



ANÁLISE QUÍMICA MULTI-ELEMENTAR DE AMOSTRAS DE ÁGUA

EM MUNICÍPIOS DA MESORREGIÃO SUL DE GOIÁS

Aurélio de Melo **Barbosa**², Eric Santos **Araújo**³.

(2 - Universidade Estadual de Goiás, Fisioterapeuta, Mestre em Ciências Ambientais e Saúde, Professor da ESEFFEGO. Endereço: Av. Anhanguera, 1420, Setor Leste Vila Nova, Goiânia-GO, CEP 74705-010. Email: aurelio24@gmail.com. 3 - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Doutor em Geologia, Professor no Programa de Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde da PUC-GO. Email: ericaraujo@terra.com.br).

Resumo

A água, essencial para a vida, tem influência direta sobre a saúde, qualidade de vida e desenvolvimento do ser humano. Entretanto, devido a causas naturais e antrópicas, a água pode sofrer contaminação de várias espécies, especialmente por elementos químicos. Assim, realizou-se um estudo de análise química multi-elementar de amostras de água tratada colhidas em Estações de Tratamento de Água de vinte e dois municípios da Mesorregião Sul Goiano. Os resultados encontrados foram correlacionados a dados sobre saneamento básico e morbidade hospitalar e mortalidade da área de estudo. Encontrou-se concentrações anormais, acima dos Valores Máximos Permitidos, de nitrato nas amostras de Quirinópolis e Morrinhos, e de chumbo na amostra de Cromínia, com possível impacto sobre a morbimortalidade dos referidos municípios.

Palavras-chave: qualidade de água, Estação de Tratamento de Água, saneamento básico, análise geoquímica multielementar, Geologia Médica

Abstract

ELEMENTAL CHEMICAL ANALYSIS OF TREATED WATER SAMPLES IN A MUNICIPALITIES OF SOUTHERN REGION OF GOIAS - BRAZIL

Water is essential for life and has a direct influence on health, quality of life and development of mankind. However, water may suffer contamination from various species, especially for chemical elements, due to natural and human causes. Thus, this paper shows the results of a

· Artigo recebido para publicação em 26 de Março de 2009;

Artigo aprovado para publicação em 25 de Setembro de 2009



study of elemental chemical analysis of samples of treated water collected in Water Treatment Plants of twenty-two cities of South Region of State of Goiás, Brazil. The results were correlated with data about sanitation and hospital morbidity and mortality of the study area. It was found anomalous concentrations above the maximum permitted values of nitrate in samples of Quirinópolis and Morrinhos, and lead in the sample of Cromínia, with possible impact on the morbidity and mortality of these municipalities.

Keywords: water quality, water treatment plant, sanitation, geochemical multi-elemental analysis, Medical Geology

1 - Introdução

A água, sendo uma substância essencial para a manutenção da vida (1), tem influência direta sobre a saúde, qualidade de vida e desenvolvimento do ser humano (2). A água doce, útil para a humanidade, representa apenas 0,02% do total mundial (3, 4). Atualmente, um terço da população mundial vive sem condições aceitáveis de saneamento e 17% não tem sequer acesso a um abastecimento adequado de água (2).

A água para consumo humano deve atender a determinados requisitos de qualidade para que não se torne tóxica e imprópria para uso (5). A qualidade das águas superficiais depende do clima e da litologia da região, da vegetação circundante, do ecossistema aquático e da influência do homem (6).

A contaminação natural ou antrópica da água por substâncias químicas, especialmente elementos-traço ou outras substâncias simples dissolvidas em forma iônica, é um fenômeno relativamente comum que provoca doenças populacionais geograficamente localizadas (7).

Elementos-traço são os metais presentes em baixas concentrações (menor que 1000 ppm) em solos e plantas, apesar de incluir também o alumínio, ferro, manganês e titânio, que ocorrem em maiores concentrações na litosfera (8, 9). O uso do termo “elementos-traço” tem sido preferido na literatura científica, em substituição a “metais pesados” (8). Elementos-traço são também frequentemente definidos como aqueles elementos cuja concentração no corpo humano é menor que 100 µg/g, englobando outras substâncias não metálicas, como selênio, bromo e flúor (10).

Vários elementos-traço não-essenciais são conhecidamente tóxicos em doses bastantes pequenas (10, 11) e entre eles destacam-se o mercúrio, cádmio, chumbo, arsênio, tálio, telúrio, cobre, urânio, antimônio, berílio, níquel, estanho, tungstênio e vanádio (10, 11 e 12).

Dentre os essenciais, o manganês, o molibidênio, o cromo, o selênio e o cobalto são tóxicos quando acima de certos limites (12). A toxicidade dos elementos-traço é uma questão de dose ou tempo de exposição, da forma física e química do elemento e da via de administração/absorção (10, 12).

Os processos naturais que contribuem para o aparecimento de elementos-traço nos sistemas aquáticos são o intemperismo de rochas, a lixiviação no perfil do solo, vulcanismo e terremotos (6, 7 e 8).

