

CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DE ARAGUAÍNA/TO

Luis Eduardo Bovolato

Prof. da Fundação Universidade Federal do Tocantins, Araguaína.
Doutorando em Geografia, Unesp - Pres. Prudente (SP)
lebovolato@uol.com.br

RESUMO

Araguaína, localizada ao norte do Estado do Tocantins é uma cidade com uma população urbana estimada em aproximadamente 120.000 habitantes, cujo abastecimento público é feito exclusivamente através da captação em poços profundos, sendo que a cidade não dispõe de redes coletoras de esgotos. Portanto, todo o saneamento é feito "in situ", fato que pode interferir na qualidade de suas águas subterrâneas. Assim, este trabalho tem por objetivo identificar os principais constituintes químicos das águas subterrâneas que abastecem a cidade de Araguaína, classificando-as segundo os seus principais tipos do ponto de vista de sua assinatura geoquímica e verificar a qualidade destas águas segundo as normas estabelecidas pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

Palavras chaves: água subterrânea, hidrogeoquímica, qualidade da água

GEOCHEMISTRY CHARACTERIZATION OF ARAGUAÍNA GROUNDWATER

ABSTRACT

Araguaína, located to the north of the State of Tocantins is a city with an urban population estimate in approximately 120.000 inhabitants, whose public supplying is made exclusively through the captation in deep wells, being that the city does not make use of collecting nets of sewers. Therefore, all the sanitation is made "in situ", fact that can intervene with quality of its groundwater. Thus, this work has for objective to identify to the main chemical constituent of the groundwater that supply the city of Araguaína according to, classifying them its main ones types of the point of view of its signature geochemistry and to verify the quality of these waters according to norms established for Portaria 518/2004 of Health Ministry.

Key-words: groundwater, hidrogeochemistry, water quality

INTRODUÇÃO

A qualidade da água subterrânea é tão importante quanto o aspecto quantitativo. A disponibilidade dos recursos hídricos subterrâneos para determinados tipos de uso depende fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica.

O estudo hidrogeoquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes químicos das águas subterrâneas. O conjunto de todos os elementos que a compõe permite estabelecer padrões de qualidade, classificando-a assim de acordo com seus limites estudados e seus diferentes usos. Os processos e fatores que influem na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos ou extrínsecos ao aquífero.

A água é uma substância quimicamente muito ativa, com grande capacidade de dissolver e reagir

com outras substâncias orgânicas ou inorgânicas. As substâncias dissolvidas podem estar sob a forma molecular ou iônica, sendo esta última predominante.

A água subterrânea ao lixiviar os solos e rochas, enriquece-se em sais minerais em solução provenientes da dissolução de seus minerais. Estas reações são favorecidas pelas baixas velocidades de circulação das águas subterrâneas, maiores pressões e temperaturas a que estão submetidas e facilidade de dissolver CO₂ ao percolar o solo não saturado. Por estas razões, as águas subterrâneas têm concentrações de sais superiores às águas continentais de superfície.

Este estudo tem por finalidade identificar as características químicas das águas subterrâneas da Formação Sambaíba (Bacia Sedimentar do Parnaíba) na cidade de Araguaína, Estado do Tocantins (figura 1), cujo abastecimento público é feito exclusivamente a partir da captação de água subterrânea através de poços tubulares profundos.

Materiais e Métodos

A coleta, reservação, análises bacteriológicas, químicas e físico-químicas de amostras de água de 18 poços profundos localizados na área urbana (Figura 2) foram efetuadas segundo os padrões estabelecidos pela American Public Health Association (1995), para amostras de água para consumo humano.

No laboratório da Companhia de Saneamento do Tocantins (Saneatins) em Araguaína foram realizadas as análises bacteriológicas (presença/ausência de coliformes totais e fecais) utilizando o reagente Collilert. Também neste mesmo laboratório foram efetuadas análises para a determinação de pH, temperatura, cor, turbidez, nitrato e sulfato (utilizando espectrofotômetro marca HACH, modelo DR-2010 para NO₃- e SO₄-2).

No laboratório do Centro de Tecnologia do Senai em Araguaína foram efetuadas as análises para a concentração de bicarbonato através do método de titulação. Os demais elementos químicos (principais cátions, ânions e metais) foram analisados no Laboratório de Geoquímica Ambiental, Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto, utilizando o Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte Plasma, marca Spectro, modelo Ciroc CCD com Visão Radial, tendo as amostras sido coletadas e filtradas em filtros de seringa (0,45 µm) e acidificadas com ácido nítrico a 10% para efeitos de preservação das mesmas.

Para a tabulação dos dados hidrogeoquímicos e elaboração do Diagrama de Piper e definição dos tipos de água segundo as concentrações de cátions e ânions, utilizou-se o software "AQUACHEM 4.0", desenvolvido pela "Waterlloo Hydrogeologic Company".

