

REABILITAÇÃO DE POÇOS TUBULARES PARALISADOS POR BAIXA VAZÃO, ATRAVÉS DE PROCESSOS QUÍMICOS DE ALTA EFICIÊNCIA.

Carlos Alberto de Freitas¹, Antônio Reinaldo Clemente², José Paulo G. M. Netto³.

RESUMO

O aquífero granular Amaro Lanari compreende as coberturas aluvionares do rio Piracicaba, na cidade de Coronel Fabriciano – MG, que conta com uma bateria de 30 poços em operação, abastecendo a cidade de Ipatinga e parte de Coronel Fabriciano, atendendo aproximadamente 450.000 habitantes. Os poços C28 e C29, desta bateria, apresentaram queda significativa de vazão por incrustações, e tiveram sua exploração interrompida em 2005 e 2006, respectivamente. A reabilitação destes poços através da utilização de químicos de alta eficiência, em 2007, possibilitou a recuperação de suas vazões originais. O poço C28, paralisado com vazão de 5,0 l/seg (18,0 m³/h) atualmente está em operação explorando uma vazão de 40,0 l/s (144,0 m³/h), ou seja, 800 % maior que a vazão no momento da paralisação, e o poço C29, equipado para explorar vazão semelhante, é mantido como reserva.

Estes importantes resultados indicaram novas operações nos outros poços, e o trabalho realizado na sequência no C31, permitiu a recuperação de vazão de 25 l/s (90,0 m³/h) para 76,0 l/s (273,60 m³/h), que representa um aumento da produção de água de mais de 300 %, com o mesmo poço, que proporciona acréscimo do fornecimento de água, aumento do faturamento no sistema.

ABSTRACT

The granular aquifer Amaro Lanari corporate the aluvionares covers of the Piracicaba river, in the city of Coronel Fabriciano - MG, which counts on a battery of 30 water wells in operation, supplying the city of Ipatinga and part of Coronel Fabriciano, attending approximately 450,000 habitants. The wells C28 and C29, of this battery, presented significant decline of outflow by incrustations, and had its exploration interrupted in 2005 and 2006, respectively. The rehabilitation of these wells through the use of chemistries of high efficiency, in 2007, made possible the recovery

Palavras chaves: Reabilitação de Poços, Processos Químicos, Ortofosfatos ácidos

(1) Companhia de Saneamento de Minas Gerais; Divisão de Recursos Hídricos; Rua Mar de Espanha 525 1º andar bairro Santo Antônio; CEP 30330270; Belo Horizonte; Minas Gerais; Brasil; telefone (31) 32501657; fax (31) 32501716; e-mail carlos.dfreitas@copasa.com.br

(2) Companhia de Saneamento de Minas Gerais; Divisão de Operação e Manutenção do Vale do Aço; Av. Minas Gerais S/N Bairro Amaro Lanari; CEP 35171314; Cel. Fabriciano; Minas Gerais; telefone (31) 38297561; fax (31) 38297507; e-mail Antonio.clemente@copasa.com.br

(3) Maxiagua Soluções em Água Ltda. – R. Açatunga, 154, SP - SP – Fone: (11) 5096-5888 – email: jp@maxiagua.com

of its original pumping rates. The C28 well, paralyzed with outflow of 5,0 l/sec (18,0 m³/h) currently is in operation exploring of 40,0 l/s (144,0 m³/h), in other words, 800% larger than the pumping rate at the moment of the paralyzation, and the C29 well, equipped to explore similar outflow, is kept as reserve.

These important results indicated new operations in the other wells, and the work accomplished in the sequence in the C31, allowed the recovery of 25 l/s (90,0 m³/h) to 76,0 l/s (273,60 m³/h), which represents an increase of the water production in more of 300%, with the same well, that provides additional water supply and increases the financial return in the system.

1. INTRODUÇÃO

Durante a operação normal dos poços, a água sofre alterações hidroquímicas, no momento que entra nos poços, e estas alterações geram precipitações e corrosão, com variações de intensidade que dependem da composição química da água.

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. Estes problemas podem se agravar ao ponto da paralisação dos poços (Martins Netto, *et al.*, 2007).

Com a redução de vazão e rebaixamento dos níveis, ocorre outro fator, relacionado com os conjuntos bombeadores, que saem de seus pontos máximos de rendimento, para os quais foram projetados, e assim, com a queda de rendimento dos conjuntos bombeadores ocorre um aumento do consumo de energia elétrica por m³ de água explorada em um poço.

O fator biológico nas incrustações é também muito importante, pois a presença em poços, de micro organismos com características de retirar sua fonte de energia de reações químicas tem aumentado de forma considerável. No caso das ferro-bactérias, as fontes de energia são sais solúveis de ferro, os quais após a metabolização transformam-se em hidratos de ferro, formando precipitados de cor marrom que normalmente apresenta-se em forma de flocos, que se acumulam na formação Geológica, pré-filtro e internamente nos poços, causando grandes perdas vazão.

Esta atividade biológica causa sérios problemas nos poços, provocando fortes incrustações nos filtros e nos conjuntos bombeadores, com conseqüentes quedas de vazão (FREITAS, *et.al*, 2002).

O presente trabalho trata de metodologia e resultados de processos de reabilitação dos poços de propriedade COPASA, C28 e C29, no Município de Coronel Fabriciano – MG, que haviam sido paralisados por forte queda em sua produção de água, e após as operações de desincrustação química puderam voltar à operação, com excelentes resultados de recuperação de vazão.

