



## REMOÇÃO DE MANGANÊS EM ÁGUAS SUBTERRÂNEAS PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO ATRAVÉS DO PROCESSO DE PRÉ OXIDAÇÃO E FILTRAÇÃO EM AREIA



Eng. Adalcino Fernandes Reis Neto;  
Eng. José Manoel Alves Júnior;  
Nelson de Matos Silva;



## INTRODUÇÃO

- ✓ Resultados estudos de tratabilidade - Protótipo - ETA de Filtração Direta Descendente Pressurizada;
- ✓ Por que da realização do estudo;
- ✓ Instalado na cidade de Araguaína – Poços Tubulares Profundo;
- ✓ Avaliar a eficiência de remoção de manganês e custos decorrentes do incremento de produtos químicos para o sistema de tratamento proposto;
- ✓ Presença de Manganês – Problemas e prejuízos para concessionária;

## RECLAMAÇÕES DE QUALIDADE DA ÁGUA

- ✓ Coloração amarelada e turva à água;
- ✓ Sabor amargo e adstringente;
- ✓ Formação de depósitos de óxidos amarronzados;



Fig. 01 - Óxidos Amarronzados, coloração turva



Fig. 02 - Coloração Amarelada



Fig. 03 - Depósitos de Óxidos Amarronzados

## PROBLEMAS OPERACIONAIS

- ✓Frequentes substituição de hidrômetros – (gastos com substituição e comprometimento do volume micromedido);
- ✓Incrustação nas tubulações de distribuição (redução da vazão e consequente problemas de abastecimento);



Fig. 04 – Engrenagens de hidrômetro obstruídas pelo Mn.



Fig. 05 – Tubulação Incrustada.

- ✓ Refaturamento de contas de água de clientes;
- ✓ Constantes descargas na rede de distribuição de água (aumento das perdas do sistema);



Fig. 06 – Depósitos de Mn retirados de tubulações incrustadas.



Fig. 07 – Cor turva da água no ponto de descarga.

## OBJETIVO

Avaliar a eficiência da remoção do manganês através do processo de oxidação com cloro e elevação do pH seguido de filtração direta descendente pressurizada em leito filtrante de areia. Além da eficiência do sistema também foi avaliado o emprego de três tipos de alcalinizantes no processo de tratamento:

- Hidróxido de Cálcio (Cal Hidratada);
- Carbonato de Sódio (Barrilha Leve);
- Hidróxido de Sódio (Soda Cáustica).

## MATERIAIS E MÉTODOS

- ✓ Os ensaios do estudo foram realizados em um dos sistemas de abastecimento de água da cidade de Araguaína – TO;
- ✓ Sistema de Abastecimento – Divididos em Centros de Produção – CPR;
- ✓ Estudo realizado no CPR 001 (30% abastecimento da cidade);
- ✓ 03 PTP's - Altas vazões e concentrações de Manganês;
- ✓ PTP 012 escolhido para estudo;

Centro de Produção	Poços	Vazão (m <sup>3</sup> /h)	Mn (mg/L)	pH
CPR-001	PTP 012	230,00	0,689	5,90
	PTP 014	135,00	0,267	5,86
	PTP 019	105,00	0,550	6,00

- ✓ Protótipo instalado no barrilete do PTP 012;
- ✓ By-pass desvio para o protótipo;
- ✓ Oxidação e correção do pH;



Fig. 08 – Vista do protótipo instalado próximo ao PTP 012



Fig. 09 – Vista do by-pass instalado no barrilete do PTP 012



- ✓ Diâmetro de 0,5 m – 02 Unidades;
- ✓ Material filtrante: Areia TE 0,65mm, CD <1,7 e grãos entre 0,50 e 1,41mm dispostos em uma camada de 0,80 m de espessura;
- ✓ Fundo Falso: Chapa de aço com furos de 1", onde foram acoplados os distribuidores modelo SF 07 com ranhuras de 0,35 mm;

;



Fig. 10 – Montagem do filtro.

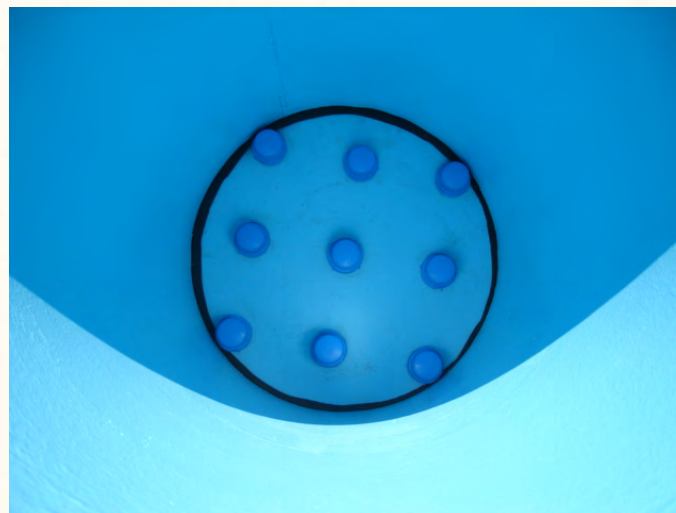


Fig. 11 – Chapa do fundo falso.

