

REABILITAÇÃO DE POÇO ATRAVÉS DA INJEÇÃO DE GÁS CARBÔNICO UM EXEMPLO PRÁTICO EM TERRA PRETA – MAIRIPORÃ – SÃO PAULO

Paula Rosolino¹ & Fernando Wili Bastos Franco Filho²

Resumo - Este trabalho mostra o desenvolvimento de um método de reabilitação de poço através da injeção de gás carbônico conjugado com os métodos tradicionais de limpeza e desincrustação aplicado em um poço operado pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) em Terra Preta – Município de Mairiporã - SP. Os resultados atingidos foram satisfatórios com um aumento da capacidade específica do referido poço em 41%.

Palavras-chave - reabilitação de poços, gás carbônico

INTRODUÇÃO

Este artigo foi desenvolvido com base nos resultados da utilização de gás carbônico na reabilitação de um poço operado pela SABESP, localizado no distrito de Terra Preta – Município de Mairiporã – SP.

O referido poço foi perfurado em 1981 e teve, desde o início de sua operação, um regime de bombeamento de 23/24 horas/dia, fruto da carência local por abastecimento, o que também impossibilitava a manutenção preventiva necessária para o seu bom funcionamento e perenidade.

O resultado desta operação sem os devidos critérios foi um decréscimo de vazão e nível dinâmico e a elevada incrustação de ferro nas paredes do poço e na tubulação de recalque.

¹ R. Fernão Lopes, 206 – Lavapés – Mairiporã – SP - Tel.: (011) 430-2100
Fax.: (011) 430-2733 - e-mail: paularo@zaz.com.br / prosolino@sabesp.com.br

² R. Padre João Manuel, 755 – 8º andar – Cerqueira César – São Paulo – 01411-900 - Tel.: (011) 8834261
Fax.: (011) 282-4065 - e-mail: f franco@sabesp.com.br

Com o intuito de se executar uma limpeza e conseqüentemente recuperar a capacidade das fraturas em conduzir a água, foi executada uma limpeza no poço em questão que incluiu além dos métodos tradicionais, a injeção de gás carbônico.

LOCALIZAÇÃO

O município de Mairiporã – distrito de Terra Preta, localiza-se na região sudeste do Estado de São Paulo, 69 Km ao norte da cidade de São Paulo e no Km 501 da rodovia Fernão Dias, que liga São Paulo a Belo Horizonte.

Trata-se de uma região montanhosa, compreendendo parte da Serra da Mantiqueira.

Terra Preta está limitado pelas coordenadas UTM 7428 e 7426 N e 335 e 338 W, com cotas altimétricas entre 800 e 950 m (figura 1 – mapa de localização no Estado de São Paulo)

GEOLOGIA

A região situa-se sobre terrenos cristalinos do Proterozóico Inferior pertencentes ao Complexo Amparo e o Complexo Paraíba do Sul ao norte. O Complexo Amparo é constituído por biotita-gnaisses, gnaisses migmatizados, migmatitos e hornblenditos, e o Complexo Paraíba do Sul por gnaisses e migmatitos diversos, piroxenito, granulitos e charnoquitos. Estas rochas apresentam um manto de intemperismo e rocha alterada constituído por areias síltico-argilosas, com espessuras entre 15 e 30 m. Nos vales das principais drenagens da região ocorrem aluviões recentes, constituídos por areias de várias granulometrias com níveis esparsos de silte e argila, exibindo espessuras que raramente ultrapassam 10 m.

HIDROGEOLOGIA

A água subterrânea ocorre nestes tipos de rochas em fraturas e fendas que conduzem a água e subordinadamente nos aluviões e rocha alterada, sendo que o critério hidrogeológico durante a locação de poços influencia significativamente o resultado dos poços.