Assim, considerando-se que a contaminação química da água é um problema ambiental e de saúde pública, realizou-se uma pesquisa geoquímica de análise comparativa das concentrações de vinte e oito constituintes, entre elementos-traço e outros compostos iônicos, na água tratada pelas Estações de Tratamento de Água (ETAs) de 22 municípios da Mesorregião Sul do Estado de Goiás, correlacionando os resultados ao quadro epidemiológico e sanitário da área de estudo, na busca de possíveis interferências da qualidade da água na saúde da população local. Este estudo é parte de um grande projeto de pesquisa, cujo tema é “Pesquisa nas ETAs, análise de elementos-traço em água tratada, qualidade de vida e saúde no Estado de Goiás”, e tem sido conduzido em várias regiões do estado, sendo desenvolvido pelo Programa de Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde da Pontifícia Universidade Católica de Goiás.

2 – Caracterização da área de estudo

A área de estudo (figura 1) inclui a maioria dos municípios da Região de Planejamento Sul Goiano (Água Limpa, Aloândia, Bom Jesus, Buriti Alegre, Cachoeira Dourada, Cromínia, Edealina, Edéia, Goiatuba, Inaciolândia, Itumbiara, Joviânia, Mairipotaba, Morrinhos, Panamá, Pontalina, Porteirão e Vicentinópolis) e quatro municípios da Região de Planejamento Sudoeste Goiano (Turvelândia, Maurilândia, Castelândia e Quirinópolis). Abrange uma extensão de 23.809,423 Km² e tem uma população estimada em 326.388 habitantes, com densidade demográfica de 13,7 hab/Km² (13).

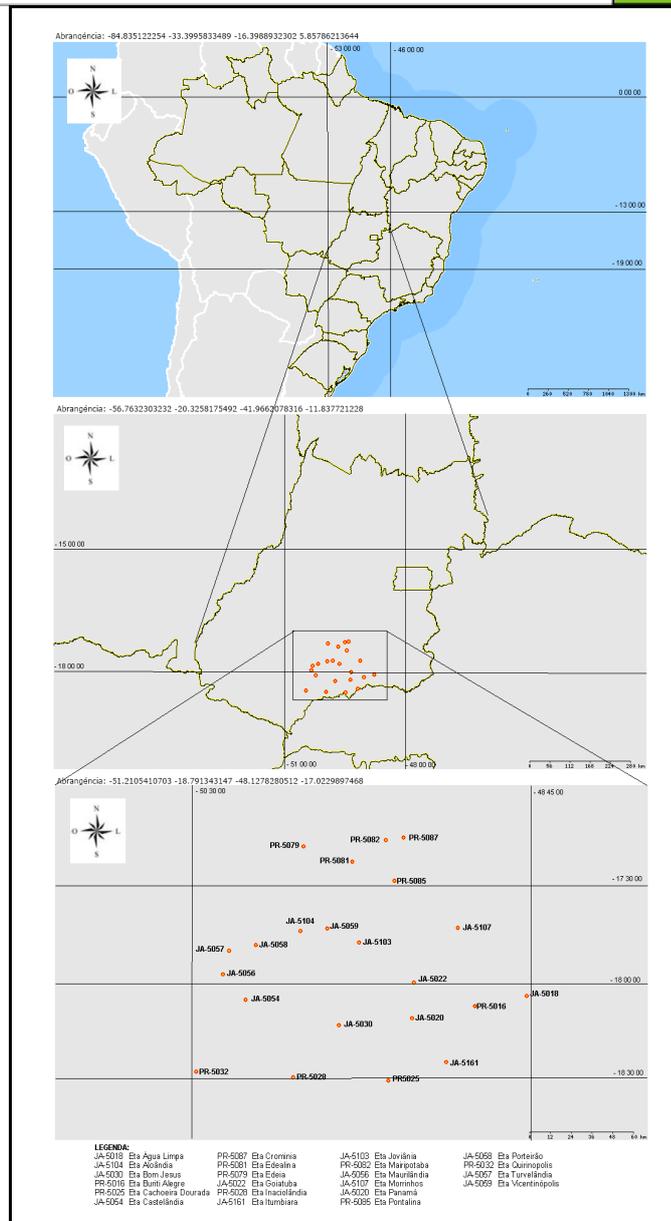


Figura 1. Área de estudo. Modificado de SIEG (16).

O clima da área de estudo caracteriza-se por possuir duas estações climáticas bem definidas (14,15): Período chuvoso, nos meses de outubro a abril, com altos índices pluviométricos, onde ocorrem 95% das precipitações anuais (1100-2100 mm); período seco, com baixos índices pluviométricos (20-200 mm), representados pelos meses de junho, julho e agosto, com os meses de maio e setembro sendo os de transição entre as estações seca e úmida.

A área de estudo está incluída na Bacia do Paranaíba, que é a primeira em importância no Estado de Goiás quanto à área drenada, ocupação antrópica e importância econômica (14). A Bacia do Paranaíba abrange 125 municípios goianos, entre eles Goiânia, Anápolis, Rio



Verde, Jataí, Itumbiara e Santa Helena de Goiás (14), localiza-se na porção centro-sul do Estado, ocupando 141.350,03 Km², e inclui os afluentes goianos da margem norte do Rio Paranaíba (15).

Na área de estudo (16), a unidade litoestratigráfica predominante é a Formação Serra Geral do Grupo São Bento (figura 2), incluindo os pontos de amostragem dos municípios de Turvelândia, Vicentinópolis, Porteirão, Joviânia, Maurilândia, Castelândia, Goiatuba, Aloândia, Bom Jesus, Quirinópolis, Panamá, Buriti Alegre, Itumbiara, Cachoeira Dourada e Inaciolândia. As rochas da Formação Serra Geral tem em sua composição química principalmente alumínio, silício e oxigênio, além de sódio, cálcio, ferro, magnésio, titânio, cromo, manganês, escândio, vanádio, zinco e lítio (17, 18 e 19).

