A DESINCRUSTAÇÃO QUÍMICA E RECUPERAÇÃO DE POÇOS NO AQUIFERO GUARANÍ, COM 1.460 E 1.605 M DE PROFUNDIDADE, ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DO *NO RUST*

José Paulo Godoi Martins Netto[1];
Geólogo formado em 1988, com especialização em Administração de Empresas pela FGV – Fundação Getúlio Vargas, e pela Escuela Superior de Baleares – ESPANHA; Diretor Executivo da Maxiagua Soluções em Água; especializado em perfuração, manutenção e reabilitação de poços, com acompanhamento na perfuração de mais de 1.200 obras e da manutenção de mais de 2.000 poços; largo conhecimento em tratamento de água e processos de incrustação e desincrustação de redes, com diversos trabalhos publicados nestes assuntos.

Fernando Willi Bastos Franco Filho[2];
Geólogo da SABESP – formado 1975, pela UNESP – Rio Claro, Especializado em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública – USP, responsável pela elaboração de projetos e acompanhamento de um grande número de obras de perfuração e recuperação de poços; Cursos ministrados e Assessoria a Órgãos Estaduais e Prefeituras na área de poços, geologia e hidrogeologia. - e-mail: ffranco@sabesp.com.br

César Bianchi Neto[2]
Geólogo da SABESP – formado 1983, pela UNESP – Rio Claro, Especializado em Engenharia de Saneamento Básico pela Faculdade de Saúde Pública – USP, responsável pela elaboração de projetos e acompanhamento de um grande número de obras de perfuração e recuperação de poços; Cursos ministrados e Assessoria a Órgãos Estaduais e Prefeituras na área de poços, geologia e hidrogeologia. e-mail: cbianchi@sabesp.com.br

Manoel Ricardo Bueno da Silva[2]
Geólogo da SABESP – formado 1987, pela USP – São Paulo, responsável pela elaboração de projetos e acompanhamento de obras de perfuração e recuperação de poços; e-mail: mrbsilva@sabesp.com.br

Endereço (1): R. Açatunga, 154, São Paulo - SP – Brasil – Fone: (11) 5096-5888 – e-mail: jp@maxiagua.com
Endereço (2): SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo –Av. Do Estado, 561 – São Paulo – SP, Superintendência de Gestão e Desenvolvimento Operacional de Sistemas Regionais - ROM - 11-3388 7366.

RESUMO

A água subterrânea tem grande importância em todo o sistema de abastecimento SABESP, compreendendo aproximadamente 1.000 poços em operação, e um percentual de 77% dos de mananciais explorados pela DSR.

Como os demais componentes do sistema, os poços também requerem manutenções, que são efetuadas muitas vezes de forma corretiva, e não preventiva. A SABESP, preocupada em preservar os poços existentes e meio ambiente, tem investido na reabilitação dos poços, com novos produtos e tecnologias (NO RUST e FERBAX), que proporcionam a recuperação de vazões, melhoria da qualidade de água e redução de energia elétrica.

O presente trabalho trata do da reabilitação dos SABESP P15 e 18, com 1.460 e 1.605 m de profundidade, que exploram o Aquífero Guarani, em Fernandópolis – SP. O P15 de 1976, e foi o primeiro Poço de que se te notícias, mais profundo que 1.000 m para exploração de água no Estado de SP. O P18, mais recente foi construído em 1998.

Nestes Trabalhos foi utilizado *NO RUST*, isento de metais pesados, não tóxico, patenteado, que se mostrou adequado e eficiente, com total recuperação da vazão, e em substituição ao ácido clorídrico utilizado no passado, que continham metais pesados, agrediam os poços, e traziam severos riscos à saúde e meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Manutenção de Poços, Aquífero Guarani, No Rust, Desincrustação, Carbonatos.

1. INTRODUÇÃO

A água subterrânea é uma fonte bastante confiável de abastecimento de água, e no Brasil é largamente utilizada, onde se estima que existam pelo menos 400.000 poços em operação. Dados do IBGE indicam que 15,6 % dos domicílios utilizam exclusivamente água subterrânea. Na SABESP os poços em operação se aproximam de 1.000, com uma produção de 12.667.000 m³/mês, perfazendo um total de 21% da água produzida (Fig. 01) e abastecendo 377 comunidades, que representam 55 % do total de comunidades abastecidas pela Diretoria de Sistemas Regionais (Fig. 02). (2004).

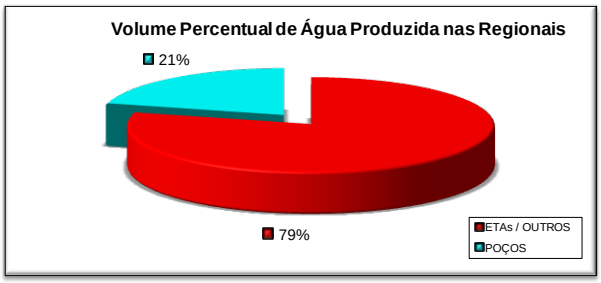


Figura 1. Volume % de água produzida pelos poços, na Dir. de Sist. Regionais SABESP.

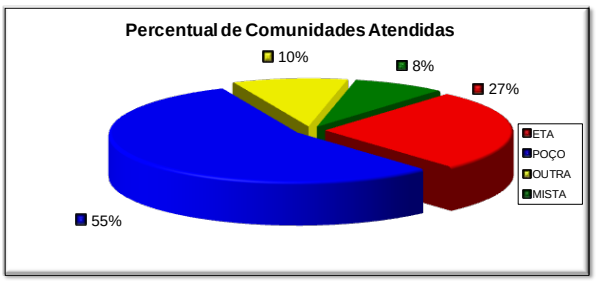


Figura 2. Percentual de comunidades atendidas por poços, na Dir. Sist. Regionais SABESP

Atualmente o Município de Fernandópolis é 100 % abastecido por água subterrânea, proveniente de 04 poços que exploram o aqüífero Guarani, sendo eles: P1 (P15) com vazão de 200,00 m³/h; P2(P16) = 230,00 m³/h; P3 (P17) = 380,00 m³/h e P4 (P18) = 200,00 m³/h. O regime de exploração dos poços é de 16 h/dia, visando a preservação do aqüífero.

O P1 (P15) sofreu forte redução de vazão a partir de 2007, sendo que já em Agosto deste ano a vazão havia caído para 102,00 m³/h com ND de 69,90 m. O problema continuou se agravando e culminou com a paralisação do poço em 2008, com vazão de 18,00 m³/h com ND 69,90 (crivo da bomba), que resulta em uma capacidade específica de 0,50 m³/h/m, aproximadamente 16 vezes menor do que a vazão de teste do poço.

A capacidade específica do P15 no início da operação era de 8,01 m³/h/m. Em 1993, após uma intervenção corretiva no poço, foi novamente medida em 7,40 m³/h/m. Em 2007 se encontrava reduzida para 2,75 m³/h/m. Após as operações detalhadas no presente trabalho, foi medida em 8,92 m³/h/m, com um ganho de 323% em relação a 2007 e pode-se dizer que igual a capacidade específica original do poço.

O P18, em 2010 já apresentava queda de vazão de 38 %, e em maio de 2011 sua produção se encontrava na faixa de 33,18 m³/h, ou seja, aproximadamente 16,5% de sua produção original, com perda da capacidade de produção próxima de 17.360 m³/mês de água, e consequente perda de faturamento.

Estes resultados comprovam a eficiência da metodologia empregada com NO RUST, e mais uma vez, a viabilidade das operações de manutenção/reabilitação dos poços, que garantem um maior fornecimento de água para a população e permitem um maior faturamento, em um sistema que já tem todos os seus componentes instalados, e em operação.

Além do fornecimento de água potável, o P15 fornece ainda água quente para um Hotel/Parque Termal, com diversas Piscinas, aproveitamento a energia geotérmica para incrementar o Turismo e Desenvolvimento Regional.

Devido às condições construtivas e a profundidade o processo de reabilitação do poço foi dividido em duas etapas principais:

a) Uma primeira etapa: mecânica, com a utilização de uma sonda rotativa para corte de todo o material que se encontrava incrustado na paredes do furo e tubos.
b) Uma segunda etapa: química com aplicação do desincrustante NO RUST no intervalo de produção do P15 (entre 1.150 a 1.460 m), e P18 (entre 1.310 e 1.605 m) onde foram solubilizadas as incrustações nos tubos e filtros e na Formação Geológica, que após sua solubilização, foram removidas com a utilização de ar comprimido.

2. GEOLOGIA REGIONAL

2.1 – AQUÍFERO GUARANI

2.1.1 – Caracterização Geral

O aqüífero Guarani ocorre na porção oeste do Estado de São Paulo, ocupando cerca de 76% do seu território. A leste está localizada a faixa aflorante (Figura 3), que se estende desde o município de Rifaina, a norte, até Fartura, ao sul. Esta faixa, com área de 16.000 Km^2, está inserida na Depressão Periférica e apresenta largura irregular que se amplia ao longo das grandes drenagens, como é o caso do rio Jacaré-Pepira, quando atinge o máximo de 175 Km. Para oeste daquela faixa, o aqüífero encontra-se confinado pelos basaltos de Formação Serra Geral, numa extensão de cerca de 174.000 Km^2.