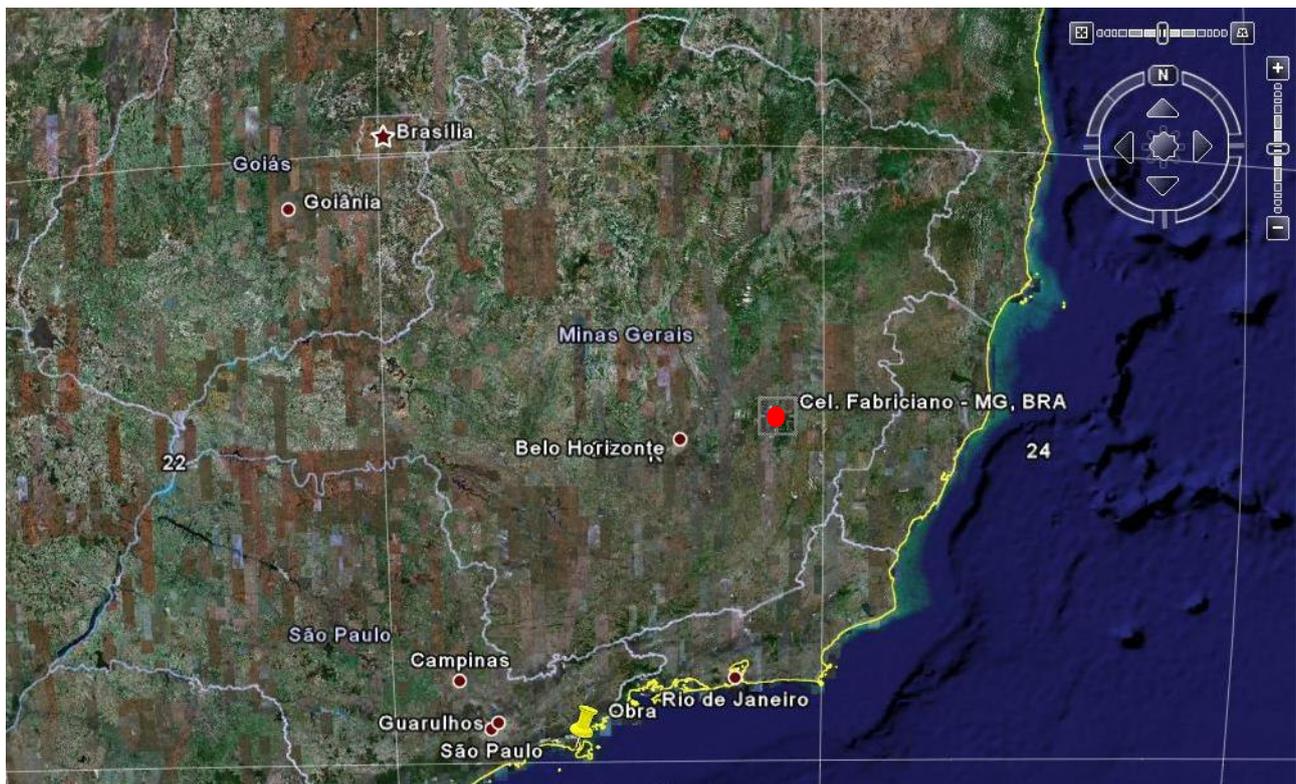


Figura 1. Imagem de satélite com a localização de Coronel Fabriciano no Estado de Minas Gerais.

2. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA DA ÁREA

A região está inserida no domínio geológico das rochas Pré Cambrianas do Complexo Mantiqueira, constituídas por granitóides, gnaisses e migmatitos, graníticos a tonalíticos, com intercalações de metassedimentos, xistos magnesianos e anfibolitos.

Afloramentos de biotita-gnaixe são observados próximos à área em cortes existentes nas estradas.

Sobre o embasamento encontram-se os depósitos aluvionares do rio Piracicaba, que segundo MEIS, 1977, são vestígios do entulhamento de antigas ravinas com clásticos deslocados ao longo das encostas, na fase de recuo dos anfiteatros das cabeceiras de drenagens, durante a evolução topográfica da região do médio Rio Doce, no Quaternário Superior.

Estes depósitos são constituídos por uma seqüência de areias médias a grossas até siltes e argilas. Na região de Amaro Lanari o depósito aluvionar tem aproximadamente 1000m de comprimento, com largura máxima de 500m. A espessura máxima, próximo à margem do rio é da ordem de 40m, não se conhecendo com exatidão sua espessura e composição granulométrica próximo ao contato com o substrato rochoso.

Existem dois tipos de aquíferos na região: os aquíferos fraturados, que abrangem 97% da área, e os aquíferos granulares nos depósitos aluvionares, que abrangem os 3% restantes da área.

Os aquíferos fraturados são representados pelas discontinuidades (falhas, fraturas, juntas e diáclases) existentes nas rochas cristalinas do embasamento, por onde percolam as águas provenientes do manto de intemperismo e das aluviões, processando assim as suas recargas.

As vazões específicas médias obtidas em poços tubulares na região, para os aquíferos fraturados, são da ordem de 0,2 L / s / m.

Os aquíferos granulares, representados pelos pacotes aluviais do rio Piracicaba, apresentam espessura máxima de 40,0m, e são recarregados quase que totalmente pelas águas do rio Piracicaba. Apenas uma pequena parte da recarga é proveniente da infiltração direta da pluviosidade sobre a área dos aquíferos e de pequenas contribuições dos contatos com os substratos rochosos nas encostas dos morros. As vazões específicas médias obtidas nos poços tubulares do aquífero Amaro Lanari são da ordem de 20,0 L / s / m.