Uma grande faixa da unidade litoestratigráfica B do Grupo Araxá ocorre de nordeste a sudeste da área de estudo (figura 2), englobando o ponto de amostragem dos municípios de Água Limpa e Cromínia (16). Os constituintes químicos da referida unidade são principalmente cálcio, carbono, oxigênio, hidrogênio, alumínio e silício, além de magnésio, ferro, flúor, cromo, manganês, titânio, potássio e sódio (17, 18 e 19).

O ponto de amostragem de Mairipotaba (figura 2) ocorre na unidade litoestratigráfica Granitos Tipo Aragoiânia da Suíte Granitos Sintectônicos (16), que é constituída por alumínio, sílica, oxigênio, hidrogênio, flúor, ferro, potássio, cálcio, magnésio, cromo, manganês e titânio (17, 18 e 19).

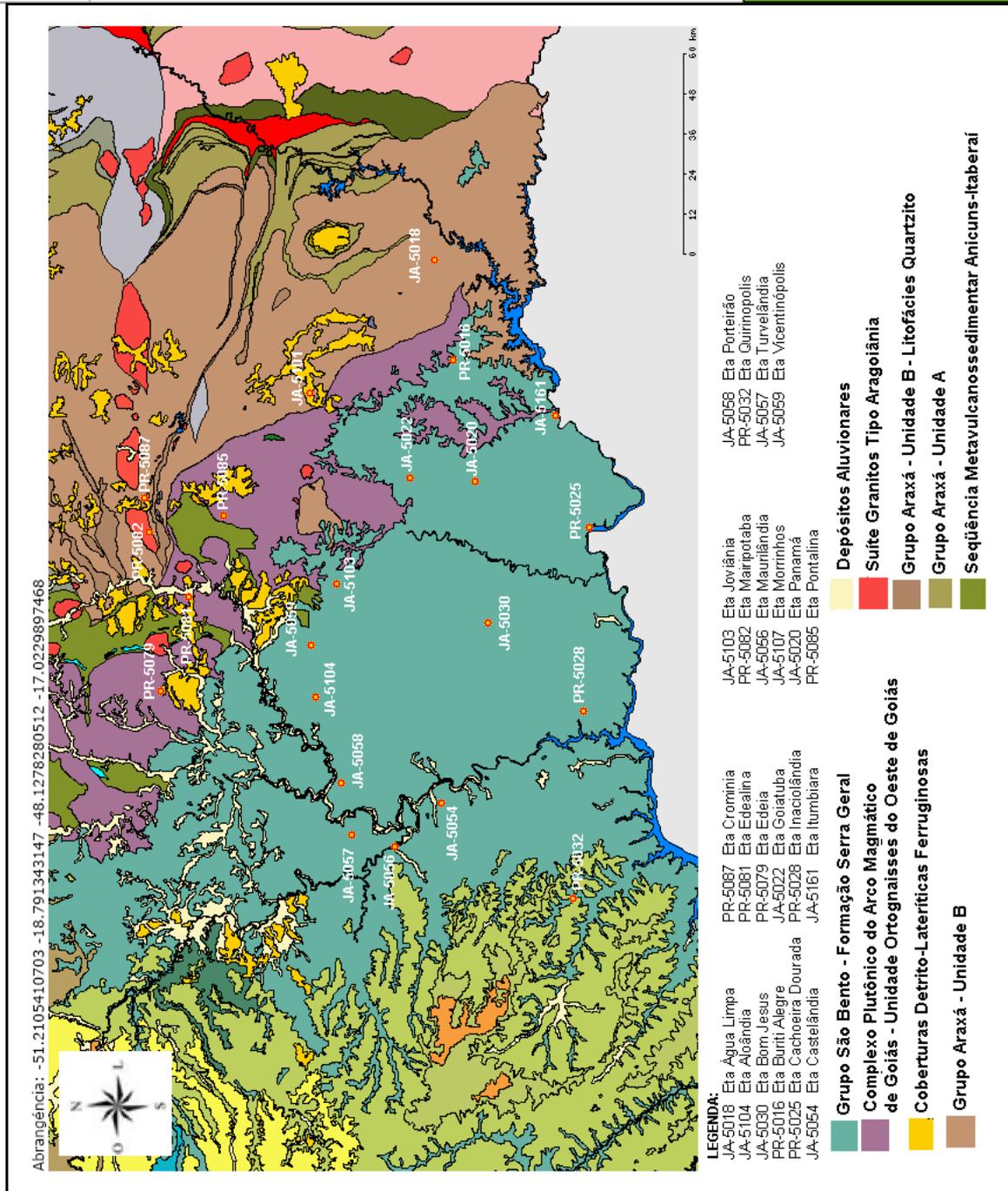


Figura 2. Mapa Litoestratigráfico da Área de Estudo. Modificado de SIEG (16).

Uma grande faixa da unidade Ortognaisses do Oeste de Goiás ocorre do norte ao sudeste da área de estudo (figura 2), incluindo os pontos de amostragem dos municípios de Edéia, Edealina e Pontalina (16). A referida unidade litoestratigráfica tem em sua composição química principalmente oxigênio, hidrogênio, silício, alumínio, potássio, sódio, cálcio, magnésio, ferro, flúor, além de manganês e titânio (17, 18 e 19).



