
ANÁLISE DE ELEMENTOS TRAÇO E DE METAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEIA PONTE NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA

ERIC SANTOS ARAUJO, YARA LÚCIA MARQUES MAIA

Resumo: principal proposta deste estudo e para pesquisar a contaminação por metais e elementos traço (em água, sedimento de corrente e na população) nas bacias hidrográficas da região metropolitana de Goiânia. Foram realizadas análises químicas da água através de ICP-AES nos Laboratórios do LAMIN da CPRM – os seguintes elementos : Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sc, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, W e Zn e por Cromatografia Ótica (F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) e por espectrofotometria de absorção Na e K .

Palavras-chave: análises geoquímica multielementar, metais pesados, água, Goiânia

Alguns elementos químicos como cobre, zinco, cromo e selênio são necessários à saúde dos seres vivos por fazerem parte de complexos sistemas enzimáticos. Porém, se estiverem presentes em concentrações elevadas tornam-se tóxicos, as quais podem ser provenientes da alimentação ou do meio ambiente. Outros elementos, como mercúrio, cádmio, arsênio e chumbo, não são essenciais aos seres vivos do ponto de vista biológico e são muito tóxicos quando presentes, mesmo em baixas concentrações, pois sua

presença ocorre de forma cumulativa. A contaminação do meio ambiente ocorre principalmente através da disposição de efluentes industriais contendo metais pesados e compostos químicos nos corpos d'água, sendo o principal fator antrópico responsável pela poluição de vários ambientes aquáticos. A natureza geoquímica das rochas e, conseqüentemente, do solo é outro fator causal de contaminação por metais, principalmente em águas subterrâneas. Metais pesados em água persistem por mais tempo que poluentes e percolam da superfície para o lençol freático (PATHAK, 1994).

A região metropolitana de Goiânia foi selecionada como área de trabalho em função da necessidade de estudar as possíveis fontes de contaminação (antrópica ou natural) no rio Meia Ponte, pois em trabalho anterior foram detectados concentrações anômalas de chumbo, cádmio, cromo e zinco em amostras de água desta região (ARAÚJO, 2001). As fontes de contaminação antrópica nas águas são normalmente associadas a resíduos domésticos e industriais e ao chorume oriundo de depósitos de lixo que contaminam os lençóis freáticos com microorganismos patogênicos. Além de promoverem a mobilização de metais contidos no solo, como alumínio, ferro e manganês, a água também é uma fonte potencial de nitrato e outras substâncias orgânicas extremamente tóxicas ao ser humano e ao ambiente (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001). Como os ânions nitrato e cloreto são bons indicativos de poluição e contaminação de origem antrópica sua distribuição regional, nas águas das bacias estudadas, também foi analisada neste estudo.

Este trabalho se propôs a estudar a ação dos elementos químicos na água dos tributários do rio Meia Ponte na região metropolitana de Goiânia e sua relação com os padrões para o consumo humano. e faz parte de um grande projeto de âmbito nacional em desenvolvimento pela CPRM-Serviço Geológico do Brasil, denominado PGAGEM-Projeto de Geoquímica Ambiental e Geologia Médica.

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área estudada é a bacia do rio Meia Ponte sendo a mais densamente povoada do Estado. A alta densidade demográfica aliada à ausência de ações de conservação e proteção acarretaram na degradação ambiental do rio. A ausência de esgoto sanitário

em muitos trechos faz com que os dejetos sejam canalizados *in natura* para a rede de drenagem, alterando a qualidade da água, principalmente na época da seca.

Nesta pesquisa foram coletadas 18 amostras em drenagens da bacia do rio Meias Ponte na região Metropolitana de Goiânia conforme a Tabela 1.

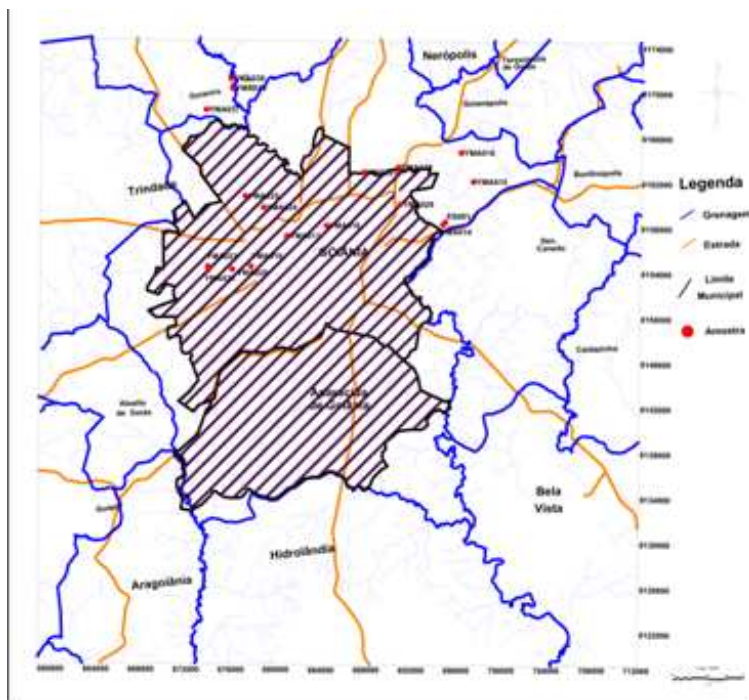


Figura 1: Mapa de Localização da Área de Estudo e Pontos de Amostragem

METODOLOGIA DE TRABALHO

As amostras (n=18) relacionadas na Figura 1, com registro de localização através de GPS, foram coletadas no período seco (agosto de 2003) na região metropolitana de Goiânia. Na coleta, utilizando-se luvas cirúrgicas, a água foi coletada com o auxílio de uma proveta e transferida para vasilhames de vidro com capacidade para 1 litro. Nos vasilhames destinados à análise dos cátions

foram colocados 10ml de ácido nítrico p.a. para a preservação das amostras. As amostras foram devidamente etiquetadas e embaladas.

Na Tabela 1 encontra-se a toponímia dos córregos amostrados e suas localizações realizadas através de GPS .