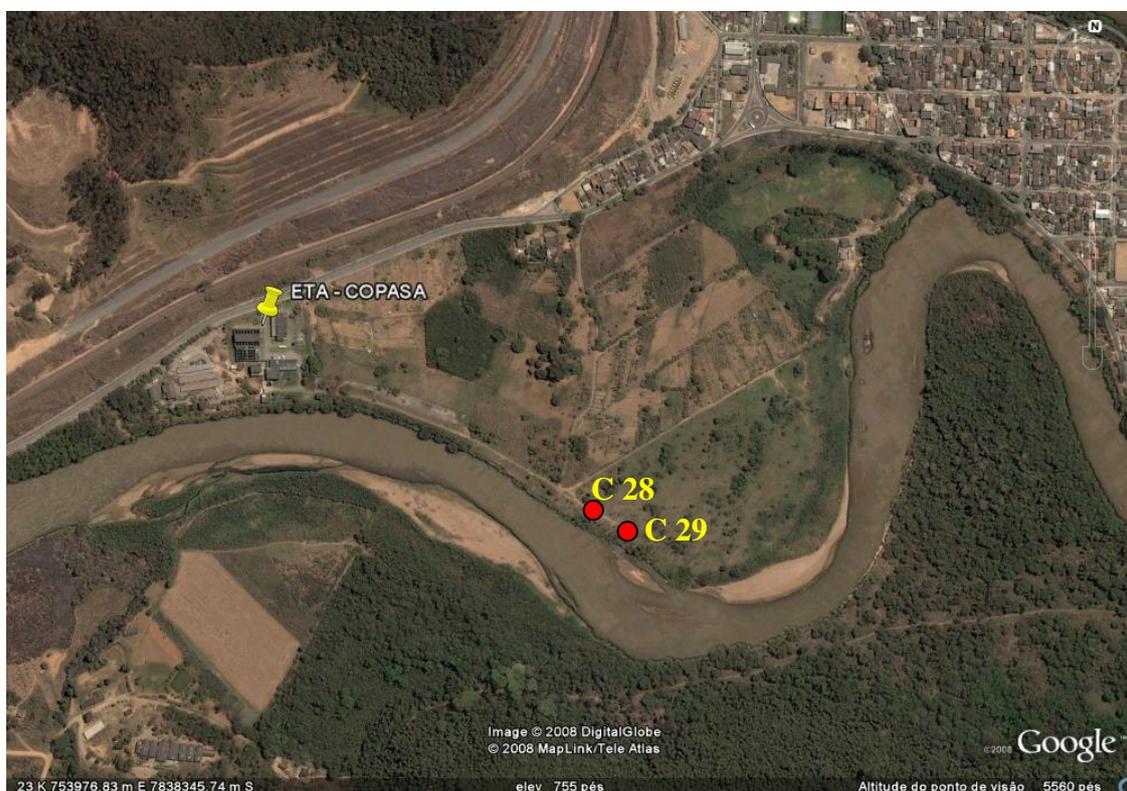


Figura 2. Detalhe da localização dos poços às margens do Rio Piracicaba em Cel. Fabriciano - MG

3. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DOS POÇOS TUBULARES:

O poço tubular C28 foi perfurado com diâmetro de 450 mm até 26,00 metros e com diâmetro de 212 mm até 45,00 metros, o poço tubular C29 foi perfurado com diâmetro de 450 mm até 43,00 metros e com diâmetro de 250 mm até 44,00 metros. Estes poços foram revestidos com tubos de PVC geomecânico de 250 mm e filtros espiralados de aço inox com abertura de 0,75 mm. O pré-filtro utilizado foi tipo Pérola com granulometria variando de 1,5 mm a 3,0 mm. Os perfis construtivos destes poços são mostrados nas figuras 3 e 4.



