

**PERSPECTIVAS DE REDUÇÃO DE ÍONS METÁLICOS NA ÁGUA
SUBTERRÂNEA A PARTIR DE PROCESSOS DE
DESINCRUSTAÇÃO QUÍMICA EM POÇOS TUBULARES
PROFUNDOS - ESTUDO DE UM CASO EM RIBEIRÃO PRETO, SP**

José Paulo Godoi Martins Netto¹; Hélio Nóbile Diniz²

RESUMO

Um grande número de poços perfurados no Estado de São Paulo tanto nos sistemas aquífero cristalino e sedimentar, apresenta problemas de excesso de íons de Ferro e Manganês.

No passado recente, a maior parte dos poços relatados com problemas de excesso de Ferro e Manganês, no Estado de São Paulo, estavam fora da Bacia Sedimentar do Paraná, mais especificamente se concentravam na cidade de São Paulo, nos poços que captam água do aquífero sedimentar da Formação São Paulo. Ao longo do tempo vem-se observando o aumento no número de casos de poços com o problema e, em muitos destes, se encontram os poços que exploram o aquífero cristalino, não estando mais restritos ao sistema aquífero sedimentar, ou à Região Metropolitana de São Paulo.

Uma avaliação mais detalhada dos casos mostra que ocorre, também, um acréscimo no número de casos de presença de ferro-bactérias nos poços.

Neste trabalho é detalhado um processo de desincrustação química à base de Ortofosfatos com características ácidas, aplicado em um poço localizado no Município de Ribeirão Preto, que apresentava problemas de excesso de Ferro, Manganês e contaminação por ferro-bactérias e, que produziu resultados positivos na redução dos metais, além da eliminação das ferro-bactérias.

¹ Maxiagua Poços Artesianos Ltda. – R. Açatunga, 154, São Paulo, SP – Fone: (11) 5096-5888 – email: maxiagua@maxiagua.com

² Instituto Geológico do Estado de São Paulo – Av. Miguel Stéfano, 3900, Água Funda, São Paulo, SP – Fone (11) 5073-9992 r.2072 – email: heliodin@lycos.com

**THE POSSIBILITY OF REDUCTION OF METALLIC IONS ON
THE GROUNDWATER USING CHEMICAL DESINCRUSTATION
PROCESS ON THE DEEP TUBULAR WELLS – CASE STUDY IN
RIBEIRÃO PRETO, SP**

José Paulo Godoi Martins Netto¹; Hélio Nóbile Diniz²

ABSTRACT

A large number of drilling wells in the São Paulo State and, so much in the crystalline and sedimentary aquifer, have been showing problems of excess of iron and manganese metallic ions on the pumping water.

In the recent past, most of the wells with problems of excess of iron and manganese, in the State of São Paulo, they were out of the Sedimentary Basin of Paraná, more specifically they concentrated on the city of São Paulo, in the wells that pumping groundwater of the sedimentary aquifer of the Formation São Paulo. Through the time, it has been observed the increase of the number of cases of wells with the problem and, in most of these wells that explore the crystalline aquifer, not been restricted to the sedimentary system aquifer, or to the São Paulo Metropolitan Area.

A precisely evaluation of the cases showed that it nowadays occur, either, an increase in the number of cases of presence and contamination for iron bacterias, in wells with or without excess of dissolved metals on the water.

On this research is showed a process of chemical disincrustation using liquid ortofosfatos with acid characteristics, applied in a well located on the Municipal District of Ribeirão Preto, which was presenting problems of excess of iron, manganese and iron bacterias contamination, that demonstrated positive results of reduction of these and another metals, besides the elimination of the iron bacterias.

PALAVRAS-CHAVE: Desincrustação, Ortofosfatos, Redução de metais.

INTRODUÇÃO

O Município de Ribeirão Preto se situa na porção Nordeste do Estado de São Paulo (Figura 1). Na área onde está locado o poço novo estudado, afloram rochas sedimentares Juro-Cretáceas, pertencentes a Formação Botucatu que se sobrepõe sedimentos da Formação Pirambóia.

O poço recentemente perfurado, descrito em detalhe adiante é o segundo poço da Lavanderia da Fundação Maternidade Sinhá Junqueira, uma empresa ligada a um agrupamento de hospitais situados no Município de Ribeirão Preto. A Lavanderia Hospitalar necessita de água isenta de metais para os processos de lavagem, pois envolvem a aplicação de Peróxidos a altas temperaturas.

Primeiramente, um poço foi perfurado até a profundidade de 130 metros (Poço nº 1), com aplicação de filtros entre 65,30 e 115,50 m, e pré filtro, colocado desde a base do tubo de boca, situada a 12,00 m, até a profundidade final do poço. A produção de água deste poço era proveniente da Formação Botucatu e da Formação Pirambóia que, juntas, constituem o Aquífero Botucatu ou, com notação recente, o Aquífero Guarani.

Este primeiro poço apresentou alto teor de Ferro, que chegou a 12,08 mg/L, e contaminação por ferro-bactérias. Na tentativa de esquivar-se destes problemas, a administração da empresa (lavanderia hospitalar) optou pela perfuração de um segundo poço, desta vez isolando totalmente a camada aquífera captada no primeiro poço.