O distrito de Terra Preta é abastecido exclusivamente por poços profundos que apresentam os seguintes dados:

Poço	P.1	P.2	P.3	P.4	P.5	P.6	P.9
Prof.(m)	150	180	98	150	120	252	132
N.E (m)	2	2,31	0,10	-	2,60	-	5,38
N.D(m)	100,45	46,20	15,30	-	90	-	42
Q (m ³ /h)	3,3	15	9	Nula	17,6	nula	33

Observa-se que os poços apresentam uma grande variação de vazões e profundidades e no decorrer do tempo todos apresentaram queda de produção, devido a diversos fatores, principalmente pelo regime ininterrupto de bombeamento e a falta de manutenção preventiva.

A partir de 1997, foram introduzidas várias melhorias e adequação dos métodos de operação tais como:

- Instalação de medidor de vazão na adutora de entrada da água proveniente dos poços para o reservatório de Terra Preta;
- Dosagem automática de materiais de tratamento através de bombas dosadoras eletrônicas, comandadas pelo sinal recebido do medidor de vazão;
- Mudança no regime de funcionamento dos poços (em implantação), através da instalação de temporizador, promovendo a correta operação dos mesmos. Para tanto houve a necessidade de conscientização das equipes de distribuição, o que demandou dois anos; e
- Reabilitação periódica e adequada dos poços.

Por esse motivo, foi escolhido o poço P.3, que apresentava queda de produtividade mais acentuada, para a utilização do gás carbônico como elemento recuperador de vazão.

Quando fazer a reabilitação?

"O aumento de custo justifica a reabilitação do poço."

Na operação de poços, o custo mais significativo é o de energia elétrica. Uma forma de reduzir os custos é manter o nível da água mais alto possível, o que somente é possível se este apresentar condições adequadas de operação.

Os problemas de queda de vazão em poços podem ser provenientes de depósitos de minerais ou mesmo de depósitos gerados pela ação de bactérias presentes no meio

ou por contaminação externa, o qual vai ocupando o fundo do poço, filtros quando existentes e a formação geológica.

É muito difícil eliminar totalmente as bactérias, pois, na maioria dos casos elas pertencem ao meio; porém a contaminação externa deve ser evitada, através da eliminação da infiltração de águas superficiais. Indo além devemos considerar o afastamento e tratamento de efluentes e monitoramento do manancial, em síntese, gerenciamento e proteção adequados dos recursos hídricos, sejam subterrâneos ou superficiais.

Quando um poço é perfurado, é criado um canal de comunicação através do qual o oxigênio da atmosfera entra em contato com as bactérias que ocorrem naturalmente no solo, podendo chegar à 10^9 colônias de bactérias por grama de solo, sendo que 95% são aeróbios, e a partir do início da operação deste, são criadas e incrementadas as condições para a reprodução de microorganismos no poço e na formação geológica.

Essa atividade irá gerar a formação do chamado biofilme bem como de depósitos minerais, os quais estão presentes tanto nos poços quanto na formação geológica, porém raramente serão detectados através dos resultados das análises de água, a não ser que uma ação física, como troca de bomba ou tubulação perturbe o meio a ponto de causar a fragmentação do biofilme.

O parâmetro indicativo de contaminação biológica utilizado é a presença e quantidade de Coliformes Totais e Fecais.

- Coliformes Totais indica a existência de ação bacteriológica, usualmente não patogênicas; porém indica a presença potencial de patógenos associados a doenças de veiculação hídrica. Incluem a contagem de Coliformes Fecais.
- Coliformes Fecais indica a provável presença de *Escherichia coli*, e a ocorrência de contaminação direta.

Formação dos Depósitos Minerais

São freqüentemente encontrados depósitos de cálcio e magnésio, cuja coloração é branca ou amarela e de fácil remoção química.

São também comuns os depósitos de ferro, e em menor número encontramos os de manganês, bem como silicatos, sulfatos e fosfatos de manganês. A remoção química destes grupos tem um grau maior de dificuldade.

