

**I-332 – ESTUDO SOBRE APLICAÇÃO DE ORTOPOLIFOSFATO DE SÓDIO
COMO AGENTE DESINCRUSTANTE****Rafael de Souza Bergo⁽¹⁾**

Engenheiro Químico pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Analista de Pesquisa e Desenvolvimento da CESAN.

Elza de Abreu Costa

Química pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestre Engenharia Ambiental pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Analista de Sistemas de Saneamento e Gerente da Gerência de Gestão e Controle da Qualidade da CESAN – ES.

Nadja Gorza Lima

Engenheira Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Analista de Sistemas de Saneamento da CESAN e presidente da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES/ES.

Juciane Silva da Motta

Bióloga pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Mestre em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Analista de Sistemas de Saneamento e Chefe da Divisão de Gestão e Pesquisa da CESAN – ES.

Daniel Dias Barbosa

Técnico em Química pela Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Vasco Fernandes Coutinho em Vila Velha (ES). Técnico de Sistemas de Saneamento da CESAN.

Endereço⁽¹⁾: Rua Francisca Guimarães, S/N – Cobi de Cima – Vila Velha - ES - CEP: 29.117-115 - Brasil - Tel: +55 (27) 2127-6866 - e-mail: rafael.bergo@cesan.com.br.

RESUMO

Os metais presentes na água *in natura* apresentam alta solubilidade, sendo difícil sua remoção por processos convencionais de tratamento. Reações secundárias promovem a formação de sulfato de cálcio, causando o enrijecimento gradual das incrustações. Os calóides que não tiveram tempo suficiente para endurecer originarão a chamada “água suja”. Para se inibir as reações secundárias e consequente formação de incrustações, bem como promover a remoção das incrustações existentes, pode-se utilizar produtos à base de ortopolifosfato, que também apresentam capacidade de remover lentamente as incrustações existentes nas redes de forma a manter o padrão de potabilidade da água, evitando a necessidade de interrupção no abastecimento. O presente trabalho tem por objetivo estudar a eficácia do ortopolifosfato de sódio na melhoria da qualidade da água distribuída pelo sistema Caçaroca, avaliar o efeito do produto na redução de anomalias de qualidade da água para o sistema Caçaroca e avaliar a eficácia do produto como agente desincrustante. Os resultados apresentados para cor, turbidez, ferro total e reclamações de clientes demonstram a eficácia do ortopolifosfato na melhoria da qualidade da água distribuída. Os resultados obtidos para o teor médio de ferro total na saída da ETA e na rede de distribuição demonstram a propriedade do produto em quelar íons metálicos. Esses resultados podem indicar que o produto está promovendo a remoção de incrustação da tubulação, uma vez que o teor de ferro na rede de distribuição é maior do que o observado na saída da ETA. O ensaio de capacidade de desincrustação qualitativo apresentou algumas evidências de que o produto tem atuado na recuperação da rede de distribuição.

PALAVRAS-CHAVE: Ortopolifosfato de sódio, rede de distribuição, desincrustação.

INTRODUÇÃO

A precipitação química é um processo eficiente e benéfico utilizado no tratamento de água. Quando utilizado como processo de tratamento, a precipitação é intencional. Entretanto, há situações em que a precipitação de compostos químicos ocorre sem controle. Os componentes químicos da água que sai das unidades de filtração de uma estação de tratamento podem reagir no novo ambiente do sistema de distribuição. O resultado é a precipitação de certos compostos no sistema de distribuição, processo conhecido como pós-precipitação e que pode causar efeitos adversos à rede de distribuição. O presente trabalho se propõe a avaliar a eficácia do ortopolifosfato de sódio como agente capaz de melhorar a qualidade da água distribuída e promover a recuperação da rede de distribuição do sistema Caçaroca.

Weigert e Rattmann (1997) relatam o efeito do pH na qualidade da água distribuída. Segundo seu trabalho, em tubulações de ferro fundido com elevado grau de incrustação pelas quais se fez passar água tratada com valores de pH de 6,3, 8,6 e 8,8, a água com pH de 6,3 foi a que apresentou melhores resultados quanto à qualidade, resultado explicável pelo pH de precipitação de metais e pelo material da tubulação. No entanto, foram observadas reclamações também em redes cimentadas e de PVC. Tais reclamações levaram os autores a executarem testes que indicaram a ocorrência de reações secundárias na rede de distribuição. Essas reações geravam produtos que atribuíam cor à água tratada, gerando reclamações de clientes.

Os metais presentes na água *in natura* apresentam alta solubilidade, sendo difícil sua remoção por processos convencionais de tratamento. O cloro, aplicado após a filtração, oxida a matéria orgânica, liberando os metais complexados. Esses metais também são oxidados pelo residual de cloro presente na água tratada e, na presença de alcalinidade, formam hidróxidos, compostos insolúveis que não raro conferem coloração à água. Essas reações podem levar até 48 horas para se processarem completamente, ocorrendo principalmente na rede de distribuição, onde a velocidade de escoamento da água é mais baixa. Reações secundárias promovem a formação de sulfato de cálcio, causando o enrijecimento gradual das incrustações. Os calóides que não tiveram tempo suficiente para endurecer originarão a chamada “água suja” (WEIGERT e RATTMANN, 1997).

Para se inibir as reações secundárias e consequente formação de incrustações, bem como promover a remoção das incrustações existentes, pode-se utilizar produtos à base de ortopolifosfato. Esses produtos apresentam capacidade de quelar íons metálicos, especialmente íons bivalentes como ferro, manganês, cálcio e magnésio, formando uma estrutura anelar capaz de bloquear qualquer reação química subsequente (Figura 1). Os complexos formados são muito solúveis e possibilitam a inativação de minerais que causam deposição e corrosão, evitando a formação de núcleos de cristalização e estabilizando a água tratada. Os produtos a base de ortopolifosfato apresentam também capacidade de remover lentamente as incrustações existentes nas redes de forma a manter o padrão de potabilidade da água, evitando a necessidade de interrupção no abastecimento. Ainda, esses produtos podem formar uma película protetora sobre superfícies metálicas, inibindo o processo de corrosão (WEIGERT e RATTMANN, 1997).