COPASA - C 28
IPATINGA / CEL. FABRICIANO - MG

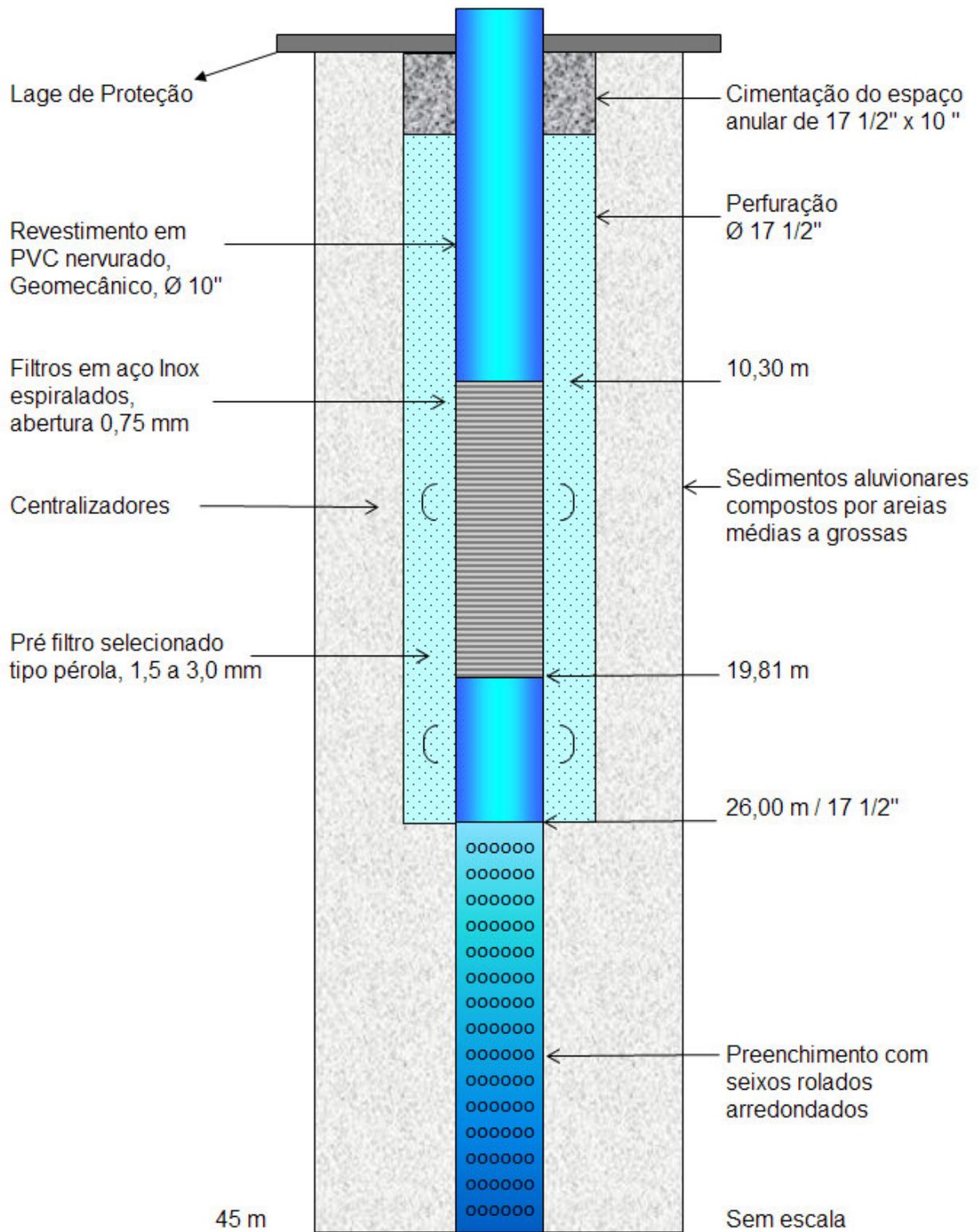


Figura 3. Perfil construtivo do C 28



COPASA - C 29
IPATINGA / CEL. FABRICIANO - MG

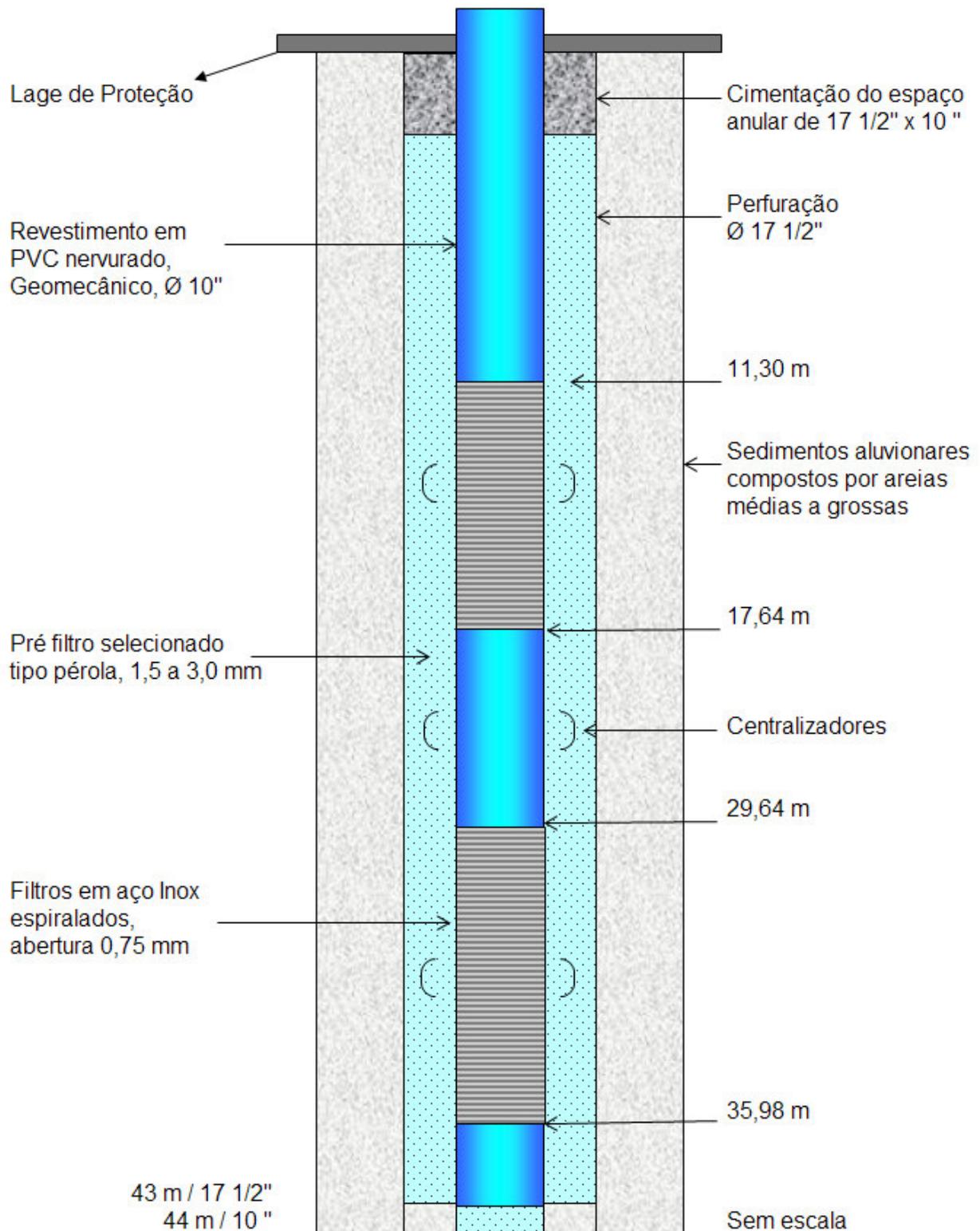


Figura 4. Perfil construtivo do C 29

4. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA:

Os poços tubulares C28 e C29 foram desativados em outubro de 2005 e setembro de 2006, respectivamente, devido a quedas gradativas de vazões e de níveis dinâmicos.

Estes poços operavam com vazões de 40,0 L/s e chegaram praticamente a secar, impossibilitando a continuidade de operação dos mesmos.

A perda de vazões nos poços ocorreu devido à incrustação dos filtros e pré-filtros por metais como o ferro e manganês, agravada pela ação de bactérias redutoras de ferro, que aumentaram significativamente as perdas de carga, e impossibilitaram o fluxo de água para o poço.

Em março de 2007, foi realizada a recuperação do poço C28, com a utilização de produtos químicos convencionais a base de hexametáfosfato e ácido cítrico, entretanto, os resultados não foram significativos devido à baixa ação dos produtos químicos, limitada apenas na região dos filtros. Nesta primeira tentativa de recuperação ocorreu um pequeno incremento na vazão deste poço, atingindo 6,0 L/s no teste de bombeamento.

