

# PROJETO PILOTO DE COMBATE ÀS FERRO BACTÉRIAS EM POÇOS TUBULARES NO AQUIFERO ALUVIONAR DE AMARO LANARI NO VALE DO AÇO - M G

Carlos Alberto de Freitas<sup>1</sup>; Gildo Batista Inez<sup>2</sup> & Rogério Joroski<sup>3</sup>

**RESUMO.-** A COPASA, Companhia de Saneamento de Minas Gerais, abastece as cidades de Coronel Fabriciano, Ipatinga e Timóteo localizadas no Vale do Aço em Minas Gerais, com uma população de aproximadamente 500.000 habitantes, exclusivamente com água subterrânea do aquífero aluvionar do rio Piracicaba. O principal sistema produtor está localizado no bairro Amaro Lanari em Coronel Fabriciano, onde são operados 23 poços tubulares com produção total média de 850 l/s. A água dos poços passa por uma ETA especial para remoção de ferro e manganês. Alguns desses poços apresentam contaminações por ferro bactérias do gênero *Gallionella* sp, que produzem com seus filamentos enorme quantidade de flocos. Esses flocos se aglomeravam ao longo da adutora em forma de placas, que chegavam até a ETA, causando enormes transtornos operacionais. Essas placas chegavam a atingir dimensões de até 20,0 cm de comprimento por 8,0 cm de largura e 0,3 cm de espessura.

Através de um convênio entre a COPASA e a Mojave foi desenvolvida uma metodologia para combate às ferro bactérias, com criação por parte da Mojave, de produtos químicos específicos. Os resultados obtidos foram extremamente significativos, chegando a eliminar completamente a formação de flocos. A metodologia desenvolvida e os resultados são apresentados a seguir.

**ABSTRACT** - COPASA, the water company of the state of Minas Gerais, supplies the water systems of the cities of Coronel Fabriciano, Ipatinga and Timóteo ( total population of about 500.000 persons ) exclusively with groundwater from the alluvial aquifer of the Piracicaba river. the main production system is located at the Amaro Lanari area, in the city of Coronel Fabriciano, where 23 tubular wells are operated, with a mean production of 850 liters / second. The water from the wells passes through a special treatment plant for removal of manganese and iron. Some of the wells present contamination by iron bacteria of the *Gallionella* sp type, which produce with its filaments an

---

<sup>1</sup> Eng. de Minas; Cia Saneamento - MG; DVHD; Rua Mar de Espanha 525 1o andar bairro Santo Antônio; CEP 30330270; BH; Mg; Fone (31) 32501657; fax (31) 32501716; e-mail dvhd@copasa.com.br

<sup>2</sup> Eng. Civil; Cia de Saneamento de MG; DVOV; Rua Tiradentes 96 bairro Cidade Nobre; CEP 35162413; Ipatinga; MG; fone (31) 38297506; fax (31) 38297507; e-mail dvov@copasa.com.br

<sup>3</sup> Químico Industrial; Mojave; Rua Antônio Gedeão 1394 bairro Bela Vista; CEP 83513450; Almirante Tamandaré; Paraná; fone/fax (41) 6571643; e-mail clanox@clanox.com.br

enormous quantity of flakes. These flakes collect throughout the ducting in the shape of plates, which reach the treatment plant, causing great operational disturbance. These plates can grow to a size of 20,0 cm ( length ) x 8,0 cm ( width ) x 0,3 cm ( thickness).

A special methodology for fighting iron bacteria was developed by means of an agreement between COPASA and Mojave, with the creation by the latter of specific chemical products. Significant results were obtained, reaching complete elimination of flakes. The methodology and results are present in the text

**Palavras-chave:** Amaro Lanari, ferro bactérias

## **LOCALIZAÇÃO DA ÁREA**

A área objeto do trabalho localiza-se em um depósito aluvionar na margem esquerda do rio Piracicaba no bairro Amaro Lanari na cidade de Coronel Fabriciano, entre as coordenadas UTM 23K - 753500E - 7838800N, 754500E - 7838800N, 753500E - 7837500N, 754500E - 7837500N.