Ácido Tricloro Isocianúrico (Cloro);

Carbonato de sódio (Barrilha Leve) - 8%;

Hidróxido de cálcio (Cal Hidratada) - 2%;

Hidróxido de sódio (Soda Cáustica) - 12%;



Fig. 12 – Equipamento de dissolução do cloro em tabletes.



Fig. 13 – Tanque de preparação e dosagem de alcalinizante.

- ✓ Vazão ( $\text{m}^3/\text{h}$ );
- ✓ Perda de carga (m);
- ✓ Cor aparente (Und PtCo);
- ✓ Turbidez (NTU);
- ✓ Cloro residual livre (mg/L);
- ✓ pH;
- ✓ Manganês (mg/L).



Fig. 14 – Manômetro, monitoramento da perda de carga dos filtros.

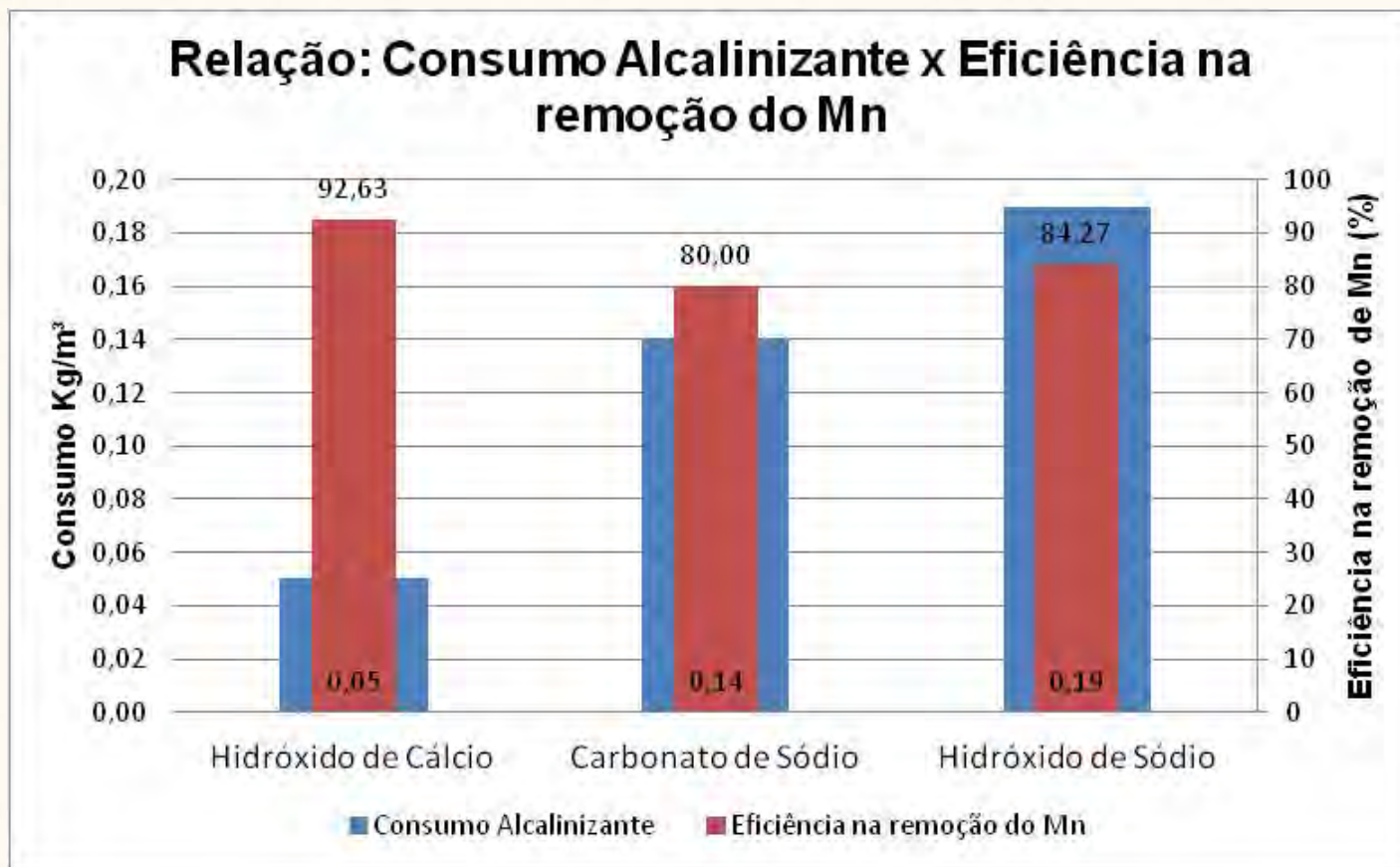


Fig. 15 – Rotâmetro, controle de vazão nos filtros.