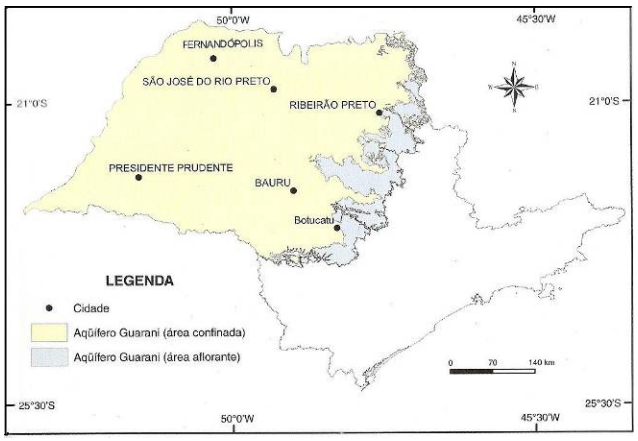


Figura 3 - Faixa Aflorante do Guarani no Estado de São Paulo

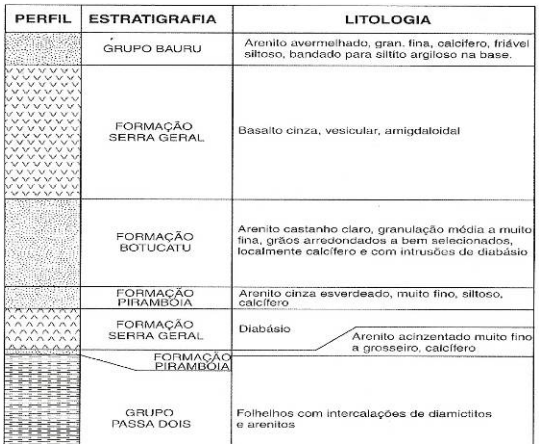


Figura 4 – Posição Estratigráfica do Aquifero Guarani (Fm. Botucatu e Pirambóia)

Este aqüífero é composto por arenitos das formações Pirambóia, na base, e Botucatu, no topo (Figura 4).

A Formação Pirambóia, de idade triássica (MILANI 2004), é constituída por arenitos de granulação média a fina, localmente grossos e conglomeráticos, depositados em ambiente fluvio-lacustrino e eólico (CAETANO-CHANG & WU 1992, MILANI et al. 1994). Apresenta estratificação de médio porte, cruzada, planar ou acanalada e estratificação plano-paralela, com lâminas ricas em argila ou silte. No Jurássico-Cretáceo, segui-se a deposição eólica da Formação Botucatu, constituída predominantemente por arenitos de granulação média a fina, avermelhados, com grãos de alta esfericidade e bem selecionados, exibindo estratificação cruzada. Todo pacote está assentado, em discordância angular, sobre o Grupo Passa Dois e parte Del, a porção confinada, está recoberto pelos derrames basálticos da Formação Serra Geral, que apresenta intertraps de arenito (IPT 1981ª).

O aquífero Guarani é granular, homogêneo e regionalmente livre na sua porção aflorante, a dominantemente confinado, constituindo um pacote contínuo desde sua área de afloramento, a leste, até o extremo oeste de São Paulo, onde extrapola os limites do Estado.

A superfície do topo, definida pelo contato com a Formação Serra geral, mergulha para sudoeste, apresentando altitudes de 800 m no limite da parte aflorante até 1.300 m abaixo do nível do mar na região de Presidente Prudente, junto ao rio Paraná (Figura 5). Os gradientes desta superfície são de 1,8 m/km ao longo do vale do rio Tietê, e de 3,8 m/km, pelo eixo próximo ao rio do Peixe até as imediações da cidade de Avaré.

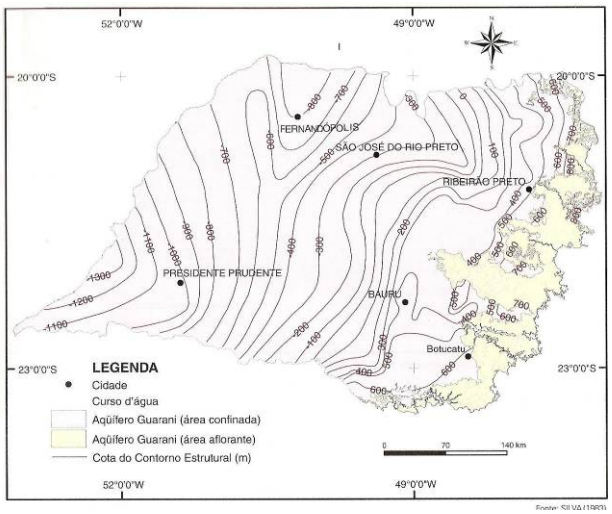


Figura 5 – Contorno Estrutural do Topo do Aquifero Guarani

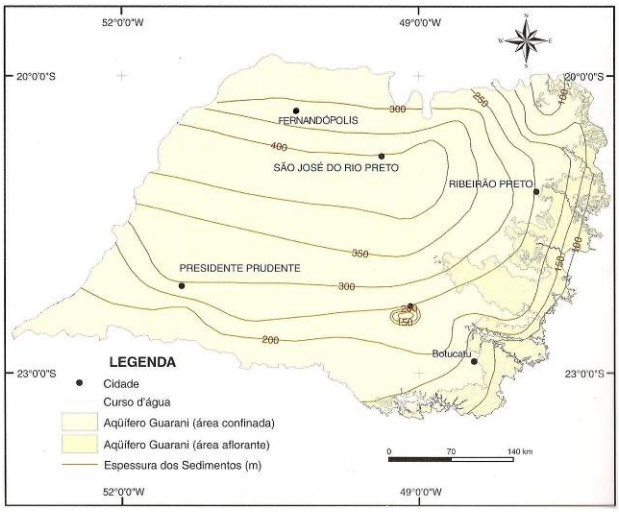


Figura 6 – Espessuras dos Sedimentos do Aquifero Guarani

A espessura do aquífero varia de aproximadamente 100 m na área aflorante, até mais de 400 m, a oeste, ao longo da calha do rio Tietê (Figura 6). (Mapa de Águas Subterrâneas de SP, 2005).

2.1.2 – Potencialidade

O Estudo da potencialidade do Aquífero Guarani foi realizado com base em 111 poços selecionados (Mapa de Águas Subterrâneas de SP, 2005). Destes, 34 foram considerados representativos das principais características do aquífero, tais como nível potenciométrico, cota da superfície do topo, espessura e faixas de vazão.

A superfície potenciométrica do aquífero Guarani apresenta a leste, na área aflorante, cotas de nível d'água da ordem de 800 m, que diminuem no sentido oeste e atingem valores de até 400 m de área confinada.

A geometria destes equipotenciais indica que o fluxo regional ocorre de leste para sudoeste (Figura 7). O gradiente hidráulico médio na porção confinada é de aproximadamente 0,001; enquanto na área aflorante ocorrem os maiores gradientes, como os observados ao longo dos eixos dos rios Pardo e Jacaré-Pepira, com valores de 0,008 e 0,003, respectivamente (Mapa de Águas Subterrâneas de SP, 2005).

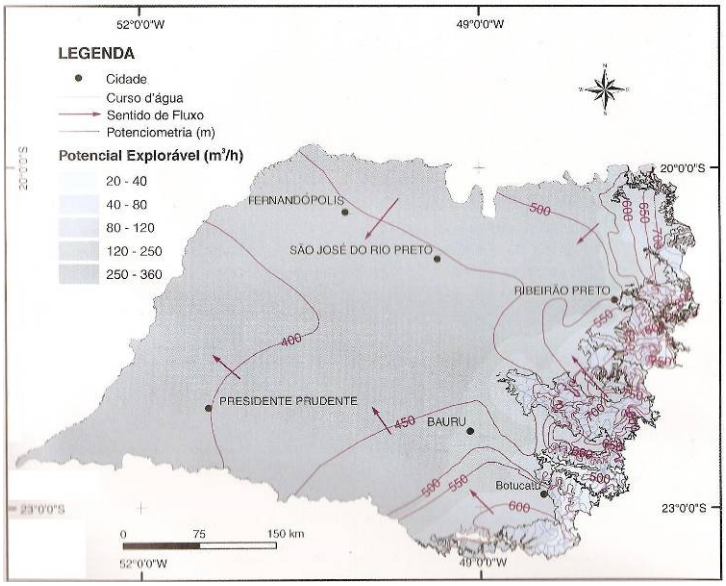


Figura 7 – Nível Piezométrico aparente do Aquifero Guarani e Vazões Exploráveis.

No Mapa, encontram-se indicadas as linhas que delimitam a área de confinamento e a de surgência das águas subterrâneas, de acordo com SILVA (1983). O limite da área de confinamento é aproximadamente paralelo ao contato entre os basaltos da Formação Serra Geral e os arenitos da Formação Botucatu, desde as imediações de Ourinhos, a sul, até Franca, a norte. Na área de confinamento o nível potenciométrico do Aquifero Guarani localiza-se em cota superior à do contato com a formação Serra Geral.

No que se refere ao limite da área de surgência do Aquifero Guarani, este indica o local a partir do qual o nível d'água subterrânea, sob pressão, eleva-se acima da superfície do terreno. A geometria irregular deste limite é concordante com a topografia regional (SILVA, 1983).

A condutividade hidráulica (K) do Aquifero Guarani como um todo, foi obtida pelo cálculo da média ponderada dos valores de K das formações Pirambóia (2,5 m/dia) e Botucatu (3,5 m/dia) (DAEE 1974). O fator de ponderação correspondeu à somatória das espessuras de cada formação, considerando 14 poços localizados na porção confinada do Aquifero e 54 poços na área de afloramento. Os valores médios de K obtidos são 2,6 m/dia para a área confinada e 3,0 m/dia para a área livre.

Adotando o mesmo procedimento, foi calculada a média ponderada do coeficiente de armazenamento (S) para a porção livre do Aquifero Guarani, considerando um valor médio de 0,15 para a Formação Pirambóia (DAEE 1974) e 0,25 para a Formação Botucatu (SILVA 1983), obtendo-se, nesta área, um valor médio de 0,17. Na porção confinada, a média não foi calculada pela inexistência de valores definidos para cada uma das formações. Por este motivo, dentro do intervalo de 10^{-3} e 10^{-5} fornecido pelo DAEE (1974), optou-se pelo valor de 10^{-3}, pois este possibilitou a obtenção de faixas de vazão mais compatíveis com a minoria dos poços perfurados.