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os dados físico-químicos apresentados na tabela 1, mostram que as águas dos poços profundos que abastecem Araguaína possuem temperatura média de 28,5° C, sendo que a menor temperatura é de 27° C e a maior de 31° C (Poço PTP 28 - Setor Céu Azul). Quanto aos valores de turbidez¹ e TDS², as águas apresentam baixos valores, todos inferiores ao limite máximo estabelecido pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde que regula os padrões de potabilidade de águas para consumo humano.

Em relação ao pH, que é a medida da concentração hidrogeniônica da água, sendo controlado pelas concentrações do gás carbônico dissolvido e da alcalinidade³ da água, há predomínio de águas ácidas (pH inferior a 7,0), exceto as águas dos poços PTP's 10 e 18 (Setor Barros) que, com valor de pH 7,2 são consideradas neutras (figura 3).

¹ Turbidez é a dificuldade da água para transmitir a luz, provocada pelos sólidos em suspensão que podem sujar a água, dificultando a passagem da luz.

² TDS: Sólidos Totais Dissolvidos

³ Alcalinidade é definida como a capacidade de uma água neutralizar ácidos, sendo uma consequência direta da presença/ausência de carbonatos e bicarbonatos.

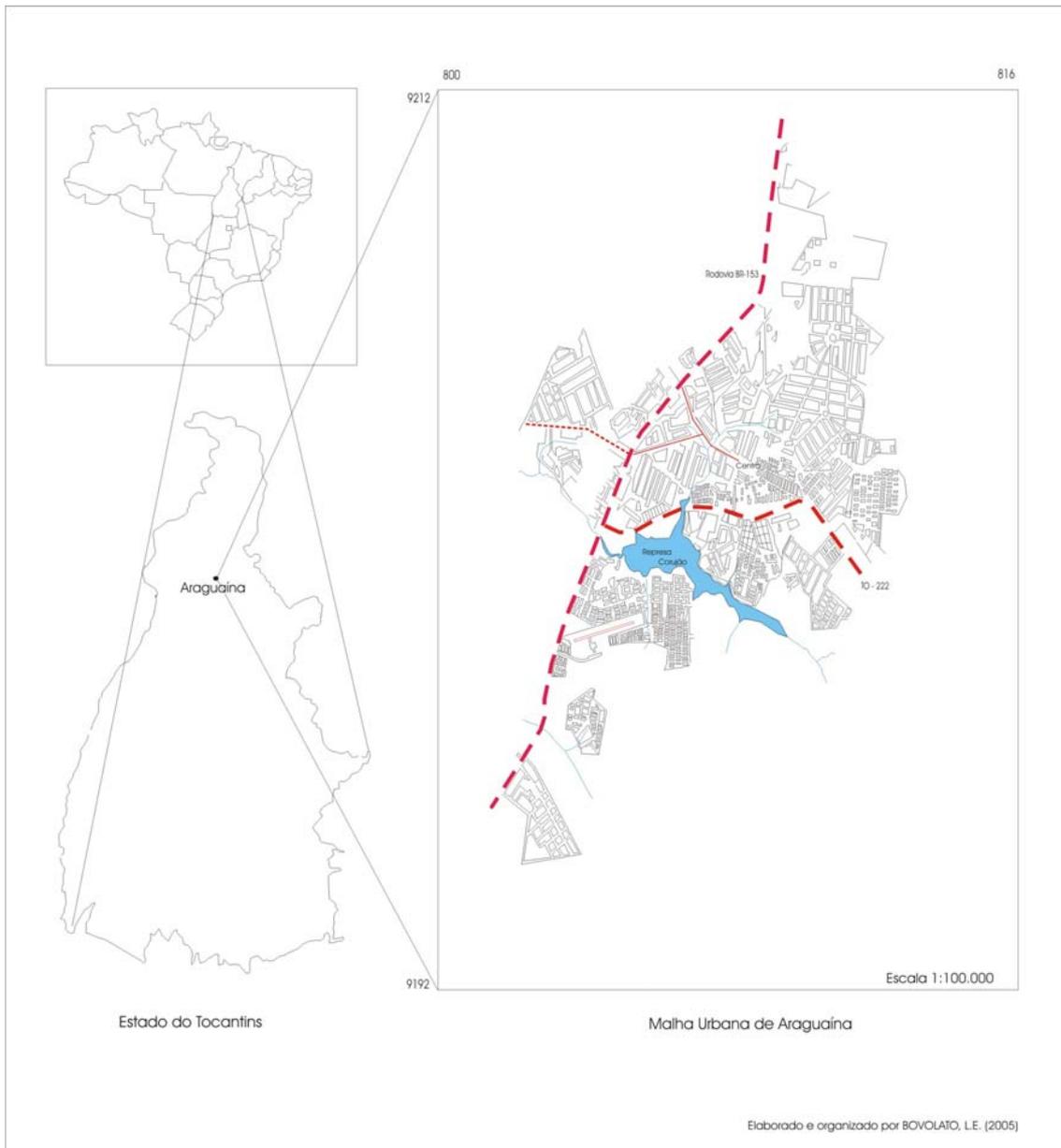


Figura 1 - Localização da cidade de Araguaína/TO

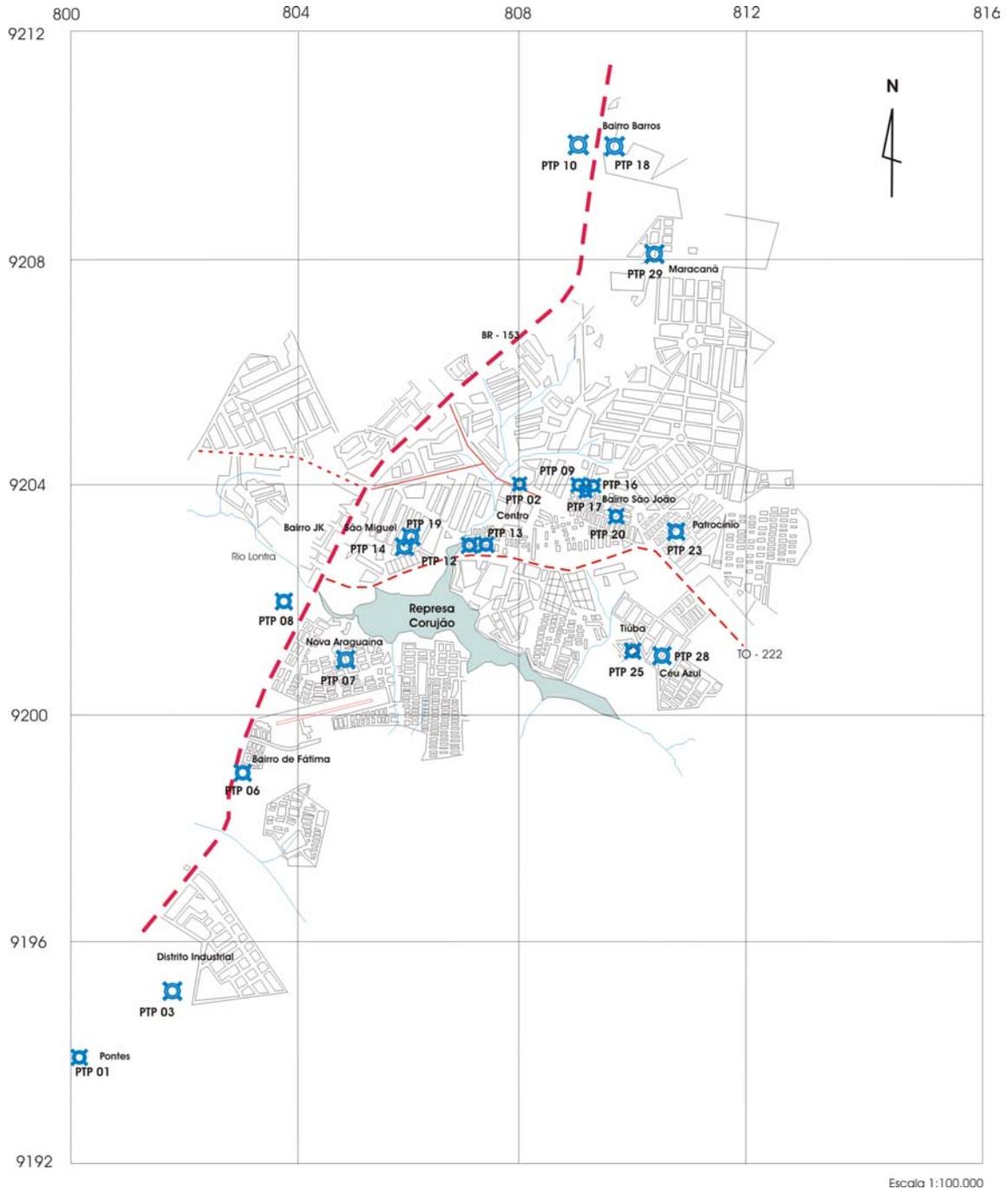


Figura 2 - Planta de localização dos poços profundos na área urbana de Araguaína/TO