( Figura 1 )

## **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 anfíbolitos. Afloramentos de biotita-gnaiss são observados próximos à área em cortes de 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 um 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 x m.

Os aquíferos granulares, representados pelos pacotes aluvionares 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 suas áreas 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 9,0 l / s x m. ( Figura 2 )

## **HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DAS FERRO BACTÉRIAS EM AMARO LANARI**

A presença de micro organismos com características de retirar sua fonte de energia de reações químicas de oxidação é muito comum na natureza. 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 apresentam-se em forma de flocos.

Esta atividade biológica causa sérios problemas em poços tubulares, provocando incrustações nas colunas filtrantes e nos conjuntos moto bomba submersíveis, com conseqüentes quedas de vazão. Também nas estações de tratamento de água (ETA), o acúmulo de flocos acarreta a colmatação prematura das unidades filtrantes, com conseqüente diminuição no espaçamento entre lavagens e aumento no consumo da água de lavagem.

Até o presente momento não há uma solução definitiva para a eliminação das ferro bactérias. Os procedimentos disponíveis atualmente, sejam eles químicos ou físicos, são bastante eficientes no momento da aplicação. Entretanto, após um determinado tempo as ferro bactérias voltam a proliferar, persistindo o problema.

Alguns dos poços tubulares do sistema produtor de Amaro Lanari apresentam contaminações por ferro bactérias do gênero *Gallionella* sp. Métodos químicos de combate às ferro bactérias , como a aplicação de desinfetantes, ácidos e surfactantes, já foram utilizados pela COPASA nestes poços com bons resultados momentâneos. Porém, após sessenta dias, tempo máximo observado, as ferro bactérias retornaram aos poços. É importante salientar que, com o decorrer do tempo de operação, a ocorrência de ferro bactérias nestes poços se estabilizou, não chegando a apresentar, nas análises de água realizadas com o monitoramento, ocorrência de organismos em 25 % dos campos analisados.

Assim sendo, diminuiu consideravelmente a produção de flocos nos poços, minimizando também os transtornos operacionais.

A partir de Outubro do ano de 1999, com a entrada em operação da nova ETA, entraram também em operação os poços tubulares C-28,C-29,C-31,C-32,C-33,C-34,C-35 e C-36 da nova bateria, localizada à jusante da bateria antiga de poços tubulares. A água destes poços é aduzida através de uma nova adutora de 600 mm em PEAD até a calha de entrada da ETA, onde se encontra com a água dos demais poços.

Com menos de um mês de operação da nova bateria de poços tubulares, os poços C-31, C-35 e C-36 começaram a apresentar contaminação por ferro bactérias, com enorme produção de flocos, causando transtornos operacionais na ETA.

( Foto 1 ) visão geral da ETA.

( Figura 3 ) baterias de poços tubulares.

## **CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA**

Os poços tubulares C-31, C-35 e C-36, contaminados por ferro bactérias, começaram a produzir uma enorme quantidade de flocos. Estes flocos foram se aglutinando ao longo dos 900 metros da adutora de 600mm em PEAD e chegavam à ETA em forma de placas, atingindo dimensões de até 20,0 cm de comprimento por 8,0 cm de largura e 0,3 cm de espessura. Na tabela 1 são apresentados os resultados das análises de ferro bactérias, realizadas em outubro de 2000.

( Foto 2 ) calha Parshall na entrada da ETA.

Como a ETA de Amaro Lanari não é dotada de unidades de floculação e decantação, e a remoção do ferro e do manganês se dá através da oxidação dos mesmos pela ação do cloro gasoso, o acúmulo de flocos nos filtros começou a apresentar problemas operacionais, tais como: o aumento no consumo dos produtos químicos utilizados no tratamento, a lavagem dos filtros que era realizada de 30 em 30 horas passou a ser realizada de 22 em 22 horas. A ETA é dotada de 8 câmaras filtrantes, sendo que cada câmara consome na retrolavagem 423 l/s de água tratada, durante um período de 5 minutos.