A transmissividade (T), obtida com base no mapa de espessura do aquífero e nos valores de K é de aproximadamente 260m^2/dia, ao longo do vale do rio Tietê, na área confinada.

O cálculo de vazão (Q) explorável utilizou o método descrito no capítulo 2 admitindo-se um rebaixamento de 30% de espessura saturada de um período de 50 anos de bombeamento contínuo, como proposto por COSTA (2000). No entanto, o período de exploração considerado neste trabalho foi de 20 anos, o que resultou em um rebaixamento máximo proporcional de 12%, sendo este valor corrigido segundo a proposta JACOB (1969 apud CUSTÓDIO & LLAMAS 1976), para a área de afloramento do aquífero.

Como resultado foram obtidas as seguintes faixas de vazão recomendada: de 20 a 40 m^3/h e de 40 a 80 m^3/h, no sistema livre; e de 80 a 120 m^3/h, 120 a 250 m^3/h e 250 a 360 m^3/h, no sistema confinado (Figura 7).

A menos faixa de vazão explorável (de 20 a 40 m^3/h) pode conter vazões inferiores a 20 m^3/h nas áreas próximas a Formação Passa Dois, onde o Aquifero apresenta as menores espessuras saturadas. Dentro da área confinada, as vazões aumentam para oeste-noroeste, até se fixarem em valores máximos recomendados de 360 m^3/h, a partir da linha que se inicia em Ourinhos, a sudeste, e se estende até as proximidades de Miguelópolis, a nordeste (Mapa de Águas Subterrâneas de SP, 2005).

2.1.3 – Qualidade Química Natural das Águas Subterrâneas no Guarani.

SILVA (1983), separou as águas do Aquifero Guarani de acordo com as áreas de ocorrência do aqüífero, sendo estes dados esclarecidos na Tabela 01 abaixo.

Áreas aflorantes, onde o aqüífero é do tipo livre	Áreas confinadas, onde há conectividade com a Formação Serra Geral.	Áreas mais confinadas
Águas bicarbonatadas-magnesianas a calco-magnesianas	Águas bicarbonatadas-cálcicas e calco-magnesianas	Águas bicarbonatadas-sódicas evoluindo a cloro-sulfatadas-sódicas
STD: ± 100 mg/L	**STD: ± 200 mg/L**	**STD: ± 650 mg/L**

Fonte: modificado de Silva (1983), apud Borghetti *et al.*, 2004.

Tabela 01 – Águas do Aquifero Guarani segundo Silva(1983), apud Borghetti et.al. 2004

De acordo com CAMPOS (1993) as águas deste sistema são predominantemente bicarbonatadas cálcicas e apresentam temperaturas de 22 a 27ºC, pH de 5,4 a 9,2 e salinidade inferior a 50 mg/L, na área aflorante. Na área confinada, a temperatura varia de 22 a 59,7ºC, o pH de 6,3 a 9,8 e a salinidade de 50 a 500 mg/L. As águas são predominantemente bicarbonatadas e, subordinadamente, sulfatadas – cloretadas sódicas. Os valores de temperatura (Figura 8), pH, salinidade, e de íons cloreto, sulfato e sódio, aumentam o sentido do confinamento (Mapa de Águas Subterrâneas de SP, 2005).

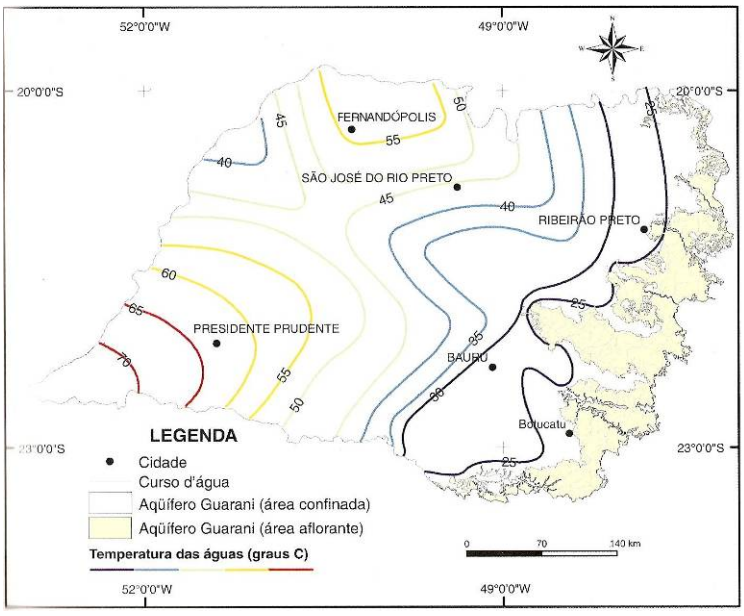


Figura 8 – Isotermas da área confinada do Aquifero Guarani.

3. INCRUSTAÇÕES E DESINCRUSTAÇÕES

A percolação da água subterrânea na formação geológica ocorre de forma muita lenta, fazendo com que esta permaneça em contato prolongado com os minerais contidos nestes materiais. Este contato é suficientemente prolongado a ponto de proporcionar um perfeito equilíbrio entre a água contendo sais minerais dissolvidos e o meio ambiente. Mantém-se em solução, a quantidade exata de um ou mais minerais que as condições permitem e qualquer perturbação das condições, desequilibra o sistema de solução, resultando na precipitação de materiais insolúveis (CETESB, 1978; DRISCOLL, 1995).

Durante a operação normal dos poços, a água sofre alterações de pH, temperatura e pressão, no momento que entra nos poços, e estas alterações geram corrosão e/ou precipitações dos elementos presentes na água, com variações de intensidade que dependem da composição hidroquímica da água. O acúmulo das incrustações ao longo do tempo pode ocasionar problemas de difícil solução ou danos irreversíveis, e desta forma, a manutenção preventiva dos tem grande importância, pois impede danos maiores ao longo do tempo.

Muitas vezes estas incrustações não são sentidas imediatamente, porém seu acúmulo ao longo do tempo, causa problemas de redução da produção de água e alterações de qualidade (MARTINS NETTO, et al, 2005).

Com a redução de vazão e rebaixamento dos níveis, além do problema principal de redução no fornecimento de água para abastecimento das populações, os conjuntos bombeadores saem de seus pontos máximos de rendimento para os quais foram projetados, e assim, com esta queda de rendimento ocorre um aumento do consumo de energia elétrica por m³ de água explorada em um poço.

A remoção destas incrustações, de forma eficiente e profunda permite que os poços recuperem vazões perdidas e reduzam seu consumo de energia elétrica.

3.1 – Química e Mineralogia dos Carbonatos

Os carbonatos são sais inorgânicos ou seus respectivos minerais que apresentam na sua composição química o íon carbonato CO_3^{-2}.

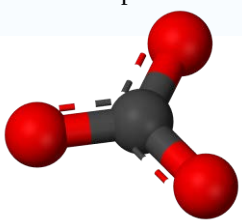


Figura 9 – Representação Gráfica do Íon Carbonato CO_3^{-2}

Na natureza os minerais de carbonato de cálcio são encontrados sob duas formas cristalinas:

- **Aragonita:** Quando seus cristais apresentam a forma ortorrômbica.
- **Calcita:** Quando seus cristais apresentam a forma romboédrica ou trigonal.

Dependendo do sistema cristalino que apresentam, os carbonatos se dividem em dois grupos:

- **Carbonatos ortorrômbicos:**
- **Carbonatos romboédricos:**

Carbonatos Ortorrômbicos:

Dentre os carbonatos anidros que se cristalizam no sistema ortorrômbico destacam-se:

- **Aragonita:** Carbonato de cálcio ($CaCO_3$)
- **Cerussita:** Carbonato plumboso ($PbCO_3$)
- **Estroncianita:** Carbonato de estrôncio ($SrCO_3$)
- **Witherita:** Carbonato de bário ($BaCO_3$)

Carbonatos Romboédricos

Dentre os carbonatos anidros que se cristalizam no sistema romboédrico ou trigonal destacam-se:

- **Calcita:** Carbonato de cálcio ($CaCO_3$)
- **Dolomita:** Carbonato duplo de magnésio e cálcio ($CaMg(CO_3)_2$)
- **Siderita:** Carbonato ferroso ($FeCO_3$)
- **Rodocrosita:** Carbonato manganoso ($MnCO_3$)
- **Smithsonita:** Carbonato de zinco ($ZnCO_3$)

A solubilização de amostras retiradas de alguns intervalos do corte efetuado no poço, não demonstrou presença significativa de ferro, que seria o elemento seguinte em importância, depois do cálcio e magnésio, presente na água de poços. Associando esta informação à qualidade atual da água, podemos dizer que a incrustação removida era formada por Aragonita/Calcita ($CaCO_3$) e subordinariamente (quantidade muito inferior) Dolomita ($CaMg(CO_3)_2$).

3.2 – Incrustações por Carbonatos

Quanto ao cálcio, seu teor nas águas subterrâneas varia, de uma forma geral, de 10 a 100mg/L, podendo atingir 250 a 300 mg/l em determinadas regiões. As principais fontes de cálcio são os plagioclásios cálcicos, calcita, dolomita, apatita, entre outros.

O carbonato de cálcio é muito pouco solúvel em água pura e assim, o cálcio ocorre nas águas na forma de bicarbonato, e sua solubilidade está em função da quantidade do CO_2 presente. Por sua vez a quantidade de CO_2 dissolvida depende da temperatura e da pressão, que são, portanto, fatores que vão determinar a solubilidade do bicarbonato de cálcio, ocasionando variações que ora levam à solubilização do carbonato de cálcio, ora levam à sua precipitação, conforme reação abaixo (equação abaixo):

$$\mathbf{Ca(HCO_3)_2} \xrightarrow[P]{\Delta} \mathbf{CaCO_3\downarrow + CO_2\uparrow + H_2O}$$

onde, Δp = é variação de pressão.