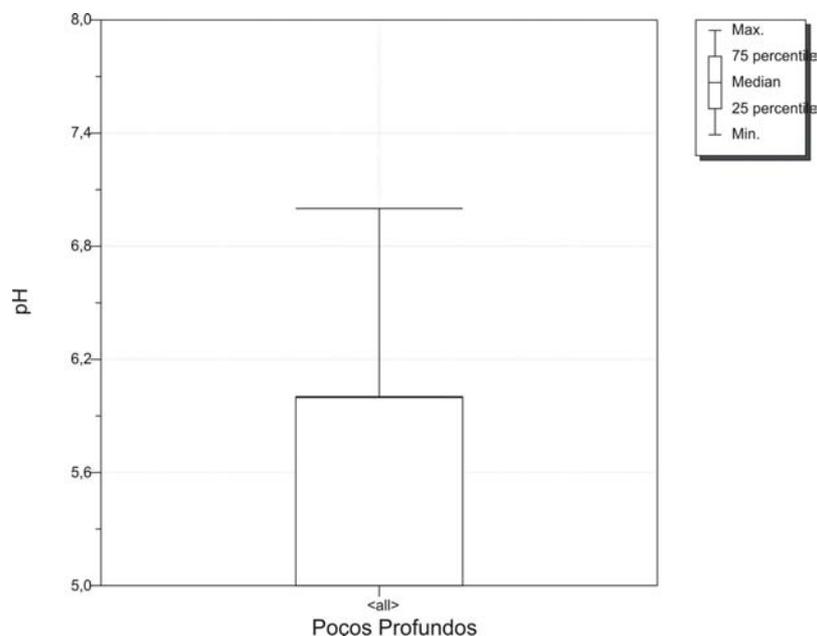


Figura 3 - Valores de pH para as águas subterrâneas de Araguaína

Do ponto de vista da qualidade bacteriológica, em nenhum dos poços profundos foram constatados a presença de coliformes totais e fecais.

Após a transformação das concentrações dos principais cátions e ânions de mg/L (miligramas/litro) para meq/L (miliequivalente/litro), as concentrações iônicas de cada uma das amostras de água dos poços profundos foram tratadas no software "AQUACHEM 4.0" e, a partir deste, gerou-se o Diagrama de Piper. O Diagrama de Piper é utilizado quando se trabalha com grande número de análises químicas de água, servindo para classificar e comparar os distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes, em cálcica, cloretada, bicarbonata, sódica, magnesiânica, sulfatada ou mista (Figura 4).

A figura 5 mostra o Diagrama de Piper onde estão plotadas as concentrações iônicas das águas subterrâneas de Araguaína, havendo predomínio de águas de natureza bicarbonatas- cálcicas-magnesianas e cloretadas-cálcicas-magnesianas.

Em relação ao NO_3^- (nitrato), que é um ânion muito móvel e que pode ser removido com facilidade das camadas superiores do solo para a água (Bower, 1978) e que representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica, teores acima de 5,0 mg/L podem ser indicativos de contaminação da água subterrânea. Pelas concentrações deste ânion nos poços profundos de Araguaína, ainda não se atingiu valores que possam assegurar que o aquífero esteja recebendo contaminação proveniente da oxidação da matéria orgânica que, no caso desta cidade, caso houvesse contaminação dos aquíferos seria devido a grande quantidade de fossas sépticas existentes, ocasionando a infiltração de esgotamento sanitário "in situ".

O limite máximo para a concentração de nitrato para águas de consumo humano é de 10,0 mg/L. Portanto, as concentrações de nitrato na água subterrânea de Araguaína atendem às normas que regem os padrões de potabilidade da água para consumo humano.

Quanto às concentrações dos elementos químicos secundários presentes nas águas subterrâneas de Araguaína, conforme valores apresentados na Tabela 2, observa-se uma concentração anômala de manganês (Mn) nas águas dos poços PTP 13 e PTP 12, localizados junto ao Centro

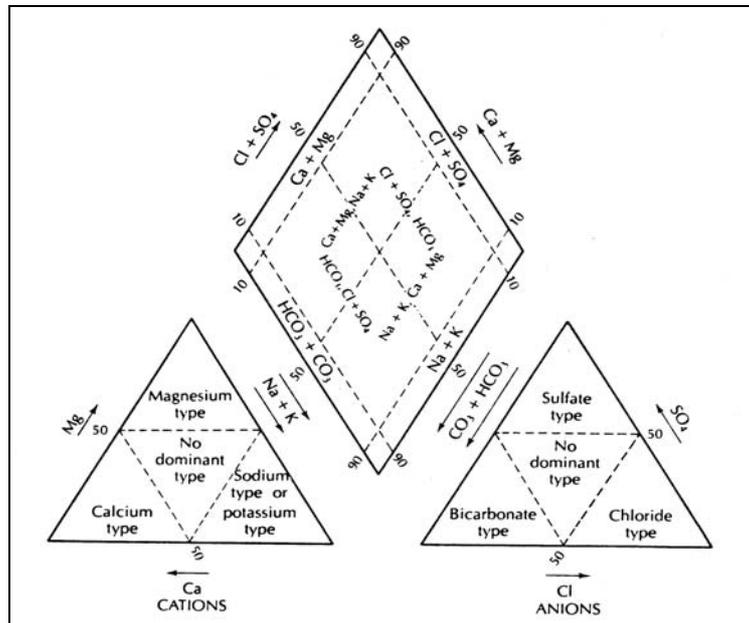


Figura 4 - Sistema de classificação hidrogeoquímica para águas naturais usando o diagrama trilinear de Piper