A produção de flocos era tão intensa que, a cada 15 dias, era necessário paralisar a adutora para manutenções corretivas. As manutenções consistiam em limpezas e descargas na adutora, sendo adotados os seguintes procedimentos:

- paralisação dos 8 poços tubulares interligados na adutora;
- aplicação de uma solução de hipocal ( 200 litros) na adutora, com um período de repouso de 12 horas;

- descarga da adutora por um período de 1 hora, com descarte da água dos 8 poços tubulares.

Ou seja, a cada 15 dias, durante um período de 13 horas, a produção de água do sistema caía de 850 l/s para 555 l/s.

Foram realizadas duas tentativas de combate às ferro bactérias no poço C36, com a utilização de produtos químicos. A primeira delas foi em 30/05/2000, com a utilização de produto desincrustante a base de orto-fosfatos de sódio. Os resultados foram excelentes, com a eliminação total das bactérias. Entretanto, após 45 dias já era acentuada a presença das bactérias, e com 90 dias já havia retornado a situação anterior. A segunda tentativa foi realizada em setembro/2000, com a utilização de hipoclorito de cálcio, o qual demonstrou-se pouco eficiente, pois após 10 dias da aplicação já era evidente o reaparecimento das atividades bacterianas.

## **METODOLOGIA DESENVOLVIDA - CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS QUIMICOS**

No dia 01/09/2000, num encontro casual em Ipatinga, entre o engenheiro Carlos Alberto de Freitas da Divisão de Recursos Hídricos da COPASA, o engenheiro Gildo Batista Inez gerente da Divisão de Operação e Manutenção do Vale do Aço - COPASA e os senhores Rogério Joroski, Químico Industrial e diretor da empresa Mojave, e Cristiano Tallarico de Miranda, da Bio Aditivos, que naquela oportunidade estavam desenvolvendo um trabalho de desincrustação na rede de distribuição de água do Bairro Novo Cruzeiro em Ipatinga, foram discutidos os problemas causados pela contaminação por ferro bactérias nos poços tubulares em Amaro Lanari. A troca de idéias e informações nos levou ao desenvolvimento de um projeto piloto para o combate às ferro bactérias nestes poços. Na ocasião, foi definida uma metodologia de trabalho, e a empresa Mojave, na pessoa de seu diretor, se propôs a desenvolver um produto específico para o combate às ferro bactérias.

No dia 04/10/2000 foi assinado, na sede da COPASA em Belo Horizonte, o convênio entre COPASA e Mojave para o desenvolvimento do projeto, pelos senhores Rogério Joroski, diretor da Mojave, e Ronaldo De Luca Ferraz Gonçalves, gerente da Divisão de Recursos Hídricos da COPASA.

A metodologia desenvolvida consiste em:

- aplicação inicial de um bactericida de contato para tratamento de choque nas bactérias, com recirculação da solução dentro do poço com a própria bomba instalada, durante 30 minutos;
- aplicação de produto a base de orto fosfatos de sódio para limpeza e desincrustação do poço, com recirculação da solução durante 90 minutos;

- descarte da solução durante 60 minutos, ou até o retorno do pH da água às condições iniciais;
- dosagem constante no poço com um bactericida para tratamento preventivo, através de uma bomba dosadora ligada em paralelo com o conjunto moto bomba submerso instalado.

### **Caracterização do produtos químicos**

#### Produto de remoção de incrustação

Este produto tem como finalidade a remoção das incrustações provenientes da corrosão, de depósitos e produtos metabólicos de atividades bacteriológicas. Sua composição básica tem por objetivo o ataque de metais bivalentes e a decomposição do biofilme criado pela ferro bactéria.

Sua formulação se baseia em cadeias curtas de orto fosfato ácidos, agentes controladores de corrosão, anti espumantes, passivadores de corrosão e molhadores específicos para utilização em água potável. Seus resíduos podem ser lançados sem prévio tratamento, bastando apenas sua diluição normal de descarte, pois este produto é completamente isento de metais pesados e agentes agressivos ao meio ambiente.

#### Produto de remoção e desinfecção de ferro bactérias

Este produto tem como finalidade o ataque direto das colônias de ferro bactérias através da geração de oxigênio nascente, destruindo sua camada protetora ( biofilme ) a base de polisacarídeos, responsável por seu encapsulamento protetor.