Estes poços permaneceram desativados por mais de um ano, e a princípio a idéia era abandoná-los definitivamente. Com a necessidade de se aumentar a fonte de produção de água do sistema, optou-se pela tentativa de recuperação destes poços, sendo que nestas novas operações seriam utilizados químicos de alta eficiência e com capacidade de eliminação das ferro-bactérias, e que tivessem uma ação não somente no poço, mas também atuasse no pré-filtro e Formação Geológica, promovendo assim maior eficiência na desincrustação e melhores resultados. Em maio de 2007 foram realizadas as recuperações destes poços.

5. METODOLOGIA APLICADA:

A metodologia aplicada consistiu na combinação de processos mecânicos com a utilização de produtos químicos de alta eficiência, para a desincrustação dos filtros e pré-filtros, e aplicação de bactericida para combater as ferro bactérias existentes.

Como processos mecânicos foram utilizados, inicialmente, um êmbolo (pistão) com auxílio de uma sonda percussora para forçar a penetração dos produtos químicos através do pré-filtro e da formação (devido ao baixo fluxo inicial), e posteriormente utilizou-se, um compressor de ar para operação do sistema “air-lift” visando maior eficiência na limpeza e remoção dos resíduos das operações nos poços.

6. CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS:

Devido forte queda de vazão nos poços somada à tentativa de recuperação efetuada nos poços C28 e 29 em 2005 com produtos convencionais a base de hexametáfosfato de sódio, seguida da aplicação de agentes a base de ácido cítrico, que não demonstrou eficiência, nestas novas

operações foi previsto e utilizado como desincrustante um agente a base de orto-fosfatos ácidos, isento de metais pesados, com certificado de produto não tóxico tipo DL 50 > 2.000 mg/kg, com conhecidos resultados na reabilitação de vazão em poços, e capacidade de redução do ferro presente na água produzida.

Sua formulação conta com cadeias curtas de orto-fosfatos ácidos, agentes inibidores de corrosão, anti espumantes, redutores de tensão superficial e aditivos especiais para estabilidade, que solubilizam rapidamente as incrustações e as mantêm solúveis até o momento de sua remoção. O produto não gera subprodutos perigosos ou poluentes e seus resíduos podem ser lançados sem prévio tratamento, bastando apenas a diluição normal para estabilização de pH, seguida de descarte.

O produto permite ainda redução de pH abaixo de 2,0 e estabilidade deste pH mesmo durante as operações de pistoneamento e bombeamento com ar comprimido, o que torna as operações muito mais eficientes.

Outro fator importante considerado foi o acúmulo de incrustações associadas a problemas biológicos, principalmente bactérias redutoras de ferro, que causam um forte acúmulo de incrustações nos poços e pré-filtro, com grandes perdas de vazão e fortes alterações na qualidade da água produzida, e assim o desincrustante foi combinado com bactericida com capacidade de eliminação de ferro-bactérias.

Este bactericida isento de compostos de cloro (não tem possibilidade de geração de THM), patenteado pelo fabricante, foi criado especialmente para aplicações em poços e também possui certificado de produto não tóxico tipo DL 50 > 2.000 mg/kg.

Sua ação não está restrita somente a eliminação de ferro-bactérias, mas atua também em todas as outras classes de bactérias normalmente presentes em poços, e decompõe o biofilme, permitindo assim uma penetração mais profunda na Formação Geológica, com resultados melhores e mais duradouros.

Esta combinação de agentes se mostrou bastante eficiente, tanto para a desincrustação como para o controle e eliminação de ferro-bactérias.

Não foram utilizados produtos que contem cloro em sua composição, pois compostos de cloro como o Hipoclorito de sódio, quando associados à matéria orgânica geram Thrialometanos (THM), conhecida e comprovadamente cancerígenos, acumulativos nos organismos e meio ambiente, desta forma, o descarte de soluções que contenham estes compostos requer cuidados e deve ser controlado e apropriado, para que não ocorram danos ambientais, muitas vezes desprezados no passado (Martins Netto, *et.al.*, 2007).

7. CÁLCULO DE VOLUME DOS AGENTES APLICADOS

Para cálculo do volume do agente desincrustante a base de ortofosfatos de características ácidas e do bactericida com capacidade de eliminação de ferro bactérias, a ser aplicado em cada poço, tomou-se como base o volume estático dos poços (profundidade total (-) nível estático) calculado com a fórmula de volume de um cilindro: $V = \Pi \cdot r^2 \cdot h$, e como estes produtos atuam no pré-filtro e formação geológica, foi considerado também o volume estático de água contida na área aberta do pré-filtro, tomando como 25 % de seu volume total.

Como se tratavam de casos de incrustações principalmente por ferro, o volume do desincrustante aplicado foi baseado em 1,5% do volume estático do poço descrito acima. O bactericida foi aplicado em volume de 0,5 % do volume estático no poço.

Como os poços tubulares C28 e C29 apresentam características construtivas parecidas, foram adotados os mesmos procedimentos e as mesmas quantidades de produtos químicos na recuperação dos mesmos.

A forma de aplicação e distribuição dos agentes está detalhada no item seguinte.

8. PROCEDIMENTOS ADOTADOS NA RECUPERAÇÃO DOS POÇOS:

- montagem de sonda percussora para utilização do pistão (êmbolo);
- aplicação de 30 litros do produto desincrustante a base de ortofosfatos de características ácidas, pela boca do poço;
- introdução de 2.000 litros de água tratada, através de caminhão pipa.
- aplicação de 5 litros de bactericida;
- utilização do êmbolo por um período contínuo de 4 horas. O êmbolo foi ajustado com folga e movimentado lentamente para não provocar pressão excessiva no tubo edutor de PVC geomecânico, porém com pressão suficiente para forçar a penetração dos produtos químicos através do pré-filtro e da formação;
- 1 - aplicação de mais 35 litros do produto desincrustante, sendo 10 litros na primeira hora, 10 litros na segunda hora e 15 litros na terceira hora, com operação contínua do êmbolo durante 6 horas;
- 2 - introdução de mais 2.000 litros de água tratada, através de caminhão pipa.
- 3 - tempo de reação e repouso da solução dentro do poço, durante 12 horas;
- 4 - instalações da tubulação de ar comprimido
- 5 - aplicação de 10 litros do produto desincrustante, com recirculação e reversão de fluxo durante 1 hora;
- 6 - aplicação de 15 litros de bactericida, com recirculação e reversão de fluxo com a utilização de ar comprimido, durante 1 hora;

7 - descarte da água do poço através do sistema “air-lift”, com reversões de fluxo até a limpeza total da água. Duração de aproximadamente 3 horas;



Figura 5. Detalhe da água após a aplicação dos agentes

8 - coleta de água para as análises físico químicas e bacteriológicas;

9 - retirada da tubulação de ar e instalação do conjunto moto bomba;

10 - realização de teste de bombeamento de 24 horas.