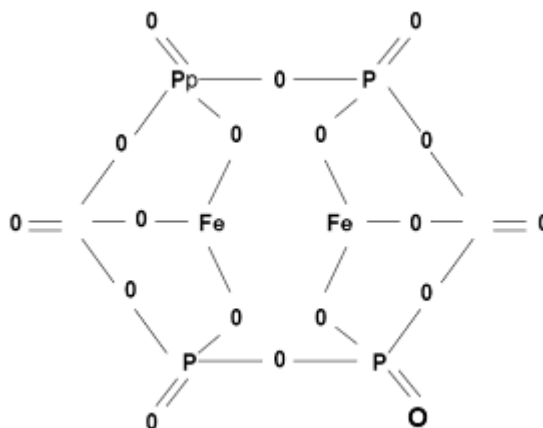


Figura 1: Estrutura anelar de complexo formado pelo ortopolifosfato com íons de ferro.

Dentre os fatores que influenciam o grau de quelação dos metais por fosfatos pode-se citar sua concentração, o pH de tratamento, a concentração dos íons metálicos, bem como o teor de cloro aplicado à água. A legislação brasileira não determina limites para a adição de fosfatos à água de abastecimento público. As legislações italiana e francesa fixam seu limite em $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, expressos como P_2O_5 .

Segundo o trabalho de Weigert e Rattmann (1997), a aplicação de ortopolifosfato na água produzida pelas Estações de Tratamento de Água Iguaçu e Tarumã, responsáveis pelo abastecimento de mais de 70% da cidade de Curitiba na época, houve sensível diminuição no número de reclamações de clientes, que caíram de 578 reclamações no mês de novembro de 1996 para 59 reclamações em maio de 1997. Ainda, o Índice de Qualidade na rede de distribuição saltou de 58,96% em novembro de 1996 para 80,64% no mês de maio de 1997. Por fim, os autores apresentam que o teor de ferro no sistema de distribuição foi significativamente maior do que o teor

de ferro no sistema produtor, indicando uma remoção gradativa das incrustações. Esses resultados foram obtidos utilizando uma dosagem de $2,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ do produto.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem por objetivo estudar a eficácia do ortopolifosfato de sódio na melhoria da qualidade da água distribuída pelo sistema Caçaroca.

Objetivos específicos:

- Avaliar o efeito do produto na redução de anomalias de qualidade da água para o sistema Caçaroca.
- Avaliar a eficácia do produto como agente desincrustante.

MATERIAIS E MÉTODOS

Quando utilizado o ortopolifosfato como auxiliar de potabilização da água, deve-se implementar um processo de controle particular, a fim de se permitir a avaliação do tratamento efetuado e a obtenção dos objetivos pré-fixados.

Dosagem do produto:

A aplicação do produto começou no dia 06 de outubro de 2009 com uma dosagem inicial de $1,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de solução a 10% de ortopolifosfato de sódio. À partir do décimo dia de aplicação a dosagem foi reduzida para $1,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ de solução a 10% de ortopolifosfato de sódio. A aplicação foi interrompida no dia 15 de fevereiro de 2010, quatro meses após iniciada, devido ao fim do estoque do produto e retomada no dia 22 de maio de 2010 com a aquisição de um novo lote. Na primeira semana após a retomada da aplicação do produto, a dosagem utilizada foi de $1,5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, sendo reduzida para $1,0 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ à partir da segunda semana de dosagem.

Monitoramento da qualidade da água:

A Tabela 1 mostra a última versão do plano de monitoramento da qualidade da água para controle da eficácia do ortopolifosfato de sódio, elaborado de acordo com a NBR 15007-3 – Produtos à base de ortopolifosfatos em sistemas de água potável – Parte 3: Métodos para avaliação dos critérios de desempenho (ABNT, 2003). Esse plano foi alterado após seis meses de aplicação do produto tendo-se por base os bons resultados obtidos nesse período de monitoramento. As alterações feitas incluem:

1. frequência de amostragem para análises de cor, turbidez e ferro total, que passou de diária para semanal;
2. número de amostras para análises de ferro total, ortofosfato, cloretos, dureza total e alcalinidade total, que passaram a ser feitas para apenas um ponto amostrado semanalmente;
3. frequência de amostragem para análises de Al, Cu, Zn, As, Ba, Cd, Pb, Cr total, Hg, Ag e Se, que passou de semanal para mensal;
4. alteração dos pontos de amostragem objetivando englobar pontos críticos, como escolas e pontos comerciais, bem como para adequar os pontos à rota dos amostradores, de forma a minimizar o impacto do trabalho em sua rotina.

Tabela 1: Plano de monitoramento da qualidade da água utilizado no estudo de aplicação de ortopolifosfato de sódio.

BAIRRO	ENDEREÇO	IDENTIFICAÇÃO
(1) Caçaroca	ETA Caçaroca	Ponto imediatamente antes da aplicação do produto poliortofosfato
(2) Caçaroca	ETA Caçaroca	Ponto imediatamente após aplicação do produto poliortofosfato
(3) Santa Paula	Torneira hidrômetro R C nº 287	Rede de Distribuição Caçaroca
(4) Ponta da Fruta	R Jaime Meneguelli UNIDADE DE SAÚDE	Rede de Distribuição Caçaroca
(5) Interlagos	Torneira hidrômetro AV Ipiranga nº S/N QD H Padaria Interlagos	Rede de Distribuição Caçaroca
(6) Barra do Jucu	Torneira do hidrômet R PROF Jaime Coutinho nº S/N EEEFM Marcílio Dias	Rede de Distribuição Caçaroca
(7) João Goulart	AV Brasil nº 373 No Kimbar	Rede de Distribuição Caçaroca
(8) Ulisses Guimarães	AV Raul Seixas nº 193 Padaria Massa Branca	Rede de Distribuição Caçaroca
Frequência da amostragem:	Semanal para todos os pontos	
Parâmetros	Cor, turbidez, pH	
Frequência da amostragem:	Semanal para um ponto aleatório	
Parâmetros	Ferro total (Norma NBR 15007-3 – anexo J), fosfato* (Norma NBR 15007-3 – anexo H), cloretos, dureza total, alcalinidade total	
Frequência da amostragem:	Mensal	
Parâmetros	Al, Cu, Zn, As, Ba, Cd, Pb, Cr total, Hg, Ag, Se (Norma NBR 15007-3 – anexo J)	

* Para o ponto (2), a análise de fosfato deve ser realizada no dia e após 72 horas (três dias após a coleta) sempre que houver novas aquisições do produto.

