

VARIAÇÃO TEMPORAL DE PARÂMETROS HIDROQUÍMICOS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS UTILIZADAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO EM SÃO CARLOS (SP)

Camila M. C. Leite¹, Maria Julia M. Leriano¹, Natália Pelinson¹, Leila J. Patrizzi², Edson Wendland¹

¹ Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. Av. Trabalhador São-carlense, 400. São Carlos (SP). cmleite@usp.br; juliamodesto93@gmail.com; natalia.pelinson@gmail.com; ew@usp.br

² Serviço Autônomo de Água e Esgoto de São Carlos. Av. Getúlio Vargas, 1500. São Carlos (SP). leila@saaesaocarlos.com.br

Palavras-Chave: íons principais; dissolução mineral; qualidade da água.

INTRODUÇÃO

A utilização de águas subterrâneas para abastecimento é uma alternativa viável, como já é observado há anos em escala mundial. Neste contexto, tornam-se imprescindíveis estudos relativos ao uso, qualidade e, sobretudo, acerca da preservação deste recurso, a fim de que a extração ocorra sustentavelmente. Dentre as lacunas relacionadas ao planejamento do uso das águas, estão inseridas as dificuldades que envolvem o monitoramento e caracterização dos sistemas aquíferos. Diversos estudos hidrogeológicos estão sendo desenvolvidos, de forma a integrar o entendimento da evolução geoquímica e a dinâmica das águas subterrâneas (Bonotto, 2016; Katsanou et al., 2017 e Gastmans et al., 2013). As águas subterrâneas geralmente correspondem à composição química das rochas que compõe o aquífero (Drever, 1997), que são regidas pelos equilíbrios termodinâmicos e pela Lei de Conservação de Massas do sistema aquoso. Este trabalho tem como objetivo estudar a variação dos parâmetros de águas subterrâneas localizadas no município de São Carlos (SP), assim como verificar suas tendências hidroquímicas ao longo do período amostral.

MATERIAIS E MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDO

O município São Carlos (SP) localiza-se geograficamente nas coordenadas 22° 21' S e 47° 54' W, com altitude média de 885 m, sendo correspondente à Unidade de Gestão de Recursos Hídricos – UGRHI, número 13 e pertence ao Comitê da Bacia Hidrográfica Tietê Jacaré – CBH-TJ (IPT, 2004). No presente trabalho foram avaliados os parâmetros provenientes de 3 poços profundos, considerando a heterogeneidade hidroquímica e litoestratigráfica (Figura 1).

METODOLOGIA

Amostras de águas subterrâneas foram coletadas em 3 pontos de bombeamento de águas subterrâneas brutas utilizadas no abastecimento público de São Carlos pelo SAAE. A fim de se estudar a variação dos parâmetros ao longo do tempo, foram realizadas 5 campanhas de coletas para os poços 1 (19/09/2016, 12/01/2017, 23/08/2017, 06/12/2017 e 12/04/2018) e 3 (26/10/2016, 12/01/2017, 22/08/2017, 06/12/2017 e 17/04/2018) e 4 campanhas para o poço 2 (28/09/2016, 23/08/2017, 06/12/2017 e 17/04/2018), em diferentes fases do ano hidrológico. Durante a coleta, os parâmetros químicos pH, temperatura e condutividade elétrica (C.E.) foram mensurados *in situ*. A seguir, as amostras coletadas foram transportadas para laboratório (ISO/IEC 17025/2005), onde realizou-se filtração com membranas de nitrato de celulose com porosidade de 0,45 µm. As análises químicas foram realizadas em conformidade com as recomendações de APHA (2012), *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. As amostras foram caracterizadas hidroquimicamente segundo análises de íons principais (Tabela 1). A seguir, foi realizada

análise estatística descritiva e as médias dos parâmetros foram plotadas em gráficos de dispersão ao longo do período de estudo, utilizando o software SigmaPlot®.