O ponto de amostragem do município de Morrinhos (figura 2) ocorre na unidade Cobertura Detrito-Laterítica Ferruginosa (16), cujos constituintes químicos são principalmente o ferro e oxigênio, além de hidrogênio, alumínio e silício (17, 18 e 19).

Existem outras unidades litoestratigráficas, como os Depósitos Aluvionares, Grupo Araxá – unidade A, Grupo Araxá – Unidade B – Litofácies Quartzito, Sequência Metavulcanossedimentar Anicuns Itaberaí, além de outras. Todavia, não ocorrem ETAs nessas outras unidades litoestratigráficas.

3 – Material e métodos

Foram preparados equipamentos para a medida das coordenadas geográficas das estações de amostragem (GPS) e kits para coleta de amostras de água. As equipes de coleta foram compostas por técnicos do Serviço Geológico do Brasil-CPRM. As atividades de campo seguiram as orientações do Manual Técnico PGAGEM-Brasil (20). Os pontos de amostragem foram localizados através das coordenadas obtidas com GPS. Os coletadores utilizaram luvas cirúrgicas durante as coletas. As amostras foram obtidas uma única vez nos reservatórios de água tratada das ETAs de cada município selecionado para o estudo, com auxílio de uma proveta de vidro e transferidas para frascos de vidro de um litro, previamente limpos e esterilizados em estufa. A coleta foi feita nos meses de junho e julho, em 2006. As amostras dos municípios de Castelândia, Porteirão, Turvelândia e Vicentinópolis foram obtidas diretamente dos poços artesianos que provêm água para suas respectivas ETAs. Nos frascos destinados à análise dos cátions, foram adicionados 10 ml de ácido nítrico p.a. (HNO_3 , $\text{pH} < 2$) para evitar contaminação bacteriana. Nos fracos destinados a análise de ânions não foi colocado aditivo. Os frascos foram devidamente etiquetados com os números das amostras e com o tipo de análise a que se destinavam e acondicionados em caixas térmicas.

Depois da coleta, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Imunologia da Universidade Católica de Goiás, onde foram filtradas em papel Micropore 0,45 μm e refrigeradas a 4°C em frascos âmbar, sendo então encaminhadas para o Laboratório de Espectroscopia Atômica da Universidade Católica de Brasília. No Laboratório de Espectroscopia Atômica foram realizadas as análises químicas de forma multielementar por Espectrometria de Emissão Óptica com Acoplamento de Plasma Induzido (ICP-AES), para os elementos Al, As, B, Ba, Ca, Co, Cd, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sr, V, Zn, Be e Ti, e por cromatografia líquida, para brometo, cloreto, fluoreto, nitrito, nitrato, fosfato e sulfato.



Foram coletados dados epidemiológicos relativos ao quadro de saúde pública da área, tais como índices de mortalidade e de agravos de notificação compulsória, características do sistema público de saúde e índices de saneamento básico da água, dejetos e manejo do lixo. Tais dados foram obtidos do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (Datusus), Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás (Seplan-Go) e Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação do Estado de Goiás (Sepin-Go).

4 - Resultados

Os resultados dos valores encontrados para cada elemento-traço ou íon são apresentados na tabela 1, que também apresenta os Valores Máximos Permitidos (VMP) recomendados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (21, 22) para águas superficiais (Resolução n. 357/2005) e aquíferos (Resolução n. 396/2008), pelo Ministério de Saúde (MS) na Portaria n. 518/2004 (23), pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América (EPA) (24, 25) e pela Organização Mundial de Saúde (OMS) no seu “Guidelines for Drinking-water Quality” (26).

Na tabela 1 não são expostas as concentrações de Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Li, Mo, Ni, Se, V, Be, Ti, nitrito, brometo e fosfato, pois tiveram valores abaixo dos limites mínimos de detecção química dos métodos usados (ICP-AES e Cromatografia Líquida), que são menores que os Valores Máximos Permitidos (VMP) recomendados pelas supracitadas agências ambientais, e assim não têm relevância para o estudo.

As amostras JA-5107, da ETA de Morrinhos, e PR-5032, da ETA de Quirinópolis, apresentaram concentrações de nitrato de 307,8 e 17 mg/L, respectivamente, valores estes que estão acima dos VMP permitidos pelo CONAMA (21, 22) e MS (18), que recomendam uma VMP de 10 mg/L. A amostra PR-5087, da ETA de Cromínia, apresenta concentração de chumbo de 0,041 mg/L, valor este que está acima do VMP de 0,01 mg/L recomendado pelo CONAMA (21, 22), MS (18) e OMS (26). Considerando-se a contaminação das amostras de água tratada dessas ETAs, apresenta-se a seguir alguns dados sobre saneamento básico e morbimortalidade dos respectivos municípios.