Para se remover as incrustações formadas por carbonato de cálcio, é necessário que se quebre estas moléculas, e que os íons se mantenham solúveis, possibilitando a sua remoção. Desta forma foi aplicado o NO RUST, que possui estas propriedades, e possibilita que as operações sejam realizadas com pH na faixa de 1,8 a 2,4, que acelera muito a solubilidade dos metais e melhora os resultados, principalmente se comparado com o ácido cítrico que trabalha na faixa de 3,5 a 4,5 e se oxida com o ar durante as operações, e esta oxidação ocasiona um aumentando do pH e perda de eficiência.

O NO RUST se mostrou capaz de solubilizar os depósitos de carbonato de cálcio com grande velocidade e segurança, sem agredir os metais do poço, mantendo o pH baixo, e os íons metálicos solúveis, possibilitando sua rápida remoção ao término dos trabalhos. DOMENICO & SCHWARTZ (1998) citam que os metais são muito mais móveis nas águas subterrâneas com pH baixo.

4. AGENTES APLICADOS E CÁLCULO DE VOLUME

O agente escolhido para a desincrustação foi o NO RUST, que já vem sendo utilizado pela SABESP e diversas outras Cias. Estaduais de Saneamento, há alguns anos, com conhecida eficiência.

Este agente é isento de metais pesados, possui certificado como não tóxico tipo DL 50 > 2.000 mg/kg, é patenteado, e criado especificamente para poços, e foi escolhido por sua combinação de eficiência e segurança na aplicação, principalmente se comparado a aplicações de ácido muriático (clorídrico hidratado) utilizado no passado, que não é indicado para poços, pode conter expressivas contaminações (inclusive por metais pesados), pode gerar sub-produtos perigosos, agride os metais dos poços, e implica em severos riscos de manuseio e a saúde dos funcionários, além de danos ao meio ambiente.

Para cálculo do volume NO RUST a ser aplicado no poço, foi considerado o volume de incrustações estimado e considerado que em ambos os poços as perfilagens óptica tiveram que ser interrompidas por perda do diâmetro dos poços causada pelas incrustações (furos de 9 7/8" e 12 ¼" tendo a câmera 4 ½"), e que poços em condições similares apresentaram 1 a 2" de incrustação nos filtros.

Multiplicando a espessura média das incrustações pelo diâmetro de cada poço, nos intervalos filtrantes,, chego-se a aproximadamente 1,73 m³ de incrustação possível em cada um dos poços, só nos intervalo de produção. Aplicando a densidade média de um carbonato de 2,9 g/cm³ a este volume de 1,73 m³, encontramos 5 toneladas de incrustação que poderiam estar depositadas nos intervalos de produção de cada um dos poços.

O desincrustante utilizado tem densidade de 1,63 g/cm³ e o volume aplicado no P15 foi de 1.700 litros (peso total de 2.771 Kg e 1.450 l (2.363 Kg) no P18, suficientes para remover 4 a 4,5 T do carbonato de cálcio.

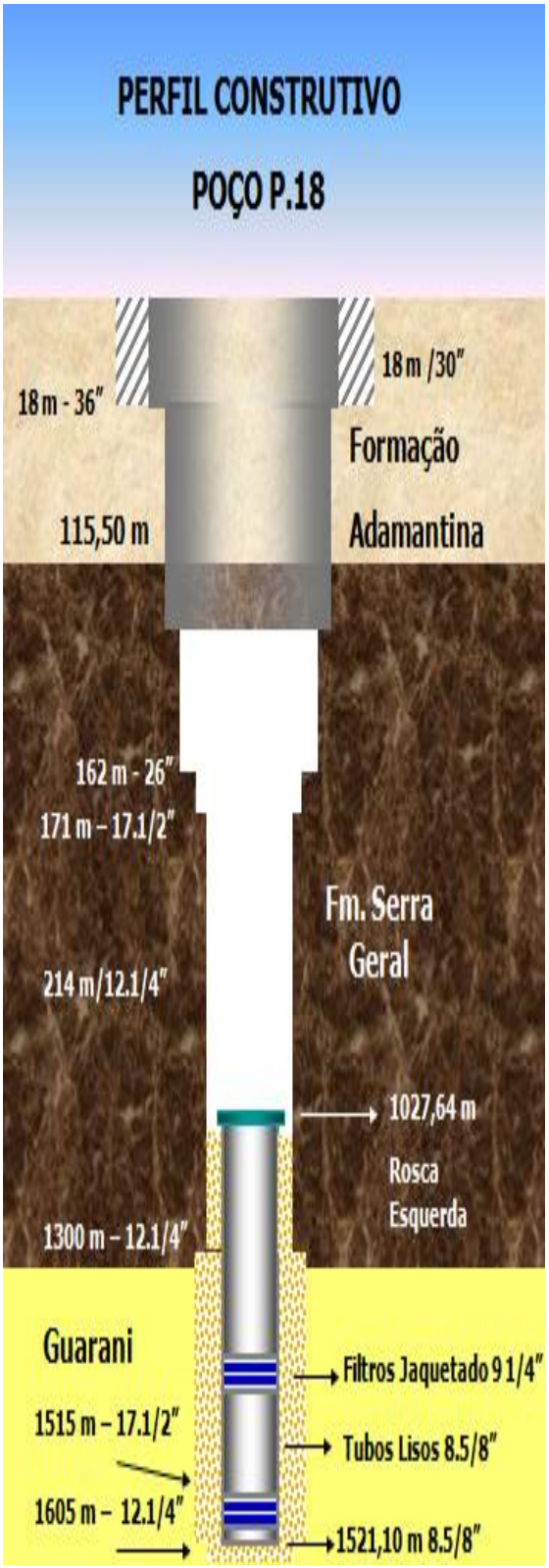
A relação "massa de incrustação x massa de desincrustante" é muito importante, e deve ser sempre avaliada com cuidado, pois aplicação com quantidade reduzida do desincrustante pode se traduzir em resultados inferiores aos possíveis com a aplicação das quantidades necessárias.

Os volumes de carbonato presentes no furos de 9 7/8 (P15) e 12 ¼" (P18) não foram considerados, pois foram cortados mecanicamente e o desincrustante foi aplicado somente no intervalo de produção dos poços.

Para desinfecção final foi utilizado, o bactericida de nome comercial FERBAX, isento de compostos de cloro (não tem possibilidade de geração de THM) , criado para aplicação em poços, patenteado pelo fabricante, que também possui certificado de produto não tóxico tipo DL 50 > 2.000 mg/kg.

5. PERFIS GEOLÓGICOS E CONSTRUTIVOS DOS POÇOS





6. DESCRITIVO DAS OPERAÇÕES P15 (POÇÃO I – em 2009)

17/12/2008 a 20/12/09
Transporte e Instalação do Canteiro

- Transporte e montagem de equipamentos e infra-estrutura de apoio.
- Posicionando da sonda, montagem de tanques e circuito de lama; Preparação de ferramental.

21/12/2008
Repasse (desobstrução da perfuração)

- Descendo ferramental para inicio do repasse com broca "tricone" de 12 ¼" a partir de 72,70 m, circulando água para limpeza, desceu girando com pouca resistência até 134 m, nesta profundidade começou a aumentar a resistência com produção de material carbonático até os 184 m; de 184 a 200 m apresentou maior resistência ao avanço, nos últimos metros começou a prender a broca.
- Retirada da ferramenta com broca de 12 ¼"; Descida de ferramental com broca de 8 ¾".

22/12/2008
Repasse (desobstrução da perfuração)

- Iniciando repasse com "tricone" de 8 ¾" a partir de 200 m; circulando água para limpeza, avanço com resistência a descida, desceu até 550 m, com produção de material carbonático.
- Retirada da ferramenta com broca de 8 ¾".

23/12/2008 a 05/01/2009

- Recesso de Natal e Ano Novo

06/1/2009
Repasse (desobstrução da perfuração)

- Descida de ferramenta e corte com broca "tricone" de 8 ¾" de 550 m a 688 m; circulando água para limpeza; maior resistência ao avanço; produzindo muito material carbonático recortado.

07/1/2009
Repasse (desobstrução da perfuração)

- Corte com "tricone" de 8 ¾" de 688 até 880 m; perda de circulação; poço "bebendo"lama.
- Preparando lama a base de CMC, consumo de 730 kg.

08/1/2009
Repasse (desobstrução da perfuração + confirmação do topo do revestimento)

- Após injeção de lama a base de CMC foi restabelecida a circulação, iniciando com forte produção de material carbonático.
- Repasse com broca "tricone" de 8 ¾". de 880 até 1.154 m.
- Após os 1.150 m, começou controle de peso e avanço para confirmar o topo do revestimento, aos 1.154 m topou, confirmando com apoio de 2 Ton.

09/1/2009
Limpeza do furo e descida de hastes para bombeamento

- Circulando lama para limpeza do furo, até parar de produzir material (08 horas).
- Trocando lama de CMC por água limpa e injetando água por 06 horas.
- Retirando ferramenta com broca e descendo hastes de 5 ¾" para bombeamento pela camisa.

10/1/2009
Bombeamento inicial aos 90 e 210 m

- Nível d' água aos 33,40 m.
- Início do bombeamento com ar comprimido, utilizando 01 compressor de alta pressão e ponta da haste aos 90 m de profundidade, que não resultou em produção de água por baixa submergência.
- Descida de hastes até os 210 m de profundidade e bombeamento com ar comprimido, operando em regime de 60/72 seg. saindo água para 120/160 seg. saindo somente ar **(Figura 10).**
- Nesse regime não consegue levantar sujeira. Água com temperatura em torno dos 40 °C
- Descendo a ferramenta no fundo para bombeamento por dentro do hasteamento.

