



# Acc4emic INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“INTEGRATING CLEANER PRODUCTION INTO SUSTAINABILITY STRATEGIES”

## Benefícios da Otimização de Processos em Estações de Tratamento de Água – Estudo de Caso SANASA Campinas

SIQUEIRA, S. L.<sup>a,c\*</sup>, ISAAC, R. L.<sup>b</sup>

*a. Universidade Estadual de Campinas*

*b. Universidade Estadual de Campinas*

*c. Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento S/A – SANASA Campinas*

*\*sidneilima@hotmail.com/eta3@sanasa.com.br*

### Resumo

Em muitas estações de tratamento de água potável, as aplicações de produtos químicos são feitas com equipamentos manuais. Esses controles de dosagem são muito difíceis se dependem da experiência dos operadores.

O tratamento da água potável depende de vários fatores tais como pH, turbidez, cor e origem da amostra a ser tratada. Estes e outros fatores podem determinar o melhor produto químico a ser utilizado o melhor pH de coagulação e de floculação. Geralmente, o tratamento nos valores mais altos de pH podem levar a um aumento do consumo de coagulantes com um consequente aumento na produção de lodo.

A utilização de sais de alumínio e de ferro é comum em plantas de tratamento de água. Estes produtos têm capacidades de tratamento em diferentes ranges de pH. A escolha correta irá influenciar a cinética das reações envolvidas com consequente produção de uma quantidade maior ou menor de lodo.

Outro fator importante é o custo elevado que uma escolha errada irá conduzir ao processo, porque, além do consumo direto de coagulante e de aumentar a quantidade de lodo gerada, poderá haver um maior consumo de outros produtos indiretamente.

Este trabalho mostra os resultados de um controle preciso e a escolha do melhor produto para tratamento de água potável, com benefícios ambientais e financeiros que proporcionou uma redução de mais de 40% no consumo de produtos químicos, incluindo o coagulante, além da redução quase total do uso de carvão ativado em pó.

Como uma consequência indireta do processo de otimização, houve uma grande redução na produção de lodo, que tem um custo elevado para o seu tratamento e eliminação.

**Palavras-chave:** desidratação, produção limpa, redução de resíduos, tratamento de água, tratamento de lodo

## 1. Introdução

O processo de tratamento de água envolve várias etapas com o objetivo de produzir uma água com qualidade dentro dos parâmetros exigidos pela atual legislação (Portaria 2914 M.S.).

Para que este processo ocorra, vários produtos químicos são utilizados, dentre eles podemos citar cloreto férrico, sulfato férrico, cloreto de polialumínio, cal hidratada e virgem, cloro em suas diversas formas, dentre outros.

A utilização de cada um e suas quantidades específicas dependerá da qualidade da água tratada, do tipo de processo da estação e da legislação vigente que obrigara a empresa a adicionar ou não determinado produto, como por exemplo, o flúor.

Os processos e características da estação e também a qualidade da água bruta irão influenciar na produção de lodo e conseqüentemente nos custos para o seu tratamento.

Em águas de represas, normalmente os produtos químicos aplicados são os maiores contribuintes para a geração de lodo durante o processo. Em águas de rios esta realidade já não é a mesma, pois, em função das alterações tanto de vazão como de qualidade que ocorrem em função das chuvas, haverá produção de lodo com características e quantidades diferentes ao longo do ano.

Em ambos os casos, é importante o controle preciso das dosagens de produtos químicos, uma vez que a falta deste pode levar a um aumento na geração de lodo e também nos custos totais de produção de água, pois, o tratamento deste lodo e sua destinação final irão influenciar de maneira bastante expressiva na eficiência ambiental e financeira de uma estação.