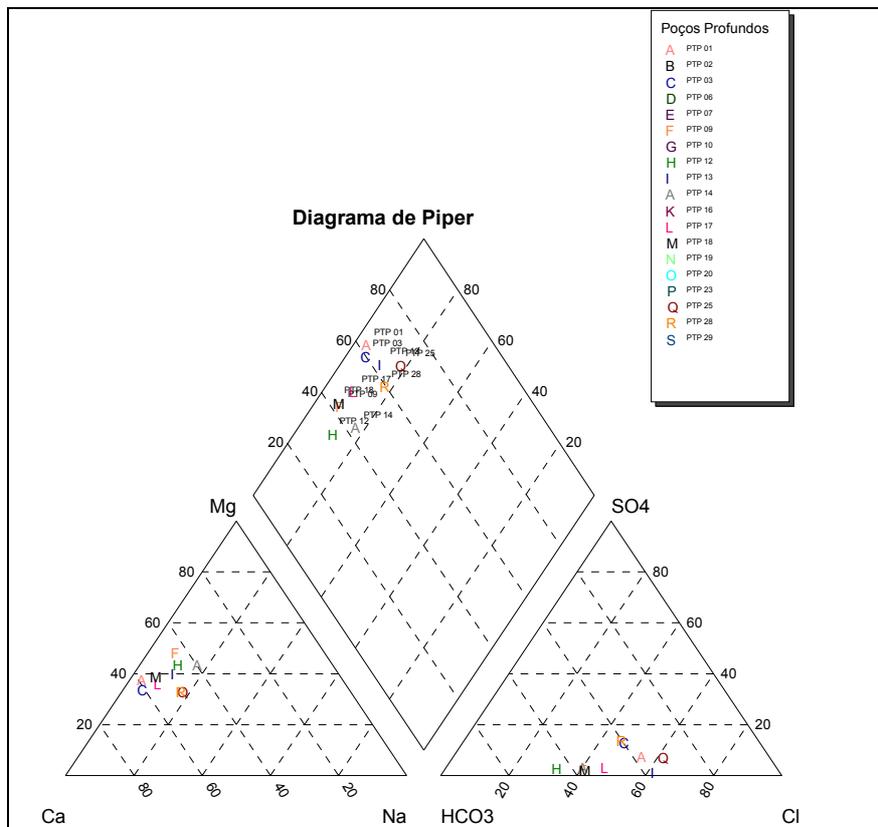


Figura 5 - Diagrama de Piper para as águas subterrâneas de Araguaína

POÇO	T (°C)	pH	TURB.	TDS	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻
PTP 01	28,0	6,8	0,23	130,073	1,19	5,30	13,09	5,01	45,00	8,00	52,00	1,30
PTP 02	27,0	6,1	0,17	162,022	3,37	0,88	15,41	10,37	65,00	0,00	66,00	3,20
PTP 03	29,0	6,2	0,59	85,026	1,95	1,49	9,91	3,85	25,00	9,00	36,00	1,30
PTP 06	28,0	5,5	0,12	60,016	1,31	0,22	3,81	2,25	45,00	0,00	8,00	1,20
PTP 07	28,0	4,9	0,12	58,019	0,48	0,12	0,36	0,05	35,00	0,00	22,00	1,40
PTP 09	29,0	6,3	0,14	75,005	2,71	0,67	9,04	5,81	16,00	1,00	38,00	3,60
PTP 10	28,0	7,2	0,15	44,015	0,97	0,19	1,81	1,18	20,00	0,00	18,00	3,00
PTP 12	27,0	6,0	0,15	60,0	2,06	0,57	7,40	4,24	10,00	1,00	34,00	1,80
PTP 13	27,0	5,9	0,15	102,019	3,34	1,08	9,79	5,10	10,00	1,00	40,00	1,50
PTP 14	27,0	5,8	0,15	51,057	3,22	0,53	5,89	3,73	10,00	1,00	24,00	2,70
PTP 16	29,0	5,5	0,18	41,005	0,72	0,51	2,85	1,27	10,00	1,00	20,00	1,60
PTP 17	29,0	6,0	0,56	45,00	1,32	0,69	5,06	2,27	12,00	1,00	22,00	1,90
PTP 18	28,0	7,2	0,15	95,00	2,23	1,05	14,02	5,75	20,00	1,00	48,00	3,00
PTP 20	29,0	5,4	0,18	34,024	0,90	0,47	3,47	1,62	12,00	1,00	16,00	1,50
PTP 23	29,0	5,0	0,33	34,071	0,46	0,13	0,00	0,00	10,00	2,00	21,00	1,30
PTP 25	30,0	5,8	0,16	54,030	2,26	3,13	5,43	2,18	20,00	3,00	18,00	1,20
PTP 28	31,0	5,9	0,16	71,029	2,34	3,23	5,39	2,15	20,00	8,00	30,00	1,10
PTP 29	30,0	5,2	0,15	24,027	0,71	0,41	1,69	1,01	8,00	1,00	8,00	1,00

* Concentração de cátions, ânions e TDS (Sólidos Totais Dissolvidos) em mg/L.