11/1/2009
Bombeamento para limpeza

- NE aos 33,50 m; bombeamento com vazão muito baixa, em torno de 10 m^3/h.
- Descida de hastes até os 1.154m, com injetor por dentro aos 75,30 m;
- Descida do Injetor aos 114 m; Iniciando o bombeamento, vazão de 20 m3/h; água limpa.



Figura 10. Detalhe do bombeamento P 15, antes da aplicação do desincrustante, com regime de 60/72 segundos saindo água para 120/160 seg. saindo somente ar; vazão estimada de 40 a 50 m³/h.

12/1/2009

Aplicação de NO RUST

- Retirando o injetor interno de 1 ½" e preparando para injeção do desincrustante.
- Injetando **1.200 l de No Rust** das 18: 50 as 19: 50 h **(Figura 11)**; deslocando o produto para fora das hastes com a injeção de água limpa em volume de 20 m³; tempo de ação do agente.
- Descendo injetor interno de 1 ½" aos 114 m.



Figura 11. Aplicação inicial de 1.200 l de NO RUST – P 15.

13/1/2009

Remoção de incrustações solubilizadas

- Bombeando com 01 compressor, vazão 20 m3/h;
- Descida do injetor para 174 e retomada do bombeamento com vazão em torno de 25 a 30 m³/h.
- Água muito turva com aspecto esbranquiçado, pouco material sólido.

14/1/2009

Bombeamento de limpeza e verificação de resultados

- Bombeamento por mais 08 horas, com água ainda turva; retirada do injetor e subida das hastes para 210 m de profundidade, para bombeamento pela camisa.
- Iniciando bombeamento com um compressor para comparação dos resultados com o bombeamento do dia 10/01/09.
- O regime de bombeamento passou a ser de 30 seg. com água por 30 seg. sem água, o volume produzido é o mesmo, **assim a vazão relativa dobrou** em relação ao primeiro bombeamento antes da aplicação do desincrustante. A temperatura da água subiu para valor ao redor dos 50 °C.
- Produzindo pouco carbonato, forte turbidez e produção de areia muito fina cinza clara.

15/1/2009

Bombeamento de limpeza e verificação de resultados

- Bombeamento com dois compressores, regime constante, saindo água sem intervalos.
- Vazão estimada entre 250 e 300 m3/h.
- Água muito turva com produção de material sólido (carbonato, pedaços de basalto, areia muito fina), com meia hora a água ficou limpa só com areia fina.

16/1/2009

Bombeamento de limpeza

- Bombeamento com 02 compressores, e com a confirmação dos resultados foi recomendado nova aplicação do desincrustante.

17/1/2009

Nova aplicação do desincrustante

- Descendo hastes a 1.154 m e preparando para a nova injeção de ***NO RUST.***
- Injetando **500 l de No Rust** das 10: 30 as 11: 00 h e deslocando o produto para fora das hastes.
- Deixando o produto agir por 5 horas.
- Subindo hasteamento aos 210 m para bombeamento pela camisa.
- Bombeamento com 2 compressores; saindo água sem interrupção;
- Vazão estimada entre 350 e 400 m3/h **(Figura 12).**
- Água muito turva com produção de material sólido (carbonato, pedaços de basalto, areia muito fina), com 1 hora a água ficou limpa só com produção de areia fina.
- O bombeamento realizado pela camisa do poço impossibilita a medição de vazão, mais foi possível avaliar o aumento de vazão em relação à primeira aplicação.
- Temperatura da água elevou mais ainda, chegando aos 54 ºC; pH 7,8



Figura 12. Detalhe do bombeamento final (P 15) após a aplicação do desincrustante, sem a interrupção da produção de água (regime contínuo), com vazão estimada de 350 a 400 m³/h.

18/1/2009 e 19/01/09

Bombeamento com compressor

- Bombeamento com ar comprimido executando operações de liga e desliga
- Retirada da ferramenta e encerramento da etapa de limpeza com compressor, aguardando desenvolvimento e teste de vazão com bomba submersa.

24/1/2009

Descida de bomba submersa e início de bombeamento

- Descendo bomba submersa marca Ebara, modelo BHS- 1010 – 140 CV, aos 113 m de profundidade.
- Edutor: hasteamento de 5 pol e NE aos 33,50 m.
- Iniciou a limpeza com registro estrangulado e vazão de 80 m3/h.
- Água turva esbranquiçada (leitosa), sem areia fina; após 2 horas água limpa.
- Aumentou a vazão para 120 m3/h., turvou a água, com ½ h água limpa, sem areia fina.
- Aumentou a vazão para 170 m3/h., turvou a água, com 1 h água limpa, sem areia fina.
- Abriu todo o registro vazão de 186 m3/h., turvou a água, com 1 h água limpa, com areia fina no inicio, passando a menor teor durante o bombeamento.

25/1/2009

Bombeamento de limpeza com bomba

- Bombeamento com a bomba submersa, executando operações de liga e desliga.
- Vazão em torno de 180 m³/h.; presença constante de areia (teor igual a obtido na operação antes da perda de vazão); Encerrando limpeza e recuperando o poço para iniciar teste de vazão.

26/1/2009

Teste de Vazão

- Nível estático = 32,82 m; tempo de bombeamento: 24 horas.
- Vazão: 166,70 m3/h **(Figura 13).**
- Nível dinâmico: 51,50 m
- Rebaixamento: 18,68 m.
- Capacidade específica: 8,92 m3/h/m
- Características da água: limpa com presença de areia fina.
- Escalonados: 3 etapas de 3 horas.
- Primeira Etapa: vazão de 116,00 m3/h – Nível dinâmico: 36,45 m.
- Segunda Etapa: vazão de 155,80 m3/h – Nível dinâmico: 45,50 m.
- Terceira Etapa: vazão de 166,70 m3/h – Nível dinâmico: 51,50 m.
- Condições de Operação Previstas: Vazão: 190 m3/h com ND a 56,57 m; Vazão: 200 m3/h – ND a 57,82 m; Vazão: 210 m3/h – ND a 59,07 m; todas com profundidade da bomba = 72 m.



Figura 13. Detalhe do teste de bombeamento P 15.

7. DESCRITIVO DAS OPERAÇÕES P18 (POÇÃO IV – em 2011)

07/04/2011 a 10/04/11
Transporte e Instalação do Canteiro

- Transporte e montagem de equipamentos e infra-estrutura de apoio.
- Posicionando da sonda, montagem de tanques e circuito de lama; Preparação de ferramental.
- Retirando a bomba Submersa Pleuger 100 HP, instalada a 146 m e Edutor Fixo Flangeado Ø 300 mm

11/04/2011 a 17/04/2011
Repasse (desobstrução da perfuração)

- Termino da montagem do canteiros e tanques e início do repasse com broca "tricone" de 12 ¼".

18/04/2011 a 01/05/2011
Repasse (desobstrução da perfuração)

- Repasse com "tricone" de 12 ¼" de 171 a 1.024,17 m(topo da rosca esquerda).
- Circulação com lama para remoção de todo material cortado com broca de 12 ¼".

02/05/2011 a 08/05/2011
Repasse (desobstrução do intervalo de produção)

- Descida de ferramenta e corte com broca "tricone" de 6 5/8" dentro dos tubos e filtros de 8 5/8" entre 1.024 a 1.499 m.

09/05/2011
Bombeamento inicial com compressor para limpeza

- Início do bombeamento com ar comprimido, utilizando 01 compressor de alta pressão, com injetor aos 240 m e ponta da haste aos 1.490 m. **(Figura 14).**



Figura 14. Bombeamento depois do corte mecânico e antes do NO RUST – P18

10/05/2011
Bombeamento para limpeza

- Retirada da ferramenta e descida de hastes abertas até 265 m e bombeamento com 02 compressores de 950 CFM x 325 Lbs/pol².

11/5/2011 a 15/05/2011
Aplicação de NO RUST

- Descida de hastes até 1.299 m, e primeira aplicação de **825 l de NO RUST**, seguida da injeção de 10 m³ água limpa para deslocar o produto para fora das hastes; tempo de ação do agente. **(Figura 15).**
- Bombeamento de limpeza com 02 compressores a ponta da ferramenta a 1.299 m (30 horas).
- Segunda aplicação de **NO RUST** em volume de 600 l, seguida da injeção de 10 m³ água limpa para; deslocar o produto para fora das hastes; tempo de ação do agente.
- Bombeamento de limpeza com 02 compressores por 60 horas, com ferramenta a 1.299 m **(Figura 16).**



Figura 15. Detalhe da aplicação do NO RUST – P18



Figura 16. Bombeamento de limpeza final após o NO RUST – P18

16/05/2011 a 19/05/2011
Retirada da Ferramentas e Instalação de bomba de Teste

- Retirada de ferramentas; descida de edutor fixo flangeado e descida de bomba para teste de vazão a 146 m de profundidade.

20/05/2011 a 22/05/2011
Teste de Vazão

- Nível estático = 60,70 m; tempo de bombeamento: 24 horas.
- Vazão: 204,00 m/h
- Nível dinâmico: 80,59 m
- Rebaixamento: 19,89 m.
- Capacidade específica: 10,25 m3/h/m
- Características da água: limpa sem presença de areia.

8. RESULTADOS OBTIDOS QUANTO A VAZÃO

Os resultados obtidos nos testes de vazão, e sua interpretação, confirmam o êxito das operações nos dois poços com a reabilitação destes e recuperação das capacidades específicas.