Capacidade de desincrustação

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) elaborou duas metodologias de ensaio para se verificar a eficácia do produto com relação à sua capacidade de desincrustação (ABNT, 2003), uma quantitativa e outra qualitativa. A primeira campanha foi executada no dia 11 de novembro de 2009, durante uma parada para manutenção do sistema Caçaroca, enquanto a segunda campanha foi executada no dia 07 de dezembro de 2010.

A Divisão de Manutenção da Distribuição Sul (O-DMS) selecionou quatro pontos dentro da área de influência da ETA Caçaroca para a realização dos ensaios de determinação da capacidade de desincrustação. As características da rede encontradas em cada ponto são mostradas na Tabela 2.

Tabela 2: Pontos visitados para a realização do ensaio de determinação da capacidade de desincrustação.

CORPO-DE-PROVA	ESPECIFICAÇÕES
01	DEFOFO 150mm.
02	Ferro galvanizado 2".
03	DEFOFO 150mm.
04	PVC 100mm.

Os corpos-de-prova consistiram em segmentos de tubulação, com aproximadamente 50 cm de comprimento, retirados diretamente da rede de distribuição no momento do ensaio. Os corpos-de-prova foram recolocados na rede, tomando-se o cuidado de preservar a mesma orientação em que estavam antes da retirada, reduzindo influências externas no ensaio.

Análise quantitativa

A metodologia proposta pela ABNT consiste em retirar um corpo-de-prova diretamente da rede de distribuição e medir o volume de água deslocado por este antes da aplicação do produto e após a aplicação do produto na estação de tratamento. O equipamento requerido para a medição do volume deslocado pelo corpo-de-prova consiste em um recipiente de PVC provido de registro de fechamento rápido e proveta graduada.

Para a realização da primeira campanha, adaptou-se uma carcaça de deionizador com aproximadamente 150 mm de diâmetro (equipamento 1), utilizando-se uma proveta graduada de 1000 mL para medir o volume. Devido às características desse equipamento, não foi possível realizar a análise quantitativa na primeira campanha para os corpos-de-prova 01 e 03. Para a segunda campanha, construiu-se um equipamento similar com diâmetro de 200 mm (Figura 2) de forma a possibilitar o ensaio quantitativo com os corpos-de-prova 01 e 03. Os resultados foram considerados consistentes quando a amplitude dos valores obtidos foi menor do que 10% da média observada.

Durante a realização da segunda campanha, utilizou-se o equipamento 1 para verificar o resultado gerado pelo equipamento 2. O teste foi realizado para os corpos-de-prova 02 e 04 e consistiu em comparar os resultados gerados pelos dois equipamentos, verificando se ambos produziram resultados similares.



Figura 2: Equipamento construído pela O-DMS utilizado na realização do segundo ensaio quantitativo (equipamento 2).

Análise qualitativa

A metodologia proposta pela ABNT consiste em uma análise qualitativa a partir de fotos do corpo-de-prova tiradas antes e após a aplicação do ortopolifosfato. O objetivo do ensaio é possibilitar uma comparação visual do estado de incrustação da tubulação ao longo do tempo de aplicação do produto.

Reclamações de clientes

Um dos parâmetros a ser monitorado é o número de reclamações de clientes devido à qualidade da água, que podem ser acompanhados a partir de relatórios obtidos pelo Sistema Integrado de Comercialização e

Atendimento (SICAT) e funcionam como indicador da redução do número de anomalias de qualidade da água. O relatório utilizado foi o de Solicitação de Serviço Registradas, tomando-se como referência as reclamações devido a turbidez.

RESULTADOS

Os resultados apresentados no presente trabalho referem-se ao período de 1º de abril de 2009 a 30 de março de 2010.

Monitoramento da qualidade da água

As figuras 3, 4 e 5 mostram, respectivamente, o histórico dos parâmetros cor, turbidez e ferro total no sistema Caçaroca para o período de 1º de abril de 2009 a 31 de março de 2011. Embora ainda seja possível identificar pontos fora dos limites permitidos pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde para os três parâmetros, verifica-se que a frequência com que os resultados anômalos são observados diminuiu significativamente. O teor médio de ferro total observado na saída da ETA foi de $0,19 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ enquanto o teor médio de ferro observado na rede de distribuição foi de $0,49 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, sensivelmente maior do que o observado na saída da ETA.

Os resultados para análises de alumínio, arsênio, bário, cádmio, cloretos, cromo total, cobre, dureza total, mercúrio, chumbo, pH, selênio e zinco não apresentaram alteração significativa se comparados os períodos antes e após o início da aplicação do produto.

Para o teor de ortofosfato, não há dados relativos ao período anterior ao início da aplicação do ortopolifosfato de sódio na ETA Caçaroca e, portanto, não é possível realizar uma análise comparativa entre os períodos anterior e após a aplicação do produto. Verificou-se, entretanto, que o resultado máximo observado foi de $0,28 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Figura 3: Cor na saída da ETA e na rede de distribuição da ETA Caçaroca no período de 1º de abril de 2009 a 30 de novembro de 2010.