O segundo poço foi perfurado até uma profundidade de 200 m, com $\varnothing = 20''$, revestido com tubos de aço de $\varnothing = 14''$ e cimentado até os 80 metros. Os filtros foram aplicados entre 144 e 196 m e o pré-filtro colocado entre a profundidade de 130 e 200 m. A partir da boca do poço até a profundidade de 130 m, foi cimentado o espaço anular entre a perfuração e os tubos lisos.

Apesar de todos estes cuidados construtivos tomados, tendo sido completamente isolada as entradas de água dos primeiros 130 m de profundidade, a água proveniente deste segundo poço ainda apresentou excesso de Ferro, com valores da ordem de 1,8 mg/L, além da presença, agora em menor escala, de ferro-bactérias.

Os trabalhos de redução dos íons metálicos basearam-se no método de desincrustação química de poços através do uso de Ortofosfatos. O mesmo método já havia sido empregado anteriormente, com bons resultados, em outros poços construídos em outros locais do Estado de São Paulo (relacionados na Tabela 1).

Estas operações de redução de íons metálicos foram realizadas em condições de regime normal de funcionamento dos poços, em período compreendido entre 9 e 19 meses após a construção do mesmo. O método empregado ainda não tinha sido utilizado em poços recentemente perfurados que apresentassem teores excessivos de Ferro e outros metais.



Figura 1. Localização do Município de Ribeirão Preto no Estado de São Paulo.

Os resultados obtidos neste poço, de construção recente, de Ribeirão Preto, com redução de Ferro, Manganês, Cobre e Alumínio, foram bastante animadores e trazem uma nova perspectiva para a solução dos problemas de poços que apresentam água com teor excessivo de metais.

ASPECTOS GEOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

Regionalmente, os sedimentos da Formação Botucatu e Pirambóia, pertencentes ao Grupo São Bento, estão assentes sobre os siltitos compactos da

Formação Corumbataí, do Grupo Passa Dois. Formam a sequência pré-vulcânica do Mesozóico da Bacia Sedimentar do Paraná.

A Formação Pirambóia, na base do Grupo São Bento, é subdividido em dois membros, indiferenciados. O membro inferior possui camadas de arenitos argilosos, folhelhos arenosos e siltitos, apresentando estratificação cruzada acanalada de pequeno porte. O superior possui bancos de arenito pouco argilosos, com estratificação cruzada plano-tangencial sucedidos por depósitos de arenitos argilosos com estratificação plano-paralela. Os estratos, tanto do membro inferior quanto do superior, caracterizam a Formação Pirambóia como originária de ambiente de sedimentação formado por canais fluviais e planícies de transbordamento datado do Triássico Médio ao Jurássico Inferior.

A Formação Botucatu é formada por arenitos de granulação fina a muito fina, silicificados, com estratificação cruzada de grande porte. É característica de dunas eólicas e é datada como sendo do Triássico Médio ao Jurássico Inferior.

Ambas as formações, Pirambóia e Botucatu, constituem um único aquífero, o Aquífero Botucatu (TEISSEDRE *et al.*, 1982), considerado o melhor aquífero do Estado de São Paulo.

SINELLI *et al.* (1980) estimam em 140 m a espessura máxima da Formação Pirambóia e, em 80 m a espessura máxima da Formação Botucatu, no Município de Ribeirão Preto.

Em poços situados no Município de Ribeirão Preto, SINELLI *et al.* (op.cit) encontraram, invariavelmente, a temperatura da água em torno de 25 °C. O pH variava entre 5,6 e 8,3 (a maior parte das amostras apresentava pH entre 6 e 6,5), sólidos totais dissolvidos variando entre 25 e 170 mg/L, teores de Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ sempre maiores que os de Na⁺ e K⁺, e domínio de águas bicarbonatadas.