Tabela 1. Concentrações (mg/L) dos elementos-traço e outros íons presentes em amostras de água das ETAs de 22 municípios da Mesorregião Sul Goiano e referências nacionais e internacionais dos respectivos Valores Máximos Permitidos (21, 22, 23, 24, 25 e 26)

ETA Município	por	Ba	Ca	Fe	Mg	Mn	Pb	Sr	Zn	F ⁻¹	Cl ⁻¹	NO ₃ ⁻¹	SO ₄ ⁻¹
------------------	-----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----------------	------------------	-------------------------------	-------------------------------



Água Limpa	0,010	8,36	0,004	4,15	0,003	0,005	0,049	0,003	0,59	1,69	0,70	6,40
Aloândia	0,019	5,28	0,004	1,64	0,001	0,005	0,031	0,004	0,16	0,06	0,10	0,70
Bom Jesus	0,016	4,71	0,006	0,99	0,002	0,005	0,024	0,004	0,53	0,76	0,30	3,10
Buriti Alegre	0,010	4,35	0,025	0,84	0,002	0,005	0,020	0,011	0,67	1,22	1,40	2,50
Cachoeira Dourada	0,012	2,84	0,056	1,11	0,001	0,005	0,019	0,004	0,53	1,51	0,80	2,60
Castelândia (PA) ¹	0,027	9,42	0,004	3,12	0,006	0,005	0,089	0,039	0,16	0,05	1,30	0,10
Crominia	0,039	5,36	0,032	0,49	0,001	0,041	0,016	0,017	0,57	1,54	0,70	3,40
Edealina	0,027	5,54	0,019	2,13	0,001	0,005	0,061	0,001	0,87	3,06	0,80	7,90
Edéia	0,061	34,90	0,004	4,71	0,001	0,005	0,172	0,002	1,06	2,53	0,80	10,80
Goiatuba	0,016	4,21	0,005	0,32	0,008	0,005	0,018	0,016	0,56	0,72	0,40	1,60
Inaciolândia	0,021	5,45	0,034	1,17	0,008	0,005	0,034	0,005	0,84	1,22	0,50	4,80
Itumbiara	0,016	2,42	0,012	0,70	0,001	0,005	0,015	0,145	0,84	3,97	0,38	4,91
Joviânia	0,021	4,87	0,037	1,22	0,001	0,005	0,024	0,003	0,55	0,59	0,60	2,60
Mairipotaba	0,032	17,80	0,005	4,03	0,009	0,005	0,159	0,011	0,78	5,86	0,30	31,90
Maurilândia	0,016	2,15	0,008	0,89	0,004	0,005	0,018	0,016	0,76	0,88	0,10	2,10
Morrinhos	0,007	1,66	0,004	0,30	0,002	0,005	0,007	0,013	0,29	0,23	307,80	1,60
Panamá	0,020	1,79	0,016	0,48	0,003	0,005	0,015	0,011	0,30	3,04	3,30	1,90
Pontalina	0,031	9,46	0,004	4,65	0,006	0,005	0,053	0,002	0,66	2,83	1,70	15,30
Porteirão (PA) ¹	0,016	2,57	0,023	0,66	0,001	0,005	0,018	0,012	0,16	1,13	2,00	0,40
Quirinópolis	0,040	9,16	0,022	3,38	0,005	0,005	0,057	0,021	0,76	2,76	17,00	8,30
Turvelândia (PA) ¹	0,002	8,52	0,052	3,82	0,008	0,005	0,087	0,010	0,17	9,59	3,60	0,20
Vicentinópolis (PA) ¹	0,008	6,18	0,006	2,68	0,001	0,005	0,044	0,005	0,07	0,05	0,40	0,10

Valores de Referência												
CONAMA águas superficiais ²	0,7	250	0,3	250	0,1	0,01	—	0,18	1,40	250	10	250
CONAMA aquífero ³	0,7	—	0,3	—	0,1	0,01	—	5	1,50	250	10	250
MS potável ⁴ água	0,7	—	0,3	—	0,1	0,01	—	5	1,50	250	10	250
OMS potável ⁵ água	0,7	250	0,3	250	0,4	0,01	—	3	1,30	250	50	500
EPA potável ⁶ água	2	—	0,3	—	0,05	0,015	4	5	4,00	250	10	250

¹Água coletada em poço artesiano (PA).

²VMP para água superficiais Classe 1 e 2 segundo Resolução n. 357/2005 do CONAMA (21).

³VMP de águas para consumo humano proveniente de aquíferos segundo Resolução n. 396/2008 do CONAMA (22).

⁴VMP para água potável segundo Portaria n. 518/2004 do MS (23).

⁵VMP para água potável segundo o “Guidelines for Drinking-water Quality” da OMS (26).

⁶VMP para água potável segundo a EPA (24, 25).

Segundo dados oficiais (27, 28), 84,47 % da população da cidade Cromínia tem acesso a água tratada e 72,54% é atendida por coleta de lixo, sendo que não há rede de esgoto da cidade. Em Morrinhos, 86,54% da população tem acesso a água tratada, 41,24 é atendida por rede de esgoto e 86,26% tem seu lixo coletado. Já Quirinópolis, 93,16% da população é abastecida por água tratada, 100% é atendida por rede de esgoto e 79,45% por coleta de lixo.

Na tabela 2 apresentam-se dados sobre mortalidade (29) e morbidade hospitalar (30) no período de 2006 dos municípios de Morrinhos, Quirinópolis e Cromínia. Observa-se que em Morrinhos a mortalidade está associada principalmente a doenças cardiovasculares, câncer, doenças respiratórias e lesões/envenenamentos/conseqüências de causas externas, e a morbidade hospitalar está relacionada especialmente a doenças respiratórias, cardiovasculares, digestivas e geniturinárias.

Tabela 2. Mortalidade e Morbidade Hospitalar no ano de 2006 dos municípios de Morrinhos, Quirinópolis e Cromínia.