Tabela 1: Toponímia e Localização dos Córregos Amostrados

Local	Amostras	Longitude	Latitude
Córrego Lajeado Capoeira	YMA014	695768	8158620
Córrego Perdido	YMA015	698494	8162428
Córrego Lageado Capoeira	YMA016	697400	8165000
Córrego Vaca Brava	YMA017	681884	8157654
Córrego Botafogo	YMA018	685414	8158564
Córrego Macambira	YMA019	678687	8154971
Córrego Taquaral	YMA020	677013	8154709
Córrego Ponte Funda	YMA021	674904	8154636
Ribeirão Anicuns	YMA023	674847	8154978
Córrego Fundo	YMA024	679827	8160190
Córrego Caveirinha	YMA025	678200	8161211
Córrego Pedreira	YMA027	688800	8163300
Córrego Bálamo	YMA028	691841	8163723
Córrego Ladeira	YMA029	691967	8160440
Córrego São Domingos	YMA037	674751	8168893
Rio Meia Ponte	YMA038	676938	8171647
Rio Capivara	YMA039	677084	8170775
Córrego da Laje	ES001	695960	8158830

Posteriormente, no laboratório da Universidade Católica de Goiás – UCG, as amostras foram filtradas e enviadas ao laboratório LAMIN, da CPRM-Serviço Geológico do Brasil, para serem analisadas através de ICP-AES (Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sc, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, W e Zn – Tabela 3) e por Cromatografia Ótica (F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{-3} , SO_4^{-2}) e por espectroscopia de emissão em chama (Na e K – Tabela 4).

Para a avaliação das concentrações dos elementos químicos na água superficial foram tomados como referência os Valores

Máximos Permitidos (VMP) definidos pela PORTARIA N.º 518, DE 25 DE MARÇO DE 2004 da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) (BRASIL, 2000).

Essa portaria dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da água para consumo humano e padrões de potabilidade, em razão da importância que a qualidade e quantidade de água representam para a melhoria da qualidade de vida e manutenção da saúde humana. Esta portaria substitui e atualiza a Portaria nº 36/90 do Ministério da Saúde regulamentando valores mais restritivos.

O tratamento estatístico e a matriz de correlação para as amostras de água foram feitos através do Oasis V.5.1.8 utilizando Módulo CHIMERA. Para confecção dos Mapas de Distribuição dos elementos foi utilizado o Geosoft Mapping and Processing System (MPS) associado a um *software* de modelamento desenvolvido pela firma canadense Geosoft.

RESULTADOS

No local foram medidos os parâmetros físico-químicos (pH, condutividade, oxigênio dissolvido e temperatura apresentados na Tabela 2).

Tabela 2: Padrões Físico-Químicos das Amostras Coletadas

Amostra	Temp. °C	O ₂ Dissolvido mg/l	Turbidez UNT	pH	Condutividade Mho/cm	Sólidos Diss.
YMA014	25,3	6,3	11,5	7,6	139,7	69,2
YMA015	21,8	4,3	11,4	7,61	202	101,1
YMA016	23,7	5,68	39,7	7,9	93,2	46,3
YMA017	27,3	0,1	147	7,69	484	242
YMA018	22,2	nt	3,97	7,09	237	118,6
YMA019	26,4	7,4	4,85	7,5	126,4	63,2
YMA020	22,4	7,4	8,72	7,86	45	22,5
YMA021	22,4	5,2	16,1	7,58	63,1	31,5
YMA023	20,8	5,2	11,9	7,4	62,6	31,3
YMA024	24,3	1,2	17,5	7,32	635	318

Continua...

Amostra	Temp. °C	O ₂ Dissolvido mg/l	Turbidez UNT	pH	Condutividade Mho/cm	Sólidos Diss.
YMA025	25,9	5,3	8,19	7,4	52,6	26,3
YMA027	24,4	5,8	12,7	7,52	171,5	85,6
YMA028	23,5	4,98	27,4	7,5	214	108,1
YMA029	22,9	5,3	12,2	7,25	231	115,4
YMA037	21,0	2,4	27,6	7,61	77,9	38,9
YMA038	21,7	6,4	14,9	8,23	116,1	58,1
YMA039	22,1	6,5	12,8	8,17	115,5	58,3
ES001	24,9	6,0	19,3	8,23	52,0	26,1

Para os estudos ambientais no âmbito da bacia em estudo, a partir dos resultados obtidos nas amostras de água, procurou-se inicialmente analisar o comportamento regional dos elementos considerados tóxicos aos seres vivos (arsênio, chumbo, cádmio e bário). De modo semelhante foi estudado também o comportamento dos elementos químicos considerados essenciais aos seres vivos, mas que são tóxicos quando presentes em altas concentrações no ambiente: flúor, zinco, estrôncio e bário.

Tabela 3: Resultados Analíticos por ICP-AES dos Elementos Seleccionados

Amostra	As mg/l	Bm mg/l	Bam mg/l	Cam mg/l	Com mg/l	Crn mg/l	Cum mg/l	
YMA014	0,1	0,01	0,002	0,034	13,41	0,002	0,02	0,01
YMA015	0,1	0,01	0,002	0,057	20,42	0,002	0,02	0,01
YMA016	0,1	0,01	0,002	0,041	7,90	0,002	0,02	0,01
YMA017	0,3	0,01	0,013	0,051	17,26	0,002	0,02	0,02
YMA018	0,1	0,01	0,002	0,055	17,01	0,002	0,02	0,01
YMA019	0,1	0,01	0,002	0,033	13,48	0,002	0,02	0,01
YMA020	0,1	0,01	0,002	0,025	3,97	0,002	0,02	0,01

Continua...