Figura 6. Detalhe do pistão (êmbolo) utilizado



Figura 7. Detalhe da qualidade da água no final da operação

A recuperação do poço C29 foi realizada nos dias 8 e 9 de maio de 2007, e do poço C28, entre os dias 15 e 17 de maio de 2007.

9. RESULTADOS OBTIDOS:

Os resultados das vazões exploradas e dos testes de bombeamento realizados após as reabilitações dos poços C28 e C29 são apresentados nas Tabelas 01 e 02 abaixo, juntamente com os resultados dos testes de bombeamento realizados após as perfurações destes poços.

RESULTADOS DE PRODUÇÃO DE ÁGUA			
Poço	ANTES dos trabalhos (vazão em m³/hora)	DEPOIS dos trabalhos (vazão em m³/hora)	Resultado % na vazão produzida
C 28	18,00	244,80	+ 1.360,0 %
C 29	21,60	266,40	+ 1.230,0 %
C31	90,00	273,60	+ 300,4 %

Tabela 1 – Resultados das vazões antes e após a reabilitação dos Poços C 28, 29 e 31.

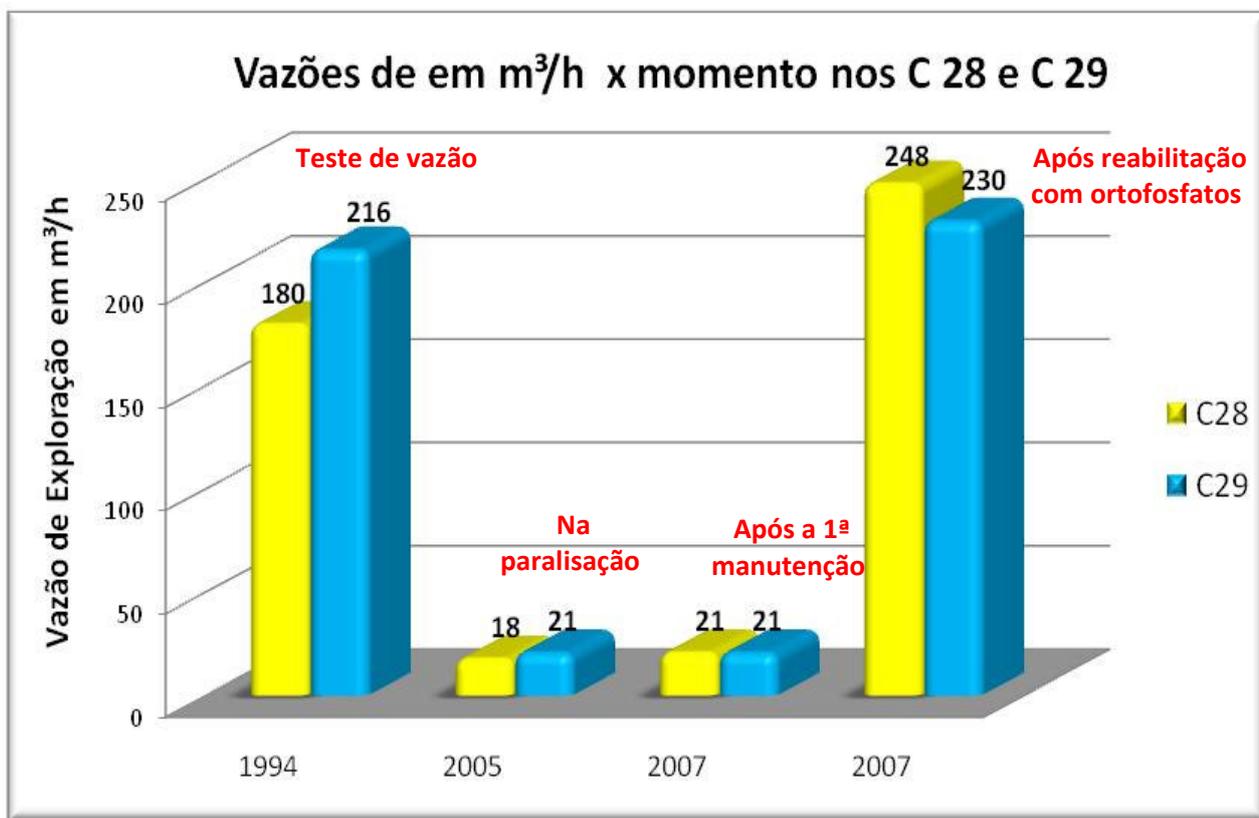


Gráfico 1 – Dados dos poços nos anos de 1994 (construção), no momento de sua paralisação em 2005, após a primeira tentativa de recuperação com produtos convencionais e após a reabilitação com ortofosfatos de características ácidas.