A utilização de bombas dosadoras é uma opção das estações no combate ao desperdício de produtos químicos aplicados. O controle automático dos residuais com equipamentos de leitura contínua é outra ferramenta utilizada que proporciona uma maior segurança aos operadores em suas rotinas de trabalho, pois, como a legislação não prevê este tipo de controle, e sim o controle em equipamentos de bancada com frequência especificada em lei, é comum estações possuírem apenas os equipamentos de bancada não percebendo com isto as vantagens dos equipamentos de processo contínuo que são quase sempre mais caros que os de bancada

## 2. Objetivos

O presente trabalho tem por objetivo mostrar os benefícios ambientais e financeiros proporcionados pelo controle preciso dos processos de tratamento de água utilizando os conceitos de redução na fonte, otimização de processo e produção mais limpa.

## 3. Revisão bibliográfica

Em 1996 na Genebra no World Business for Sustainable Development, ecoeficiência foi conceituada como "a competitividade na produção e colocação no mercado de bens e/ou serviços que satisfaçam as necessidades humanas, trazendo qualidade de vida, minimizando os impactos ambientais e o uso de recursos naturais", ou seja, produzir mais com menos utilizando menos recursos naturais e energia no processo produtivo, reduzindo o desperdício e os custos de produção e operação.

Este conceito mostra como uma empresa pode tratar seus negócios de forma ambientalmente correta e ser competitiva, ou seja, como obter mais lucros poluindo menos. Parece ser bem óbvio para quem não vivencia o dia a dia de uma indústria, principalmente quando é uma empresa lucrativa cuja mudança de filosofia implica em investimentos cujos retornos podem não aparecer claramente em um primeiro instante, porém, os administradores devem ter uma visão moderna e ampla de que o que esta sendo feito hoje e que esta dando resultados positivos, pode mudar completamente a partir de mudanças externas que fujam do seu controle como, por exemplo, uma mudança na legislação que em

um dia permitia um determinado nível de lançamento de um resíduo em um corpo d'água e a partir da mudança na legislação não mais permite.

Determinadas mudanças podem afetar de tal modo a operação de uma indústria que a adequação às novas exigências podem envolver valores altíssimos e prazos longos, muitas vezes inviabilizando a continuidade da produção. Isto pode ser confundido com ingerenciamento, porém, trata-se simplesmente de estratégia administrativa na qual se optou por um determinado caminho e este caminho se mostrou errado. Esta estratégia poderia ter sido diferente, porém, a escolha de um lucro maior em um determinado instante sem se preocupar com investimentos e retorno a médio e longo pode se mostrar totalmente equivocada.

Segundo UNIDO (2010), a eficiência na utilização dos recursos e produção mais limpa é uma medida preventiva de abordagem a nível empresarial para melhorar a utilização dos recursos reduzindo a poluição ambiental e contribuindo para o desenvolvimento sustentável e baseia-se na aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada a processos, produtos e serviços como forma de aumentar a eficiência global e reduzir os riscos para os seres humanos e para o meio ambiente e pode ser usado em qualquer indústria ou empresas de prestação de serviços para a sociedade.

Nas empresas de tratamento de água potável cujo objetivo é a captação, tratamento e distribuição de água, sem se esquecer da parte de esgoto, mas focando na água potável, a aplicação de investimentos como forma de redução de custos e de um processo eficiente é muitas vezes negligenciada pela administração. Estas administrações, na grande maioria das vezes feitas por políticos, preferem retirar o lucro da empresa a investir nos processos. Isto pode ser sentido pela quase que totalidade de empresas no Brasil que não fazem o tratamento de seus resíduos (PROSAB, 2001) e os lançam diretamente em corpos d'água, grande parte deles, os mesmos corpos d'água onde são feitas as captações.

No Brasil segundo dados da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), existem cerca de 7500 Estações de Tratamento de Água (ETA), de ciclo completo ou convencional das mais diversas capacidades (PROSAB, 2001), produzindo água e conseqüentemente lodo oriundo principalmente dos filtros e decantadores.

Segundo a NBR 10.004 de 1997, estes resíduos são classificados como resíduos sólidos não podendo ser lançados nos corpos d'água sem o devido tratamento, porém a dificuldade de fiscalização faz com que esta prática seja normal na grande maioria das estações.