...Conclusão

Amostra	As mg/l	Bm mg/l	Bam mg/l	Cam mg/l	Com mg/l	Crn mg/l	Cum mg/l	
YMA021	0,1	0,01	0,002	0,018	4,48	0,002	0,02	0,01
YMA023	0,1	0,01	0,002	0,023	4,96	0,002	0,02	0,01
YMA024	0,2	0,01	0,002	0,035	11,47	0,002	0,02	0,01
YMA025	0,1	0,01	0,02	0,026	4,55	0,002	0,02	0,02
YMA027	0,1	0,01	0,002	0,041	15,89	0,002	0,02	0,01
YMA028	0,1	0,01	0,002	0,064	21,46	0,002	0,02	0,01
YMA029	0,1	0,01	0,002	0,041	22,20	0,002	0,02	0,01
YMA037	0,1	0,01	0,002	0,012	2,52	0,002	0,02	0,01
YMA038	0,1	0,01	0,002	0,035	10,07	0,002	0,02	0,01
YMA039	0,1	0,01	0,002	0,036	10,77	0,002	0,02	0,01
ES001	0,1	0,01	0,002	0,027	3,89	0,002	0,02	0,01

Amostra	Fe mg/l	Li mg/l	Mg mg/l	Mn mg/l	Pb mg/l	Si mg/l	Sr mg/l	Zr mg/l
YMA014	1,236	0,001	5,99	0,110	0,005	9,82	0,066	0,040
YMA015	2,110	0,001	8,08	0,423	0,005	9,81	0,091	0,011
YMA016	5,919	0,001	3,91	0,263	0,005	8,22	0,041	0,020
YMA017	0,890	0,002	3,93	0,055	0,007	6,54	0,104	0,134
YMA018	0,470	0,002	3,28	0,073	0,005	5,30	0,100	0,041
YMA019	0,537	0,001	1,23	0,024	0,005	3,78	0,081	0,01
YMA020	0,835	0,001	1,09	0,075	0,013	3,48	0,031	0,035
YMA021	0,735	0,001	1,3	0,081	0,005	3,66	0,039	0,012
YMA023	2,619	0,001	1,54	0,098	0,011	4,57	0,031	0,019
YMA024	3,406	0,001	2,84	0,160	0,005	7,04	0,073	0,043
YMA025	3,124	0,001	0,70	0,140	0,005	3,00	0,031	0,028
YMA027	1,069	0,001	6,73	0,141	0,005	8,11	0,086	0,026
YMA028	2,968	0,001	8,88	1,076	0,005	10,58	0,100	0,026
YMA029	0,586	0,001	9,98	0,149	0,005	8,86	0,118	0,023
YMA037	2,338	0,001	1,07	0,053	0,005	3,26	0,023	0,018
YMA038	1,054	0,001	4,82	0,033	0,005	9,63	0,072	0,016
YMA039	1,069	0,001	4,90	0,037	0,005	9,66	0,073	0,037
ES001	1,417	0,001	1,91	0,263	0,005	4,62	0,027	0,015

Tabela 4: Resultados de Análise por Cromatografia e Espectroscopia de Emissão (K e Na)

Amostra	Fm mg/l	Cl mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	SO4 mg/l	Km mg/l	Na mg/l
YMA014	0,10	1,42	0,1	0,9	0,1	3,6	1,5	6,2
YMA015	0,14	1,06	0,1	0,2	0,1	3,5	1,4	8,1
YMA016	0,09	2,45	0,1	0,5	0,1	7,2	2,6	8,6
YMA017	0,52	31,20	0,1	0,1	4,9	21,1	8,5	44,4
YMA018	0,26	14,4	0,5	5,4	0,3	5,9	3,6	20,0
YMA019	0,34	4,62	0,2	9,4	0,1	3,0	2,0	9,9
YMA020	0,03	3,06	0,1	1,8	0,1	1,1	1,0	3,7
YMA021	0,03	4,65	0,1	1,3	0,1	1,5	1,5	5,1
YMA023	0,07	6,28	0,1	0,4	0,1	4,3	2,2	10,6
YMA024	0,14	192,4		1,3	10,1	6,6	11,8	153,5
YMA025	0,03	2,56	0,1	2,3	0,1	1,2	0,8	3,9
YMA027	0,17	3,64	0,1	2,5	0,1	8,1	2,4	11,1
YMA028	0,14	1,92	0,1	0,6	0,1	6,7	1,6	9,3
YMA029	0,15	1,55	0,1	0,4	0,1	8,2	2,8	8,9
YMA037	0,02	8,93	0,2	4,5	1,3	1,1	2,6	10,3
YMA038	0,07	2,22	0,1	0,8	0,1	1,2	1,7	4,9
YMA039	0,05	1,71	0,1	0,1	0,1	4,3	0,7	2,9
ES001	0,06	0,95	0,1	0,7	0,1	0,7	1,3	2,4

Os elementos As, Be, Br, Cd, Mo, Ni, Sc, Se, Sn, Ti, V e W não permitiram nenhum tipo de consideração, pois suas determinações, em todas as amostras, resultaram em valores abaixo do limite de detecção do método utilizado.

Os estudos estatísticos foram realizados através do software OASIS Montaj v.6.1 que permitiu estabelecer os parâmetros apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Sumário Estatístico dos Elementos Detectados nas Amostras de Água (mg/l)

Ele- mento	V. min	V. max	A	X	S	D.	DG
Al	0,051	0,283	0,232	0,108	0,058	0,098	0,058
As	0,005	0,010	0,005	0,008	0,001	0,008	0,001
B	0,002	0,015	0,010	0,003	0,002	0,002	0,002
Ba	0,012	0,064	0,052	0,036	0,014	0,003	0,014
Ca	2,52	22,2	19,68	18,428	6,574	9,381	6,574
Cl	0,95	192,4	191,45	15,82	44,656	4,116	44,65
Co	0,002	0,002	0,0001	0,002	0,00002	0,002	0,00002
Cr	0,017	0,020	0,004	0,02	0,001	0,020	0,001
Cu	0,005	0,022	0,017	0,009	0,005	0,008	0,005
F	0,02	0,52	0,50	0,134	0,128	0,092	0,128
Fe	0,469	5,919	5,449	1,798	1,404	1,397	1,404
K	0,7	11,8	11,1	2,777	2,841	2,061	2,841
Li	0,0005	0,002	0,002	0,001	0,0004	0,001	0,0004
Mg	0,702	9,982	9,279	4,009	2,914	2,994	2,914
Mn	0,023	1,076	1,052	0,181	0,245	0,110	0,245
Na	2,4	153,5	151,1	17,988	35,134	8,988	35,134
NO ₂	0,1	0,5	0,4	0,135	0,099	0,119	0,099
NO ₃	0,1	9,4	9,3	1,844	2,396	0,913	2,396
Pb	0,005	0,0128	0,0078	0,006	0,002	0,006	0,002
PO ₄	0,1	10,1	10,0	1	2,543	0,196	2,543
Si	3,004	10,58	7,57	6,662	2,714	6,097	2,714
SO ₄	0,7	21,1	20,4	4,961	4,785	3,383	4,785
Sr	0,022	0,117	0,095	0,066	0,031	0,058	0,031
Zn	0,011	0,134	0,123	0,031	0,028	0,025	0,028

Legenda: A-Amplitude; X-Média aritmética; S-Desvio Padrão Aritmético; D-Média Geométrica V.min –concentração mínima; V.max – concentração máxima DG-Desvio Padrão Geométrico.