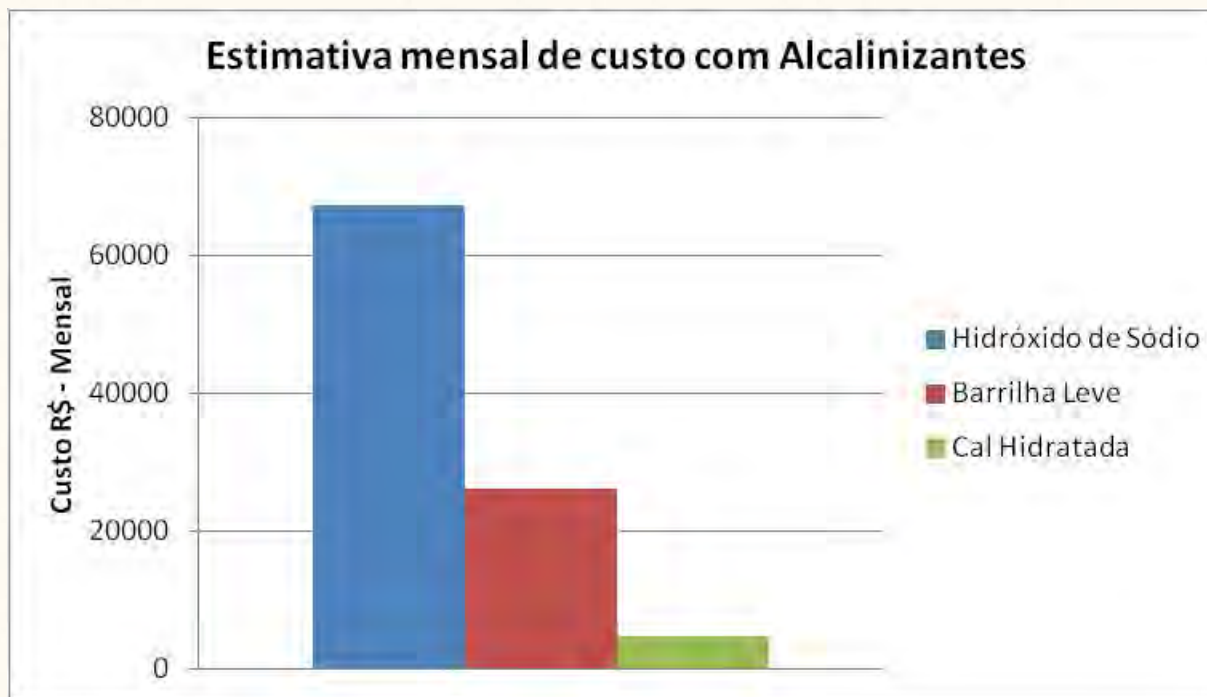
## RESULTADOS

Parâmetros	Hidróxido de Cálcio (Cal Hidratada)	Carbonato de Sódio (Barrilha Leve)	Hidróxido de Sódio (Soda Cáustica)
Turbidez (NTU) – Água Filtrada	0,18	0,32	0,32
Cor Ap(Und PtCo) – Água Filtrada	6,0	12,0	4,0
Remoção do Mn (%)	92,0	80,0	84,2
Consumo	Baixo	Médio	Alto

- ✓ Turbidez - Três alcalinizantes mostraram-se eficientes;
- ✓ Cor – Valores fora dos padrões – Função do manganês não removido;
- ✓ Cal Hidratada – Melhor Eficiência na remoção do Mn;
- ✓ Cal Hidratada – Menor Consumo;



- ✓ Cal Hidratada – Prevalência pH na faixa ideal – Menor Consumo;
- ✓ Cal Hidratada – Economicamente viável se comparada aos demais;



Consumo de Produtos Químicos - Estimados para operação em escala real				
Alcalinizante	Kg/h	Kg/dia	Ton/mês	Custo Mensal - R\$
Hidróxido de Sódio	65,20	1043,14	31,29	67.282,52
Barrilha Leve	48,37	773,87	23,22	26.234,11
Cal Hidratada	18,16	290,63	8,72	4.533,85

## CONCLUSÃO

- ✓ Sistema de tratamento FRD (Areia) + Oxidação + Correção do pH atendeu ao objetivo da pesquisa - Remoção do manganês para os padrões que atendam a Portaria 2.914/2011;
- ✓ A remoção do manganês está correlacionada as condições ideais para o sistema em estudo (Pré-oxidação e pH > 8,0);
- ✓ Em geral índices satisfatórios de remoção foram obtidos em faixas de pH entre 8,0 e 8,5 – Confirmando o que a literatura já estabelecia, apesar de obtermos índices favoráveis com pH próximo a 7,5;
- ✓ Índice médio de remoção do Mn 92% - Areia + Cal Hidratada;
- ✓ Cloro necessário para oxidação do manganês manteve-se constante – 0,5 mg/L;