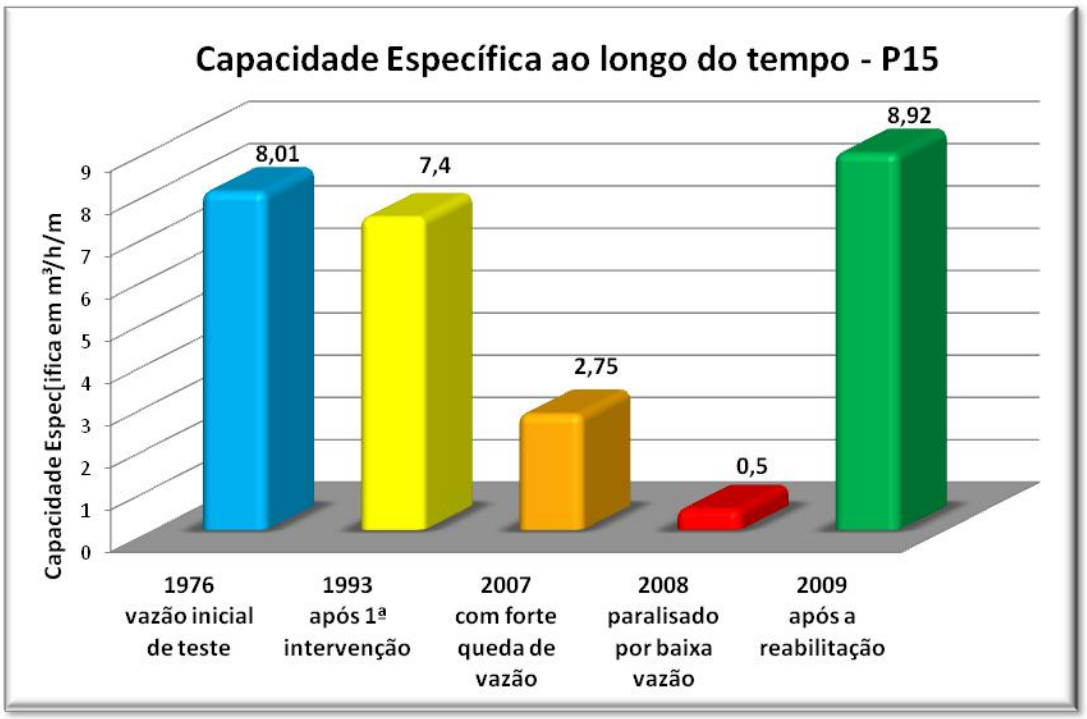


Gráfico 01. Capacidade Específica em m³/h/m, do P15 – SABESP – Fernandópolis ao longo do tempo, com ênfase para os resultados após a desincrustação química em 2009.

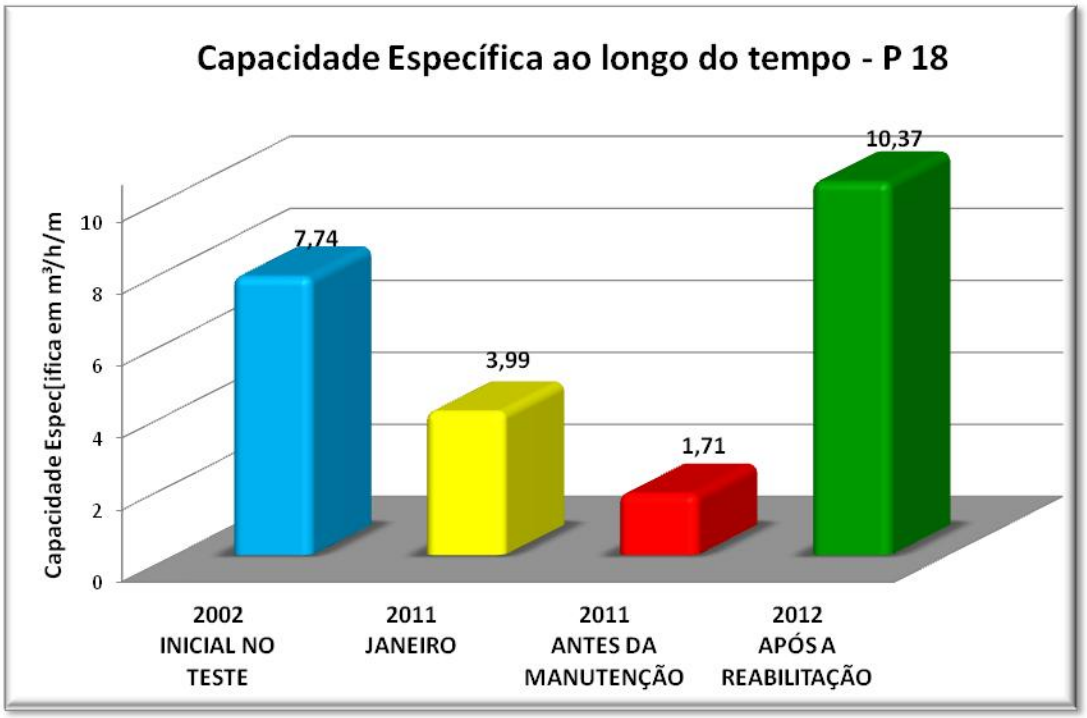
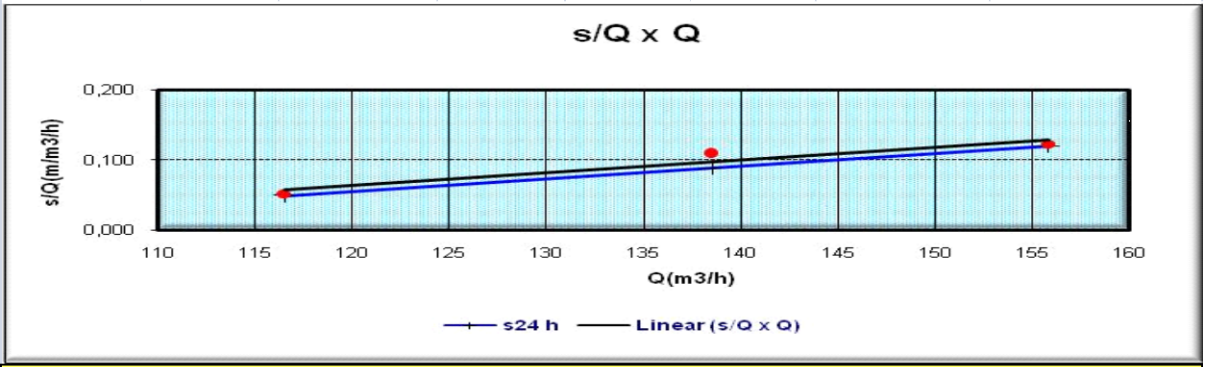


Gráfico 02. Capacidade Específica em m³/h/m, do P18 – SABESP – Fernandópolis ao longo do tempo, com ênfase a imensa diferença entre "antes" e "após" os trabalhos com *NO RUST*.

INTERPRETAÇÃO DE TESTE DE BOMBEAMENTO - P 15 (Poção I)							
Poço:	P15				Município:	FERNANDOPOLIS	
EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO							
tipo:	Bomba submersa		marca:	EBARA	potência	140 HP	
diam.(pol.):	8		modêlo:	1010-08	Prof. Crivo	110 m	
Prof. N.E.(m):	32,82			referência de medidas:		SOLO	
DADOS DO TESTE							
	Início				Término		
Data	26/01/2009	hora:	13:00	data:	27/01/2009	hora:	13:00
Q (m3/h)	N.D.(m)	s med (m)	s/Q (m/m3/h)	Q/s (m3/h/m)	duração (h)	s calc (m)	s/Q calc (m/m3/h)
166,70	51,50	18,68	0,1121	8,9240	24,00	20,13	0,1208
116,00	36,45	3,63	0,0313	31,9559	3,00	4,69	0,0404
138,50	45,50	12,68	0,0916	10,9227	3,00	10,54	0,0761
155,80	49,31	16,49	0,1058	9,4482	3,00	16,12	0,1035
166,70	51,50	18,68	0,1121	8,9240	24,00	20,13	0,1208



INTERPRETAÇÃO							
Equação tipo:	s=B*Q+C*Q^2					Q/s (m3/h/m) =	8,923983
B =	(0,1435)					s/Q (m/m3/h) =	0,112058
B(24h)=	(0,1435)				Eficiência (BQ/(BQ+CQ^2)x100)=		
C=	1,6E-03					T (m2/dia) =	317,5

Figura 17. Dados e Interpretação do Teste de Vazão em 2009 – P15.

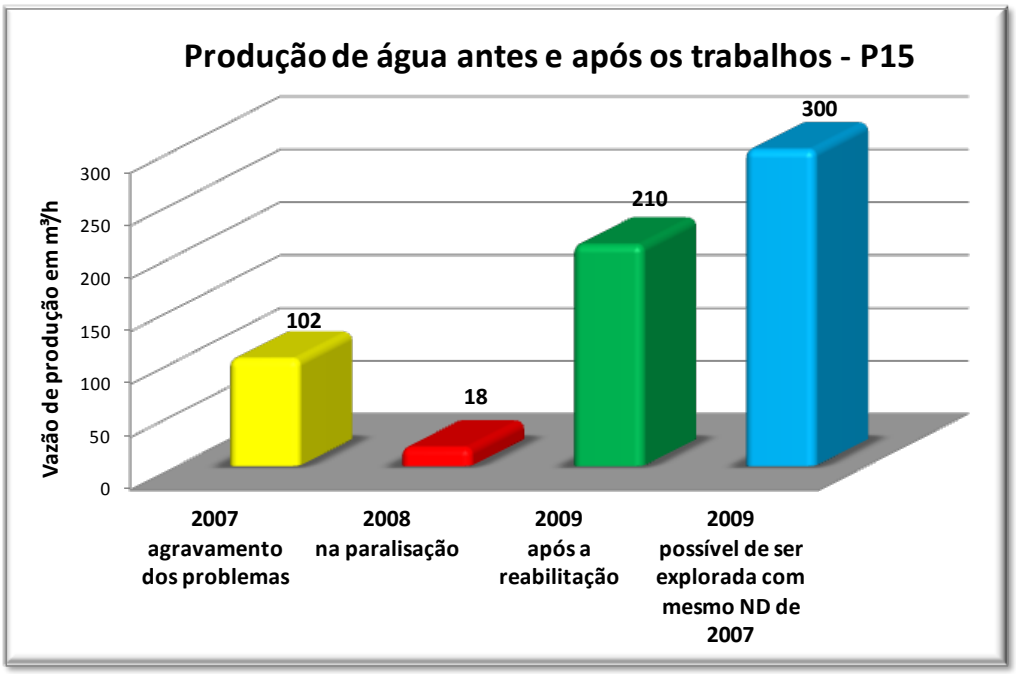


Gráfico 03. Vazão comparativa antes e após as operações de desincrustação, com ênfase a possibilidade de exploração de 300 m³/h com mesmo ND de 2007- P 15.