Capítulo da Classificação Internacional de Doenças	Morrinhos		Quirinópolis		Cromínia	
	Mortalidade	Morbidade	Mortalidade	Morbidade	Mortalidade	Morbidade
Doenças Infecciosas e Parasitárias	17	254	6	192	2	3
Neoplasias e Tumores Cancerígenos	37	141	24	19	3	14
Doenças Hematológicas e Imunitárias	0	61	2	14	0	4
Doenças Endócrinas, Nutricionais e Metabólicas	13	125	7	39	1	1
Transtornos Mentais e Comportamentais	2	52	1	19	0	9
Doenças Neurológicas	3	57	2	11	0	3
Doenças do Olho e Anexos	1	9	0	1	0	0
Doenças do Ouvido e Apófise Mastóide	0	4	0	3	0	0
Doenças Cardiovasculares	71	451	41	104	5	22
Doenças Respiratórias	35	491	19	234	0	11
Doenças Digestivas	13	442	8	176	0	17
Doenças Cutâneas	1	17	0	27	0	2
Doenças Osteomusculares e Conjuntivas	1	113	0	11	0	3
Doenças Geniturinárias	8	420	1	216	0	6
Gravidez, Parto e Puerpério	0	418	0	338	0	29
Afecções originadas no Período Perinatal	9	30	5	62	1	1
Malformações, Deformidades e Anomalias	0	12	2	4	0	0
Achados anormais em exames	16	43	49	28	3	1
Lesões, envenenamentos e conseqüências de causas externas	26	1	22	3	4	0
Causas Externas	0	167	0	49	0	17
Contatos com Serviços de Saúde	0	65	0	103	0	1

Fonte: Datasus (29, 30).



Em Quirinópolis a mortalidade associa-se a achados anormais em exames clínicos, doenças cardiovasculares, câncer e lesões/envenenamentos/conseqüências de causas externas, e a morbidade relaciona-se a Gravidez/parto/puerpério, doenças respiratórias, geniturinárias, infecciosas/parasitárias. Em Cromínia, a mortalidade associa-se a doenças cardiovasculares, lesões/ envenenamentos/conseqüências de causas externas, câncer e achados anormais em exames clínicos, a morbidade hospitalar relaciona-se a Gravidez/parto/puerpério, doenças cardiovasculares, digestivas, causas externas e câncer.

5 – Discussão dos dados

Visto que foram encontrados valores anormais de nitrato nas amostras de Quirinópolis e Morrinhos, tenta-se relacionar esses achados com as características geológicas da área. A ETA de Quirinópolis encontra-se na unidade litoestratigráfica Formação Serra Geral. Já a ETA de Morrinhos encontra-se na unidade Cobertura Detrito-Laterítica Ferruginosa. Tais unidades geológicas não apresentam nitrato ou compostos nítricos em sua composição química. A causa de contaminação das referidas amostras de água possivelmente é de origem antropogênica, talvez a poluição do curso d'água que abastece essas ETAs por fertilizantes nitrogenados utilizados nas lavouras locais ou por efluentes domésticos (31), inclusive pode ser esgoto originado por suinocultura ou bovinocultura em confinamento instalada às margens do córrego.

O nitrato é reduzido a nitrito no sistema gastrintestinal, sendo que o nitrito provoca meta-hemoglobinemia, com sintomas de cianose e asfixia. Os lactentes com menos de três meses de idade são mais suscetíveis à meta-hemoglobinemia provocada pelo nitrato/nitrito, geralmente a dose tóxica oral é acima do limiar de 44,3-88,6 miligramas de nitrato por quilograma de peso corporal. Também os adultos podem sofrer intoxicação por nitrato com meta-hemoglobinemia quando ingerem mais de 2-9 gramas de nitrato (33-150 miligramas de nitrato por quilograma de peso corporal). Casos fatais em adultos tem sido reportados após ingestão única de nitrato em concentrações de 4-50 gramas, num equivalente de 67-833 miligramas de nitrato por quilograma de peso corporal. A ingestão de nitrato também relaciona-se com o aparecimento de câncer gástrico ou esofágico (32).

Conforme os resultados apresentados, nota-se que em Quirinópolis e Morrinhos a morbimortalidade relaciona-se, de maneira geral, a doenças cardiovasculares, respiratórias,



câncer, causas externas, lesões/envenenamentos/conseqüências de causas externas, doenças infecciosas/parasitárias, digestivas, geniturinárias e causas externas. A morbimortalidade por distúrbios hematológicos nos municípios de Morrinhos e Quirinópolis é relativamente pequena, já a morbimortalidade por câncer é considerável, todavia a morbimortalidade por câncer gástrico ou esofágico é pequena (29, 30). Os fatores de risco para câncer gástrico são vários, normalmente doenças gástricas prévias, infecções, história familiar, tabagismo e dieta (33). Para o câncer esofágico, os fatores de risco são o tabagismo e o etilismo (34). Assim, aparentemente não existe possível correlação de intoxicação por nitrato e meta-hemoglobinemia ou câncer nesses municípios.

A ETA de Cromínia apresentou valor anormais de chumbo em sua amostra. Ela localiza-se na unidade litoestratigráfica B do Grupo Araxá, cuja composição química apresenta os elementos cálcio, carbono, oxigênio, hidrogênio, alumínio, silício, magnésio, ferro, flúor, cromo, manganês, titânio, potássio e sódio. Assim, a causa dessa contaminação não parece ser natural (geológica), a não ser que haja algum depósito natural de chumbo em algum ponto do curso d'água que abastece a ETA de Cromínia. Se a causa for antrópica, talvez seja um depósito de lixo liberando xoro no leito do córrego ou num afluente (35).