Tabela 1 - Propriedades físico-químicas, principais cátions e ânions das águas dos poços profundos de Araguaína

Poço	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Li	Mn	Ni	Sc	Sr	V	Zn
PTP 01	23,67	< LQ	16,60	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	16,06	5,74	2,38	< LQ	< LQ	65,90	< LQ	73,50
PTP 02	< LQ	< LQ	133,00	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	1,19	< LQ	< LQ	< LQ	57,60	7,03	21,72
PTP 03	< LQ	< LQ	31,20	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	51,30	< LQ	25,80
PTP 06	< LQ	< LQ	16,22	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	1,06	< LQ	< LQ	< LQ	12,27	< LQ	15,99
PTP 07	< LQ	< LQ	9,91	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	11,71	< LQ	12,21	< LQ	< LQ	1,31	< LQ	18,79
PTP 09	< LQ	< LQ	38,60	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	30,99	< LQ	5,32
PTP 10	< LQ	< LQ	43,83	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	7,31	1,06	15,86	< LQ	< LQ	7,58	< LQ	15,00
PTP 12	< LQ	< LQ	123,6	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	373,9	< LQ	< LQ	22,83	< LQ	23,36
PTP 13	< LQ	< LQ	308,9	< LQ	< LQ	10,33	< LQ	< LQ	< LQ	1,45	1357,00	< LQ	< LQ	36,79	< LQ	19,22
PTP 14	45,66	< LQ	23,56	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	15,77	1,03	13,02	< LQ	< LQ	18,31	< LQ	11,91
PTP 16	< LQ	< LQ	26,11	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	0,98	< LQ	< LQ	< LQ	9,35	< LQ	5,63
PTP 17	< LQ	< LQ	25,22	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	5,23	< LQ	< LQ	13,87	9,34	< LQ
PTP 18	< LQ	< LQ	33,56	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	39,04	8,73	26,35
PTP 20	18,00	< LQ	28,39	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	1,93	< LQ	< LQ	9,51	< LQ	5,91
PTP 23	< LQ	< LQ	6,09	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	8,95	< LQ	2,36	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	70,90
PTP 25	12,52	< LQ	25,10	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	1,15	< LQ	< LQ	< LQ	36,28	< LQ	18,44
PTP 28	12,36	< LQ	24,12	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	1,12	< LQ	< LQ	< LQ	36,36	< LQ	17,73
PTP 29	< LQ	< LQ	21,34	< LQ	< LQ	< LQ	< LQ	10,32	11,21	1,08	2,16	< LQ	< LQ	7,23	< LQ	16,20

* Concentração dos elementos em µg/L.
LQ = Limite de Quantificação

Tabela 2 - Principais elementos químicos secundários presentes nas águas de poços profundos de Araguaína.