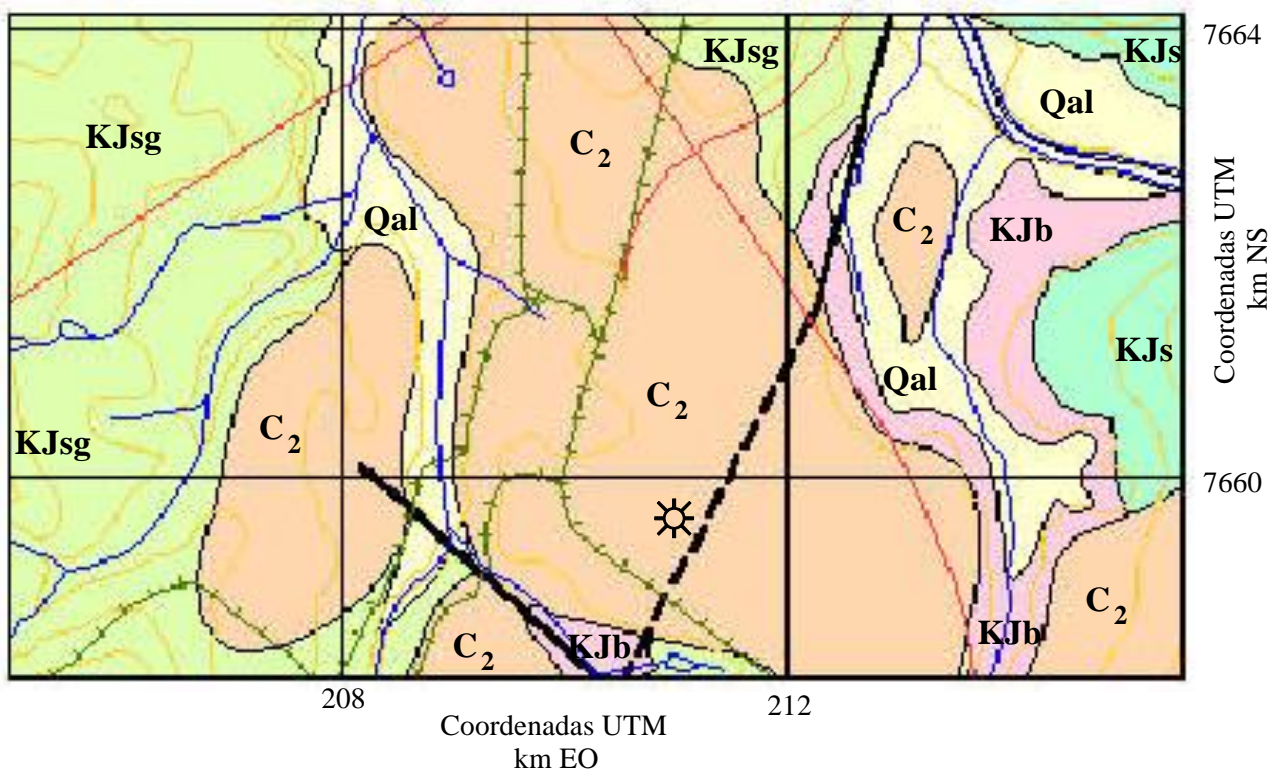
Na Figura 2 é mostrada a geologia dos arredores da área onde o poço recentemente perfurado (poço n° 2 da Lavanderia Hospitalar) está situado.

DESINCRUSTAÇÃO QUÍMICA DE ALTA EFICIÊNCIA

Os resultados obtidos nos trabalhos anteriormente realizados em poços antigos, isto é, utilizados há algum tempo, mostraram uma real e significativa redução de metais presentes na água após os trabalhos de desincrustação química. Este efeito, sobre a qualidade da água extraída dos poços, é explicado através da assertiva de que os reagentes utilizados à base de Ortofosfatos em pH baixo,

atingiram eficiente e profundamente o aquífero e, desta forma, diminuíram a concentração de íons metálicos existentes na água do aquífero, no local destes poços.

Acredita-se que, a presença excessiva de metais dissolvidos em poços tem sua origem na incrustação causada por uma parte dos metais presentes na própria água, que fica depositada, incrustada ou atraída estaticamente pela formação geológica, ao longo da utilização do poço. Com a remoção eficiente das incrustações, no poço e em seus arredores, ocorre uma inversão do ciclo, o que permite uma nova deposição de compostos metálicos insolúveis nos poros da formação geológica e, desta forma, a água extraída pelo poço passa a apresentar teores menores de metais se comparada com uma água subterrânea que é coletada fora do raio de influência do poço onde ocorreu o procedimento de desincrustação.



LEGENDA

☀ - Local do poço da Lavanderia Hospitalar .

Qal - Aluviões quaternários. Areias e argilas.

C₂ - Formações superficiais. Areias inconsolidadas.

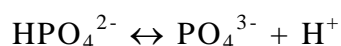
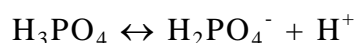
KJb - Formação Botucatu, Grupo São Bento. Arenitos.

KJs - Formação Serra Geral, Grupo São Bento. Sills de diabásio.

KJsb - Formação Serra Geral, Grupo São Bento. Basaltos.

Figura 2. Mapa geológico da região de Ribeirão Preto (SINELLI *et al.*, 1973) onde está situado o poço da Lavanderia da Fundação Maternidade Sinhá Junqueira.

O ácido carbônico, é um *polyprotic acid*, isto é, é um ácido que possui mais que uma base de dissociação na água subterrânea (seja sob a forma de gás carbônico, bicarbonato ou carbonato), sendo que a quantidade relativa de cada espécie, em solução, vai depender do pH. Da mesma forma, o ácido fosfórico também é um *polyprotic acid*, mas que, se dissocia na água em três etapas, como é mostrado nas equações de equilíbrio abaixo, sendo que a quantidade relativa de cada espécie também vai depender do valor do pH (FREZZE & CHERRY, 1979).