A intoxicação aguda por chumbo provoca irritabilidade, déficit de atenção, cefaléia, tremores musculares, cólicas abdominais, danos nos rins, alucinações e perda de memória, encefalopatia (36). A intoxicação crônica por chumbo promove sinais de fadiga, insônia, irritabilidade, cefaléias, dor articular, disfunções reprodutivas e sintomas gastrintestinais (37). Efeitos de mutagenicidade e carcinogenicidade do chumbo têm sido reportados em vários estudos epidemiológicos (36). Mais de 80% da exposição diária ao chumbo ocorre por via inalatória e pela ingestão de alimentos contaminados (36).

Conforme os dados epidemiológicos apresentados nos resultados, verifica-se que geralmente em Cromínia a morbimortalidade associa-se a doenças cardiovasculares, digestivas, respiratórias, infecciosas/parasitárias, câncer, lesões/envenenamentos/conseqüências de causas externas e achados anormais em exames clínicos.

Desta maneira, pode até haver uma pequena correlação entre a concentração anormal de chumbo na água de Cromínia e a morbimortalidade dos transtornos digestivos e do câncer. Todavia, esses transtornos também relacionam-se a vários fatores como tabagismo, etilismo, infecções, hábitos alimentares, etc. (38), sendo difícil determinar o impacto direto do consumo de água nos índices dessas doenças.



6 - Conclusões

A contaminação por chumbo encontrada na água tratada de Cromínia pode estar tendo algum impacto na ocorrência de transtornos digestivos e tumores cancerígenos. Da mesma maneira, a contaminação por nitrato em Morrinhos e Quirinópolis pode estar tendo impacto sobre a ocorrência de câncer gástrico e esofágico e outras enfermidades digestivas. Evidências mais confiáveis são necessárias para confirma-se isto, de maneira que um estudo de acompanhamento mais prolongado na área faz-se necessário, verificando-se mensalmente ou quinzenalmente as concentrações dos elementos nas amostras, acompanhando-se as notificações mensais de agravos e óbitos e estudando-se na região as possíveis fontes de contaminação antrópica na drenagem dos cursos d'água que abastecem as ETAs.

7 – Referências Bibliográficas

- 1 D'AGUILA, P. S; et al. *Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu*. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p.791-798, 2000.
- 2 ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. *Água e saúde*. Brasil: Opas, 2001. 8 p. Disponível em: <<http://www.bra.ops-oms.org/ambiente/UploadArq/agua.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2009.
- 3 SAEIJS, H. L. F.; BERKEL, M. J. *The global water crisis: the major issue of the twenty-first century, a growing and explosive problem*. In: BRANS, E. H. P.. *The scarcity of water: emerging legal and policy responses*. Alphen Aan Den Rijn: Kluwer Law International, 1997. p. 3-20.
- 4 GLEICK, P. H. *The World's Water 2000-2001: The Biennial Report on Freshwater Resources*. Washington: Island Press, 2000. 300 p.
- 5 AGRESTE, S. A.; SCHOR, N.; HEILBERG, I. P. *Atualização em Nefrologia Clínica: papel da constituição físico-química da água potável na litogênese renal*. Jornal Brasileiro de Nefrologia, São Paulo, v. 23, n. 1, p.45-48, 2001. Trimestral.
- 6 PÁDUA, H. B.. *Águas com dureza e alcalinidade elevada: Observações iniciais na Região de Bonito/MS*. São Paulo: Abrappesq, 2002. 64 p. Disponível em: <http://www.abrappesq.com.br/apostila_helcias.doc>. Acesso em: 02 mar. 2009.



- 7 CORTECCI, G. *Geologia e Saúde*. Tradução de Wilson Scarpelli. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/media/geosaude.pdf>>. Acesso em: 02 mar. 2009.
- 8 GUILHERME, L. R. G; et al. *Elementos-traço em solos e sistemas aquáticos*. In: TORRADO, Pablo Vidal. *Tópicos em Ciência do Solo: volume IV*. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. p. 345-390. Disponível em: <http://www.geocities.com/giuliano_marchi/Top_V4_N9.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2009.
- 9 CÔRTE, G. Togo; SILVEIRA, E. G; BASTOS, W. R. *Caracterização biogeoquímica de metais pesados no rio corumbiara e seus principais afluentes*. Disponível em: <www.biogeoquimica.unir.br/classes/download.php?id=185>. Acesso em: 01 mar. 2009.
- 10 GELLEIN, K. *High resolution inductively coupled plasma mass spectrometry: Some applications in biomedicine*. 2008. 83 f. Tese (Doutorado) - Norwegian University Of Science And Technology, Trondheim, 2008. Disponível em: <http://www.diva-portal.org/diva/getDocument?urn_nbn_no_ntnu_diva-2233-3__fulltext.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2009.
- 11 SANTANA, E. Q. *Determinação de macroelementos, oligoelementos e contaminantes metálicos em própolis por espectrofotometria de absorção atômica em chama e em forno de grafite*. 2003. 183 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Araraquara, 2003. Disponível em: <<http://www.fcfar.unesp.br/posgraduacao/cienciasfarmaceuticas/Disertacoes/2004/Efigenia-completo.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2009.
- 12 LEMES, M. J. L. *Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das bacias hidrográficas dos rios Mogiguaçu e Pardo*. 2001. 248 f. Tese (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-05032002-101204/publico/tde-05032002-101204.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2009.
- 13 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Estimativas das populações residentes, em primeiro de julho de 2008, segundo os municípios*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2008/POP2008_DOU.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2009.
- 14 ESTADO DE GOIÁS. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento. *Anuário Estatístico do Estado de Goiás 2005*. Goiânia: SEPLAN, 2005. 823 p. Disponível em: <<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/down/anuario2005.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2009.