Estes lançamentos infringem as atuais legislações vigentes como, por exemplo, as Resoluções 357 do CONAMA e a Lei 9.605, "Lei de Crimes Ambientais" e outras. Além da infração às leis, estas empresas estão deixando de tornarem seus processos mais eficazes com grande desperdício de água que poderia ser revertido em água produzida, pois, os lançamentos oriundos dos processos de produção de água chamados lodos, possuem grande quantidade de água, que podem variar entre 95 a 99,5%.

A quantidade de água desperdiçada em ETA pode variarenormemente dependendo do tipo de processo e equipamentos utilizados (Di Bernardo, 2005), e, são produzidos principalmente nos decantadores e nos filtros, sendo, que na água de retrolavagem dos filtros a quantidade de sólidos é bem menor que no lodo das descargas dos decantadores.

Estes desperdícios poderiam ser minimizados por atitudes simples que seria o tratamento deste resíduo que nada mais é do que simplesmente a separação faz fases sólida e líquida, fazendo com que a fase líquida retornasse ao processo provocando uma grande diminuição nas perdas dentro da ETA.

Existem diversos processos de tratamento de água que trabalham em grandes variações de pH e possibilitam a remoção de contaminantes de acordo com a necessidade e a operação da planta. A Agência de meio Ambiente dos Estados Unidos (EPA), utiliza uma nomenclatura para definir a capacidade de remoção melhorada de contaminantes que é medida pela leitura de carbono orgânico total (COT), chamando de "EnhancedCoagulation", ou, coagulação reforçada. Este termo é definido

como o processo de obtenção melhorada da remoção de precursores de subprodutos da desinfecção por tratamento convencional.

Exemplos de melhorias e métodos de aplicação de programas de otimização de processo podem ser encontrados no manual EPA/625/6-91/027 de 1998.

#### **4. Motivação para implantação do programa**

Em 2005 com a entrada em operação da Estação de Tratamento de Lodo (ETL), houve um aumento substancial no custo do processo de tratamento referentes a energia elétrica, polímeros para o adensamento e desidratação do lodo, além do transporte e desidratação do lodo. Em função disto, houve a necessidade de uma avaliação em todos os processos para a verificação da possibilidade de diminuição de custos de forma a absorver o aumento gerado pela entrada em funcionamento da ETL.

#### **5. Materiais e métodos**

A metodologia utilizada baseou-se nos seguintes documentos:

- Composite Correction Program (CCP), um manual da EPA (EPA, 1998) cujo objetivo é otimizar processos de tratamento de água sem onerar os custos, com melhora na qualidade e diminuição dos custos sempre que possível;
- Manual on the Development of Cleaner Production Policies-Approaches and Instruments. Guidelines for National Cleaner Production Centres and Programmes. (UNIDO, 2002). Este manual contém material de treinamento para políticas de produção limpa;
- Enterprise-Level Indicators for Resource Productivity and Pollution Intensity. A primer for Small and Medium-Sized Enterprises. (UNIDO and UNEP, 2010). Este documento apresenta uma série de exemplos de indicadores possíveis de serem usados na aplicação de metodologias de produção limpa.

A primeira ação a foi verificar cada etapa e descrever o que estava sendo feito, para, a partir dos dados coletados, analisar onde poderia ser feita alguma alteração que pudesse diminuir custos sem alterar a qualidade e, se possível melhorá-la.