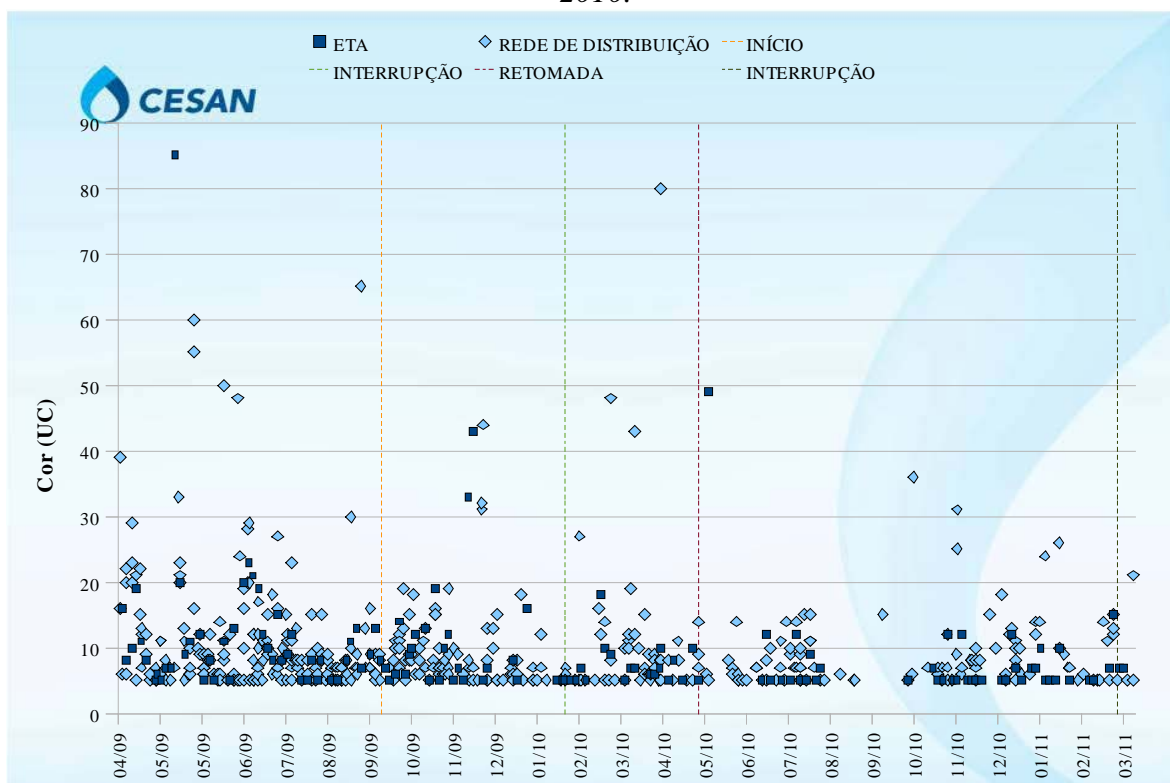


Figura 4: Turbidez na saída da ETA e na rede de distribuição da ETA Caçaroca no período de 1º de abril de 2009 a 30 de novembro de 2010.

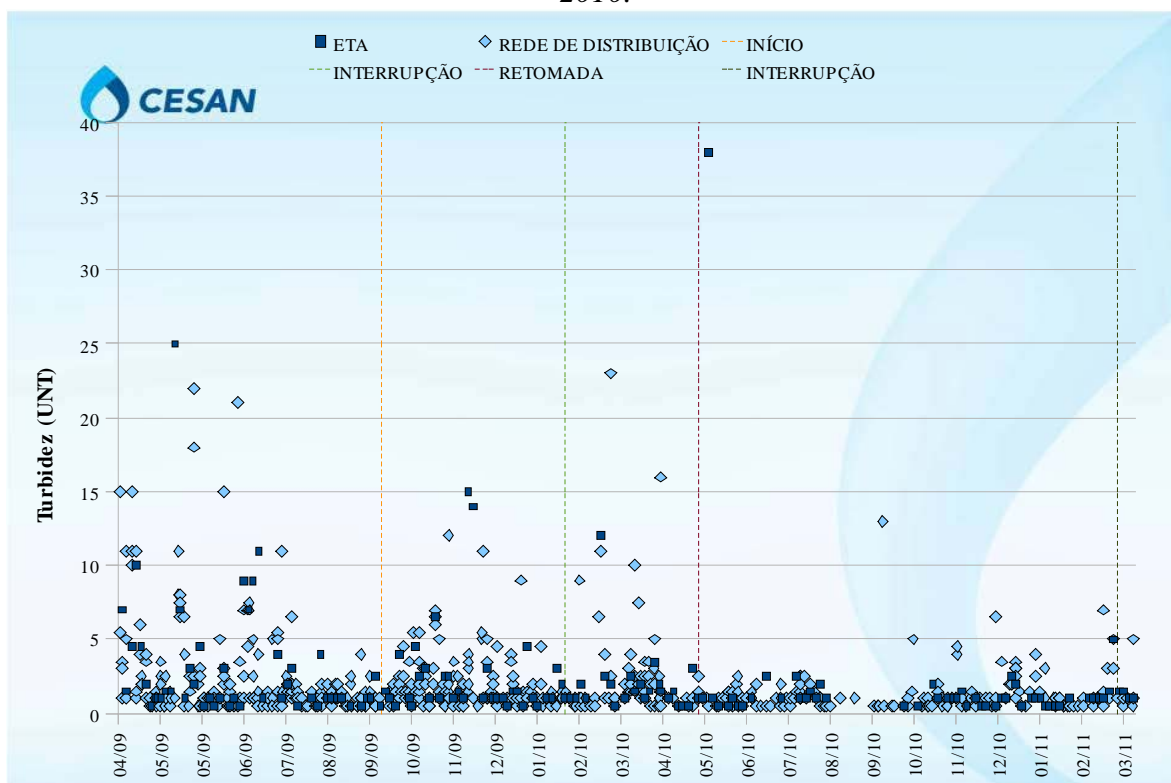
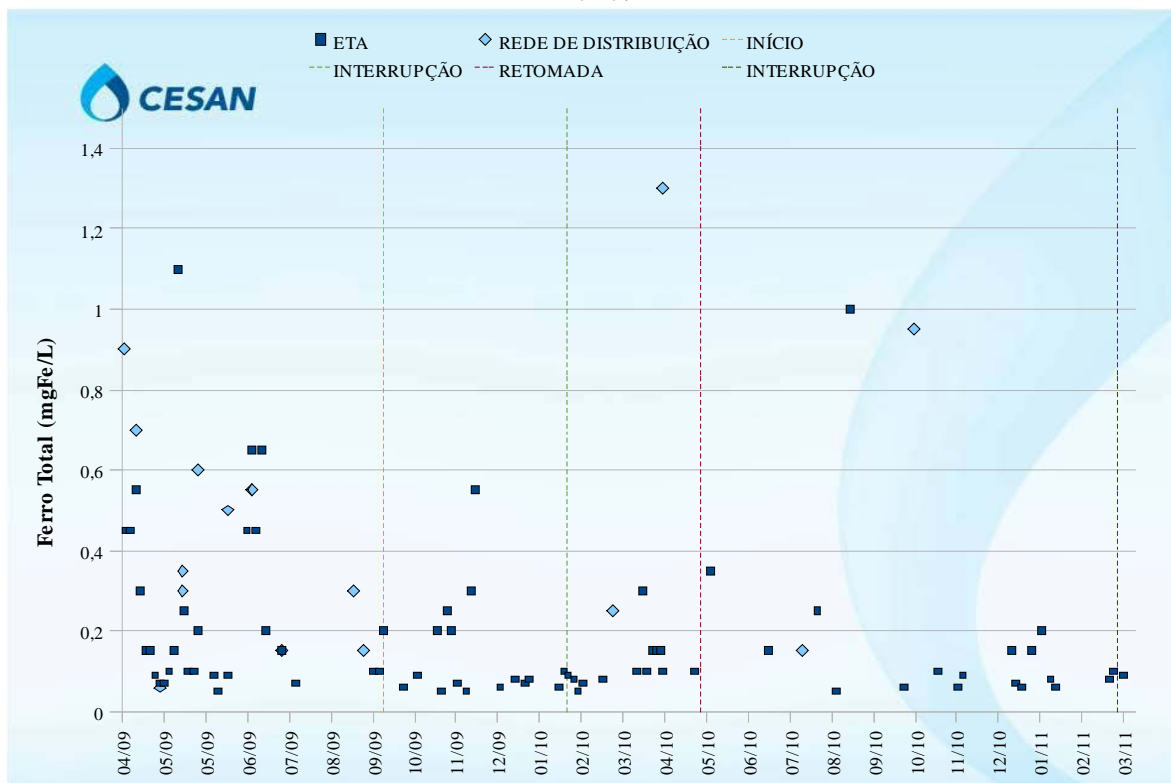