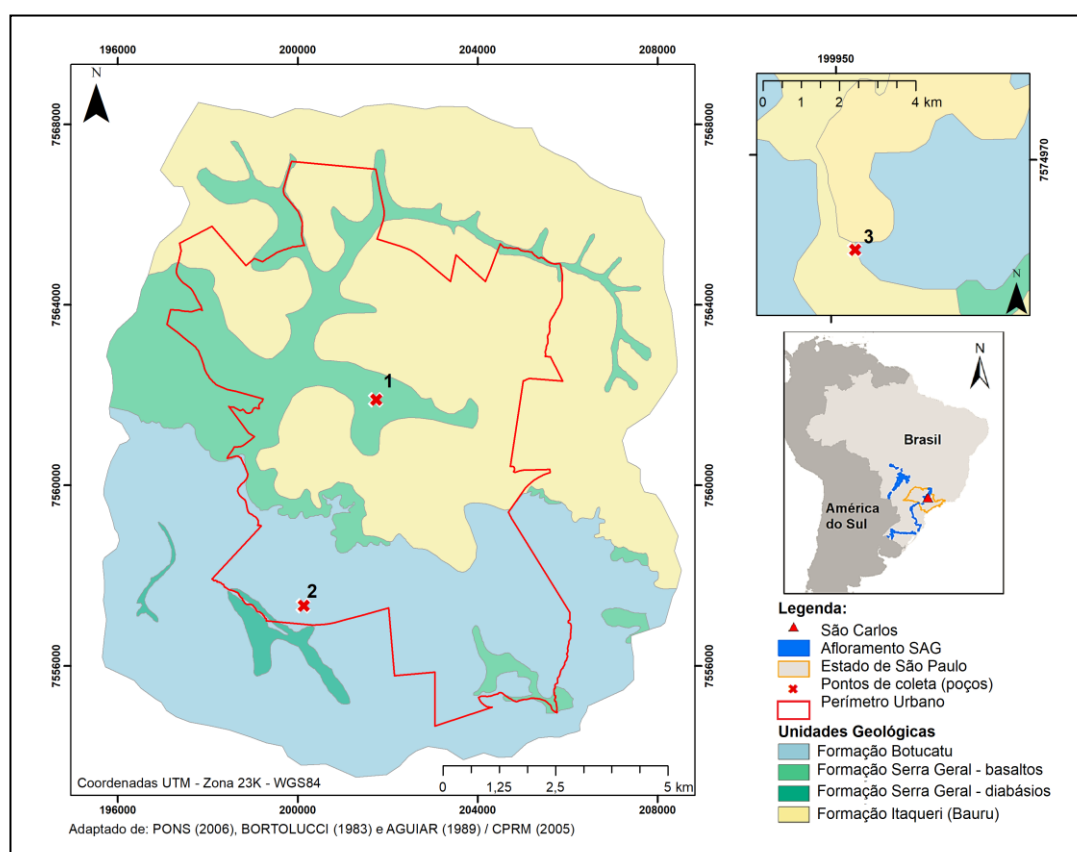


Figura 1. Área de estudo e identificação da localização dos poços amostrados (numeração de 1 a 3).

Tabela 1– Parâmetros analisados, o respectivo método de análise de acordo com o manual proposto por APHA (2012) e o limite de detecção do método realizado em laboratório.

Parâmetro	Método	Limite de detecção
Alcalinidade/bicarbonato ($\text{mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$)	2320 (B)	1
Nitrito ($\text{mg N-NO}^2 \cdot \text{L}^{-1}$)	4110 (A)	0,001
Nitrato ($\text{mg N-NO}^3 \cdot \text{L}^{-1}$)	4110 (A)	0,01
Fosfato total ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	4500 - P (E)	0,1
Cloreto ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	4500 - Cl (D)	0,1
Fluoreto ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)		
Metais	AAS - 3111 (D)	0,001 – 0,01

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando uma abordagem geral dos parâmetros, baixas concentrações iônicas foram verificadas (Figura 2), por se tratar de águas subterrâneas extraídas de aquíferos arenosos, pouco reativos. Foi constatada baixa condutividade elétrica (C.E.: 24 – 129 $\mu\text{S}/\text{cm}$) nas amostras, como consequência de sua baixa atividade iônica. Dentre os cátions avaliados, o cálcio foi o mais expressivo (1,13 – 12,00 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) nos poços 1 e 2. Já o poço 3 apresentou concentração de potássio (1,90 a 2,70 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) superior aos demais. Em relação aos ânions, verificou-se que o bicarbonato foi o mais abundante (3,85 – 17,00 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) nos três poços, entretanto também se destaca a presença de nitrato (3,08 e 2,25 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) (nos poços 1 e 3) e cloreto (1,52 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) (poço 3).