A partir do sumário estatístico foram definidos os valores anômalos de primeira, segunda e terceira ordem apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Valores Anômalos de 1^a, 2^a e 3^a Ordem e Valores Máximos Permitidos na Portaria N.º 518, de 25 de Março de 2004 do Ministério da Saúde (mg/l)

Elemento	1 ^a Ordem	2 ^a Ordem	3 ^a Ordem	Port. 1469 FUNASA VMP ¹
	X + 3S	X + 2S - X + 3S	X + S - X + 2S	
Al	> 0,282	0,224 – 0,282	0,166 – 0,224	0,2
As	> 0,011	0,010 – 0,011	0,009 – 0,010	0,01
B	> 0,009	0,007 – 0,009	0,005 – 0,007	-
Ba	> 0,078	0,064 – 0,078	0,050 – 0,064	0,7
Ca	> 38,150	31,576 – 38,150	25,002 – 31,576	-
Cl	> 149,788	105,132 – 149,788	60,476 – 105,132	250
Co	> 0,00206	0,00204 – 0,00206	0,00202 – 0,00204	-
Cr	> 0,203	0,202 – 0,203	0,201- 0,202	0,05
Cu	> 0,024	0,019 – 0,024	0,014 – 0,019	2,0
F	> 0,518	0,390 – 0,518	0,262 – 0,390	1,5
Fe	> 5,110	4,006 – 5,110	3,202 – 4,006	0,3
K	> 11,300	8,459 – 11,300	5,648 – 8,459	-
Li	> 0,002	0,018 – 0,0022	0,0014 – 0,0018	-
Mg	> 12,751	9,837 – 12,751	6,923 – 9,837	-
Mn	> 0,916	0,671 – 0,916	0,426 – 0,671	0,1
Na	> 123,390	88,256 – 123,390	53,162 – 88,256	200
NO ₂	> 0,432	0,333 – 0,432	0,234 – 0,333	1,0
NO ₃	> 9,032	6,636 – 9,032	4,240 – 6,636	10
Pb	> 0,012	0,01 – 0,012	0,008 – 0,01	0,01
PO ₄	> 8,659	6,086 – 8,629	3,543 – 6,056	-
Si	> 14,804	12,090 – 14,804	9,376 – 12,090	-
SO ₄	> 19,316	14,531 – 19,316	9,746 – 14,531	250
Sr	> 0,159	0,128 – 0,159	0,097 – 0,128	-
Zn	> 0,115	0,087 – 0,115	0,059 – 0,087	5,0

Legenda: 1 VMP = Valor Máximo Permitido Port. n.º 1.469 Funasa.

Com os valores das concentrações de 1^a, 2^a e 3^a ordens foram seleccionadas as amostras anômalas apresentados na Tabela 7.

A partir dos resultados analíticos utilizando o software OASIS, foi confeccionada a matriz de correlação (Figura 2).

Tabela 7: Valores de 1^a, 2^a e 3^a Ordens por Elemento nas Amostras Analisadas

Amostras	Elementos						
	Al	Ba	Cu	Mg	Fe	Pb	Si
YMA017		0,3		0,02			
YMA019							
YMA020						0,013	
YMA021							
YMA023						0,011	
YMA024		0,2				3,406	
YMA025							
YMA037							
YMA038							9,63
YMA039							9,66
YMA014							9,82
YMA015		0,057					
YMA016					5,919		
YMA018		0,055		9,98			
YMA027							
YMA028		0,064					10,58
YMA029							
ESA001							

Amostras	Elementos							
	Sr	F	Cl	NO ₃	Na	PO ₄	SO ₄	K
YMA017		0,52			44,4	4,9	21,1	8,5
YMA019		0,34		9,4				
YMA020								
YMA021								
YMA023								
YMA024			192,40		153,5	10,1		11,8
YMA025								
YMA037				4,5				
YMA038								
YMA039								
YMA014								
YMA015								
YMA016								
YMA018	0,100	0,26		0,5	20			
YMA027								
YMA028	0,100							
YMA029	0,118							
ESA001								

Legenda: (vermelho-1^a ordem; azul-2^a ordem e verde 3^a ordem)