Sua forte ação bactericida está diretamente ligada ao controle da liberação de oxigênio nascente através da adição de agentes estabilizantes agregados ao peróxido de hidrogênio, composto este de extrema instabilidade.

Graças ao desenvolvimento destes estabilizantes, os quais, mantém a reação constante durante o processo é que foi possível a utilização deste produto, pois as águas onde as bactérias estão presentes, normalmente são ricas em ferro e manganês, catalisadores naturais dos peróxidos, sendo que estes metais detonam reação em cadeia acelerando a decomposição.

A formulação básica do produto é peróxido de hidrogênio, estabilizantes de reação, anti-corrosivos, umectantes e catalisador de reação.

### **PROCEDIMENTOS REALIZADOS NO POÇO TUBULAR C-36**

No dia 21/11/2000 foram realizados os seguintes procedimentos no poço C-36:

- desligamento do poço e desconexão da tubulação edutora com a adutora, mantendo-se a tubulação edutora presa ao cavalete de manutenção do poço através de talha mecânica, a uma profundidade onde a água bombeada retornasse ao poço; ( Foto 3 )

- vídeo inspeção no poço até a profundidade final para avaliar as condições do revestimento e coluna filtrante; ( Foto 4 )
- dosagem de 70 litros do bactericida de contato, com bombeamento em circuito fechado
- ( recirculação da solução ), durante 30 minutos; ( Foto 5 )
- dosagem de 70 litros do produto a base de orto fosfatos de sódio para limpeza e desincrustação do poço, com recirculação da solução, durante 90 minutos; ( Foto 6 )
- levantamento da tubulação edutora até a boca do poço para promover o descarte da solução até o retorno do pH da água às condições iniciais; ( Foto 7 )
- nova vídeo inspeção no poço até a profundidade final par avaliar a eficiência da limpeza;
- montagem do poço com instalação de um dosador contínuo do bactericida de manutenção visando o controle preventivo do retorno das atividades das ferro bactérias. ( Foto 8 )

Monitoramento do poço tubular C-36 através de vídeo inspeções:

- antes do tratamento

Abaixo do nível estático, situado a 4,90m, foram observadas grande quantidade de flocos de ferro bactérias, incrustados na tubulação de revestimento do poço, na tubulação edutora e no cabo submerso de alimentação do motor. No primeiro tubo de filtro, posicionado de 15,30m a 17,80m observou-se ligeira incrustação. Entretanto, a partir deste ponto até a profundidade final, observou-se uma camada bem espessa de flocos, inclusive no conjunto moto bomba instalado aos 29,00m, sendo difícil a visualização do mesmo durante as filmagens.

- após o tratamento

A tubulação de revestimento do poço, a tubulação edutora e o cabo submerso ficaram completamente limpos. A desincrustação nos filtros foi bastante eficiente, pois estes ficaram com aspecto de novos. Porém alguns pontos de incrustação foram verificados nos filtros, nos intervalos de 22,00m a 23,30m e de 24,40m a 26,20m. O conjunto moto bomba submerso, completamente limpo, ficou bem visível durante as filmagens.

## **RESULTADOS OBTIDOS**

A partir do momento em que o bactericida começou a ser dosado no poço tubular C-36, os flocos que se aglomeravam ao longo da adutora e chegavam à ETA desapareceram completamente.

As análises de ferro bactérias realizadas nos poço tubulares da nova bateria , durante o período de dosagem do bactericida, são apresentadas na tabela 2. Como pode-se observar, as ferro bactérias foram eliminadas no poço C-36, mas continuaram presentes em outros poços. Entretanto, o bactericida atuou também na adutora , impedindo o surgimento de flocos.

Inicialmente o bactericida seria aplicado durante 90 dias. Entretanto, uma semana após a paralisação da aplicação começaram a surgir flocos na adutora, e a aplicação foi prolongada por mais 90 dias.