A maioria dos minerais que formam depósitos em poços e sistemas de água subterrânea, são resultado de atividade biológica, que através de um processo metabólico, onde a bactéria por oxidação ou filtração do ferro da água, faz sua reserva alimentar para se preservar da extinção, da toxicidade do peróxido e de predadores. É importante ressaltar que há vários tipos de bactérias responsáveis pela típica deposição de ferro, comumente atribuídas apenas a ferro bactérias.

Também é normal confundir os depósitos de ferro, em virtude de sua coloração escura, com a presença de manganês, porém é rara a ocorrência dos depósitos de manganês, os quais para sua formação, necessitam de sete vezes a quantidade de oxigênio necessária para oxidar o ferro.

É importante fazer a desinfecção ou ela não é necessária?

A cloração previne o biofilme e o processo de filtração biológica, portanto é importante executá-la após a limpeza, apesar desta não promover a dissolução dos minerais presentes.

Reabilitação do Poço - Porque o CO₂?

Na reabilitação de poços o ideal é escolher o método mais adequado para cada caso e sempre procurar a limpeza mais eficaz, em especial no fundo do poço, bem como um método que atinja não apenas as paredes do poço, mas a formação geológica de onde provém a água.

Aplicação de gás carbônico é um dos meios mais eficazes para remoção de material colmatado, bem como não é necessário usar desincrustrantes para remover depósitos ou biofilmes, pois a aplicação também terá uma ação mecânica sobre o material.

Um dos motivos da eficácia do método é a agitação, bem como o alcance da expansão do gás que segue os caminhos de menor resistência. A taxa de expansão da fase líquida do CO₂ para a gasosa é de 570 vezes em volume.

Outro fator importante é a inexistência de produtos químicos a serem descartados.

Durante a aplicação do CO₂ haverá a formação de ácido carbônico (H₂CO₃), que é um ácido fraco, onde o pH será reduzido no máximo a 6, em condições atmosféricas. Caso haja pressão no aquífero ou o poço seja selado, o pH pode atingir valores menores que 5,0, porém ainda será um ácido fraco.

Há também um efeito duplo de congelamento e agitação, quando o gás carbônico é aplicado a -32°C . A temperatura mais baixa teoricamente alcançada é de $-78,33^{\circ}\text{C}$.

O sucesso desse processo é exatamente a combinação da formação do ácido carbônico, agitação e congelamento.

Não há necessidade que todo poço congele, como um bloco de gelo, para promover a retirada de material. Onde o congelamento ocorre, há boa dispersão, boa agitação e também boa remoção de depósitos minerais.

A agitação obtida com CO_2 líquido é a mesma ação quando o gelo seco é colocado em água.

Há geração de espuma, após a retirada do "packer", que é quando o CO_2 sublima, ou seja, passa do estado sólido para o estado gasoso. Devido ao equilíbrio químico o ácido passa a CO_2 , na forma de gás inerte, podendo ser liberado na atmosfera.

O método não é agressivo, não há problemas no uso em poços de PVC ou PEAD. O tratamento é bastante seguro, porém, sempre existe algum risco em uma reabilitação, seja qual for o método escolhido.

Diferentemente da aplicação de gelo seco (que não apresentaria a mesma eficácia), neste método a pressão e a taxa de aplicação são controladas, para garantir que o CO_2 seja aplicado à pressão (ou energia) adequada para que este se dissipe dentro da formação.

A limpeza com CO_2 soluciona todos os casos?

De 50 a 95% dos casos pode-se utilizar apenas CO_2 , para uma remoção eficaz. Em casos graves, por exemplo depósitos de ferro, pode-se utilizar ácidos em conjunto.

O ácido mais eficiente na remoção de minerais é o ácido clórico hidratado, porém é alto o risco de corrosão, se usado sem um inibidor de corrosão (aminas).

Há comercialmente ácidos mais fracos, comumente utilizados, tais como acético, acético hidratado, cítrico, sulfâmico e oxálico.