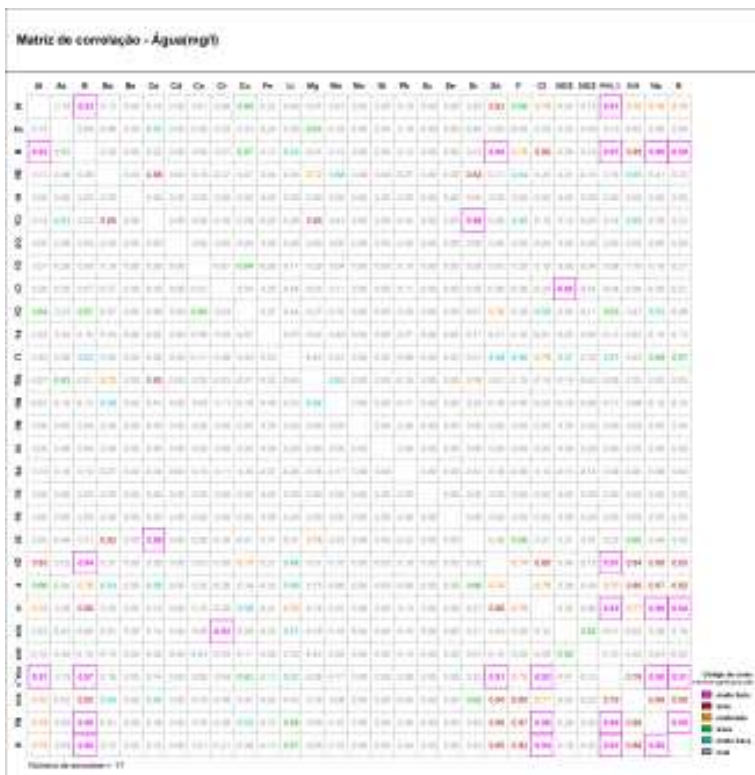


Figura 2: Matriz de Correlação de Todos os Elementos Selecionados

Através da matriz foi possível determinar as correlações mais expressivas com nível de significância de 95 % e as respectivas associações geoquímicas. Verificou-se que as correlações mais significativas foram: $C_{Cl-Na}=0,99$, $C_{Na-PO_4}=0,97$, $C_{K-PO_4}=0,96$, $C_{Sr-Ca}=0,96$, $C_{PO_4-Cl}=0,95$, $C_{Zn-Ba}=0,93$ e $C_{K-Na}=0,92$ seguindo-se, $C_{Ca-Ba}=0,88$, $C_{Si-Mg}=0,87$, $C_{SO_4-B}=0,84$, $C_{SO_4-Zn}=0,84$, $C_{Sr-Ba}=0,82$, $C_{SO_4-F}=0,80$.

A partir da matriz de correlação foram definidas as seguintes associações geoquímicas: 1) Sr-Ca-Zn-B; 2) Si-Mg; 3) Na-Cl-K- PO_4 e 4) SO_4 -Ba-F

A primeira associação (Figuras 3, 4, 5 e 6) mostra concentrações relativamente elevadas na parte centro sul da área para estrôncio (Sr), cálcio (Ca), zinco (Zn) e boro (B), representadas pelas amostras YMA018 (cor. Botafogo), YMA017 (cor. Vaca Brava) e YMA019 (cor. Macambira).

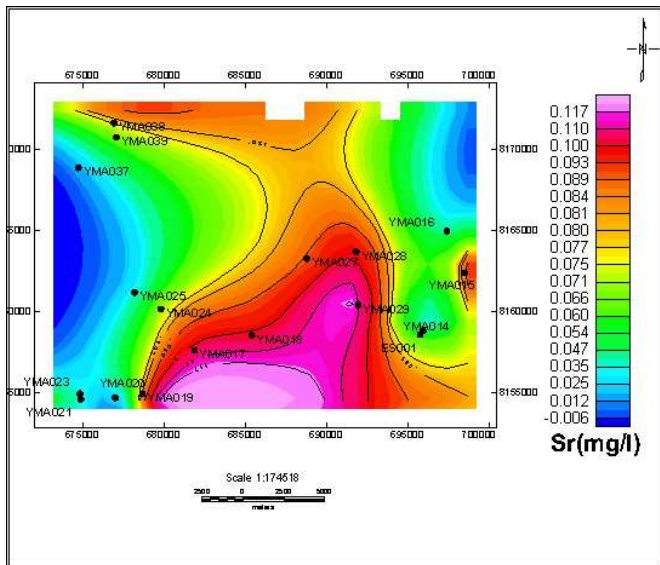


Figura 3: Distribuição do Sr (Estrôncio)

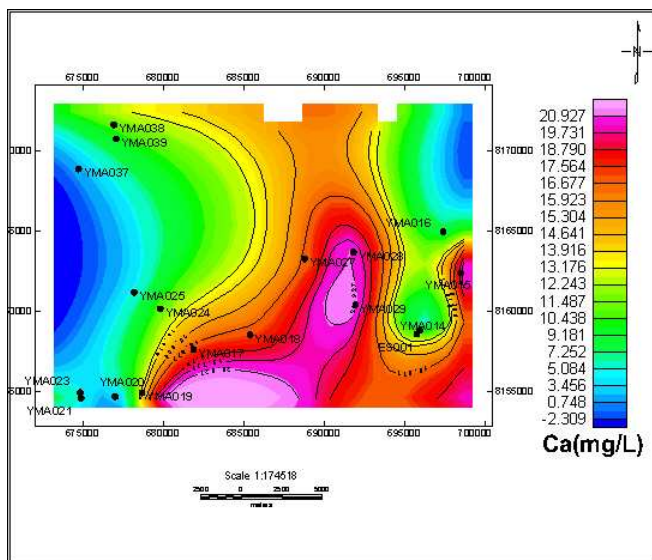


Figura 4: Distribuição do Ca (Cálcio)

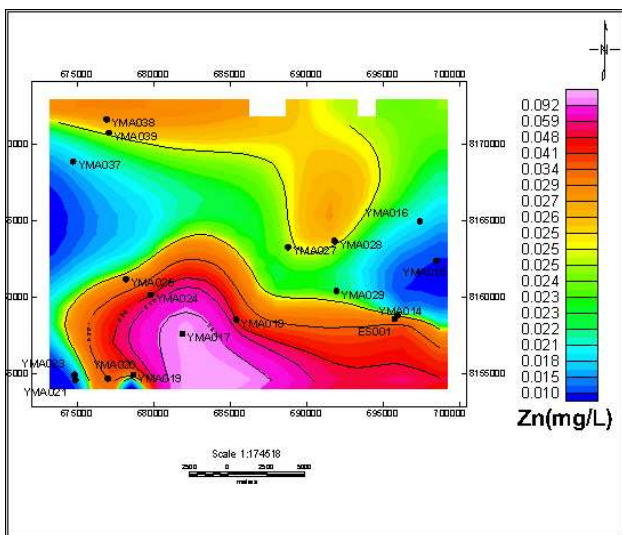


Figura 5: Distribuição do Zn (Zinco)

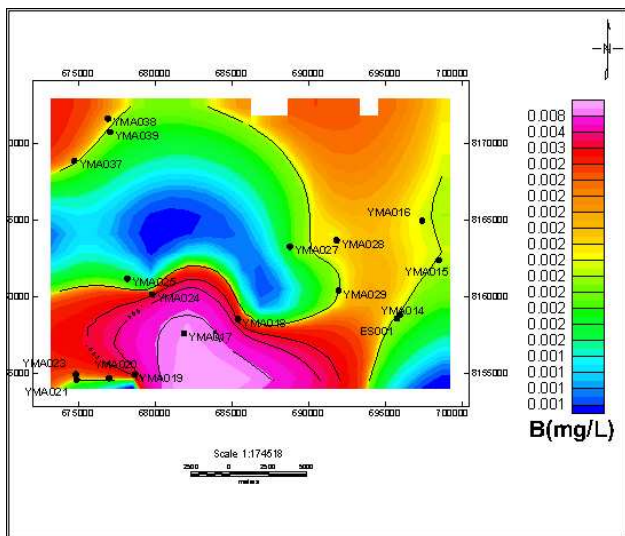


Figura 6: Distribuição do B (Boro)

A segunda associação (Figuras 7 e 8) encontra-se numa faixa que vai do sudeste, centro e noroeste da área, cujas concentrações estão refletidas principalmente através das amostras ES-001, YMA028 (cor Bálsamo) e YMA038 (Rio Meia Ponte).

