. Em contraste, se $HQ > 1$ ou $HI > 1$, existe a possibilidade de que um efeito não canceroso possa ocorrer com uma probabilidade que tende a aumentar à medida que o HI aumenta (MAN et al., 2010). Visto este ponto, dezesseis pontos excedem a unidade para valores de HI (Figura 2).

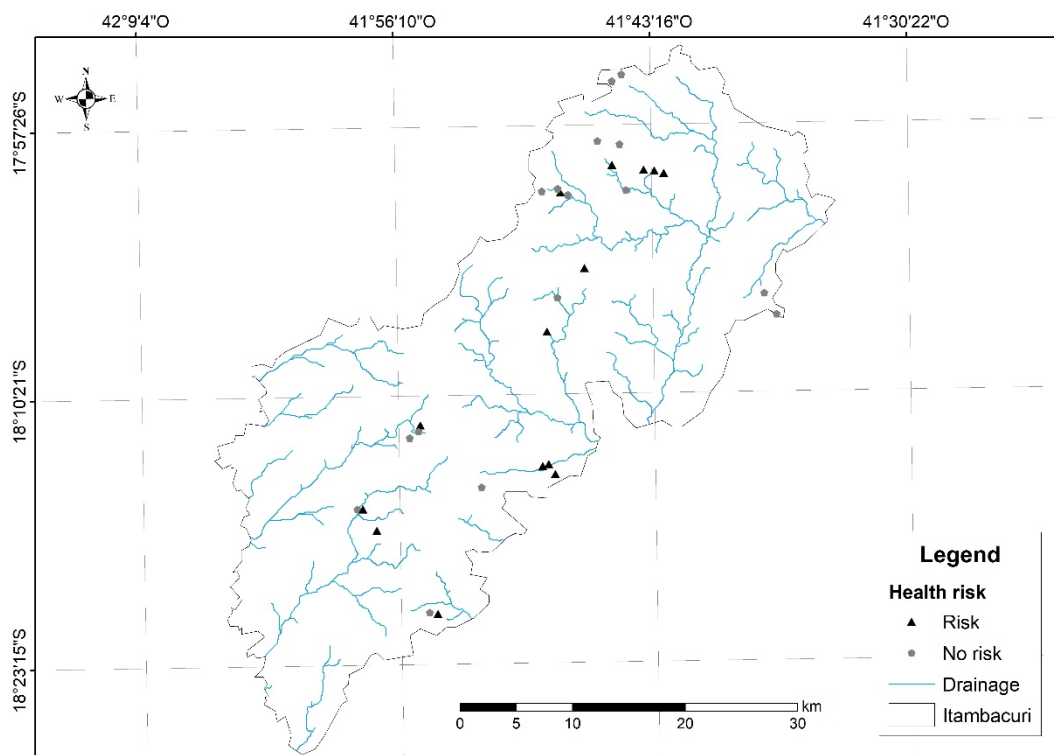


Figura 2 - Mapa dos resultados da avaliação do risco total não carcinogênico da área rural de Itambacuri-MG.

O gráfico abaixo (Figura 3) mostra os valores de IH referentes aos pontos coletados, comparando com o limite recomendado pela USEPA, 2004. Os pontos 26 e 33 apresentam altos valores de IH devido à grande quantidade de alumínio metálico nas amostras. Acredita-se que a presença de Al no solo da região seja um fator natural de contaminação, já que segundo a Empresa de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM, 1997) a região apresenta solo podzólico vermelho amarelo, rico em óxidos de ferro e alumínio.

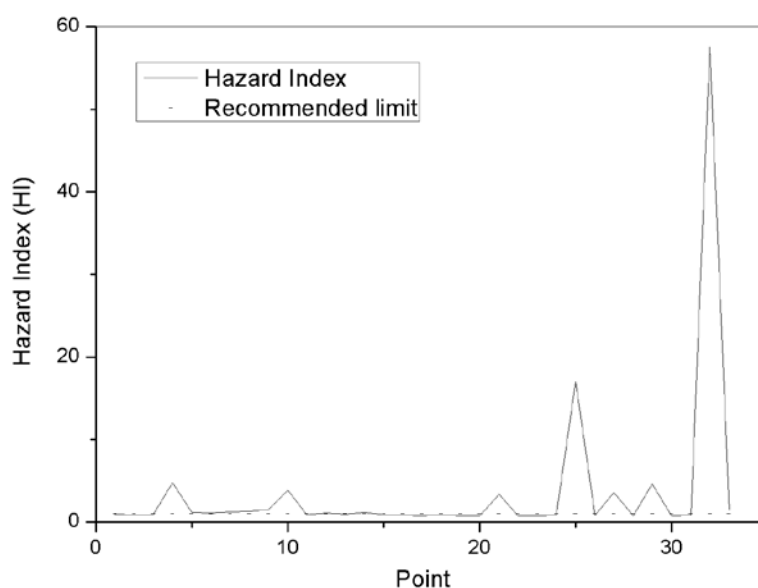


Figura 3: Gráfico com valores do índice de risco em comparação com o limite recomendado.

O arsênio metálico (As) é o elemento mais tóxico e carcinogênico analisado, e seu risco associado ao câncer também é calculado. Geralmente, o risco carcinogênico é considerado como a probabilidade de um desenvolvimento individual de qualquer tipo de câncer ao longo da vida, devido à exposição a riscos carcinogênicos (LI et al., 2014).

De acordo com USEPA (2000) para riscos carcinogênicos aceitáveis ou toleráveis, a faixa de valor de CR é 10^{-6} a 10^{-4} . Em geral, se $CR < 10^{-6}$, os riscos de câncer são considerados insignificantes. Enquanto $CR > 10^{-4}$, os riscos de câncer são considerados altos e inaceitáveis pela maioria das agências reguladoras internacionais.