- ✓ Três alcalinizantes empregados obtiveram resultados satisfatórios na remoção do manganês;
- ✓ Hidróxido de Sódio (Soda Cáustica) e Carbonato de Sódio (Barrilha Leve) - Altas Dosagens, Alto Consumo e Elevado Custo de Tratamento;
- ✓ Hidróxido de Cálcio (Cal Hidratada) – Melhor eficácia;
- ✓ A realização do estudo gerou dados suficientes para subsidiar a elaboração e implantação do projeto em escala real;



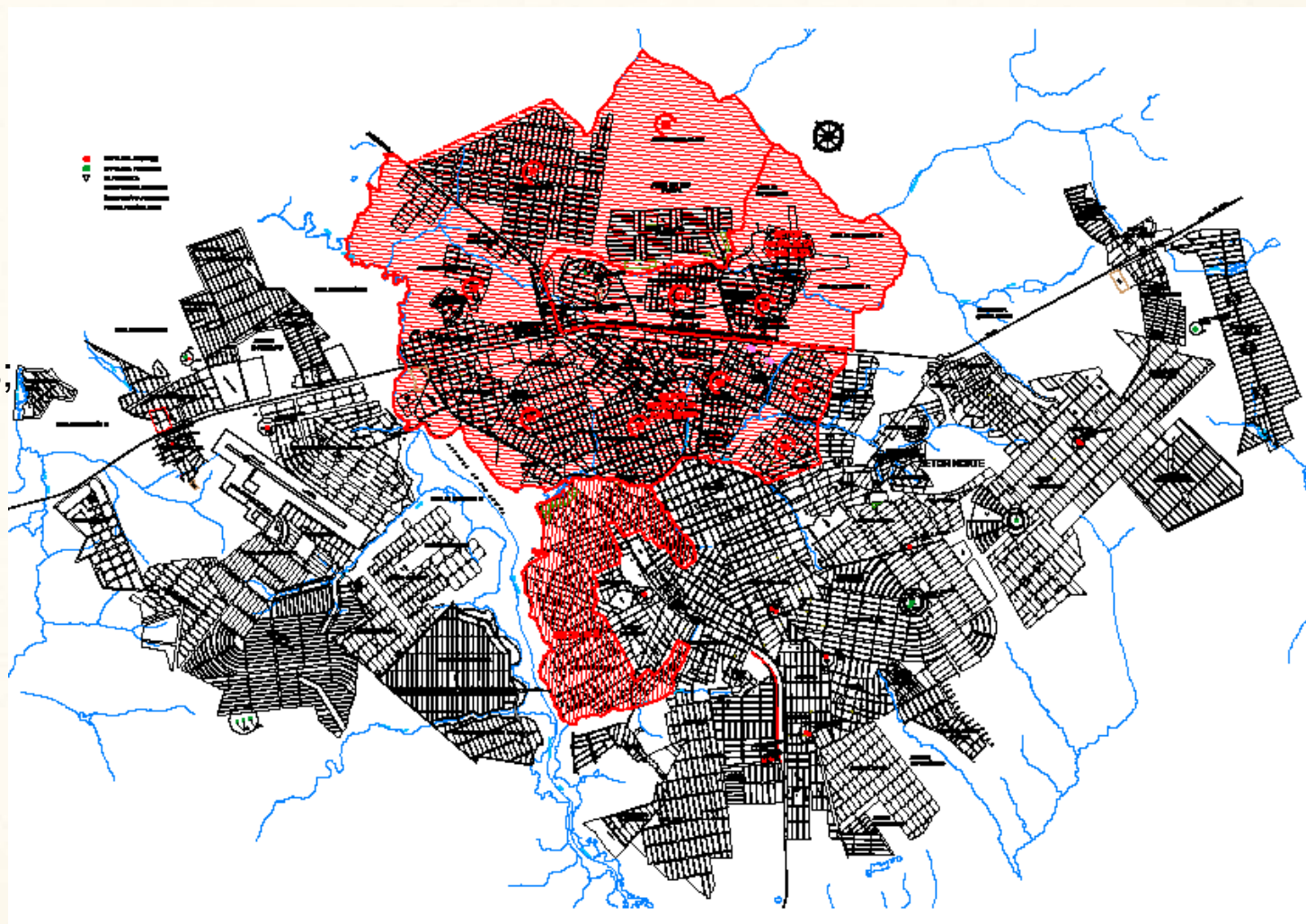
## OPERAÇÃO EM ESCALA REAL

Projeto executado;

CPR 001;