As análises de teores de metais em poços, mostram que um grande número deles apresentava, em um primeiro momento (início da operação e até 6 meses após o início) teores de ferro dentro dos limites de potabilidade (de até 0,30 mg/L). Em um segundo momento, com a utilização contínua dos poços estes teores tendem a crescer, estabilizando-se por um tempo, na maioria dos casos, em um valor próximo de 1,0 mg/L. A partir daí, em um terceiro momento, o poço passa a apresentar teores extremamente elevados com valores que podem atingir 50,0 mg/L, principalmente nos primeiros momentos da partida da motobomba submersa, quando é maior a velocidade de arraste (a quantidade de sólidos totais presentes na água é maior neste momento), o que reforça a teoria de que a remoção eficiente das incrustações possa reduzir estes efeitos.

Também foi observado que este comportamento, de aumento de teores de Ferro à medida que o tempo de exploração dos poços aumenta, ocorre tanto em poços que exploram o sistema aquífero sedimentar quanto em poços que exploram o sistema aquífero cristalino. Da mesma forma, os poços construídos em ambos os sistemas aquíferos, apresentaram diminuição de íons metálicos dissolvidos após este tipo de trabalho de desincrustação.

No poço n° 2 da Lavanderia, todos os cuidados foram tomados para que houvesse um controle rigoroso dos momentos de coleta da água para as análises, considerando os tempos de operação e as vazões, de forma que fossem obtidos resultados comparativos reais, inclusive com coleta de amostras em diferentes

momentos, na mesma data. Todas as análises foram realizadas de acordo com o “Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater – 20° ed.”.

CARACTERÍSTICAS DO POÇO TESTADO

O poço avaliado, da Lavanderia da Fundação Maternidade Sinhá Junqueira possui a seguinte localização:

coordenadas UTM 7659,41 km NS e 211,06 km EO.

O poço tem as seguintes características, geológicas e hidrogeológicas:
profundidade de 200 m;

Perfil geológico: até 11 m – areia fina cor vermelho, 11 a 23 m – arenito argiloso com nódulos cor rosa esbranquiçado, 23 a 50 m – arenito fino pouco argiloso cor vermelho, 50 a 80 m – arenito fino, 80 a 90 m – arenito fino a médio, cor vermelho, 90 a 200 m – arenito fino com níveis pouco argilosos, cor vermelho;

Perfil estratigráfico: 00 a 90 m – Formação Botucatu;

90 a 200 m – Formação Pirambóia;

nível estático = 62,31 m;

nível dinâmico = 97,81 m;

vazão = 12 m³/h.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada para redução dos metais presentes na água, foi a de desincrustação química através de produto composto por Ortofosfatos com características ácidas e isento de metais pesados, contendo estabilizantes e anti-corrosivos.

Devido ao problema de existência de ferro-bactérias no poço analisado, foi utilizado um agente bactericida desenvolvido especificamente para aplicação em poços, que atuou na esterilização do poço e foi coadjuvante dos processos de dissolução de metais presentes na formação geológica. Este produto possui compostos que reagem de forma catalítica em contato com a água, além de retardadores e estabilizantes de reação, o que possibilita a penetração da solução ativa nos poros dos sedimentos e nas fraturas da formação geológica.

Para aplicação destes agentes foi montado um sistema de circulação de fluídos a partir do próprio conjunto bombeador instalado no poço. Neste sistema, a água proveniente do poço é retornada através de um conjunto de mangueiras que permitem a circulação e/ou descarte nos momentos necessários.

No poço da Lavanderia da Fundação Maternidade Sinhá Junqueira, de Ribeirão Preto, o volume dos reagentes aplicados foi de 40 litros de desincrustante e 10 litros de bactericida, sendo esta dosagem calculada previamente. Para tanto, tomou-se como base o volume estático do poço, acrescido do volume aberto do pré-filtro, e aplicou-se sobre o poço uma quantidade próxima de 1,5% desse volume total calculado. Este valor de concentração adotado tem se mostrado bastante efetivo para a redução de íons metálicos.

Após a montagem do sistema de circulação de fluídos, adicionou-se aproximadamente 1/3 do volume total calculado de reagente desincrustante, até se obter o pH na faixa de 2, pois sabe-se que soluções ácidas possibilitam a manutenção de íons metálicos na forma solúvel, e tendem a dissolver os carbonatos e as argilas (BOULDING, 1995). A partir deste momento, o pH da solução em circulação foi controlado com a adição de mais reagente pois, sabe-se que, com a dissolução dos metais incrustados ocorre uma leve elevação de pH e consumo do reagente. Desta forma, exerceu-se um controle efetivo para que o reagente produzisse o efeito desejado.

Visando uma ação mais profunda e efetiva na formação geológica, foi utilizado o recurso de incremento da carga hidráulica, através da adição de água com os reagentes desincrustantes no poço, que, desta forma, forçaram a penetração destes nos sedimentos.

O processo de circulação de fluidos teve duração de 6 horas. Após este tempo, o poço permaneceu em repouso durante 12 horas (à noite). Na manhã seguinte a água contida no poço foi circulada por mais duas horas. O agente bactericida foi aplicado antes da paralisação noturna e na circulação da manhã.

A fase final do processo de desincrustação consistiu no descarte da água do poço (solução utilizada na circulação), que estava enriquecida com metais dissolvidos (foram medidos teores de até 700 mg/L de ferro total). Esta etapa durou 6 horas, tendo sido determinado seu término quando o pH retornou aos valores anteriores ao tratamento.