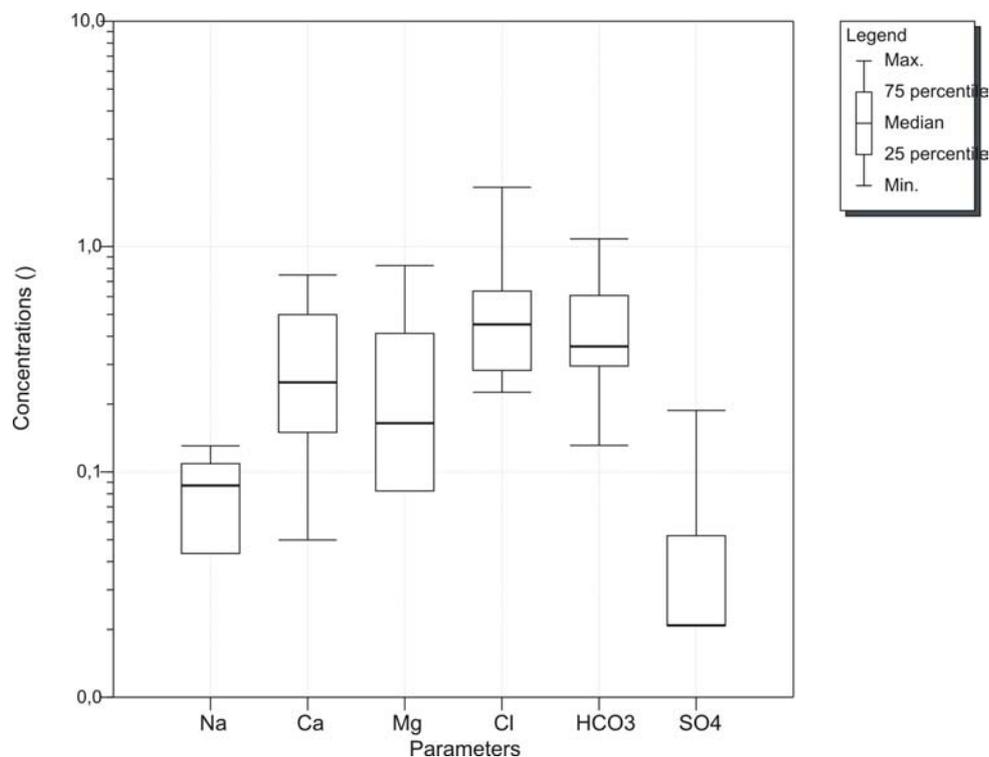


Figura 6 - Concentração dos principais constituintes iônicos das águas subterrâneas de Araguaína

de Produção I (Figura 7), cuja concentração é de 1.357,0 $\mu\text{g/L}$ (equivalente a 1,357 mg/L) e 373,9 $\mu\text{g/L}$ (equivalente a 0,373 mg/L) respectivamente. O limite máximo permitido pelas normas e padrões de potabilidade para as concentrações de manganês em águas para consumo humano é de 0,1 mg/L. Portanto, para estes dois poços, suas águas estão em desacordo com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde.

O manganês assemelha-se ao ferro quimicamente e ocorre principalmente sob a forma de Mn^{2+} , podendo também ocorrer sob a forma de Mn^{3+} . O manganês, no estado Mn^{2+} , é instável na presença do ar, mudando para o estado MnO_2 quando a água que o contém é exposta ao ar, pois se oxida facilmente. O bicarbonato manganoso decompõe-se da mesma forma que o bicarbonato ferroso, deixando a água sob a forma de um depósito de cor negra e de aspecto fuliginoso, ao desprender-se o gás carbônico. Este aspecto fuliginoso tem sido observado pelos consumidores em suas residências, com a precipitação de particulados de coloração negra nos reservatórios (caixas d'água) e piscinas.

A origem das concentrações elevadas de manganês nos poços PTPs 12 e 13 provavelmente estão associadas à variações faciológicas locais dentro do pacote de arenitos da Formação Sambaíba, que por sua vez estão relacionadas à mudanças nas condições paleodeposicionais.. Com o bombeamento da água nestes poços, houve um incremento na velocidade de circulação da água neste meio poroso (arenitos) fazendo com que o manganês presente neste local fosse capturado com maior facilidade.

Em relação aos demais elementos químicos considerados secundários, destaca-se a presença de Bário (Ba) e Estrôncio (Sr) em amostras de água de todos os poços, Alumínio (Al), Lítio (Li), Zinco (Zn), Ferro (Fe), Vanádio (V), Cobalto (Co) apenas em um poço, Manganês (Mn) e ausência de elementos tóxicos e carcinogênicos como Arsênio (As), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb) e Níquel (Ni).



Figura 7 - Poço PTP 13, Centro de Produção I

REFERÊNCIAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19 th. Edition. New York: APHA, 1995.

BOWER, H. Groundwater hidrology. New York: McGraw-Hill Book Company, 480 p. 1978.

BRANCO, S. M. Considerações sobre a nova legislação brasileira de qualidade de águas. In: Revista DAE, 49 (157): 185-187, 1989.

CLARKE, R.; LAWRENCE, A. R. e FOSTER, S. S. D. (1995). Groundwater – a threatened resource. UNEP Environmental Library, 15.

COHEN, P. Groundwater development in the United States of America, Int. Ass. Of. Hydrogeologists, Memories of the 18 th Congress, Vol. XVIII, Part 1, 17-30 p, 1995.

Companhia de Saneamento Ambiental - CETESB. Qualidade, padrões de potabilidade e poluição. São Paulo, 1974.

CRISTOVÃO, D. A. Padrões bacteriológicos. In: Água, qualidade, padrões de potabilidade e poluição. São Paulo: CETESB, 1974. p. 57-119.

DEL'ARCO, D. M. et al. Mapa geoambiental do Estado do Tocantins. Escala 1:1.000.000. In: Casseti, V. (coord.). Simpósio de Geografia Geografia Física Aplicada, 6, 1995, Goiânia. Anais, Editora Universidade Federal de Goiás, 1995.

DRANGERT, J. O. e CONIN, A. A. Use and abuse of the groundwater resource: Implications for a new management strategy. Hydrogeology Journal (2004) 12:94-102.

FETTER, C. W. Applied hydrogeology. Second edition. Merrill Publishing. Columbus, 1988.

FETTER, C. W. Contaminant hydrogeology, 458 p. Macmillian, 1993.