As manutenções corretivas, que eram realizadas a cada 15 dias, não foram mais realizadas após o início da dosagem do bactericida, e os transtornos operacionais na ETA desapareceram. O processo de lavagem dos filtros voltou a ser novamente de 30 em 30 horas e o consumo de produtos químicos utilizados no tratamento da água voltou ao normal.

Além da economia com a redução dos produtos químicos utilizados no tratamento de água e na manutenção da adutora, e dos custos com mão de obra com estas atividades, podemos considerar também:

- a economia no consumo de energia elétrica, com a operação dos 8 poços tubulares descartando água 2 horas por mês, durante a manutenção da adutora;
- a economia de água tratada no processo de lavagem dos filtros;
- a economia com a produção de água que deixava de ser produzida no mês, durante as manutenções na adutora.

No quadro abaixo são quantificadas estas economias.

ECONOMIA APÓS O INÍCIO DA APLICAÇÃO DO BACTERÍCIDA	
ENÉRGIA ELÉTRICA	294,4 Kwh/mês
ÁGUA TRATADA ( NA LAVAGEM DOS FILTROS)	8.121,6 m <sup>3</sup> /mes
ÁGUA BRUTA PRODUZIDA A MAIS NO SISTEMA	27.612 m <sup>3</sup> /mes

Economia de água tratada:

- considerando o mês de 30 dias, teremos 720 horas / mês
- lavagem dos filtros a cada 22 horas, teremos  $32,7 = 32$  carreiras no mês
- lavagem dos filtros a cada 30 horas, teremos 24 carreiras no mês
- economia no número de carreiras no mês = 8, como são 8 filtros na ETA = 64
- consumo de água a cada carreira = 423 l/s durante 5 minutos
- economia no mês =  $423\text{l/s} \times 300\text{s} \times 64 = 8121600\text{ l} = 8121,6\text{ m}^3$

Água bruta produzida a mais no sistema:

- horas de paralisação no mês = 26
- vazão não produzida durante a paralisação = 295 l/s
- água bruta produzida a mais no mês =  $26 \times 3600\text{s} \times 295\text{ l/s} = 27612000\text{ l} = 27612\text{ m}^3$

Economia de energia elétrica:

- os poços tubulares da bateria nova estão equipados com conjunto moto bomba submerso de 25HP
- cada poço operava 2 horas por mês descartando água para limpeza da adutora
- economia de energia elétrica no mês =  $25 \times 0,736 \text{ kw} \times 16 \text{ horas} = 294,4 \text{ kwh}$

Custos com o combate às ferro bactérias na composição do custo final

Custo do m<sup>3</sup> de água produzida em Amaro Lanari ( captação e tratamento ) = R\$ 0,08

A Copasa não arcou com os custos dos produtos químicos utilizados no poço tubular C-36. Para efeito de cálculo, vamos considerar os custos com os produtos químicos utilizados posteriormente no poço tubular C-35, com aplicação do bactericida durante 90 dias.

Bactericida de contato .....	70 litros = R\$ 543,20
Produto desincrustante .....	50 litros = R\$ 787,50
Bactericida de manutenção ...	1960 litros = R\$6.997,20
Total	R\$8.327,90

Os poços tubulares de Amaro Lanari operam 24 horas / dia, com vazão média, por poço, de 37,0 l/s.

No quadro a seguir são apresentados os custos com o combate às ferro bactérias, considerando um período de 90 dias:

CUSTOS COM O COMBATE ÀS FERRO BACTÉRIAS POR m <sup>3</sup> DE ÁGUA PRODUZIDA		
CONSIDERANDO:	VOLUME PRODUZIDO( m <sup>3</sup> )	R\$/m <sup>3</sup>
POÇO ONDE FOI APLICADO O PRODUTO	287.712	0,029
3 POÇOS CONTAMINADOS	868.136	0,010
8 POÇOS INTERLIGADOS NA ADUTORA	2.301.696	0,0036
23 POÇOS OPERADOS	6.609.600	0,0013

## **CONCLUSÃO - RECOMENDAÇÕES**

Através dos resultados obtidos podemos concluir que a metodologia aplicada no combate às ferro bactérias foi bastante eficiente. A princípio esperávamos apenas a eliminação das ferro bactérias no poço C-36 que, no momento, apresentava maior contaminação, visando assim atenuar os problemas na ETA. Entretanto, para nossa surpresa, a atuação do bactericida na adutora foi muito eficiente, eliminando a formação de flocos e os problemas operacionais na ETA.