MÉTODO DE TRABALHO

O processo de reabilitação aplicado consistiu das seguintes etapas:

1. Retirada do conjunto moto-bomba instalado no poço

2. Execução de teste de bombeamento para a definição dos parâmetros hidrodinâmicos atuais do poço em questão.
3. Execução de perfilagem ótica para a avaliação do problema e do grau de colmatação no poço, observação do estado atual das tubulações, fraturas produtoras, encaixes de tubos/cimentação, desvios e afunilamentos da perfuração.
4. Instalação de obturadores ("packers"), nas fraturas a serem limpas/ reabilitadas com CO₂.
5. Aplicação do CO₂. A pressão do CO₂ no caminhão é de 330 psi e até uma profundidade de 213m é possível usar a pressão ambiente. Em poços mais profundos são usadas bombas de pistão que injetam a parte líquida.
6. Limpeza dos detritos maiores com a utilização de caçamba (sonda percussora).
7. Pistoneamento e escovamento das fraturas.
8. Turbilhonamento utilizando compressor de ar, e bombeamento para a retirada dos detritos finos.
9. Execução de perfilagem ótica com o intuito de se verificar a eficácia do processo.
10. Execução de teste de vazão comparativa, para a definição das características hidrodinâmicas do poço após a aplicação do CO₂.

RESULTADOS

Durante o trabalho de limpeza observamos a saída de muito material particulado, granulado e grumos, todos intensamente oxidados, mostrando que o sistema promoveu uma desincrustação em praticamente todo o poço. Comparando-se as perfilagens óticas e teste de vazão antes e após a utilização do processo podemos confirmar a eficiência do método que refletiu em uma significativa melhora na limpeza da estrutura interna e nas características hidrodinâmicas do poço. Apresentamos a seguir a tabela do teste de vazão realizado antes e após a aplicação do CO₂.

TABELA COMPARATIVA DOS RESULTADOS OBTIDOS

Parâmetros	Antes da reabilitação	Imediatamente Após reabilitação, (teste de bombeamento)	Após adequação parcial das instalações
Profundidade (m)	98,28	97,07	
Nível estático (m)	8,03	7,28	7,0
Nível dinâmico (m)	51,90	51	45
Vazão (m ³ /h)	5,40	7,7	7,2
Rebaixam. específico(m/m ³ /h)	8,12	5,67	
Capacidade específica (m ³ /h/m)	0,12	0,17	

Notas:

1. A vazão indicada é a máxima da bomba instalada, que será substituída por bomba de vazão 9 m³/hora.

CONCLUSÕES

Os serviços foram executados dentro dos parâmetros preestabelecidos e foram alcançados os objetivos propostos.

Observando-se as tabelas comparativas, notamos que com a aplicação do método ocorreu uma significativa melhora nas características hidrodinâmicas, logo após a realização dos trabalhos, com um acréscimo da capacidade específica de 0,12 para 0,17 m³/h/m e nas condições operacionais deste poço, demonstrando que o método foi eficaz na remoção de detritos e incrustações nas fraturas e cavernas, reduzindo perdas de carga no fluxo da água para o poço. Também verificamos um aumento do nível dinâmico, o qual com a troca da bomba para otimização da vazão de exploração deve

BIBLIOGRAFIA

IPT – 1981 – Mapa Geológico do Estado de São Paulo – esc. 1/500000

Aqua Freed do Brasil Ltda. –1999– Relatório Final de Serviços executados
Reabilitação de poços Tubulares Profundos – Mairipora – Terra Preta – SP.