Os dados coletados mostraram o seguinte:

- a) Dosagem constante de carvão na entrada de água bruta sem a verificação da real necessidade e sem ferramentas para avaliar os efeitos, com a justificativa de que haveria formação de THM;
- b) Alta dosagem de alcalinizante na entrada de ETA (pré-alcalinização) com o objetivo de elevar o pH para precipitação de manganês;
- c) Dosagem de cloro de forma inadequada gerando cloraminas com alto potencial de formação de subprodutos que poderiam gerar gosto ou odor na água pela não oxidação da matéria orgânica;
- d) Alta dosagem de coagulante em função da alcalinidade adicionada na pré-alcalinização;
- e) Decantadores das ETA 3 e 4 com excesso de flocos na área ascensional da ETA 3 e excesso de flocos em pontos isolados dos decantadores da ETA 4;
- f) Filtros com necessidade de reposição constante de material e borbulhamento irregular;

Em cada uma das situações citadas foram feitos estudos com objetivo de melhorar a atuação e eficiência dos processos. Os estudos levaram em conta o histórico de consumo de cada produto e sempre que possível foram feitos estudos em bancada.

A partir dos resultados obtidos era possível estabelecer custos de aplicação das propostas e então aplicá-las ou não.

Para avaliação da eco eficiência, foi utilizado o Programa de Produção mais Limpa com indicadores adaptados à realidade de uma ETA. Os indicadores tinham por finalidade mostrar de forma clara a evolução das propostas apresentadas diante das intervenções sugeridas e dos resultados alcançados além de certificar que as ferramentas que estão sendo utilizadas são corretas. São eles:

- Indicador de consumo de produtos químicos
- Indicador de captação de água
- Indicador de geração de resíduos

## 6. Intervenções efetuadas

### a) Alteração na aplicação do cloro

Antes: Anteriormente era aplicado na forma de inter cloração antes do filtro possibilitando a formação de cloraminas, substâncias que tem pouco poder de oxidação e desinfecção.

Depois: Instalado um sistema de pré-cloração e leitura contínua do residual de cloro livre. Possibilitou uma dosagem precisa e com garantia de oxidação de metais solúveis, principalmente manganês e ferro.

### b) Alteração no pH de coagulação e floculação

Antes: Faixa de trabalho entre 9,0 e 9,5 com objetivo de precipitação de ferro e manganês solúveis.

Depois: Redução da faixa de trabalho de pH para 6,2 +/- 0,1.

### c) Uso do carvão ativado em pó

Antes: uso contínuo sem controle com objetivo de remoção de substâncias que causavam gosto e odor.

Depois: Monitoramento do manancial e dosagem somente após indicação de possíveis fontes de contaminação química ou biológica.

### d) Aplicações de produtos químicos

Antes: Aplicação com sistemas nível constante possibilitando entupimentos e dosagens imprecisas.

Depois: Dosagens com bombas peristálticas que possibilitam dosagens precisas

### e) Análises dos residuais e parâmetros físico-químicos de interesse

Antes: Análises em bancada, pouco precisas em processos contínuos onde a qualidade pode variar constantemente.

Depois: Análises em equipamentos de leitura contínua ( online) que possibilitam um maior controle e proporciona maior segurança na operação da ETA.