Concluimos ainda que, mesmo o método e o bactericida sendo eficientes, a solução do problema não é definitiva, e certamente após a paralisação da aplicação do produto as ferro bactérias retornarão ao poço após algum tempo.

Na verdade este projeto de combate às ferro bactérias consiste em uma pesquisa, e estamos ainda em fase de avaliações. Novas alternativas serão avaliadas, tais como a aplicação do bactericida na adutora e diretamente no aquífero. Para esta última alternativa estamos aguardando a conclusão do estudo “ MODELAMENTO MATEMÁTICO TRI-DIMENSIONAL DE SIMULAÇÃO DE FLUXO E TRANSPORTES DE POLUENTES NO AQUÍFERO ALUVIONAR DE AMARO LANARI “, objeto de tese de mestrado do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Com este estudo poderemos avaliar através de simulações, pontos favoráveis para aplicação do bactericida no aquífero.

Estamos acompanhando também a evolução da qualidade da água do poço C-36, através de análises físico químicas, desde o início da aplicação do bactericida. Até o momento não foram observadas alterações. Os resultados destas análises são apresentados na tabela 3.

### **Recomendações**

Após o término da aplicação do bactericida no poço tubular C-36, em 03/05/2001, recomendamos que a metodologia fosse aplicada em outros poços tubulares contaminados, através de um sistema de rodízio.

Em 11/05/2001 a metodologia foi aplicada no poço tubular C-31, com aplicação do bactericida até 05/11/2001.

Em 12/11/2001 os mesmos procedimentos foram realizados no poço tubular C-35, com aplicação do bactericida até 20/04/2002.

Como parte das pesquisas não adotaremos, no momento, a metodologia em outros poços tubulares, para avaliarmos o tempo de retorno da atividade das ferro bactérias. Até o encerramento deste texto em 16/05/2002, a atividade das ferro bactérias não havia retornado.

ANEXOS:

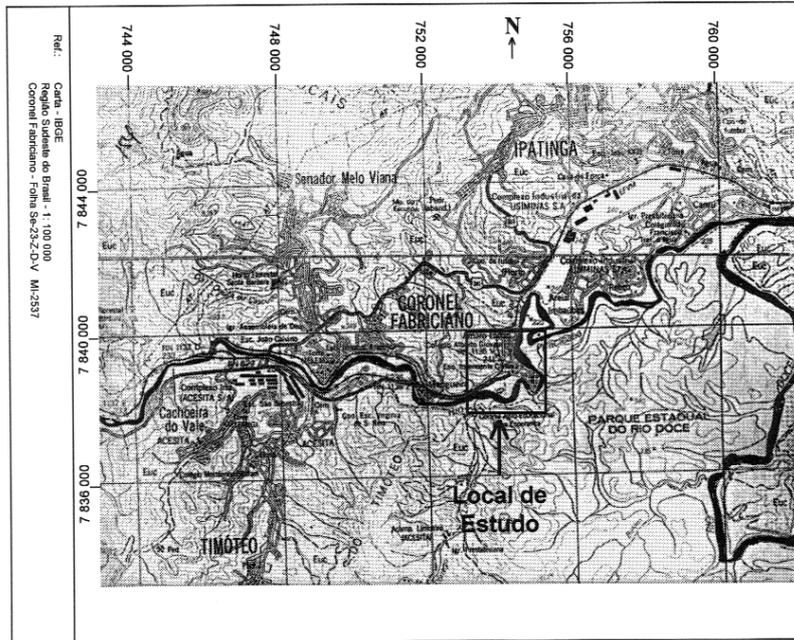


Figura – 1 Mapa de localização da área



Figura – 2 Foto aérea da área – Detalhe dos depósitos aluvionares



Foto – 1 Visão Geral da ETA

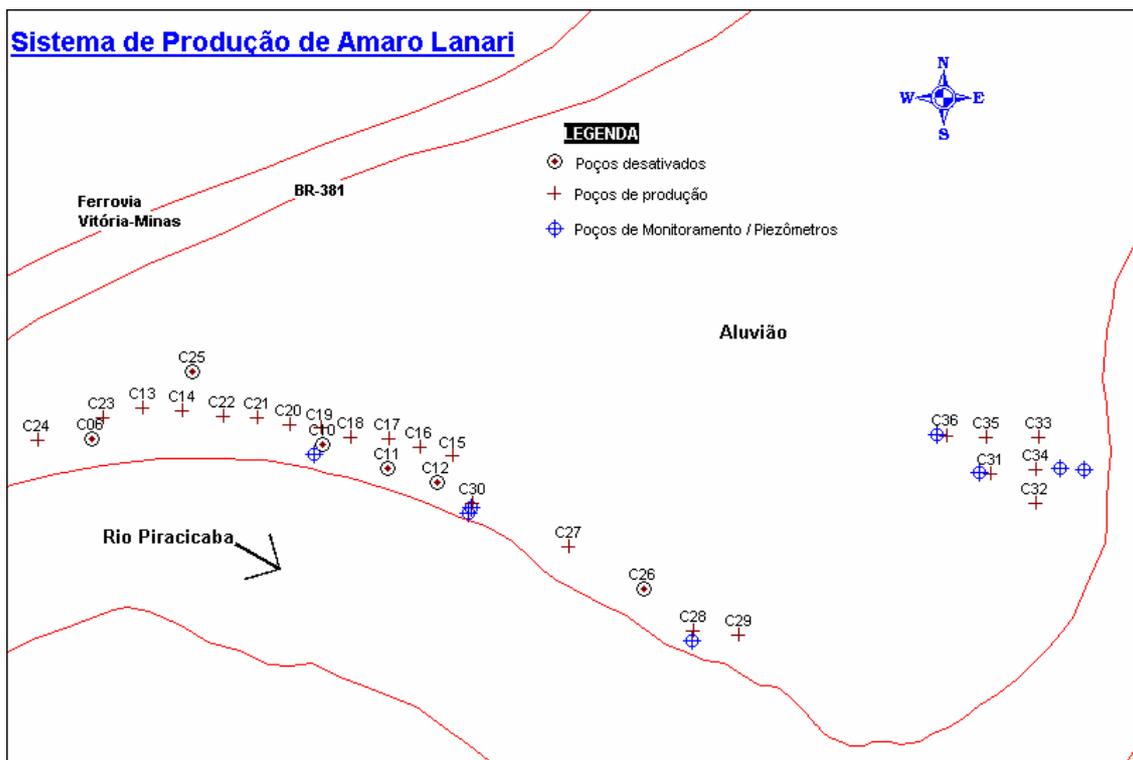


Figura – 3 Baterias de Poços Tubulares.

RESULTADO DE ANÁLISES DE FERRO-BACTÉRIA EM AMARO LANARI								
Poços Tubulares	C-28	C-29	C-31	C-32	C-33	C-34	C-35	C-36
Ferro-Bactéria col./100 ml	A	A	***	A	A	A	****	*****

**Legenda:** A = organismo ausente

\* = organismo encontrado em 10 % dos campos analisados;

\*\* = organismo encontrado em 25 % dos campos analisados;

\*\*\* = organismo encontrado em 50 % dos campos analisados;

\*\*\*\* = organismo encontrado em 75 % dos campos analisados;

\*\*\*\*\* = organismo encontrado em 100% dos campos analisados;

**Tabela 1** - Resultados de análises de ferro-bactéria de amostras coletadas nos poços tubulares de Amaro Lanari - Ipatinga em 20/10/2000.



Foto - 2 Calha Parsshall na chegada da ETA.



Foto – 3 Deságüe do Poço Tubular C-36 antes do tratamento.