Durante o descarte, o pH se manteve próximo de 2,8 durante aproximadamente 1,5 hora, o que, para uma vazão média de 10,00 m³/h, perfaz um total descartado de 15,00 m³ de água, ou seja, pelo menos 10 vezes o volume interno do poço. Este valor de pH baixo mostrou o quanto penetraram os reagentes na formação.

Para reforçar a ação bactericida, foi efetuada nova desinfecção, aproveitando-se o sistema de circulação montado para aplicação e disseminação dos reagentes.

Os resultados obtidos quanto à redução de íons no Poço 2, são mostrados na Figura 3.

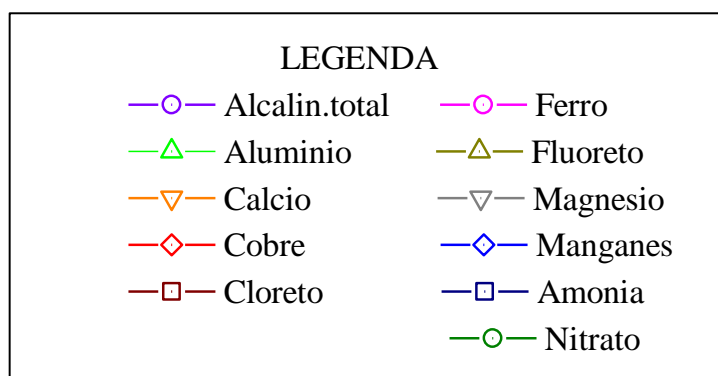
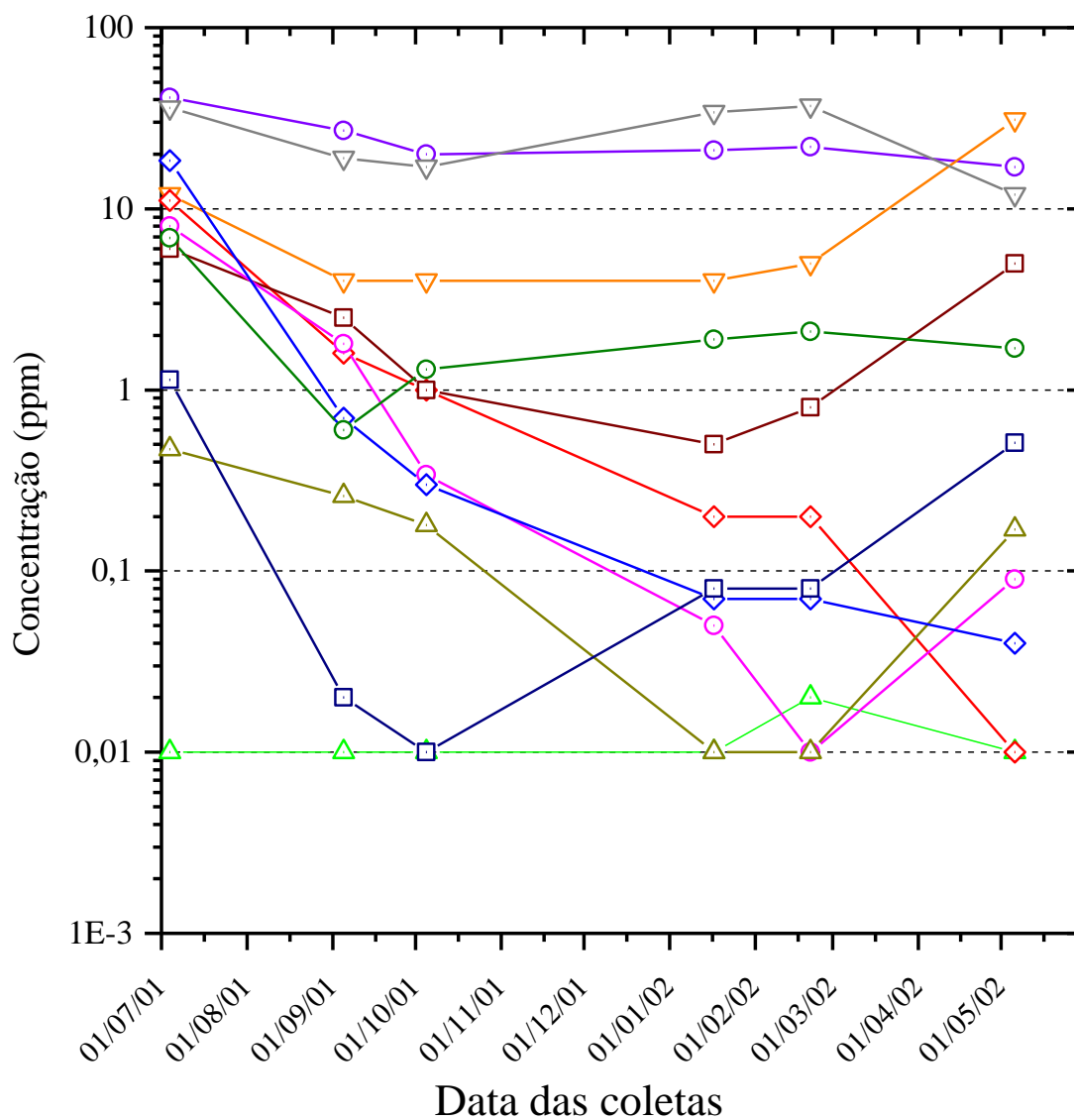


Figura 3. Gráfico com os resultados das análises químicas realizadas nas águas subterrâneas do poço da Lavanderia da Fundação Maternidade Sinhá Junqueira.