16.000 Ligações;

33,60% das ligações;



## OPERAÇÃO EM ESCALA REAL

### Comparativo – Protótipo / Projeto Escala Real

Parâmetros	Protótipo	Projeto
Vazão de Tratamento (m <sup>3</sup> /h)	2,00	430,00
Taxa de Filtração (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .dia)	244	292
Carreira de Filtração (h)	11	16
Consumo Interno (%)	2,50	2,80
Consumo de Cal Hidratada (Kg/h)	18,16	14,62
Tempo de Contato (min) – Pré-Oxidação	2 a 3 minutos	2 a 3 minutos
Consumo de Cloro (mg/L)	0,50	0,62
pH da água pré-oxidada	7,5 a 8,5	7,0 a 7,5
Eficiência na remoção do Mn (%)	90,00	98,50

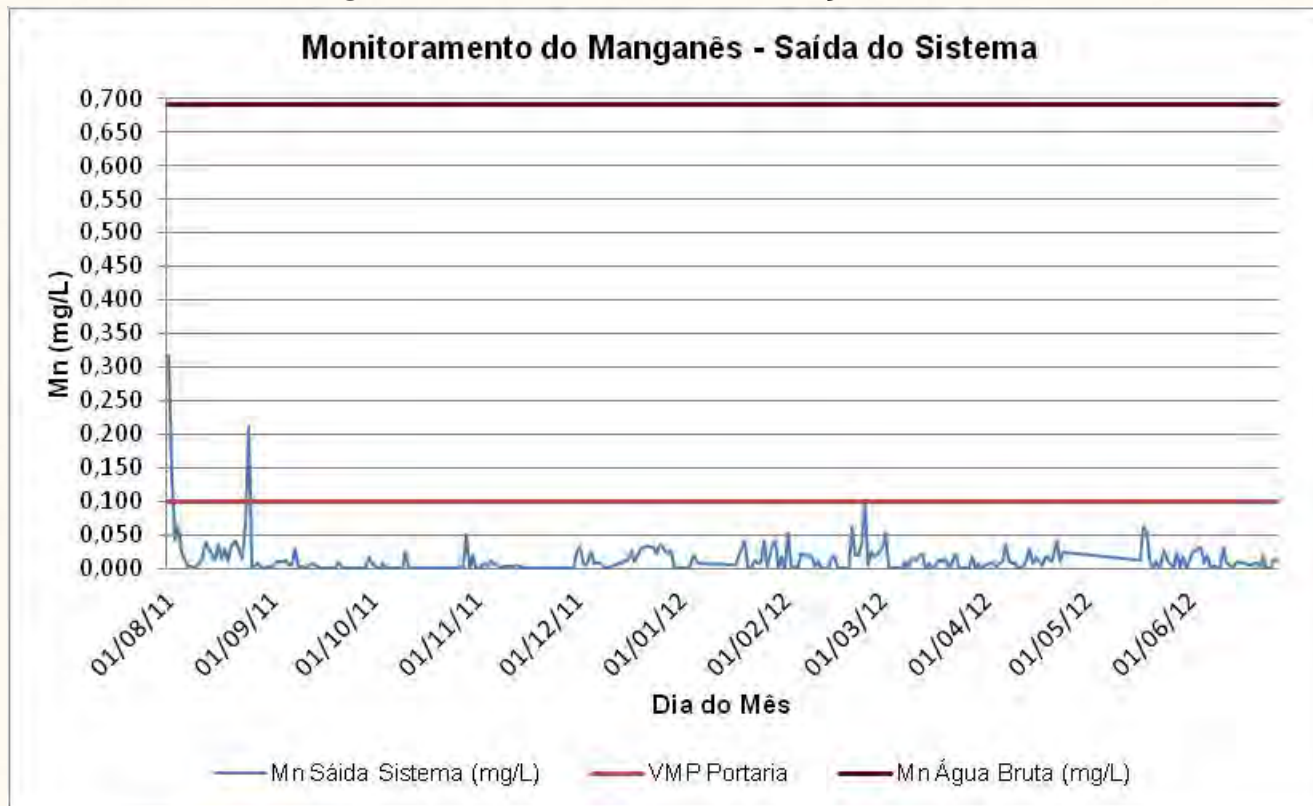


Fig. 16 – Protótipo dos ensaios.