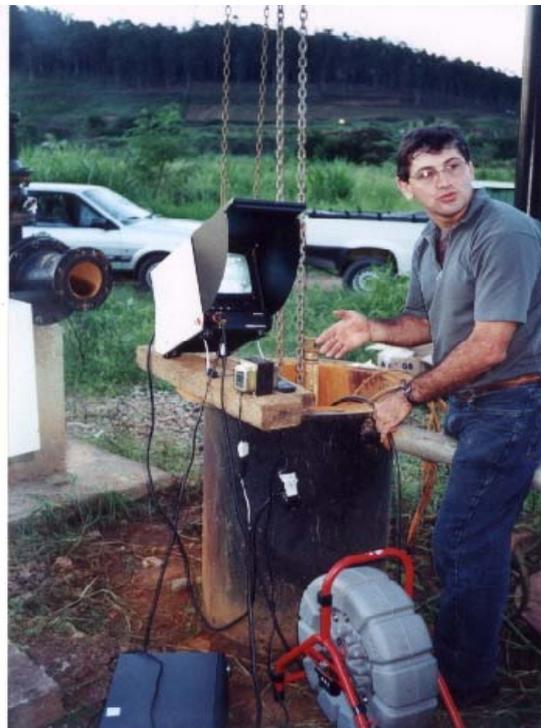


Foto – 4 Vídeo inspeção antes do tratamento



Foto –5 Aplicação do bactericida de contato



Foto – 6 Aplicação do produto desincrustante.



Foto – 7 Deságüe da solução até a normalização do pH.



Foto – 8 Detalhe da bomba dosadora do bactericida de manutenção.

**RESULTADOS DE ANÁLISES DE FERRO-BACTÉRIA EM AMARO LANARI**  
Poços Tubulares / Ferro-bactéria col./100 ml

Data	C-28	C-29	C-31	C-32	C-33	C-34	C-35	C-36
21/12/2000	*	A	****	A	A	A	*	A
07/02/2001	*	A	*****	A	A	A	*	A
14/03/2001	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	A
02/05/2001	*	A	***	*****	*	A	**	A

**Legenda:** A = organismo ausente

- \* = organismo encontrado em 10 % dos campos analisados;
- \*\* = organismo encontrado em 25 % dos campos analisados;
- \*\*\* = organismo encontrado em 50 % dos campos analisados;
- \*\*\*\* = organismo encontrado em 75 % dos campos analisados;
- \*\*\*\*\* = organismo encontrado em 100% dos campos analisados;
- SD = sem dados

**Tabela 2** - Resultados de análises de ferro-bactéria nos poços tubulares em Amaro Lanari - Ipatinga, no período em que estava sendo dosado o bactericida de manutenção no poço C-36.

RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS DE ROTINA NO POÇO C-36					
Data da Coleta	21/12/00	23/01/01	07/02/01	02/04/01	16/05/01
Acidez (mg/L CO <sub>2</sub> )	1.8	6.2	4.2	0.60	1.3
Dureza Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	34.0	29.0	33.0	23.8	23.8
Dureza Cálcio (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	13.0	16.0	13.0	11.4	11.4
Condutividade uS/cm.s	56.7	68.7	67.6	55.6	52.4
Ferro total (mg/L Fe)	2.1	2.5	SD	SD	SD
Manganês Total (mg/L Mn)	0.48	0.97	SD	SD	SD
Alc. bicarbonato(mg/L CaCO <sub>3</sub> )	22.5	24.6	13.3	15.0	21.0
Alc. carbonato (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	ND	ND	ND	ND	ND
Alc. hidróxido (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	ND	ND	ND	ND	ND
Cor (uH)	20	35	3	40	40
pH	7.4	6.9	6.8	7.7	7.5
Turbidez (uT)	2.4	7.0	3.2	1.5	18.0
Cloreto (mg/L Cl)	5.4	2.9	3.9	3.4	2.4
Sulfato (mg/L SO <sub>4</sub> )	13.1	13.4	10.8	SD	SD

**Legenda:** SD = sem dados

ND = não detectado

**Tabela 3** - Resultados das análises físico-químicas de rotina no poço C-36 em Amaro Lanari, no período de dez./2000 à maio/2001.