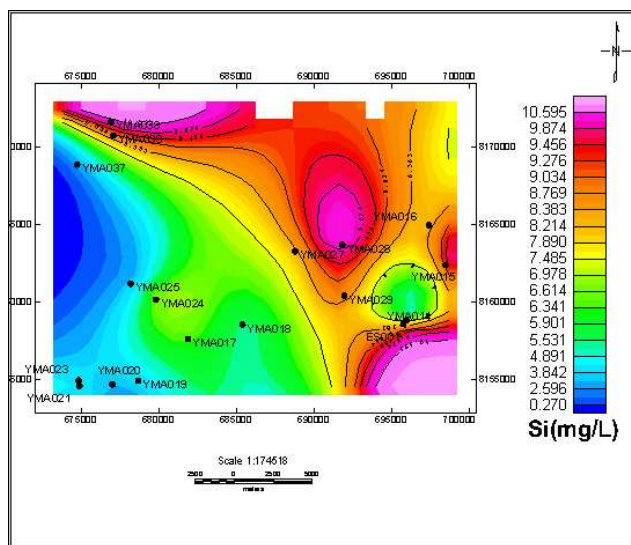


Figura 7: Distribuição do Si (Silício)

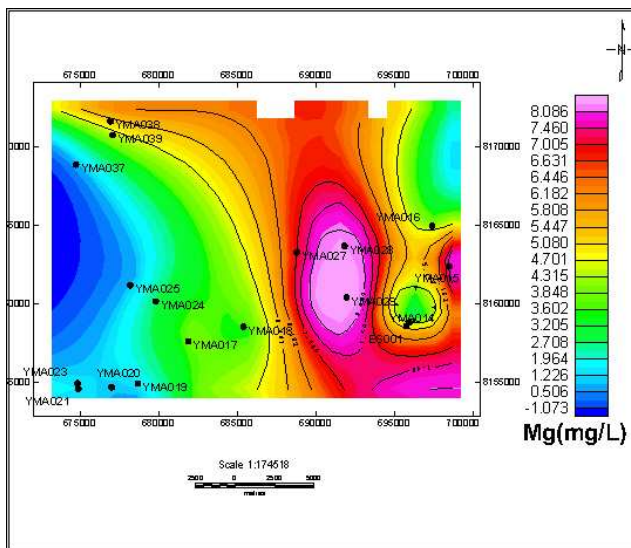


Figura 8: Distribuição do Mg (Magnésio)

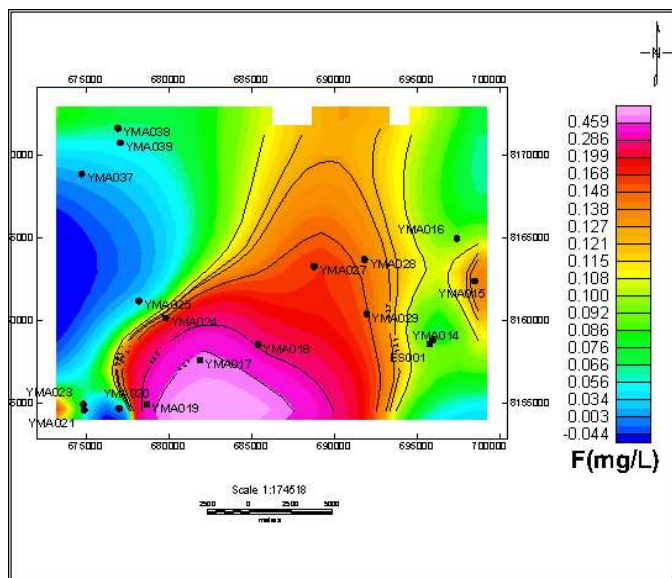


Figura 15: Distribuição do F(Flúor)

Os três elementos (SO_4 , Ba e F) apresentam concentrações relativamente elevadas na parte centro-sul da área, estando representadas principalmente pelas amostras YMA017 (cor. Vaca Brava) e YMA019 (cor. Macambira).

O chumbo (Pb) apesar de não se correlacionar com nenhum dos elementos analisados apresentou concentrações relativamente elevadas de primeira ordem na amostra YMA020 (cor. Taquaral) e de segunda ordem na amostra YMA023 (cor. Anicuns) na região sudoeste da área em estudo.

DISCUSSÃO

O Estrôncio foi detectado em 05 amostras YMA018 (cor. Botafogo), YMA028 (cor. Bálsamo) e YMA029 (cor. Da Ladeira) indicando valores anômalos de terceira ordem. O estrôncio não é tóxico e possui um papel semelhante ao do cálcio no metabolismo humano. Entretanto, os isótopos naturais Sr-89 e Sr-90 são extremamente perigosos se ingeridos, pois ocupam o lugar do cálcio no tecido ósseo (OKAMOTO *et al.*, 2003).

O cálcio e o zinco apresentam concentrações baixas apesar de estarem associados com o estrôncio e o boro. O boro como elemento químico não é significativamente tóxico, mas se acumulado no corpo através da absorção, ingestão ou inalação, atua sobre o sistema nervoso central, causando hipotensão, vômitos, diarreia em casos extremos, CONAMA (OMS, 1998).

O Silício (Si), foi detectado em 04 amostras YMA038 (Rio Meia Ponte), YMA039 (Rio Capivara), YMA014 (cor. Lajeado Capoeira) YMA028 (cor Balsamo), com respectivamente 9,63/9,66/9,82 e 10,58 mg/l, indicando amostras anômalas de terceira ordem. O silício (Si) desempenha papel importante no sistema ósseo, vascular, nervoso e respiratório. Está presente na constituição dos tendões, da pele, da face e é um agente mineralizador. É um precioso fortificador de todos os tecidos elásticos do organismo. A ingestão de boas quantidades de silício até cerca dos 35 anos pode prevenir a osteoporose numa idade mais avançada. A deficiência pode deixar unhas e ossos fracos, cabelos quebradiços e pele sem vitalidade. Só é tóxico se inalado (COHEN; BOWSER; COSTA, 1996).