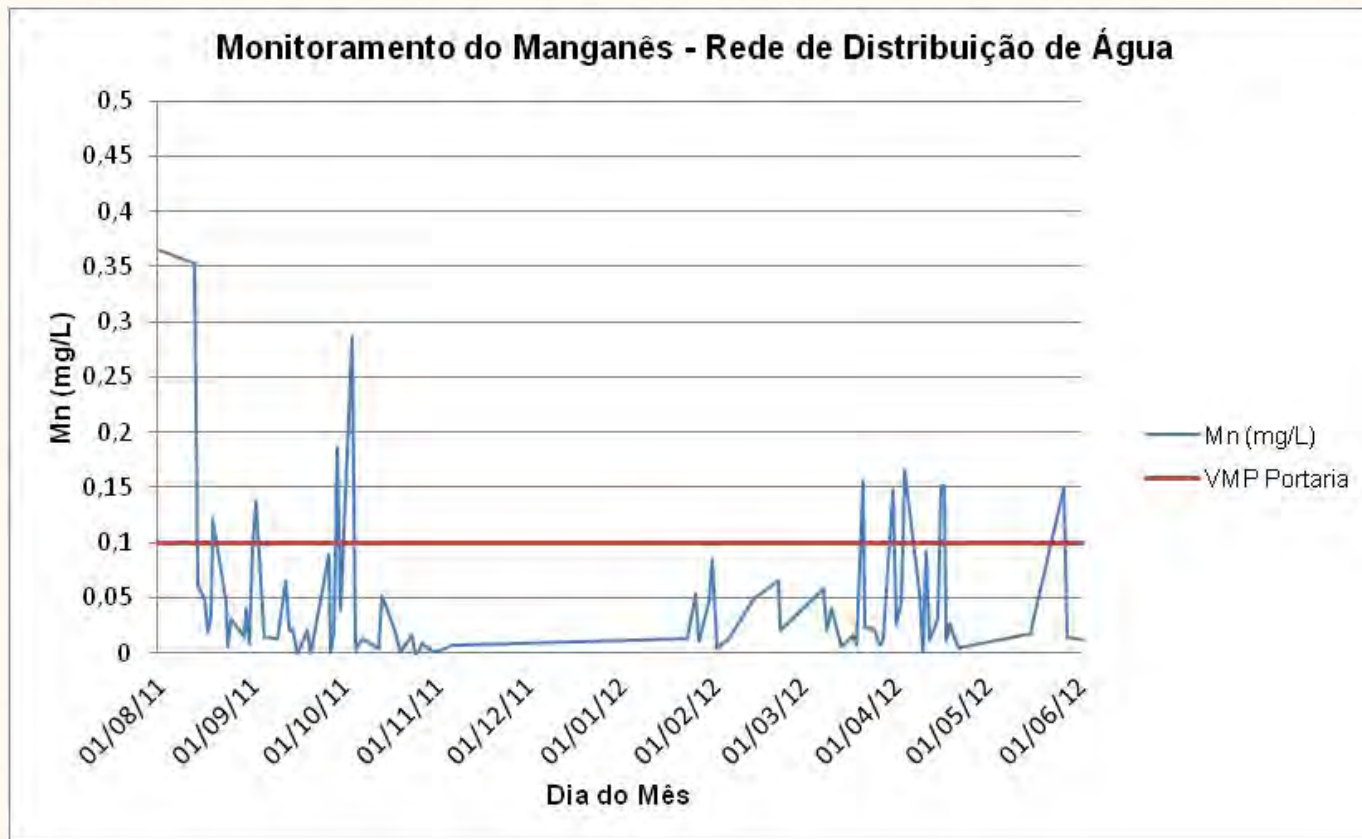
Fig. 17 – Projeto executado.