Figura 5: Teor de ferro total na saída da ETA e na rede de distribuição da ETA Caçaroca no período de 1º de abril de 2009 a 30 de novembro de 2010.



Capacidade de desincrustação

A Figura 6 mostra a retirada do corpo-de-prova 01 para a realização da primeira campanha. Esse procedimento deve ser realizado com cautela para se evitar o deslocamento de placas de incrustação por ação mecânica. Os corpos-de-prova utilizados para o teste de capacidade de desincrustação foram os mesmos nas duas campanhas realizadas, conforme preconiza a metodologia.





Figura 6: Retirada do corpo-de-prova 01 para realização do primeiro ensaio.

Análise quantitativa

Os resultados obtidos nos ensaios quantitativos serão desconsiderados nesse relatório. A metodologia mostrou-se pouco precisa, passível de inserção de erros consideráveis e, portanto, não apresentam a confiabilidade necessária para um processo de tomada de decisão.

Durante a realização da segunda campanha, observou-se pontos capazes de inserir incertezas não desprezíveis aos resultados. Pode-se citar, por exemplo, vazamentos no equipamento de medição de volume deslocado devido à má vedação dos encaixes e da torneira. Observou-se também a presença de incrustações na parede externa do corpo-de-prova, formada tanto por graxa, utilizada para recolocação do tubo na rede, quanto pelo material do local no qual o corpo-de-prova se encontrava e que apresentava difícil remoção no momento do ensaio. Essa incrustação externa aumenta o volume do corpo-de-prova e, conseqüentemente, o volume de água deslocado.

Análise qualitativa

As figuras 7 a 14 mostram as fotos tiradas para os ensaios qualitativos dos corpos-de-prova. Os corpos-de-prova 01, 03 e 04 apresentaram apenas uma fina camada de incrustação, ao contrário do corpo-de-prova 02, que apresentou uma incrustação bem mais espessa. Essa diferença pode ser resultado de vários fatores, entre os quais o material das tubulações e a idade da rede de distribuição.

Observa-se que não houve alterações significativas entre as duas campanhas realizadas. No corpo-de-prova 01 (figuras 7 e 8), percebe-se uma alteração na coloração da incrustação, que se apresentou menos uniforme. A incrustação desse corpo-de-prova apresentou uma aparência mais porosa e se desprendia com mais facilidade. Percebe-se, também, pontos sem incrustação, nos quais é possível visualizar o interior azul da tubulação. É possível, no entanto, que a incrustação nesses pontos tenha se desprendido devido a impactos sofridos pelo corpo-de-prova durante sua retirada não sendo, portanto, efeito exclusivo do produto. A comparação entre as imagens da primeira campanha e as imagens da segunda campanha mostra um aumento de falhas na incrustação observada. Esse resultado, porém, pode ser proveniente também de ações físicas que contribuem para a remoção da incrustação.