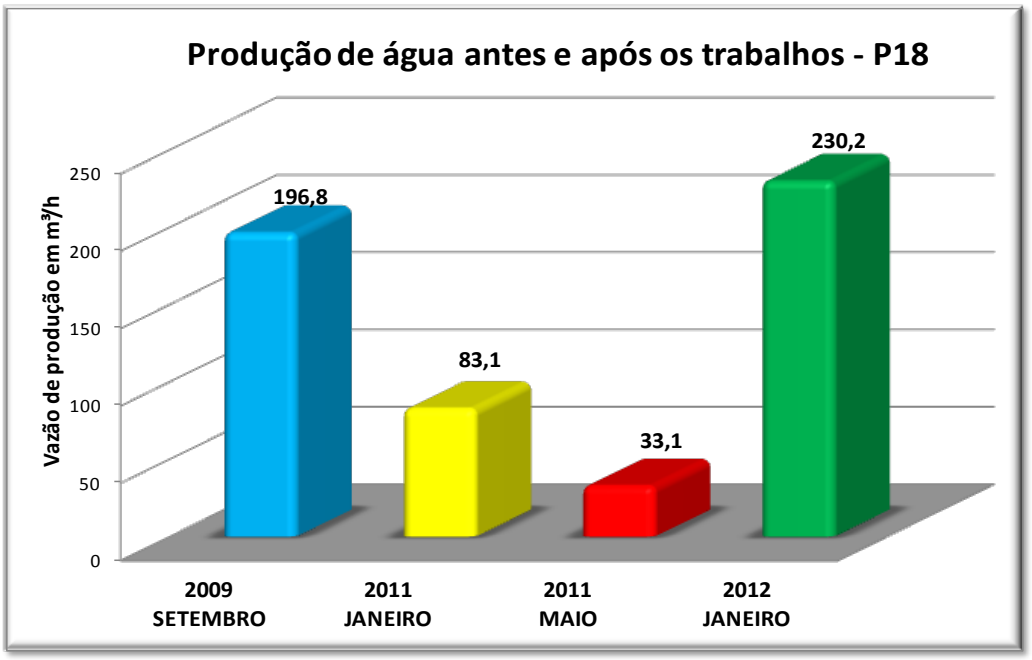


Gráfico 04. Vazão comparativa antes e após as operações de desincrustação - P 18.

9. REDUÇÃO NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Para a interpretação dos dados de consumo de energia foram utilizados os dados históricos da SABESP, de consumo de energia em Kw e produção de água em m³ (total mensal e instantânea), além de medidas atuais obtidas de forma instantânea com instrumentação apropriada. As **Tabelas 02 e 03** detalham o consumo de energia elétrica em Kw/m³ de água produzida pelo poço, e quantidade de água em m³, produzida para cada Kw de energia elétrica consumido nos Poços 15 e 18 ao longo do tempo e antes e após as reabilitações.

P 15 (Poção I)				
Ano / Consumo	2006 Janeiro	2007 Maio	2007 Agosto	2009 Fevereiro
Kw/m³	0,38	0,67	1,02	0,36
m³/Kw	2,63	1,62	0,98	2,75

Tabela 02. Comparativo de consumo de energia e produção de água ao longo do tempo P15.

Estes dados demonstram, que após os trabalhos houve no P 15 uma redução de energia elétrica de 46,26 % em relação ao consumo do início do ano de 2007, e um aumento de produção de água de 180,60 % por Kw consumido de energia. Um comparativo percentual de períodos é detalhado abaixo:

Comparativo entre períodos de Maio de 2007 e Fevereiro de 2009 (após a reabilitação).

- **Redução do consumo de energia elétrica** após a reabilitação = **(-) 46,60 %**
- **Aumento na produção de água** apos a reabilitação, por Kw consumido = **+ 69,75 %**

Comparativo entre períodos de Agosto de 2007 e Fevereiro de 2009 (após a reabilitação).

- **Redução do consumo de energia** elétrica após a reabilitação = **(-) 64,70%**
- **Aumento na produção de água** apos a reabilitação, por Kw consumido = **+ 180,60%**

P 18 (Poção IV)				
Ano / Consumo	2009 Setembro	2011 Janeiro	2011 Maio	2012 Janeiro
Kw/m³	0,35	0,75	1,89	0,35
m³/Kw	2,82	1,31	0,52	2,80

Tabela 03. Comparativo de consumo de energia e produção de água ao longo do tempo – P18.

Os dois poços demonstraram certa similaridade nas perdas de eficiência na produção de água, e aumento do consumo de energia antes das manutenções, com o P18 mostrando uma expressiva redução da produção de água / Kw de energia consumido em Maio 2011, antes das operações (0,52 m³/KW), e assim a sua reabilitação proporcionou um aumento de 438,46 % nesta produção de água, passando de 0,52 para 2,80 m3/kW.

Comparativo entre períodos de Maio de 2011 a Janeiro 2012 (após a reabilitação).

- **Redução do consumo de energia** elétrica após a reabilitação = **(-) 81,48 %**
- **Aumento na produção de água** apos a reabilitação, por Kw consumido = **+ 438,46%**

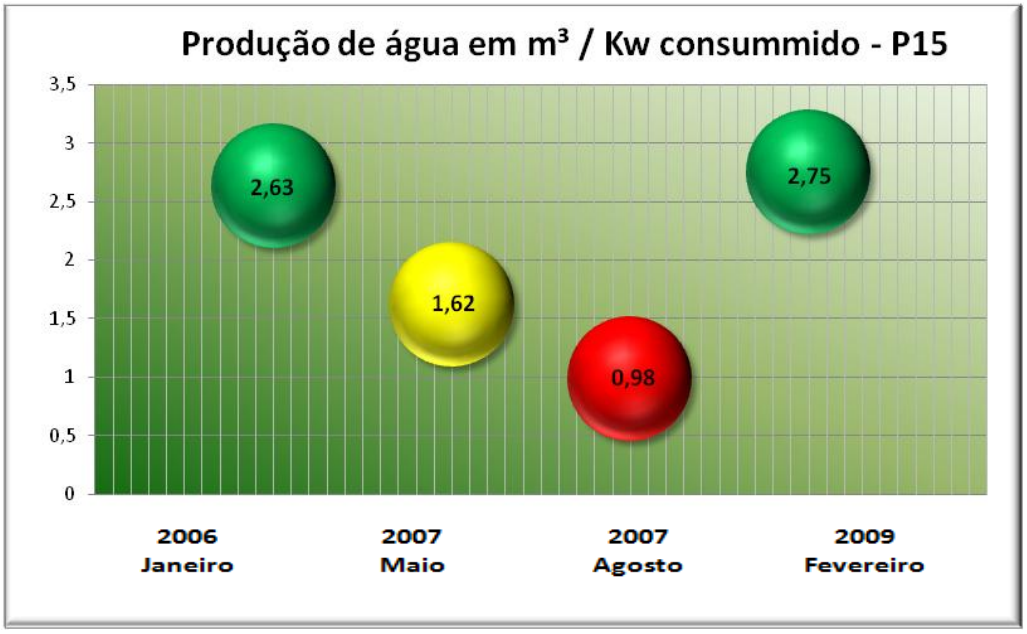


Gráfico 05. Gráfico comparativo da produção de água em m³/ Kw de energia elétrica consumida – P 15

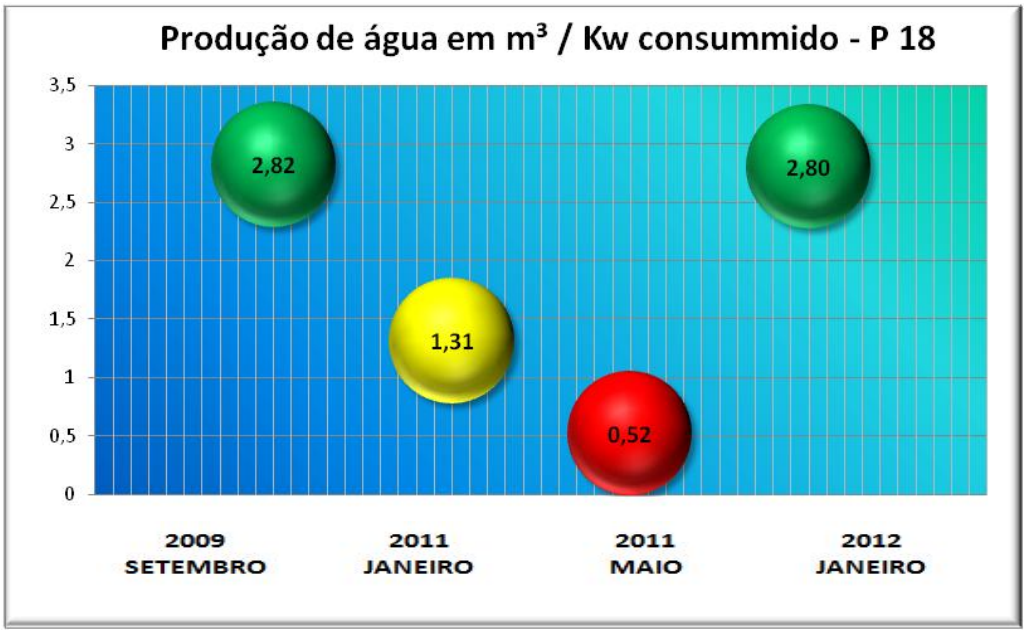


Gráfico 06. Gráfico comparativo da produção de água em m³/ Kw de energia elétrica consumida – P 18

Considerando no P15 a produção atual de 200 m/h x 440 horas/mês (média de 14,6 h/dia) temos uma produção mensal de 88.000 m³, com um consumo de 32.000 Kw/mês, que aplicado sobre o consumo do início de 2007, antes dos trabalhos, teremos um consumo de 54.320 Kw, para se produzir o mesmo volume de água, ou seja, a condição atual de exploração de água no poço, após a reabilitação, oferece uma redução de 41,08 % no consumo de energia elétrica, com uma redução de 22.320 Kw/mês, ou 267.840 Kw/ano, somente nesta operação de reabilitação de um poço.