HYDROLOG -1999- Relatório Técnico de Perfilagem Ótica em poços Tubulares

SABESP – 1999 – Relatórios Finais de poços - Mairiporã – Terra Preta

SABESP – 1999 – Controle operacional de poços - Mairiporã – Terra Preta

Well water rehabilitation – 1998 – Mansuy, Neil

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

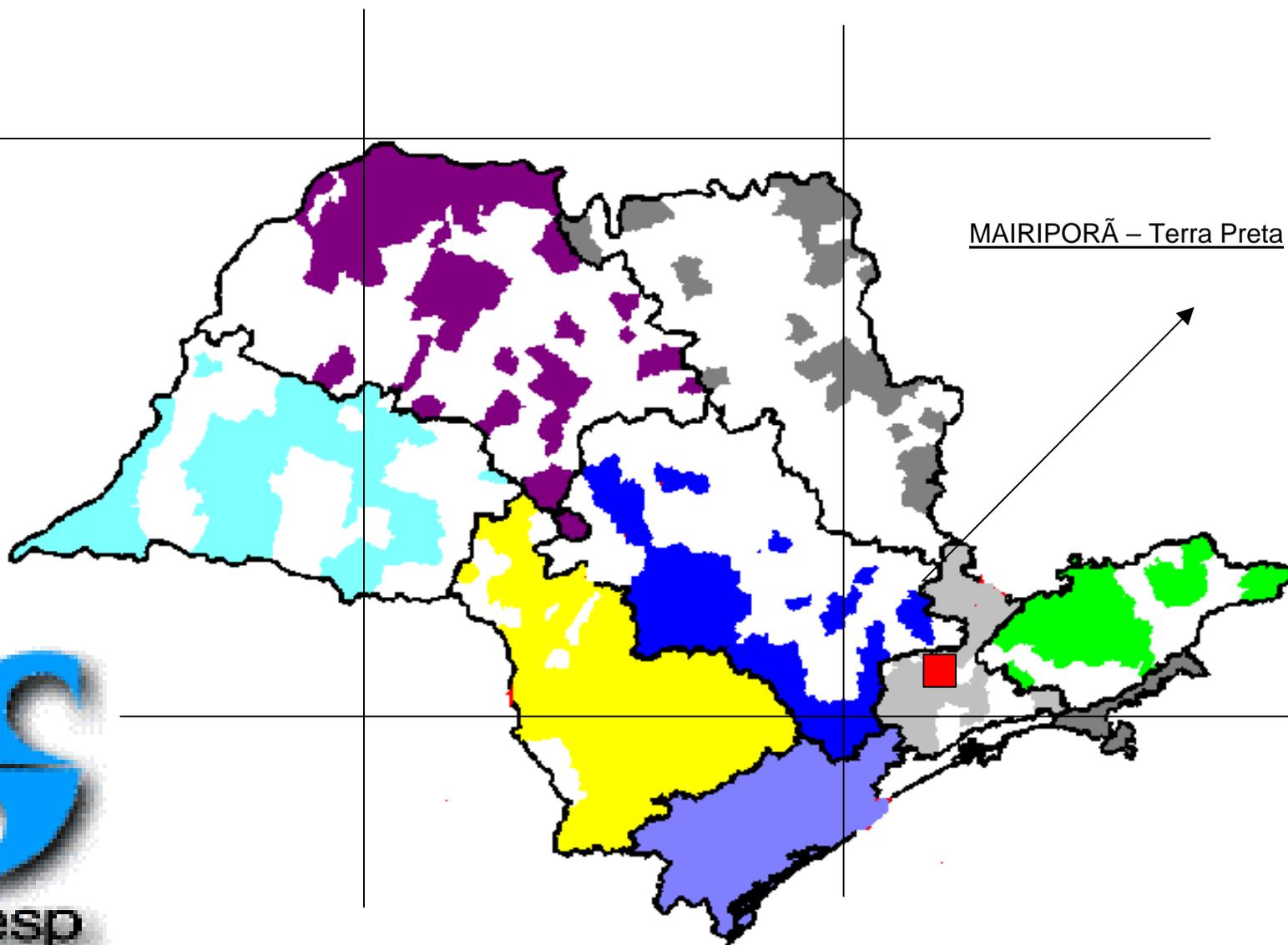
50°

47°

20°

MAIRIPORÃ – Terra Preta

24°



sabesp