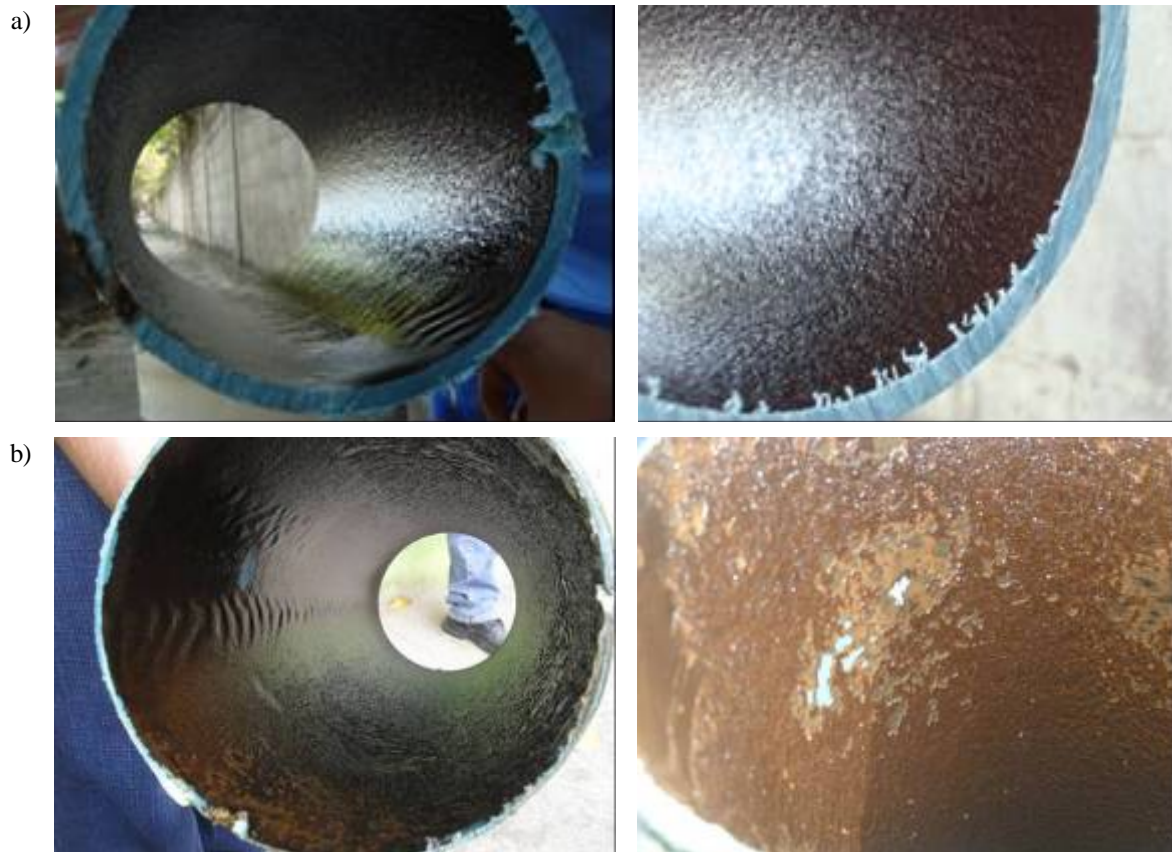


Figura 7: Incrustação na entrada do fluxo de água do corpo-de-prova 01 na primeira campanha (a) e na segunda campanha (b).



Figura 8: Incrustação na saída do fluxo de água do corpo-de-prova 01 na primeira campanha (a) e na segunda campanha (b).

No corpo-de-prova 02 (figuras 9 e 10) é possível perceber uma redução na incrustação um pouco mais significativa do que nos demais corpos-de-prova. Essa redução pode ser melhor evidenciada na Figura 9, na qual pode-se perceber uma alteração no formato da camada de incrustação. Assim como para o corpo-de-prova 01, percebe-se uma alteração na coloração da incrustação do corpo-de-prova 02. Essa alteração, entretanto, pode ser devido a uma possível diferença no teor de umidade dos corpos-de-prova, não podendo ser atribuída somente à ação do produto.



Figura 9: Incrustação na entrada do fluxo de água do corpo-de-prova 02 na primeira campanha (a) e na segunda campanha (b).



Figura 10: Incrustação na saída do fluxo de água do corpo-de-prova 02 na primeira campanha (a) e na segunda campanha (b).

O corpo-de-prova 03 (figuras 11 e 12) apresentou características semelhantes às aquelas observadas no corpo-de-prova 01. A incrustação presente apresentou uma aparência mais porosa em comparação à primeira campanha, se desprendendo mais facilmente. Pode-se observar, também, um aumento no número de falhas na camada de incrustação, indicando sua remoção.

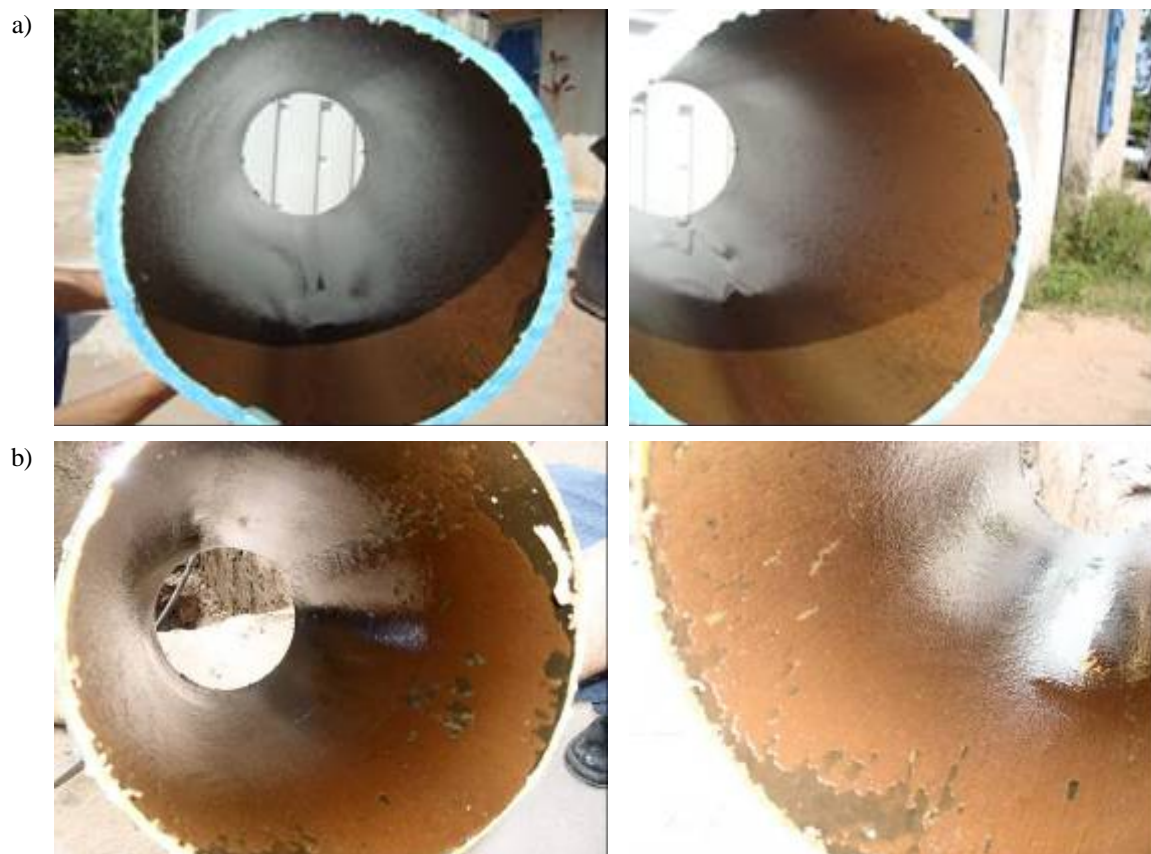


Figura 11: Incrustação na entrada do fluxo de água do corpo-de-prova 03 na primeira campanha (a) e na segunda campanha (b).