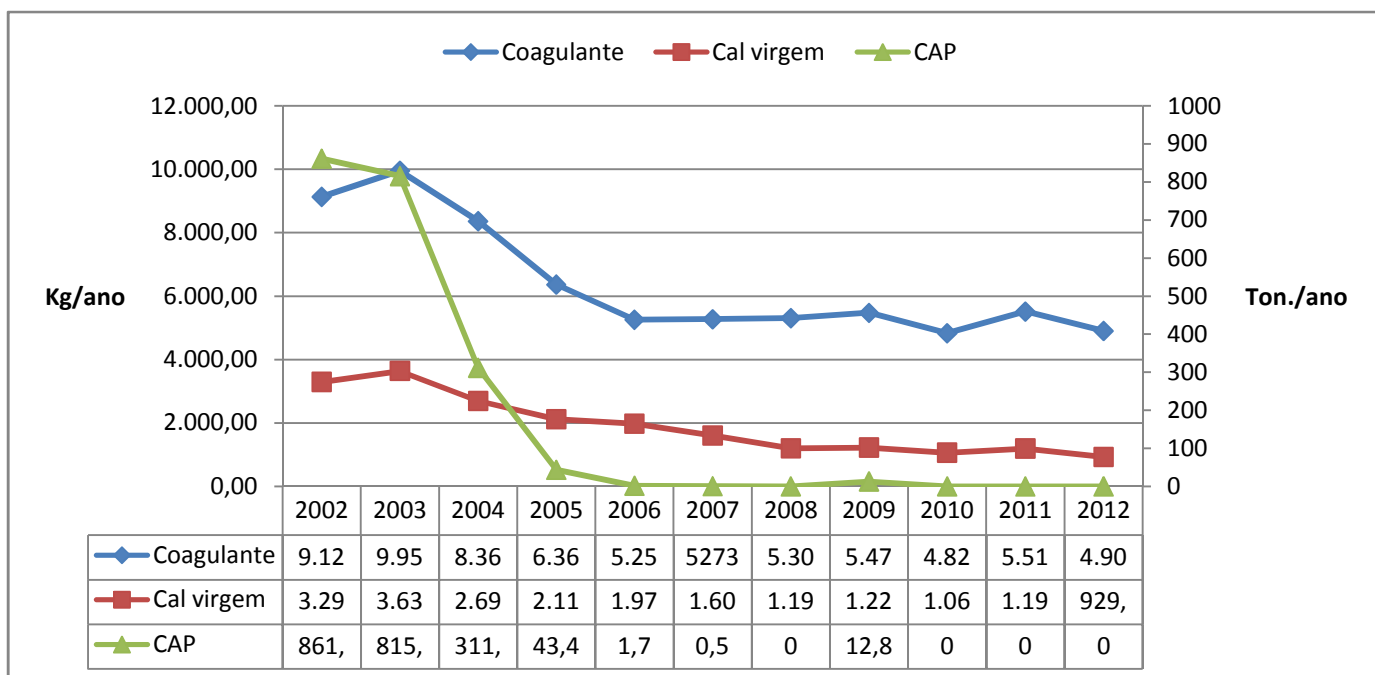
A parte de tratamento de lodo que começou em 2005, mas, somente em 2006 realmente produziu resultados foi interrompida em julho de 2010 para ampliação e deverá voltar a funcionar em meados de 2013.

## 7. Resultados

Os resultados são mostrados nos respectivos indicadores. Foram colocados em gráficos e mostram os efeitos da aplicação das ferramentas propostas.

### 7.1. Indicador de consumo de produtos químicos

Todo produto químico tem potencial para influenciar a formação de resíduos de forma direta ou indireta. Na forma direta ele irá reagir durante o processo de tratamento e contribuir com um subproduto na forma sólida. Na forma indireta ele irá contribuir para que haja um consumo maior ou menor influenciando o processo de tratamento. Foi medido em toneladas de produtos químicos individuais utilizados durante o mês.



**Fig. 1.** Consumo de produtos químicos de 2002 a 2013. CAP = Carvão ativado em pó.

Além da mudança no pH de trabalho, também foram substituídos todos os sistemas de dosagens de produtos químicos. Foi padronizada a utilização de bombas peristálticas em função da grande precisão, baixa manutenção e facilidade nas manutenções preventivas que na grande maioria das vezes consiste somente em substituição de mangueiras.

### 7.2. Indicador de captação de água

Será utilizado para medir a capacidade produtiva das ETA e as possíveis interações dos processos que influenciarão na maior ou menor captação de água bruta. Para este indicador, a entrada em operação da estação de tratamento de lodo (ETL), é de fundamental importância, uma vez que quando a mesma estava em operação praticamente 100% da água retornava ao processo.