## Monitoramento do Manganês (1 ano de operação):



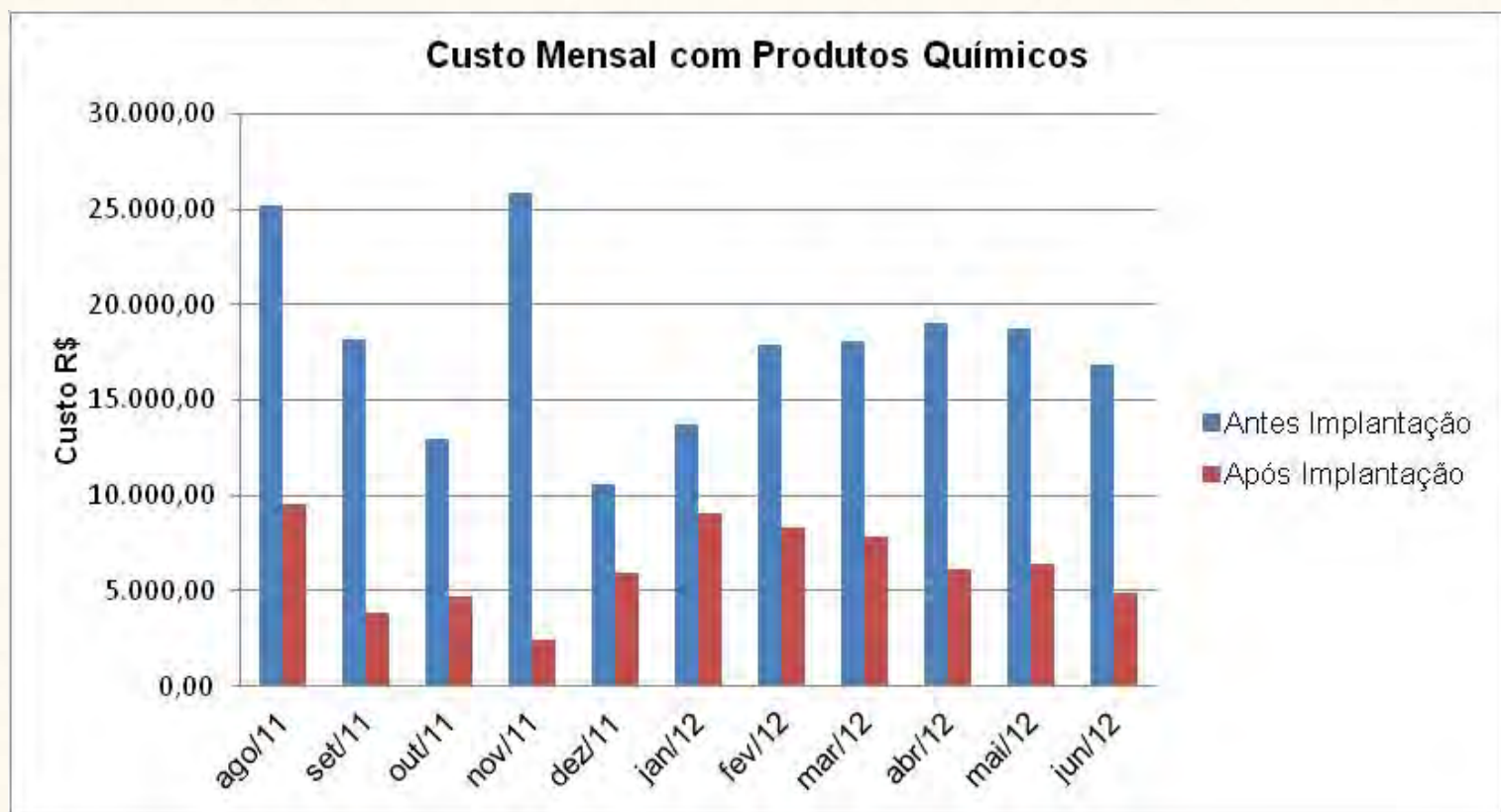
- ✓ Eficiência na Remoção do Mn – Saida do Sistema: 98%
- ✓ Índice de Atendimento a Portaria 2.914/2011 – 98,50%
- ✓ 96% dos resultados das análises, obtiveram valores inferiores a 0,05 mg/L;

## Monitoramento do Manganês (1 ano de operação):



✓ Índice de Atendimento a Portaria 2.914/2011 – 87%

## VANTAGENS



- ✓ Redução anual de 65% no gasto com produtos químicos;
- ✓ Custo com produtos químicos, passou de R\$ 0,068/m<sup>3</sup> para R\$ 0,024/m<sup>3</sup>
- ✓ Economia anual de R\$ 127.902,69;

- ✓ Redução no número de reclamações da Qualidade da Água;
- ✓ Atendimento aos padrões de potabilidade estabelecido pela Portaria 2.914/2011;
- ✓ Redução no número de descargas de rede (redução de perdas);
- ✓ Redução na substituição dos hidromêtros (precisão volume micromedido);
- ✓ Fim dos refaturamentos de contas de água de clientes;



Fig. 18 – Hidrômetro comprometido com Mn.



Fig. 19 – Descarga de rede.

Implantação do Sistema de Remoção de Manganês:

**CUSTO TOTAL – R\$ 781.893,38**

- ✓ 05 Unidades Filtrantes com 3,0m de diâmetro;
- ✓ Sistema de Automação (Válvulas com atuadores e Quadros de Comando);
- ✓ Tanque de Sedimentação (Disposição da Água de Lavagem dos Filtros);
- ✓ 02 Lagoas de disposição do lodo;
- ✓ Casa de Química (100m<sup>2</sup>);
- ✓ Aquisição de Equipamentos (Agitadores, Dosadoras, Elevador e etc...)
- ✓ Urbanização;

✓ Vista Geral do Sistema;





✓ Vista Geral do Sistema;



✓ Sistema de Automação (Quadros para Comando das Válvulas);