Figura 12: Incrustação na saída do fluxo de água do corpo-de-prova 03 na primeira campanha (a) e na segunda campanha (b).

A incrustação do corpo-de-prova 04 (figuras 13 e 14) não apresentou alterações significativas em relação à primeira campanha realizada. No entanto, pode-se observar uma falha na incrustação desse corpo-de-prova. Essa falha ocorreu em consequência do manuseio do corpo-de-prova durante a primeira campanha que provocou o desprendimento de uma parte da camada de incrustação. Observa-se que, quando da realização da segunda campanha, não houve formação de nova camada de incrustação nessa região. Esse resultado pode ser decorrente do efeito de passivação propiciado pelo ortopolifosfato.



Figura 13: Incrustação na entrada do fluxo de água do corpo-de-prova 04 na primeira campanha (a) e na segunda campanha (b).

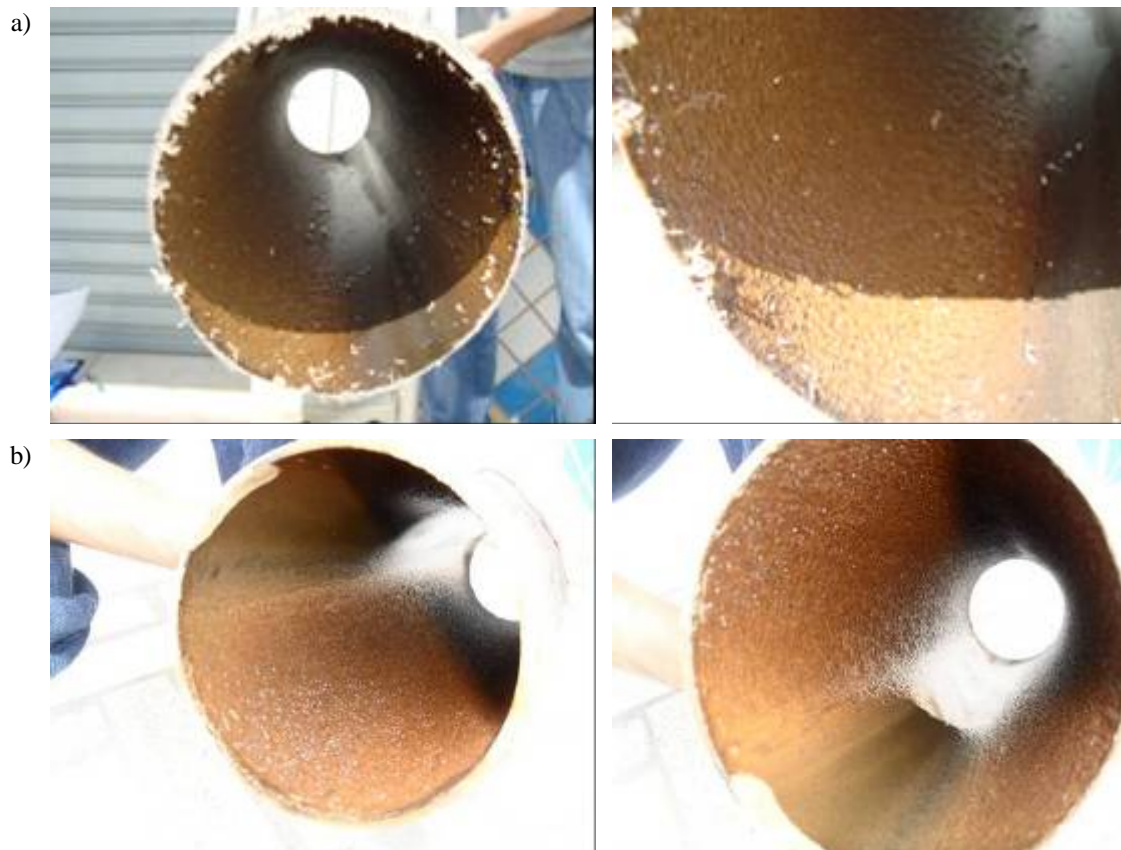
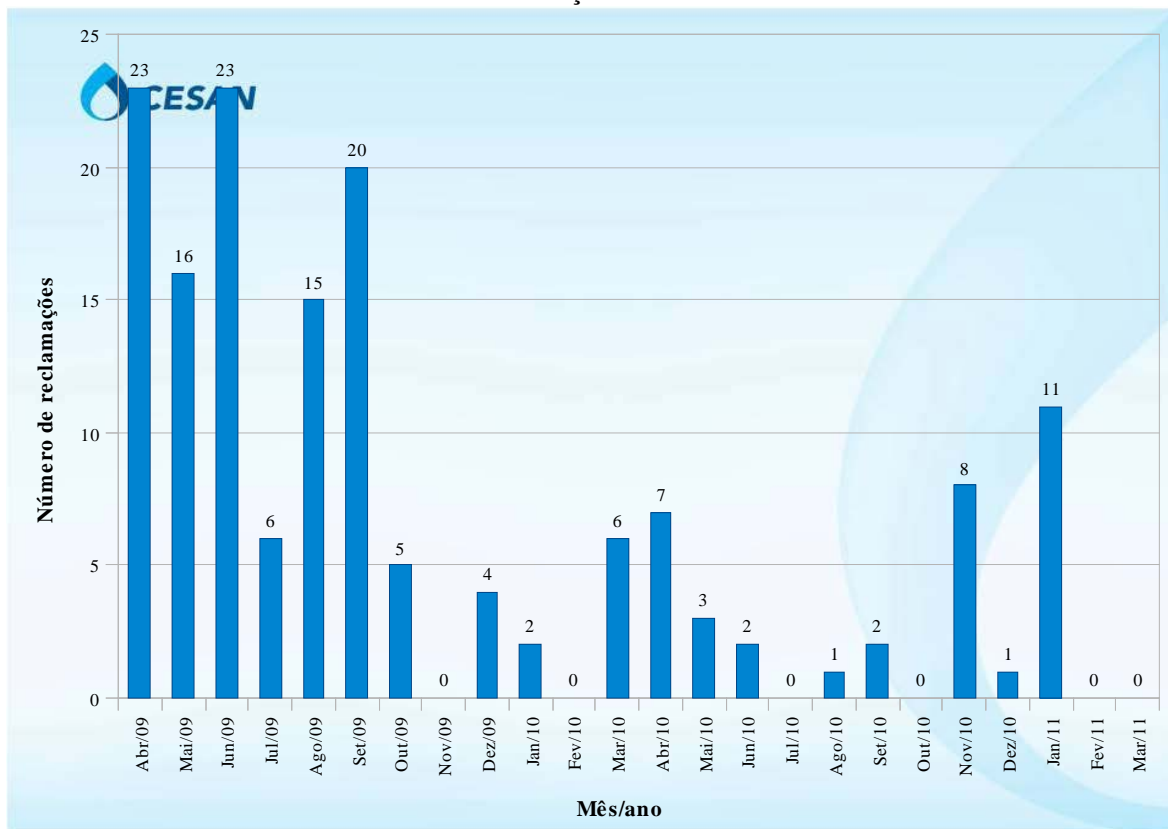