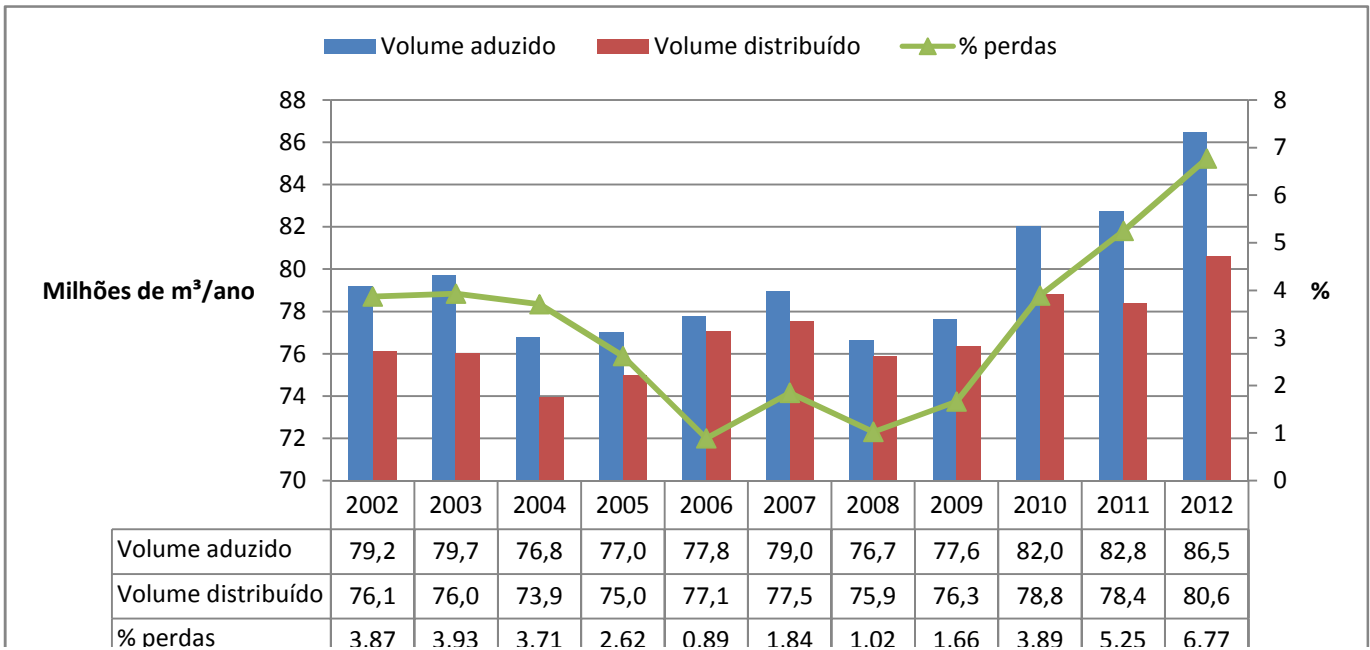


Fig. 2. Variação das % de perdas em função da quantidade de água produzida e distribuída 2002 a 2012.

### 7.3. Indicador de geração de resíduos

Terá como finalidade a medição da quantidade de resíduos gerados no processo de tratamento durante todo o mês. Será medido em toneladas/mês e será possível avaliar o uso dos coagulantes e a interferência dos diversos mecanismos de coagulação na geração de resíduos.