O magnésio apesar de estar correlacionado com Si, Na e Cl não apresenta valores significativos. O sódio e o cloro apresentam concentrações significativas (Tabela 4) nas amostras YMA024 (cor. Caveirinha), YMA017 (cor. Cascavel) e YMA018 (cor. Fundo) com respectivas concentrações para sódio de 153,5/44,4 e 20mg/l, e para cloro de 192,4/31,20, e 14,4mg/l, indicando provavelmente uma contaminação antrópica.

O magnésio (Mg) está envolvido na formação de ossos e dentes, no funcionamento do sistema nervoso e dos músculos, na síntese dos ácidos graxos e proteínas entre outras funções. A falta de magnésio no corpo humano pode provocar diarreia ou vômitos bem como hiperirritabilidade ou uma ligeira calcificação nos tecidos. Em casos extremos, esta deficiência provoca tremores, taquicardia, arritmia, desorientação ou mesmo convulsões que levam à morte. Um adulto necessita, diariamente, de 300 mg de magnésio para um bom equilíbrio eletrolítico (BOHL; VOLPE, 2002).

O sódio (Na), é um elemento biológico essencial aos animais superiores. Os sintomas que evidenciam deficiência deste íon são sede, anorexia e náuseas podendo em casos mais graves chegar à

lassidão, letargia, fraqueza, convulsões, câibras musculares ou distúrbios mentais. O excesso pode causar cefaléia, delírio, parada respiratória, hipertensão, eritema da pele dentre outros sintomas (NARAHASHI, 1996).

O cloro (Cl) está presente em todas as águas naturais, com valores nas águas doces situados entre 10 e 250mg/l. Geralmente é muito solúvel e muito estável e em solução dificilmente precipita. Não se oxida nem se reduz em águas naturais. O íon cloreto é um bom indicador de poluição para aterros sanitários e lixões. Altas concentrações de cloretos são tóxicas para a maioria dos vegetais, inibindo seu crescimento (FERNANDEZ-TURIEL *et al.*, 2003).

As concentrações de potássio (K), estão relacionadas com as concentrações de sódio e cloro nas amostras YMA024 (cor. Fundo), YMA017 (cor. Vaca Brava) e YMA018 (cor. Botafogo), com respectivamente 11,8 / 8,5 e 3,6 mg/l.

O fosfato (PO_4) apresentou concentração anômala de primeira ordem na amostra YMA024 (cor. Fundo) com 10,1mg/l e de terceira ordem na amostra YMA017 (cor. Vaca Brava) com 4,9 mg/l. O fósforo nos seres vivos também é elemento constituinte do tecido nervoso. O fósforo se encontra em todas as células e líquidos orgânicos nas formas orgânica (ésteres) e inorgânica (fosfatos). Em combinação com o cálcio, o fósforo concorre para a formação dos ossos e dentes e, intervém no mecanismo regulador do equilíbrio ácido-básico do organismo. O excesso de fósforo no sangue causa a retirada de cálcio dos ossos uma vez que o fósforo é um competidor pela absorção do cálcio. A falta de fósforo no organismo causa perda de apetite, fadiga, respiração irregular, desordens ponderais, manifestações neuromusculares, esqueléticas, hematológicas e renais (RAJMOHAN *et al.*, 2003).

O sulfato (SO_4) para esta área foi detectado de primeira ordem apenas na amostra YMA017 (cor. Vaca Brava) com uma concentração de 21,1 mg/l. Os sulfatos, apresentam-se nas águas doces geralmente com teores inferiores a 100mg/l, principalmente nas formas SO_4^{-2} e HSO_4^{-} . Excesso de sulfato (> 400mg/l), na presença de íons Mg^{++} e Na^+ , pode provocar distúrbios gastrointestinais. O sulfato ferroso é de alta periculosidade na forma pura podendo ser fatal se ingerido por crianças em doses superiores a 7,8g (RAJMOHAN *et al.*, 2003).

Os teores de nitrato obtidos nas análises químicas das amostras de água resultaram, porém, em valores relativamente baixos, destacando-se a amostra YMA019 com concentração de 9,4 mg/l no cor. Macambira, (teores acima de 5 mg/l são indicativos de contaminações antrópicas). Ainda com relação aos ânions, também serão feitas considerações a respeito do comportamento regional do íon sulfato na água, por ser este prejudicial à saúde humana, principalmente de crianças, quando presente em altas quantidades.

O bário (Ba) reflete valores anômalos de terceira ordem nas amostras YMA015 (cor. Perdido), YMA018 (cor. Botafogo) e de segunda ordem na amostra YMA028 (cor. Bálsamo). O bário (Ba) ocorre normalmente nas águas naturais em concentrações muito baixas, de no máximo 0,90 mg/l. Sua ingestão em doses superiores às permitidas pode causar desde um aumento transitório da pressão sanguínea por vasoconstrição, até sérios efeitos tóxicos sobre o coração, vasos e nervos. Seu efeito cumulativo ainda não foi comprovado (FLORES LAUREANO, 2002).

As amostras YMA017 (cor. Vaca Brava) e YMA019 (cor. Macambira), também se destacaram pelas concentrações de flúor, com 0,52 e 0,34 mg/l respectivamente, além de sulfato elevado na amostra YMA017 (21,1 mg/l), acima do valor máximo permitido pela FUNASA. O flúor é um gás extremamente tóxico, não sendo aconselhável a exposição por mais de 8 horas num meio com 0,1 ppm. A inalação de grandes quantidades de flúor pode causar asfixia bem como várias lesões nos pulmões. Quando em contacto com a pele em elevadas concentrações causa queimaduras semelhantes às queimaduras térmicas. O flúor ajuda a prevenir a cárie dentária abrandando a quebra do esmalte e acelerando o processo natural de remineralização. Na falta deste íon o processo de formação da cárie dental se acelera, podendo ocorrer também infertilidade, anemia e osteoporose. O excesso de flúor também causa cáries e seu acúmulo no organismo provoca a fluorose que caracteriza uma descalcificação dos dentes formando manchas brancas de difícil tratamento (DISSANAYAKE; CHANDRAVITH, 1999). Normalmente, o flúor é fornecido através da água da rede pública de distribuição devendo portanto ser mantida uma permanente vigilância da sua concentração.