A presença de alguns metais na água na região de Itambacuri pode ser atribuída através da produção de arroz, milho, feijão e café, que segundo a CPRM (1997) foi uma das maiores produtoras do estado. Este tipo de produção normalmente usa fertilizantes e pesticidas, o uso desta pode ser uma fonte antropogênica de metais.

No presente estudo, nenhum ponto apresentou valores de RC acima de 10^{-6} , mas há risco entretanto, não apresentam risco carcinogênico total e alguns metais com concentrações elevadas não estão de acordo com a legislação brasileira.

CONCLUSÕES

Os valores de pH mostraram-se abaixo do limite aceitável em alguns pontos. 21 pontos apresentaram alteração em relação ao turbidez; 16 pontos apresentaram valores positivos para termotolerantes coliformes. Entre os 24 metais analisados, apenas 4 apresentaram alterações quando comparados aos limites exigidos pela legislação, eles são mercúrio, alumínio, manganês e ferro. Arsênico, embora tenha valores dentro dos parâmetros, tem alta toxicidade e, por esse motivo, o valor de o quociente de risco também foi analisado. Verificou-se que em 15 pontos, dos 36 analisados, existe um risco potencial para limite saúde humana não carcinogênica; no entanto, a população de Esta região está em risco de exposição aos efeitos dos metais tóxicos. Os resultados deste estudo mostram que as autoridades públicas e sociedade civil pode tomar as decisões mais adequadas para garantir o fornecimento de água de qualidade, melhorando assim a saúde da população deste município, bem como o despertar poder público e sociedade civil em outros municípios que passar pela mesma realidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agência Nacional das Águas (ANA) (2012) Panorama da Qualidade das Águas Superficiais do Brasil
2. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). TLVs and BEIs: threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. Cincinnati, OH, 2003.
3. ARCEGA-CABRERA, F; FARGHER, L; QUESADAS-ROJAS, M. Environmental exposure of children to toxic trace elements (Hg, Cr, As) in an urban area of Yucatan, Mexico: water, blood, and urine levels. Bull Environ Contam Toxicol 100:620, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00128-018-2306-8>
4. ATSDR. Landfill gas primer: an overview for environmental health professionals, agency for toxic substances and disease registry. Atlanta, 2010.
5. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Brasil, Resolução CONAMA n. 20, de 18 de junho de 1986.
6. CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) (2010) Qualidade do ar no estado de São Paulo, 2007, 2008 e 2009. <http://www.cetesb.sp.gov.br/ar/qualidade-do-ar/31-publicacoes-e-relatorios>.
7. CORRÊA, L. R. S; PINHEIRO, L. P; DELIENE, F. G; LÁUAR NETO, N. M; ANSANI, C. V; FERNANDES, S. O; OLIVEIRA, T. A; SANTOS, J. G. Diagnóstico sócioecológico das comunidades rurais do município de Itambacuri- MG. Revista Desenvolvimento Social. Unimontes. Montes Claros. n. 10 v 3/n. 10, pp 33–52, 2013.
8. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM). Projeto Leste: ITAMBACURI. Ministério de Minas e Energia, Brasil, 1997.
9. FAWELL, J. NIEUWENHUIJSEN, M. J. Contaminants in drinking water: Environmental pollution and health. Br Med Bull, v. 68(1), p. 199–208, 2003.
10. FREITAS, M. B; FREITAS, C. M A vigilância da qualidade da água para consumo humano: desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. Revista Ciência e Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, Brasil; v. 10, n. 4, p. 993-1004, 2005.

11. GIRI, S; SINGH, A. K. Human health risk assessment via drinking water pathway due to metal contamination in the groundwater of Subarnarekha River Basin, India. *Environmental monitoring and assessment*, v. 187, n. 3, p. 63, 2015.
12. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2010. <http://www.ibge.org.br>. Accessed May 2018.
13. International Agency for Research on Cancer (IARC). Arsenic, metals, fibres and dusts. A review of human carcinogens. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, vol. 100, 2012.
14. LI, Z; MA, Z; KUIJP, T. J; YUAN, Z; HUANG, L. A review of soil heavy metal pollution from mines in China: pollution and health risk assessment. *Sci Total Environ* 468–469:843–853, 2014.
15. MAN, Y. B; SUN, X. L; ZHAO, Y. G; LOPEZ, B. N; CHUNG, S. S; WU, S. C; CHEUNG, K. C; WONG, M. H. Health risk assessment of abandoned agricultural soils based on heavy metal contents in Hong Kong, the world's most populated city. *Environ Int* 36:570–576, 2010.
16. TSALEV, D. L. Atomic absorption spectrometry in occupational and environmental health practice, v. 3, CRC Press, New York, 1984.
17. USEPA 40 CFR parts 141 and 142, maximum contaminant level goals and national primary drinking water regulations for lead and copper: final rule. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 1991.
18. US Environmental Protection Agency (USEPA) Carcinogenicity assessment. IRIS (Integrated Risk Information System), Washington, 1993.
19. US Environmental Protection Agency (USEPA). Risk characterization handbook. EPA 100-B-00-002, 2000.
20. US Environmental Protection Agency (USEPA). Risk assessment guidance for superfund volume I: human health evaluation manual (part E, supplemental guidance for dermal risk assessment) final. EPA/540/R/99/005 OSWER 9285.7-02EP PB99- 963312 July 2004. Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, Washington, DC, 2004.
21. YANG, X; DUAN, J; WANG, L; LI, W; GUAN, J; BEECHAM, S; MULCAHY, D. Heavy metal pollution and health risk assessment in the Wei River in China. *Environ Monit Assess* 187(3):111, 2015.