- FOSTER, S. et al. Protección de la calidad del agua subterránea. Word Bank. Washington, 2002
- FOSTER, S. S. D. e HIRATA, R. C. A. (1988). Groundwater pollution risk evaluation: the methodology using available data. Lima: CEPIS/PAHO/WHO; 78 p.
- FOSTER, S. S. D.; MORRIS, B. L.; LAWRENCE, A. R. e CHILTON, P. J. (1999). Groundwater impacts and issues in developing cities – an introductory review. In Proceedings of the IHA XXVII Congress “Groundwater in the urban environment”. Nottingham/Sept, 1999). II/IAH international contributions of hydrogeology (Vol. 21, pp. 3 – 18).
- GARDUNO, H. e ARREGUIN-CORTES. Efficient water use. UNESCO-ROSTLAC, 378 p. Mexico, 1994.
- GODOY, M. C. T. F. de. Estudo hidrogeológico das zonas não saturada e saturada da Formação Adamantina, em Presidente Prudente, Estado de São Paulo. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- GUNTHER, W. M. R. Área contaminada por disposição inadequada de resíduos industriais de galvanoplastia. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20º, Anais...; 10 a 14 maio 1999; Rio de Janeiro (RJ). Rio de Janeiro: ABES. 1999. CD-ROOM.
- HEBERMEHL, M.A. Groundwater in Australia. Intl. Ass. Of Hydrologists, Memories of the 18 th Congress, Vol. XVIII, Part 1, 31-52 p, 1985.
- HIRATA, R. Recursos Hídricos. In: TEIXEIRA, W. et al (Org.). Decifrando a Terra. São Paulo. Editora Oficina de textos, 2002, 558 p.
- HOGAN, D.J. e VIEIRA, P.F. (Org.). Dilemas socioambientais e desenvolvimento sustentável. 2 ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1995.
- HOUNSLOW, A. W. Water quality data – analysis and interpretation. Lewis Publishers, 1995. Boca Raton/USA.
- LERNER, D. N. Groundwater recharge. A guide to understanding and estimating natural recharge. IAH Int. Contrib. Hydrogeology 8. Heinz Heise, Hannover, 345 p. 1997.
- LIMA, A.F. A evolução dos métodos de tratamento de esgotos. Recife, Universidade do Recife. Tese de Livre-Docência apresentada à Escola de Engenharia, 1952.
- MARGAT, J. Consequences de L'Interdependance des eaux de surface et des eaux souterraines sur l'évolution des ressources en eau. UNESCO/PHI. Intl. Conf.: Water: A looming crisis. 85-89 p. 1998.
- MELLO, N. A. de. Crescimento urbano e comprometimento ambiental. Geosul, Florianópolis, vol. 11 (21-22): 1000-103, 1, 2º semestre, 1996.
- MINAYO, M. C.de S. e MIRANDA, A. C. (Org.). Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002, 344 p.
- NOLAN, B. T. et al. Risk of nitrate in groundwater of the United States - a national perspective. Environmental Science and Technology, 31, August 1997, pp. 2229-2236.
- OECD - Organization for Economic Cooperation and Development, Water Resource management: Integrated Policies. 200 p, 1989.
- OLIVEIRA, J. B.; JACOMINE, P. K. T.; CAMARGO, M. N. Classes gerais de solos do Brasil. 2 ed. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 201p.
- PITTON, S. E. C. A água e a cidade. In: BRAGA, R. e CARVALHO, P. F. (Org.) Recursos hídricos e planejamento urbano e regional. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal/UNESP, 2003, 131p.
- REBOUÇAS, A. C. Águas subterrâneas. In: REBOUÇAS, A. C. et al (Org.). Águas doces no Brasil:

capital ecológico, uso e conservação. 2^o ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. 702 p.

ROCHA, P. C.; FERREIRA JUNIOR, P. D.; ALVES, J. M. de P. Caracterização de alguns fatores e elementos climáticos no município de Araguaína. In: _____. Congresso Científico da Universidade do Tocantins, 1, 1996, Palmas. Anais: Unitins, 1996, p. 227-8.

SAMYER, C. N.; Mc CARTY, P. L.; PARKIN, G. F. Chemistry for environment engineering. Mc Graw Hill. New York, 1994

SILVA, L. J. O conceito de espaço na epidemiologia das doenças infecciosas. Cad. Saúde Pública, v. 13, n. 4, p. 585-593, out-dez, 1997.

SILVA, R. B. G. Águas subterrâneas: um valioso recurso que requer proteção. São Paulo, DAEE, 2004.

TOCANTINS. Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente (SEPLAN). Projeto de Gestão Ambiental Integrada do Bico do Papagaio. Geomorfologia, Folha Araguaína SB-22-Z-D. Palmas, SEPLAN, 2002.

TODD, D. K. Hidrologia de aguas subterrâneas. New York, Edgard Blucher, 1980. 319p.

WHO and UNICEF. Global water supply and sanitation assessment. Report. World Health Organisation, United Nations Children's Fund. 2000.