Se compararmos com Agosto de 2007, onde o problema havia se agravado, o consumo em 2007 seria superior em 57.795 Kw/mês (693.540 Kw por ano a mais). Além deste acréscimo do consumo de energia, em 2007 o poço já trabalhava com praticamente 5,5 vezes a menos do que sua capacidade específica, e assim a produção máxima foi de 7.920 m³/mês, que comparada com a produção atual de água após a reabilitação, de 88.000 m³/mês, é menos do que 10 % do que produz hoje.

O P18 se encontra com uma produção média mensal de água de 43.138 m³ e consumo de energia de 15.358 kW/mês, com uma média diária de trabalho de 07 horas/dia (Janeiro 2012), sendo que se considerarmos os números de Maio de 2011 seriam necessários 82.957 Kw, ou seja **5,40 vezes mais energia elétrica para se produzir o mesmo volume de água.**

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia empregada se mostrou adequada e muito eficiente, culminando com a recuperação total dos dois poços.

A capacidade específica atual do P15, após os trabalhos, de 8,92 m³/h/m, é 243,63 % maior do que em 2007 (2,75 m³/h/m) quando os problemas começaram a se agravar, e 17,8 vezes maior do que em 2007 (0,50 m³/h/m) no agravamento do problemas e paralisação do poço.

Quanto ao P18, sua capacidade específica após os trabalhos é 6,06 vezes maior do que antes do trabalhos, com um imenso ganho na produção de água, permitindo a redução do tempo de operação por dia.

Comparando as capacidades específicas atuais, com as dos inícios das operações: P15 = 8,01 m³/h/m; P 18= 7,74 m³/h/m, para P15 = 8,921 m³/h/m; P 18= 10,37 m³/h/m, após os trabalhos, podemos dizer que os poços estão totalmente recuperados.

O rebaixamento do nível estático no P15 para 33,82 m, ao longo de 35 anos, e no P18 para 60,70 m em 10 anos, se devem a descompressão do aquífero.

.

O resumo de resultados comparativos entre a situação atual, após a reabilitação, com Maio de 2007 para o P15 (no início do agravamento do problemas), está detalhado abaixo (não foram utilizados os dados de Agosto de 2007, pois a situação estava em nível crítico). Para o P18 utilizou-se o período de Janeiro de 2011 para janeiro de 2012, pois em Maio de 2011 a situação também era crítica e os resultados seriam ainda mais expressivos.

RESUMO DE RESULTADOS P 15 (Poção I)	
Aumento do fornecimento total de água em m³/hora	**100,00 m³/h**
Aumento do fornecimento total de água em m³/ano	**528.000 m³/ano**
Aumento da capacidade específica do poço	**243,63%**
Aumento percentual na produção de água	**100,00 %**
Redução do consumo de energia elétrica em Kw/m³	**46,60 %**
Economia mensal de energia elétrica para se produzir o mesmo volume de água	**22.320 Kw/mês**
Economia anual de energia elétrica para se produzir o mesmo volume de água	**267.840 Kw/ano**

Tabela 04. Comparativo de resultados entre Maio 2007 a Fevereiro 2009 – P15.

RESUMO DE RESULTADOS P 18 (Poção IV)	
Aumento do fornecimento total de água em m³/hora	**147,10 m³/h**
Aumento do fornecimento total de água em m³/ano	**776.680 m³/ano**
Aumento da capacidade específica do poço	**159,99%**
Aumento percentual na produção de água	**177,00 %**
Redução do consumo de energia elétrica em Kw/m³	**53,34 %**
Economia mensal de energia elétrica para se produzir o mesmo volume de água	**17.577 Kw/mês**
Economia anual de energia elétrica para se produzir o mesmo volume de água	**210.924 Kw/ano**

Tabela 05. Comparativo de resultados entre Janeiro de 2011 a Janeiro 2012 – P18.

Considerando os dois poços em conjunto, a reabilitação com NO RUST pode proporcionar uma economia anual de energia elétrica de 478.764 KW, e uma possibilidade de aumento de produção de água de 1.304.160 m³/ano (em um regime médio de 14.46 h/dia x 365 dias/ano).

Quanto a escolha do desincrustante utilizado no intervalo de produção do poço, a base e orto-fosfatos de características ácidas (NO RUST), este se mostrou muito eficiente, inclusive mantendo sua capacidade de desincrustação e manutenção de pH baixo, mesmo com elevadas pressões (até 160 Kg/cm²), removendo assim as incrustações, o que permitiu a recuperação de capacidade específica e produção de água do poço, com total segurança nas aplicações e descarte.

O primeiro teste de produção no Poço 15, realizado com compressor, após o corte mecânico das incrustações e desobstrução do poço até 1.150 m de profundidade demonstrou vazão aparente de 30 a 50 m³/h (regime de 60/72 seg. saindo água para 120/160 seg. sem sair água), com temperatura ao redor de 40 °C, e a repetição deste ensaio de produção nas mesmas condições, após a aplicação do desincrustante, demonstrou vazão aproximada de 200 m³/h (regime de 30 seg. saindo água por 30 seg. sem sair água), e a elevação da temperatura pra 50 °C, comprova a eficiência da desincrustação química, que possibilitou a recuperação do poço.

O Poço 18 se mostrou em condição similar, ou seja, após o corte mecânico das incrustações (por dentro do poço) este não demonstrou recuperação de vazão, que só veio a ocorrer após a aplicação do NO RUST que atua de quimicamente removendo as incrustações nos filtros, pré-filtro e dentro da formação Geológica, permitindo assim que as vazões voltem ao que eram antes.

Como a incrustação é um fator constante, os níveis e vazões devem ser acompanhados ao longo do tempo, para que sejam efetuadas manutenções preventivas, antes do agravamento dos problemas.

A realização de manutenções preventivas tem custo menor do que as corretivas, além de prevenir que o poço venha a operar em regime de maior consumo de energia elétrica, e com menor produção de água, o que aumenta seus custo operacional e diminui sua receita, além da redução do volume de água para fornecimento, e é assim é fortemente recomendado que ser realizem as manutenções preventivas e com a utilização do NO RUST.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DAEE - DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, Manual de Operação e Manutenção de Poços - DAEE, São Paulo, 1982, 2ª ed, 90p.
2. DRISCOLL, F.G. 1995. Groundwater and wells. 2ª Ed., Johnson Screens, St. Paul, Minnesota, 1089 p.
3. DOMENICO, P.ª; SCHWARTZ, F.W. 1998. Physical and Chemical hydrogeology. 2a Ed., John Wiley & Sons, Nova York, 506 p.
4. HANTUSH, M.S. 1956. Analysis of data from pumping tests in leaky aquifers. Am. Geophys. Union Transactions, Washington, 37:702-714.
5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. CDROM.
6. MAPA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2005, ESCALA 1:100.000 – DAEE, IG,IPT,CPRM, 119 p.
7. MARTINS NETTO, J.P.G; DINIZ, H.N., 2002. Perspectivas De Redução De Íons Metálicos Nas Águas Subterrâneas A Partir De Processos De Desincrustação Química Em Poços Tubulares Profundos – Estudo De Um Caso Em Ribeirão Preto, SP. Livro de Resumos... XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis, ABAS/DNPM/UFSC-PPGEA, - 2002, CD-ROM
8. MARTINS NETTO, J.P.G.; DINIZ, H.N., 2002. FRANCO F., F.W.B., BIANCHI N., C., Desincrustação Química Em Poços Tubulares Profundos A Partir da Utilização de Ortofosfatos Ácidos – Estudo De Um Caso Em Presidente Prudente, SP -. XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, Florianópolis, ABAS/DNPM/UFSC-PPGEA, - 2002, CD-ROM
9. MARTINS NETTO, J.P.G; , 2007. FRANCO F., F.W.B., BIANCHI N., C., O.: Aumento da Produção de Água, Redução do Consumo de Energia Elétrica e Recuperação de Investimentos, Através da Manutenção e Desincrustação Química em Poços, com a Utilização de Produtos a Base de Orto-Fosfatos Ácidos, XVIII - AESABESP , São Paulo, SP.
10. MARTINS NETTO, J.P.G; , 2009. FRANCO F., F.W.B., BIANCHI N., C., O.: A Recuperação do Poços Sabesp – Fernandópolis P15 com 1.460 m de Profundidade, Combinando Ação Mecânica com Ortofosfatos Ácidos - XX - AESABESP , São Paulo, SP.
11. WIKIPEDIA - http://pt.wikipedia.org