- 15 ESTADO DE GOIÁS. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento. *Goiás em Dados 2007*. Goiânia: Seplan, 2007. 140 p. Disponível em: <http://www.seplan.go.gov.br/sepin/down/GOIAS_EM_DADOS_2007.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2009.
- 16 ESTADO DE GOIÁS. *Sistema de Informações Estatísticas e Geográficas*. SIG online: Estado de Goiás (I3Geo). Disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br:81/i3geo/aplicmap/inter_sieg.htm?73530e20d74ef6c3b341c05c51fb2fbe>. Acesso em: 28 fev. 2009.
- 17 MAMEDE, L. Geomorfologia. In: LACERDA FILHO, J. V.; REZENDE, A.; SILVA, A.. *Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal*: Escala 1:500.000. 2. ed. Goiânia: CPRM/METAGO/UnB, 2000. Cap. 2, p. 15-18.
- 18 BLATT, H.; TRACY, R. J.; OWENS, B. E.. *Petrology: igneous, sedimentary, and metamorphic*. New York: W. H. Freeman, 2006. 530 p.
- 19 MACHADO, F. B. et al. *Enciclopédia Multimídia de Minerais*. Disponível em: <<http://ns.rc.unesp.br/museudpm/banco/grm.html>>. Acesso em: 17 mar. 2009.
- 20 LINS, C. A. C. et al. Manual técnico PGAGEM – Brasil. São Paulo: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. 28 p.
- 21 BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA número 357*, de 17 de março de 2005. In: BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resoluções do CONAMA*. Brasília: CONAMA, 2006. p. 259-282. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/processos/61AA3835/LivroConama.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2009.
- 22 BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA número 396*, de 3 de abril de 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 28 fev. 2009.
- 23 BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria n. 518/2004*. Disponível em: <<http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php>>. Acesso em: 28 fev. 2009.
- 24 ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. *Agência de Proteção Ambiental*. *Drinking water contaminants*. Disponível em: <<http://www.epa.gov/safewater/contaminants/index.html#1>>. Acesso em: 28 fev. 2009.
- 25 ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. *Agência Para Registro de Substâncias Tóxicas e Doenças*. Toxicological profile: strontium. Disponível em: <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp159.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2009.



- 26 ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *Guidelines for Drinking-water Quality*. 3. ed. Genebra: Organização Mundial de Saúde, 2006. 595 p. Disponível em: <http://www.who.int/entity/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2009.
- 27 ESTADO DE GOIÁS. Superintendência de Estatística Pesquisa e Informação. *Região Sul Goiano*. Disponível em: <http://www.seplan.go.gov.br/sepin/viewcad.asp?id_cad=5100&id_not=9>. Acesso em: 01 mar. 2009.
- 28 ESTADO DE GOIÁS. Superintendência de Estatística Pesquisa e Informação. *Região Sudoeste Goiano*. Disponível em: <http://www.seplan.go.gov.br/sepin/viewcad.asp?id_cad=5100&id_not=7>. Acesso em: 01 mar. 2009.
- 29 BRASIL. Datasus. *Mortalidade: Goiás*. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/obtGO.def>>. Acesso em: 01 mar. 2009.
- 30 BRASIL. Datasus. *Morbidade Hospitalar do SUS por local de residência: Goiás*. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/obtGO.def>>. Acesso em: 01 mar. 2009.
- 31 SILVA, R. C. A; ARAÚJO, T. M. *Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)*. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p.1019-1028, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csc/v8n4/a23v8n4.pdf>>. Acesso em: 28 fev. 2009.
- 32 ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. *Nitrate and nitrite in drinking-water*. Genebra: Organização Mundial de Saúde, 2007. 29 p. Disponível em: <http://www.who.int/entity/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf>. Acesso em: 28 fev. 2009.
- 33 ZELMANOWICZ, A. M. *Detecção precoce para o câncer gástrico*. Disponível em: <<http://www.abcdasaude.com.br/profissional.php?12>>. Acesso em: 01 mar. 2009.
- 34 ADAM.COM INC.. *Câncer esofágico*. Disponível em: <<http://adam.sertaoggi.com.br/encyclopedia/ency/article/000283.htm>>. Acesso em: 17 mar. 2008.
- 35 MACHADO, S. S; et al. *Concentração de chumbo em alface cultivada com diferentes adubos orgânicos*. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v. 10, n. 1, p.63-70, 2008. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev101/Art1018.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2009.



36 OMS. (2003). *Lead in drinking-water*. Acessado em 20/05/2008. Disponível em www.who.int/entity/water_sanitation_health/dwq/chemicals/lead.

37 ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. *Agência de Proteção Ambiental. Air Quality Criteria for Lead*. Washington: Epa, 2006. Disponível em: http://oaspub.epa.gov/eims/eimscomm.getfile?p_download_id=459555. Acesso em: 02 mar. 2009.

38 BENNETT, J. C.; GOLDMAN, L. (Org.). *Cecil Textbook of Medicine*. New York: W. B. Saunders Company. 2308 p. 2000.