A opção, de aplicação dos produtos com a própria bomba instalada no poço, se mostrou muito interessante do ponto de vista de redução dos custos de operação e na redução do tempo de paralisação do poço.

Os resultados obtidos quanto às mudanças dos índices físico-químicos da água, no Poço 2, são mostrados na Figura 4.

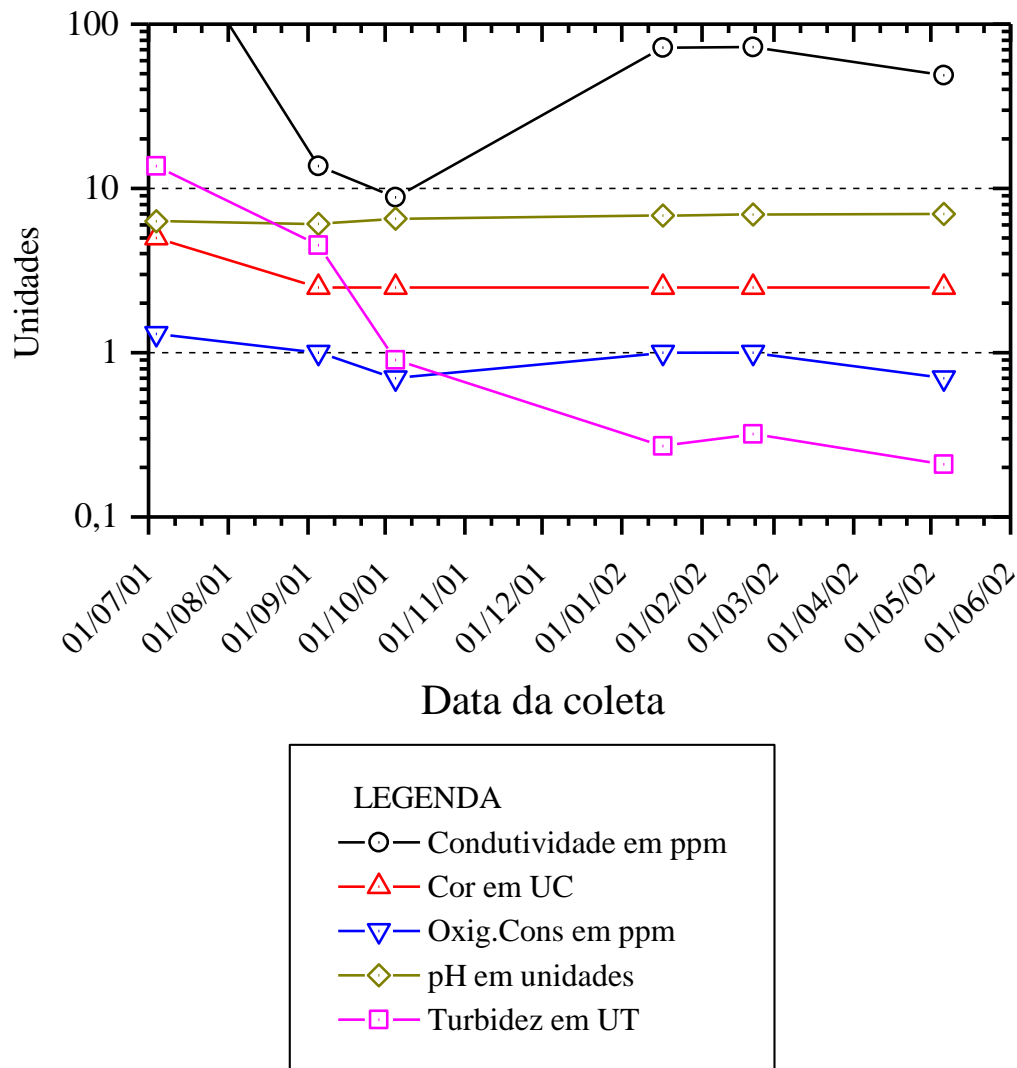


Figura 4. Gráfico com os resultados das análises das características físico-químicas em amostras retiradas do poço da Lavanderia da Fundação Maternidade Sinhá Junqueira.

Após a comprovação da redução dos teores de ferro de 1,8 mg/L para 0,09 mg/L e eliminação das ferro-bactérias, foi executada uma medida profilática de esterilização e desincrustação química do Poço nº 1, da Lavanderia, pois, embora

não esteja sendo utilizado poderia propagar a contaminação existente para o poço vizinho.