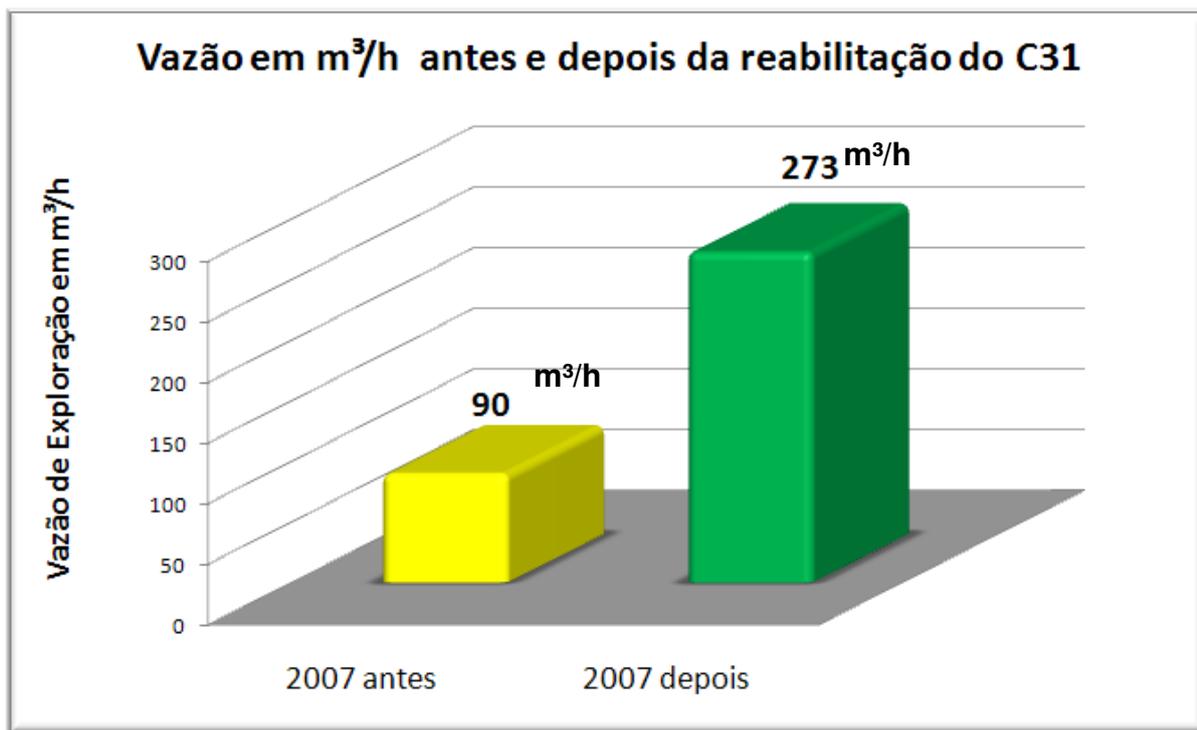


Gráfico 2 – Dados do poço C 31 em 2007, antes e após sua reabilitação com ortofosfatos de características ácidas.

RESULTADOS DOS TESTES DE BOMBEAMENTO					
Poço	Ano	NE (m)	ND (m)	Vazão (l/seg)	Vazão Específica (l /seg/m)
C 28	1994	4,59	6,95	50,00	21,18
C 29	1994	4,69	9,40	60,60	12,86
C28	2007	5,80	13,89	68,96	08,52
C29	2007	6,26	15,56	64,51	06,93

Tabela 2 – Dados dos poços nos anos de 1994 (construção) e após a reabilitação com ortofosfatos de características ácidas.

Comparando-se os resultados dos testes de bombeamento realizados após as reabilitações com os resultados dos testes realizados após as perfurações, observa-se que as vazões produzidas após as reabilitações são maiores. Porém, as vazões específicas são menores que as vazões específicas obtidas após as perfurações.

Considerando-se dois poços próximos sendo bombeados simultaneamente, cada um deles sofrerá um acréscimo de rebaixamento (interferência) devido à expansão do cone de depressão do outro poço, conforme ilustrado na Figura 08. Numa bateria de poços, cada poço sofrerá a influência de todos os outros. Desta forma, o rebaixamento num ponto qualquer, será o somatório dos rebaixamentos provocados por cada um dos poços bombeados (Feitosa, F.A.C, 2008).

O rebaixamento total em cada poço será o somatório do rebaixamento no próprio poço bombeado com as interferências existentes, representadas pelos rebaixamentos causados por todos ou outros poços da bateria (Feitosa, F.A.C, 2008).

Para melhor entender estes resultados, quanto a vazão específica, algumas considerações devem ser feitas, tais como:

1 - Os testes de bombeamento no término da perfuração foram realizados em datas diferentes, considerando os poços individualmente, sem a interferência dos outros poços em operação e o efeito do rebaixamento total de toda a bateria de poços.

2 - Na época da perfuração dos poços tubulares C28 e C29, a demanda de água para atender a população da cidade de Ipatinga era bem menor. A bateria de poços de Amaro Lanari era composta por apenas 15 poços e a vazão explorada do aquífero girava em torno de 450 L/s;