O poço 1, localizado no centro da cidade, apresentou pouca variação ao longo do tempo (Figura 2) para a maioria dos parâmetros (sulfato, nitrito, fosfato, fluoreto, cloreto, magnésio, sódio, potássio e temperatura). Entretanto, os parâmetros: bicarbonato, cálcio e nitrato apresentaram tendência distinta, também observada pela correspondente variação na C.E. e pH. Sendo assim, observou-se que, para valores de pH mais baixos, altas concentrações de bicarbonatos e de cálcio foram verificadas, ambos resultados da dissolução dos minerais silicatados, comuns nesse tipo de aquíferos. A alteração do equilíbrio dos carbonatos no sistema, em função da inserção de CO₂ no sistema, resulta em um deslocamento no sentido de maior formação de bicarbonatos (HCO₃⁻) no sistema, ocasionado pela ocorrência de pH na faixa de 6,5 – 10,5. Nestas condições, para que a espécie do íon carbonato entre em equilíbrio novamente, verifica-se a dissolução dos minerais presentes na matriz rochosa carbonática, o que também pode contribuir para o incremento de Ca²⁺ no sistema. Por fim, a variação do nitrato (2,20 a 6,68 mg.L⁻¹) também foi refletida pelo aumento da C.E. das amostras. Destaca-se que sua presença se encontra abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 396/2008 – "Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências".

Com relação ao poço 2, localizado ao Sul da cidade, perto de uma área de recarga do Sistema Aquífero Guarani, a tendência de variação dos parâmetros foi semelhante. Verificou-se maior concentração das variáveis bicarbonato (15,40 – 18,90 mg.L⁻¹) e cálcio (4,63 – 6,59 mg.L⁻¹), seguido pelo potássio (2,00 – 2,30 mg.L⁻¹), que também apresentou uma ligeira variação sazonal. A água proveniente deste poço é mais mineralizada, sendo a abundância dos dois primeiros parâmetros relacionadas ao maior pH da água (5,86 – 6,84) e sua consequente variação sutil ao longo do período amostral.

Por fim, o poço 3, apresentou comportamento distinto dos demais. Destacam-se a presença dos íons potássio nitrato e cloreto, assim como diferentes tendências ao longo do período amostral. Além disso, o ânion bicarbonato foi verificado em menor concentração (1,60 – 5,08 mg.L⁻¹), em comparação aos outros dois poços, atribuído ao menor pH das águas (4,05), entretanto, sua tendência apresentou-se crescente, durante o período amostrado (setembro e dezembro de 2017).

CONCLUSÃO

Dentre os parâmetros avaliados, apenas os íons bicarbonato e cálcio apresentaram variação temporal significativa para os três poços estudados, sendo consequência da variação do pH da água, que influencia nos equilíbrios de dissolução mineral e outras interações químicas. Isso também acarretou na variação expressiva da condutividade elétrica dessas amostras. Por outro lado, em alguns poços, também se verificou variação de nitrato, potássio e cloreto, que também refletem na condutividade elétrica, sugerindo a necessidade de se estudar a procedência destas concentrações nas águas subterrâneas. Por fim, destaca-se que todos os parâmetros avaliados para águas brutas dos três pontos de coleta encontram-se abaixo dos valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 396/2008, o que garante sua potabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AWWA. Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2012.

Bonotto, D. M. Hydrogeochemical study of spas groundwaters from southeast Brazil. *Journal of Geochemical Exploration*. vol. 169, p60-72. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 396, de 03 de abril de 2008 – In: Resoluções, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em: 15 de maio de 2018.

Drever, J. I. *The geochemistry of natural waters: surface and groundwater environments* / James I. Drever – 3rd ed. p. 438. 1997.

Gastmans, D.; Menegário, A. A.; Moura, C. C. Hidrogeoquímica das águas subterrâneas do aquífero Serra Geral na porção central sul do estado de São Paulo. *Águas Subterrâneas*. vol. 27(3), 27-44. 2013

IPT. Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes técnicas para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré, UGRHI 13. Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê/Jacaré - CBH TJ. Fundo Estadual de Recursos Hídricos - FEHIDRO. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br>>. Acesso em: 27/04/2018.