REDUÇÃO DE ÍONS METÁLICOS EM OUTROS POÇOS

Na Tabela 2 são mostrados os resultados obtidos sobre a redução de Ferro e Manganês em diversos outros poços (localizados em vários municípios do Estado de São Paulo) e cujas características constam da Tabela 1. Nestes poços foi aplicado o mesmo bactericida e o agente a base de Ortofosfatos de características ácidas..

Tabela 1. Características dos poços testados com reagentes à base de Ortofosfatos.

n° poço	Município	Endereço (Bairro / Estrada)	Aquífero	Diâm. revest	Material / Tipo	Prof. (m)
1	Pedro de Toledo	SABESP- Pedro Toledo	Sedim.	6"	Aço/esp.	100
2	Guarulhos	Bairro Bonsucesso	Sedim.	6"	Aço/esp.	209
3	Guarulhos	Estrada das Lavras	Sedim.	8"	PVC	192
4	Guarulhos	Estrada das Lavras	Sedim.	8"	Inox/esp.	215
5	Guarulhos	Estrada das Lavras	Sedim.	8"	Inox/esp.	202
6	Sto André - P1	Vila Pires	Cristal.	8"	Galv/esp.	132
7	Sto André - P2	Vila Pires	Cristal.	8"	Galv/esp.	204
8	Sto André - P3	Vila Pires	Cristal.	8"	Galv/esp.	149
9	São Paulo- PR1	Bairro do Carandirú	Sedim.	6"	PVC	20
10	São Paulo- PR2	Bairro do Carandirú	Sedim.	6"	PVC	20
11	São Paulo	Bairro do Jabaquara	Sedim.	6"	Nold	107
12	São Paulo	Bairro de Socorro	Cristal.	8"	Nold	200
13	São Paulo	Bairro do Morumbi	Misto	8"	Aço/esp.	147
14	São Paulo	Bairro de Pinheiros	Cristal.	6"	Aço/esp.	34
15	Jacareí	Parque Meia Lua	Sedim.	8"	PVC	92
16	Itapevi	Bairro do Ambuíta	Cristal.	6"	Aço/esp.	240

Tabela 2. Mudanças observadas na água dos poços testados com os reagentes.

n° poço	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
	NE (m)		ND (m)		Q (m ³ /h)		Fe (mg/L)		Mn (mg/L)	
1	23	23	56	56	0,36	3,80	5,30	0,70		
2	58	44	168	162	4,20	7,80	0,30	0,20		
3	88	88	132	131	12,40	15,10	0,30	0,10		
4	116	112	158	158	32,00	36,00	0,40	0,30		
5	80	80	176	172	12,10	15,60	0,30	0,15		
6	18	18	120	120	32,00	32,00	4,40	0,30	0,10	0,09
7	23	23	170	170	35,00	35,00	2,20	0,20	0,07	0,06
8	34	31	71	70	48,00	51,00	1,70	0,28		
9	3	3	6	3	4,70	5,10	7,50	2,00		
10	3	3	4	8	2,60	4,00	0,50	0,50		
11	18	21	50	50	0,30	5,00	1,20	0,30		
12	46	46	180	180	2,60	3,10	6,80	1,70		
13	53	52	69	69	3,10	3,90	1,00	0,40		
14	12	12	30	30	0,92	0,98	18,2	12,3		
15	42	42	60	60	34,80	36,40	0,30	0,25		

16	156	156	204	204	6,30	7,20	0,77	0,44	0,41	0,10
----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------

No gráfico da Figura 5 são mostrados os teores de Ferro, antes e depois da aplicação dos reagentes à base de Ortofosfatos com características ácidas.