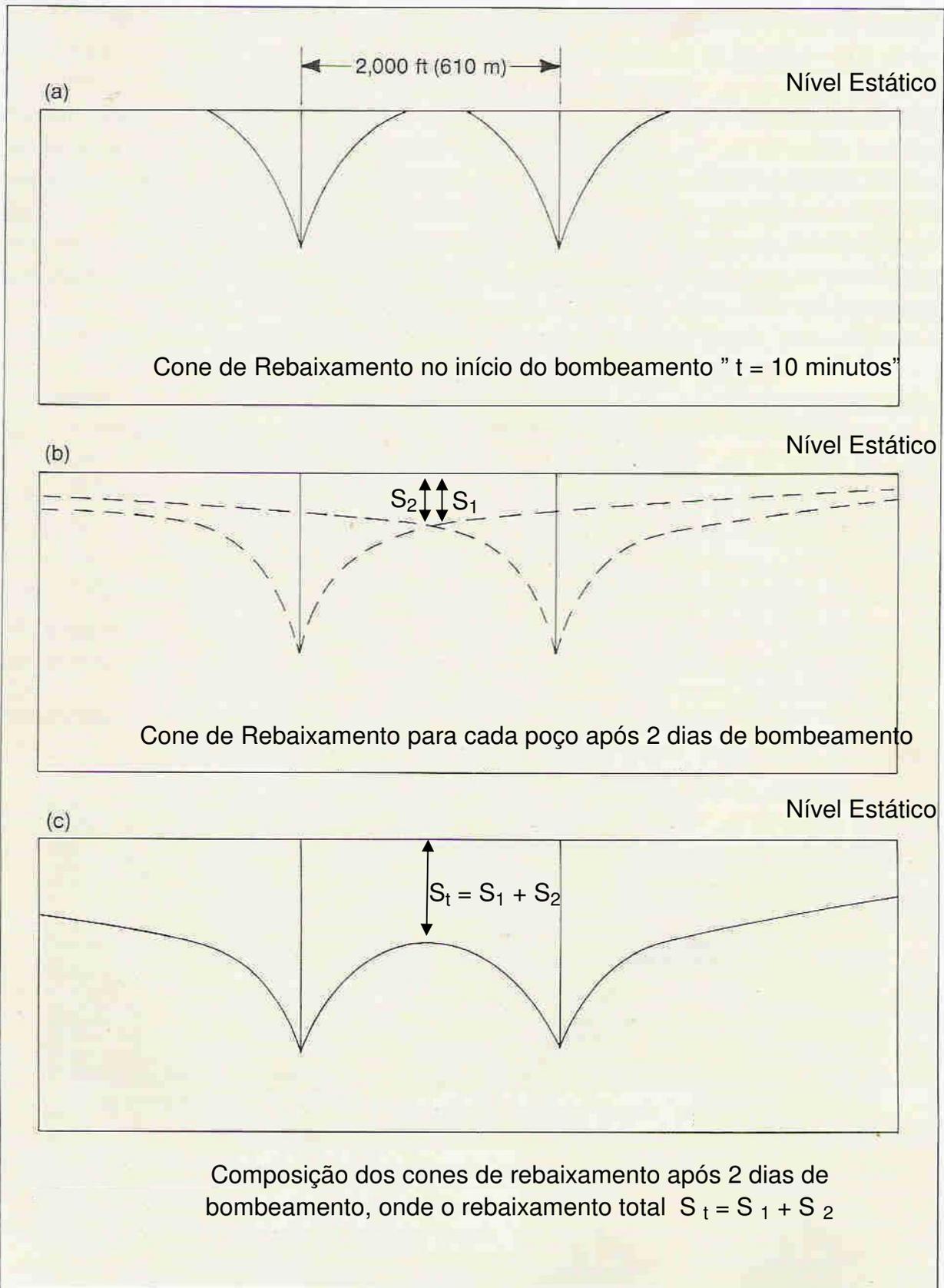


Figura 8. Interferência Múltipla entre Poços (modificado de Driscoll, 1986)

3 - Atualmente o volume explorado de água e o número de poços é o dobro do que na época de construção do C28 e 29, estando atualmente 30 poços em operação e o volume explorado do aquífero da ordem de 900 L/s, para atender a cidade de Ipatinga e parte da cidade de Coronel Fabriciano;

4. O aumento no número de poços causou maior interferência entre eles e conseqüentemente maior rebaixamento em seus níveis dinâmicos;

5. A exploração prolongada da bateria de poços causou o deplecionamento do aquífero, o que pode ser confirmado pelos rebaixamentos observados nos níveis estáticos em toda a bateria.

As considerações acima explicam as significativas quedas nas vazões específicas.

10. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES:

Pelos resultados obtidos de recuperação de vazão pode-se concluir que os agentes químicos de alta eficiência utilizados na reabilitação dos poços foram bastante eficientes. A ação dos produtos químicos nos filtros, pré-filtros e na própria Formação Geológica propiciou a remoção das incrustações e o retorno das vazões originais aos poços.

Estes processos de desincrustação química permitiram a retomada de operação dos poços antes paralisados, e proporcionaram um acréscimo do fornecimento de água sem a necessidade da perfuração de novos poços, com redução do consumo de energia elétrica em KW/m³ explorado em cada poço, além do aumento do faturamento do sistema e redução dos custos operacionais.

O aumento total de produção de água nos 03 poços foi de 655.200 l/h ou 182 l/s, que representam um aumento de produção de água 4.717.440 m³ / ano, considerando um regime de 20 h/dia x 30 dias /mês.

A partir desta experiência bem sucedida, passou-se a adotar como rotina o uso desta metodologia na reabilitação dos poços tubulares da bateria de poços de Amaro Lanari. A metodologia foi utilizada com sucesso no poço C31 que, teve sua vazão original recuperada, após ter sofrido um processo gradativo de queda de vazão de 40,0 L/s para 20,0 L/s.

Do ponto de vista bacteriológico, as desinfecções também se mostraram bastante eficientes, com eliminação das ferro-bactérias, comprovada pelas análises realizadas após as operações, resultando em todos os casos em água que atende os parâmetros bacteriológicos para água potável, de acordo com a Portaria Federal 518 do Ministério da Saúde.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DRISCOLL, F.C – Groundwater and Wells, 2 ed, Johnson Division, Minnesota, USA - 1986
- FEITOSA, F.A.C – 2008 – Testes de Bombeamento Para Avaliação de Aquíferos, Apostila de Curso, ABAS – Belo Horizonte – MG, 118 p.
- FREITAS, C.A., 2002 CD Projeto Piloto de Combate a Ferro Bactérias em Poços Tubulares no Aquífero Aluvionar de Amaro Lanari – Vale do Aço – MG, CD Room- 12o Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, ABAS/DNPM/UFSC-PPGEA, 2002, Florianópolis.
- GOOGLE EARTH, 2008 - Página Internet; imagem de satélite do Estado d Minas Gerais e Cidade de Cel. Fabriciano.
- MARTINS NETTO, J.P.; 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. CD Room, 12o Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, ABAS/DNPM/UFSC-PPGEA, 2002, Florianópolis.
- MARTINS NETTO, J.P.; FILHO, F.W.B.F; Neto, C. B.- 2007, 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 Produto a Base de Ortofosfatos Ácidos. - CD Room, XVIII Congresso da Associação de Engenheiros da SABESP – AESABESP, São Paulo, 2007.