Os teores de chumbo em águas superficiais naturais são muito baixos. É um elemento tóxico cumulativo concentrando-se prin-

principalmente nos ossos. Intoxicação crônica por este metal pode levar ao saturnismo, doença que afeta trabalhadores expostos ocupacionalmente. Os sintomas pela exposição crônica podem ocorrer no sistema nervoso central ou periférico. Teores acima de 0,5 mg/l provocam uma intoxicação variável no ser humano, em função da quantidade acumulada no organismo, e podem causar danos cerebrais irreversíveis e levar à morte, principalmente de crianças (ANTONIO; LERET, 2000). Na área em estudo apenas uma amostra YMA020 apresentou um valor de 0,013 mg/l que através dos dados estatísticos indicou um valor anômalo de primeira ordem.

CONCLUSÃO

A metodologia empregada para a coleta e análise de amostras, tratamento dos dados e representação em mapas da distribuição dos elementos selecionados mostrou-se eficiente para a interpretação dos relacionamentos destes com o ambiente natural e processos antrópicos e que o conhecimento de dados hidrogeoquímicos são importantes para a avaliação da qualidade da água de drenagens. Em função do exposto e a partir dos resultados analíticos, conclui-se que os córregos Vaca Brava, Macambira, Fundo, Lajeado Capoeira, Botafogo, Bálsamo e Pedreira apresentaram maiores concentrações para os elementos selecionados através dos tratamentos estatísticos.

Através dos trabalhos realizados concluiu-se que na região leste de Goiânia a concentração dos elementos químicos está relacionada com a geologia, indicando uma contaminação natural com concentrações mais elevadas para Mn, Cr e Cu refletindo litologias do Complexo Granulítico Anápolis-Itaçu enquanto na região oeste as concentrações elevadas para Cl, Na, K e PO₄, principalmente nos córregos Caveirinha e Taquaral, sugerem uma contaminação antrópica, relacionada à presença de esgotos e matéria orgânica, que deve estar relacionada com o aumento demográfico na região (MAIA, 2005).

Para minimizar ou evitar o aumento destas concentrações nocivas à saúde sugere-se monitoramento e fiscalização das possíveis fontes contaminantes, proporcionando desta forma a vigilância da qualidade da água que muitas vezes é utilizada pela

população ribeirinha para a irrigação de hortas e de grandes agriculturas ao longo do Rio Meia Ponte na região metropolitana de Goiânia.

Referências

ANTONIO, M. T.; LERET, M. L. Study of neurochemical alterations produced in discrete brain areas by perinatal low level lead exposure. *Life Sciences*, v. 67, p. 635-642, 2000.

ARAUJO, E. S. Hidrogeoquímica no entorno de Goiânia (Rios Meia Ponte, João Leite e Santo Antônio): um estudo comparativo da qualidade da Água. *Gazeta Tecnológica, Informativo do Conselho Regional de Engenharia Arquitetura e Agronomia (CREA-GO)*, Goiânia, v. 8, n. 1, p. 2-8, 2001.

BOHL, C. H.; VOLPE, S. Magnesium and Exercise. *Critical reviews in Food Science and Nutrition*, v. 42, n. 6, p. 533-563, 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n. 1469 de 29 de dezembro de 2000. 2000. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.

COHEN, M. D.; BOWSER, D. H.; COSTA, M. Carcinogenicity and genotoxicity of Lead, Berilium, and Other Metals. In: CHANG, L.; MAGOS, L.; SUZUKI, T. *Toxicology of Metals*. New York: CRC Press, 1996. p. 253-273.

DISSANAYAKE, C. B.; CHANDRAJITH, R. Medical Geochemistry of Tropical Environments. *Earth-Science Reviews*, v. 47, p. 219-258, 1999.

FERNANDEZ-TURIEL, J. L. et al. Spatial and seasonal variation of water quality in a Mediterranean catchment: the Llobregat River (NE Spain). *Environ Geochem Health*, v. 25, n. 4, p. 453-474, 2003.

FLORES LAUREANO, J. S. An assessment of stream water quality of the Rio San Juan Nuevo Leon, Mexico, 1995-1996. *J. Environ Qual*, v. 31, n. 4, p. 1256-1265, 2002.

FREITAS, M. B., BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise da água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001.

NARAHASHI, T. Effects of Metals on Ion Channels. In: CHANG, L.; MAGOS, L.; SUZUKI, T. *Toxicology of Metals*. New York: CRC Press, 1996. p. 677-698.

OKAMOTO, H. et al. trace ion analysis of sea water by capillary electrophoresis:

determination of strontium and lithium pre-concentrates by transient isotachopheresis. *Analyst*, v. 128, n. 12, p. 1439-1442, 2003.

OMS. Elementos traço na nutrição e saúde humanas. Tradução de Andréa Favano. São Paulo: Roca, 1998.

PATHAK, S. P.; KUMAR, S. Potability of water sources in relation to metal and bacterial contamination in some northern and northern-eastern districts of India. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 33, p. 151-160, 1994.

RAJMOHAN, N. et al. Major ion correlation in groundwater of Kancheepuran Region South India. *J Environ Health, Indian*, v. 45, n. 1, p. 5-10, 2003.

Abstract: the main purpose of this research is to investigate the catchments' basins metal and trace elements water contamination in the metropolitan region of Goiânia. Multielemental geochemical analysis from ICP-AES in stream water were performed in the first research stage in LAMIN Laboratories of CPRM – Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Li, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sc, Se, Si, Sn, Sr, Ti, V, W e Zn e por Cromatografia Ótica (F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-}) and by absorption spectrometry Na e K .

Key words: multielemental geochemical analysis, heavy metals, water, Goiania

ERIC SANTOS ARAUJO

Professor na Universidade Católica de Goiás. *E-mail*: ericaraujo@terra.com.br

YARA LÚCIA MARQUES MAIA

Science–Health Care. *E-mail*: yara@science.com.br