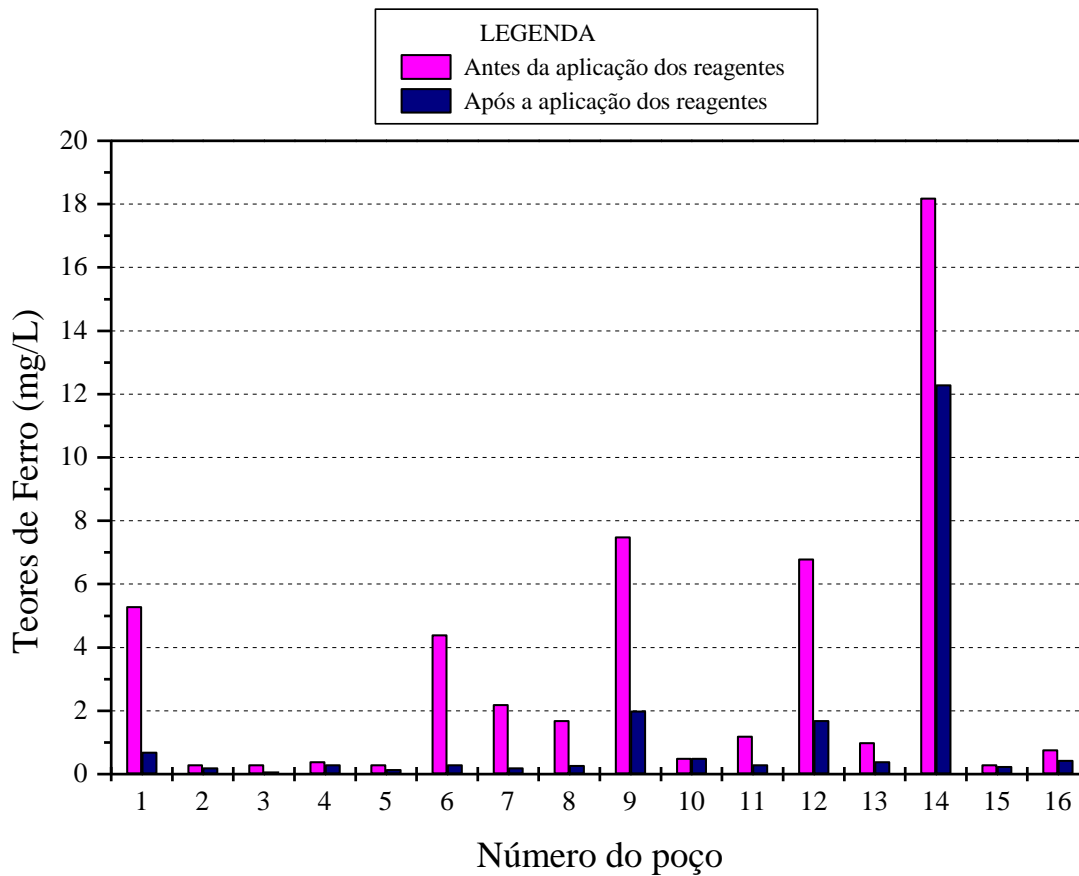


Figura 5. Gráfico com os teores de Ferro dos poços tratados com Ortofosfatos com características ácidas.

CONCLUSÕES

Neste trabalho foram apresentados os resultados da aplicação de Ortofosfatos com características ácidas, para a redução de íons metálicos e melhoria das características organolépticas, da água subterrânea extraída de um poço recentemente perfurado em sedimentos do Grupo São Bento.

A metodologia empregada foi a mesma utilizada nas operações de desincrustação química com composto líquido à base de Ortofosfatos isento de metais pesados, combinado com agentes bactericidas, utilizada nos outros poços relatados.

A técnica utilizada mostrou ser eficiente na redução de metais presentes na água, tais como o Ferro, Manganês, Cobre e Alumínio, além da eliminação das ferro-bactérias.

Após decorridos 8 meses da realização do processo de aplicação dos reagentes, a redução dos metais e a eliminação das ferro-bactérias tem se mantido, fato determinado através do controle periódico da qualidade da água, utilizando análises bacteriológicas e dos teores de metais presentes na água.

A realização do processo de circulação com a própria bomba de extração instalada no poço demonstrou ser, neste caso, tão eficiente quanto os trabalhos que utilizam circulação dos reagentes a partir da utilização de sistema de ar-comprimido (“air - lift”).

Os reagentes utilizados se mostraram eficientes em todos os poços já empregados, como é demonstrado nos resultados obtidos na Tabela 2. No caso do poço de Ribeirão Preto, recentemente perfurado, mas que também apresentava ferro-bactérias, o método utilizado mostrou ser eficiente, tanto na eliminação destas quanto na redução dos íons metálicos presentes na água.

AGRADECIMENTOS

À Pesquisadora Científica Márcia Maria Nogueira Pressinotti, do Instituto Geológico, pela ajuda no levantamento geológico do local do poço, e a Enf. Eliane Lara Dos Santos Leite de Oliveira, Responsável Técnica de Projetos de Operações da Lavanderia da Fundação Maternidade Sinhá Junqueira, pela especial colaboração no levantamento de dados do poço detalhado.

BIBLIOGRAFIA

BOULDING, J.R. 1995. Practical Handbook of soil, vadose zone, and ground-water contamination assessment, prevention, and remediation. Lewis Publ. CRC Press, ISBN 1-56670-051-5, Washington, 948 p.

CANTU, L.W.; KNOX, R.C.; FAIRCHILD, D.M. 1987. *Ground water quality protection*. Lewis Publ., Chelsea, Michigan, 562 p.

FREZZE, R.A.; CHERRY, J.A. 1979. *Groundwater*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 604 p.

SINELLI, O.; SOARES, P.C.; SOUZA, A.; WERNICK, E.; PENALVA, F.; CASTRO, P.R.M. 1973. *Mapa geológico do nordeste do Estado de São*

Paulo. Convênio CNEN/FFCL – RP, Osmar Sinelli (Coordenador), escala 1:50.000.

SINELLI, O.; DAVINO, A.; SOUZA, A.; GONÇALVES, N.M.M.; TEIXEIRA, J.A. 1980. Hidrogeologia da região de Ribeirão Preto (SP). 1º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, ABAS-Núcleo Nordeste, Recife, novembro de 1980. *Anais...*, Recife, p.319-330.

TEISSEDRE, J.M.; SANCHES, J.L.; LOPES, M.F.C. 1982. Geometria e condições de exploração do Aquífero Botucatu no Estado de São Paulo. 2º Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, ABAS-Núcleo Bahia, Salvador, setembro de 1982. *Anais...*, Salvador, p.53-63.