Figura 14: Incrustação na saída do fluxo de água do corpo-de-prova 04 na primeira campanha (a) e na segunda campanha (b).

Reclamações de clientes

Um dos benefícios do uso de produtos à base de ortopolifosfatos, descritos no trabalho de Weigert e Rattmann (1997), é a redução no número de reclamações de clientes quanto à qualidade da água distribuída. A Figura 15 mostra o número de reclamações registradas no período de 1º de abril de 2009 a 31 de março de 2011 na região abastecida pela ETA Caçaroca. Pode-se perceber uma redução no número de reclamações no período durante o qual o produto foi dosado, um aumento no número de reclamações quando houve a interrupção na dosagem do produto (fevereiro/2010) e uma nova redução quando o produto voltou a ser dosado (maio/2010). Percebe-se um aumento no número de reclamações quanto à qualidade da água no mês de novembro de 2010. Detalhando-se essas reclamações quanto à localidade, observou-se que todas as reclamações desse mês ocorreram no município de Vila Velha. Segundo informações da Divisão de Operação da Distribuição (O-DOD), houve manutenção na rede de abastecimento na região, o que acarretou o problema de turbidez, evidenciado nas reclamações registradas.

Figura 15: Número de reclamações de clientes quanto à qualidade da água distribuída pelo Sistema Caçaroca.



CONCLUSÃO

Os resultados apresentados para cor, turbidez, ferro total e reclamações de clientes demonstram a eficácia do ortopolifosfato na melhoria da qualidade da água distribuída. Os resultados obtidos para o teor médio de ferro total na saída da ETA e na rede de distribuição demonstram a propriedade do produto em quelar íons metálicos. Esses resultados podem indicar que o produto está promovendo a remoção de incrustação da tubulação, uma vez que o teor de ferro na rede de distribuição é maior do que o observado na saída da ETA.

O ensaio de capacidade de desincrustação qualitativo apresentou algumas evidências de que o produto tem atuado na recuperação da rede de distribuição.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os resultados apresentados até o momento demonstrem a eficácia do produto na melhoria da qualidade da água distribuída pelo sistema Caçaroca, ainda não se pode afirmar conclusivamente sobre sua capacidade de desincrustação da rede. Embora o ensaio qualitativo e os resultados para teor de ferro total mostrem evidências de que o ortopolifosfato de sódio promoveu a remoção de incrustações, o ensaio quantitativo mostra evidências contrárias.

Deve-se considerar, também, outros fatores que interferem na qualidade da água distribuída pelo sistema Caçaroca. Dentre esses fatores, cita-se o uso do PAC como coagulante, uma vez que este possibilita um pH de coagulação mais alto, promovendo a precipitação de ferro na forma de hidróxidos mais eficiente. A pressão na rede também é um fator que pode alterar o estado de incrustação da rede, uma vez que variações bruscas de pressão podem promover remoção da incrustação por ação mecânica.

Outro fator que apresenta influência direta sobre o resultado de desincrustação é a dosagem do produto. A interrupção da dosagem ocorrida entre os meses de fevereiro e maio de 2010 pode ter contribuído significativamente para que a discordância entre os resultados tenha sido observada. Ainda, é possível que a dosagem aplicada hoje seja menor do que o necessário para apresentar resultados mais expressivos no período estudado. De acordo com experiência da Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), a dosagem de ortopolifosfato a ser aplicada deve considerar todos os metais presentes na água distribuída, uma vez que o produto não apresenta seletividade elevada. Nos estudos realizados na SANEPAR, a dosagem de ortopolifosfato utilizada para a desincrustação da rede foi de $2,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, passando para $1,0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para a estabilização da água após a limpeza da rede ter sido concluída. Atualmente, o produto é utilizado apenas para tratamento de água proveniente de poços, cujo teor de ferro na saída da ETA já se encontra abaixo do estabelecido na legislação, não sendo recomendados para teores de ferro muito elevados.

Para se concluir definitivamente sobre a capacidade de desincrustação do ortopolifosfato de sódio, a dosagem do produto será aumentada de $1,0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ para $2,0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ nos próximos seis meses, sendo que, ao final desse período, novos ensaios de desincrustação devem ser realizados. Sendo a vazão média de trabalho da ETA Caçaroça de $260 \text{ L}\cdot\text{s}^{-1}$, uma dosagem de $2,0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ implicaria em um consumo de 1.348 kg/mês de ortopolifosfato. Considerando o preço praticado na última compra executada pela CESAN, R\$9,40/kg, o investimento mensal seria de R\$12.671,20, representando um investimento de R\$0,02/m³.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15007-3: Produtos à base de ortopolifosfatos em sistemas de água potável. Parte 3: Métodos para avaliação dos critérios de desempenho. Rio de Janeiro, 2003.
2. WEIGERT, W.; RATTMANN, C. A. Utilização de orto-polifosfato no tratamento de água para eliminação de água suja (água vermelha) e redução de incrustações na rede de distribuição. In: 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais. Foz do Iguaçu: ABES, p. 1491-1501, 1997.