Katsanou, K., Lambaris, N., Alessandro, W. D., Siavalas, G. Chemical parameters as natural tracers in hydrogeology: a case study of Louros karst system, Greece. *Hydrogeol J*. vol. 25, p487–499. 2017.

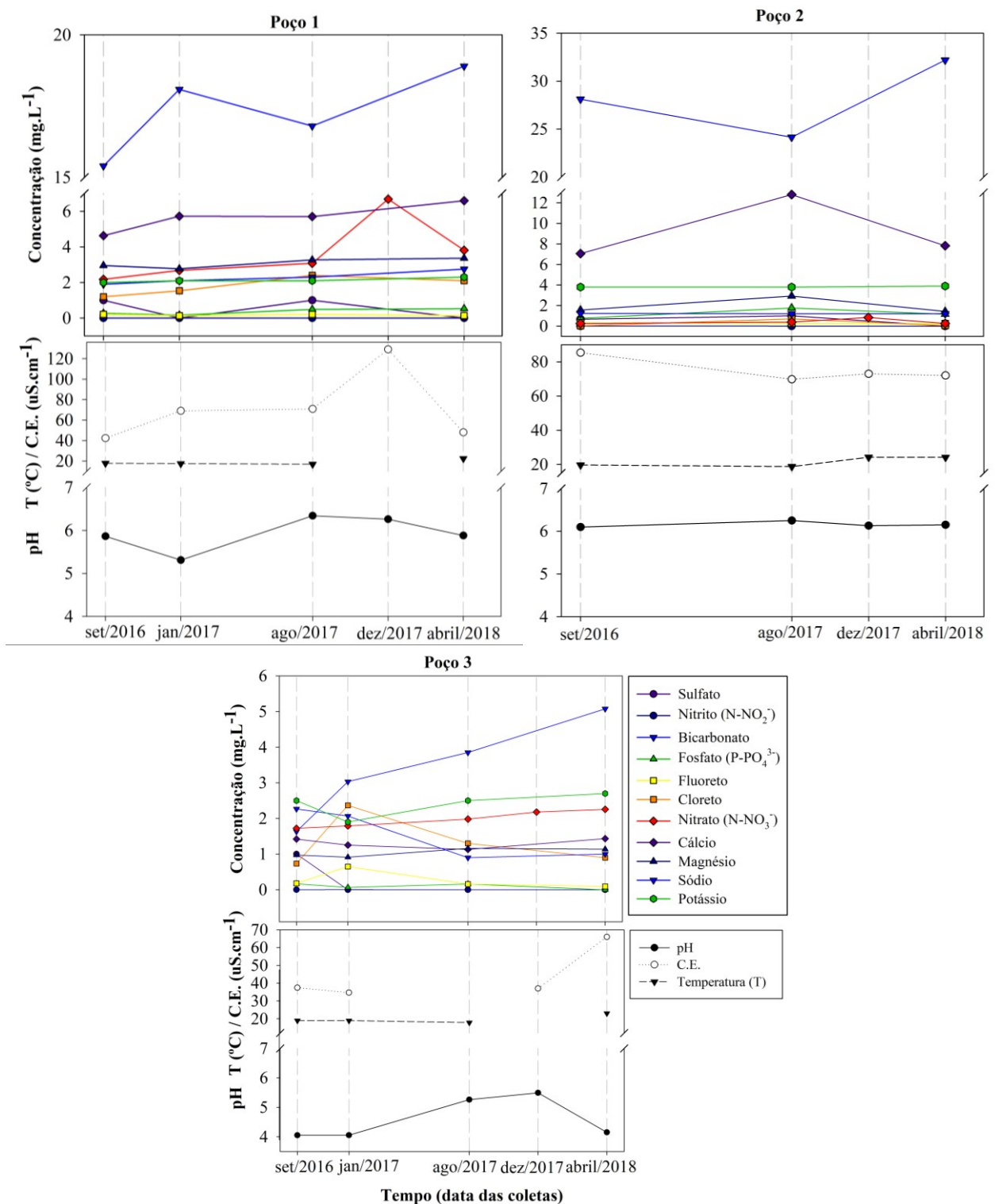


Figura 2. Variação iônica de parâmetros físicos e químicos medidos em campo no período amostral para águas subterrâneas provenientes de 3 poços utilizados para abastecimento público em São Carlos (SP).