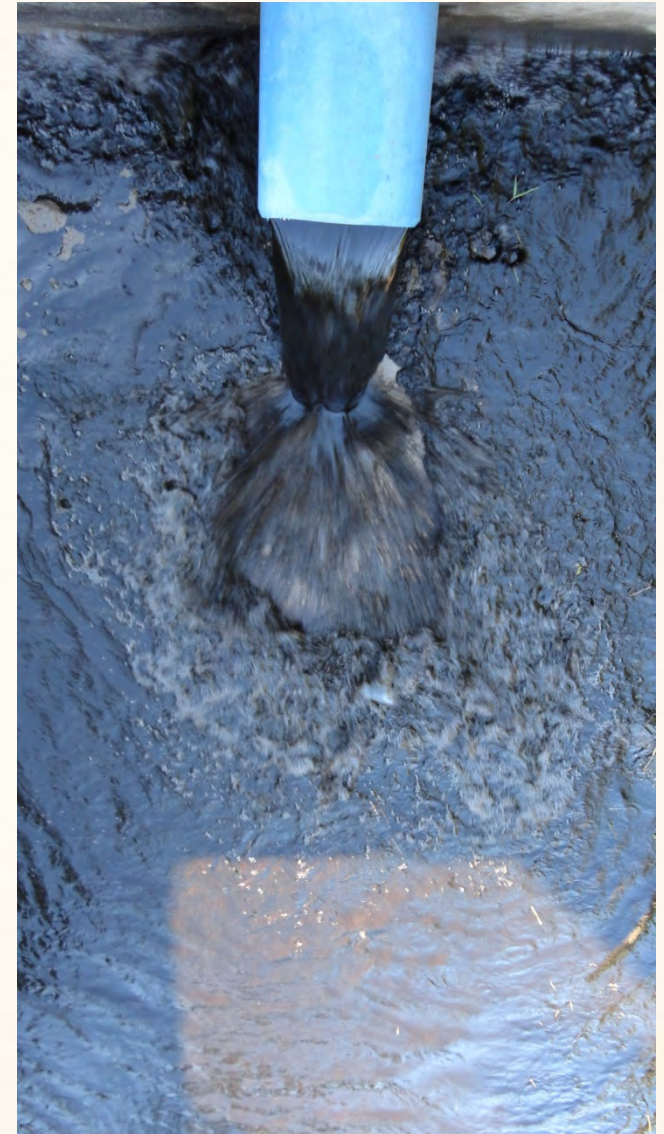
✓ Casa de Química (Preparo das Soluções);



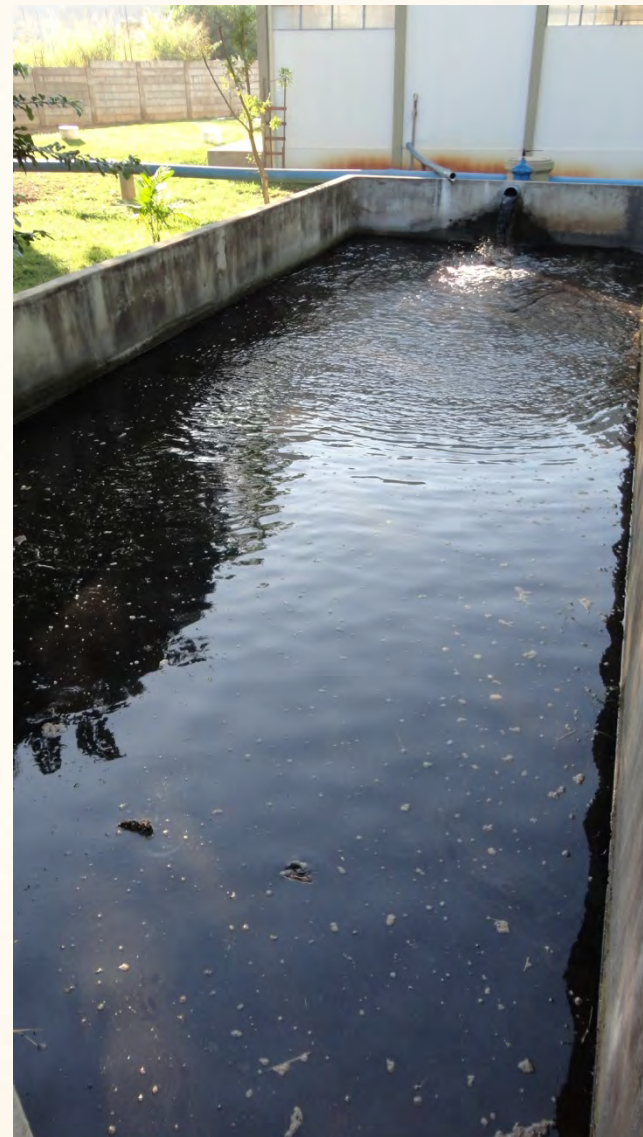
✓Tanque de Sedimentação (Disposição da Água de Lavagem dos Filtros);



✓Lagoas de Disposição do Lodo;



✓Lagoas de Disposição do Lodo;





# OBRIGADO!

foz



**Adalcino Fernandes Reis Neto**

Engenheiro Ambiental – Esp. Saneamento e Meio Ambiente

email: [adalcino.fernandes@saneatins.com.br](mailto:adalcino.fernandes@saneatins.com.br)

Contato: 63 3218 – 3445 / 8402 – 6322