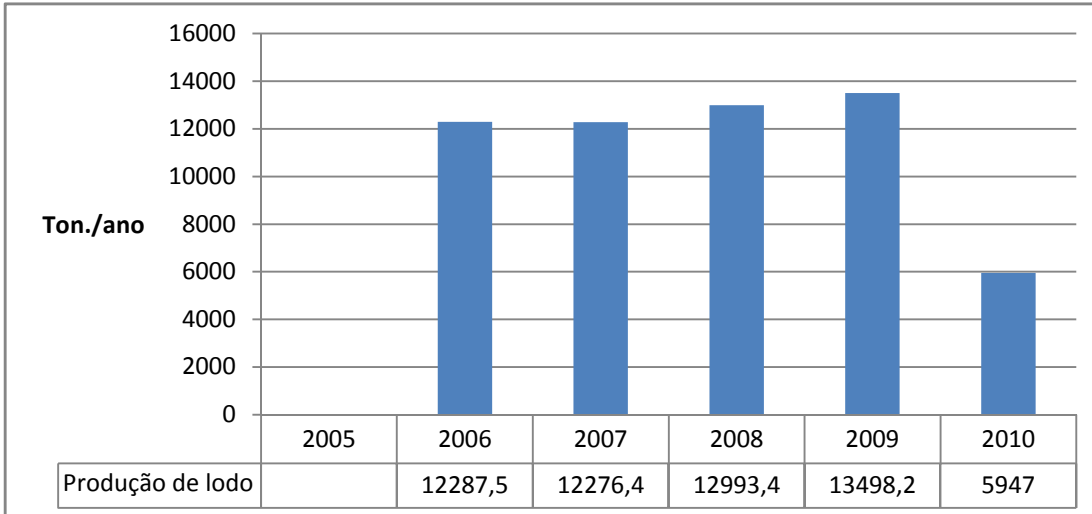


Fig. 3. Variação da produção de resíduos sólidos de 2005 a 2010.

## 8. Resultados

A redução de custos proveniente da implantação das medidas e alterações levantadas possibilitaram uma redução de quase 50% no consumo de coagulante. A aplicação de alcalinizante foi reduzida a praticamente 1/3 do que era aplicado anteriormente ao projeto.

Esta redução foi possível não somente pela implantação de novos equipamentos e alterações no processo, mas também pela substituição do coagulante (cloreto férrico e sulfato férrico), por um outro coagulante que possibilitou a mesma eficiência no processo além de abaixar menos o pH com

consequente consumo reduzido de alcalinizante. Houve uma redução quase que total na utilização de CAP que nas ETA é utilizado para adsorção de substâncias que provocam gosto e odor na água.

A utilização menor e em alguns anos praticamente não houve, foi possível pela mudança no sistema de oxidação implantado, a pré-cloração em conjunto com um sistemático controle do manancial no qual duas vezes por semana são coletadas amostras em diversas partes do manancial e feitas análises específicas para identificação de possíveis substâncias ou microrganismos que possam causar problemas no processo de tratamento da ETA.

## 9. Conclusões

Os resultados mostraram ser possível a aplicação de mecanismos de produção mais limpa em ETA, com benefícios ambientais e financeiros.

A manutenção dos resultados positivos somente é possível com investimentos constantes em manutenção preventiva e estudo da melhor alternativa possível existente no mercado atual sempre que forem necessárias interferências significativas.

O custo com a entrada em operação da ETL foi incorporado ao custo global do processo sem onerar os valores anteriores, ao contrário, com a redução dos custos nos processos da ETA, foi possível ter um custo global menor do que sem a entrada em operação da ETL.

Com base nos custos atuais, é possível dizer que hoje a empresa deixa de gastar anualmente cerca de R\$ 3.800.000,00 com coagulante, R\$ 726.000,00 com cal virgem, 4.000.000,00 com carvão ativado em pó. Isto somado significa que a empresa economiza cerca de R\$ 8.526.000,00 por ano.

Um dos grandes desafios na implantação do programa foi a mudança de paradigma necessária em virtude das alterações propostas. Na atual planta, não houve resistência até mesmo pela melhor formação dos operadores. Em outra instalação, a resistência foi enorme e em momentos houve a necessidade de retirada do funcionário do local e substituição por um outro de confiança para que as mudanças pudessem ser feitas.

## 10. Bibliografia

1. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. 1999. WATER QUALITY E TREATMENT - A Handbook of Community Water Supplies. [ed.] Raymond D. Letterman. 5. New York, San Francisco, Washington, D.C. :McGraw Hill, 1999.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA (1997). *Nbr 10.004 - Resíduos sólidos*. São Paulo.
3. Di Bernardo, Luiz e Di Bernardo, Angela. 2005. MÉTODOS E TÉCNICAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA. São Carlos :RiMa, 2005. Vol. 2, cap. 17, pp 1316.
4. Enterprise-Level Indicators for Resource Productivity and Pollution Intensity. UNIDO and UNEP, Viena 2010.
5. EPA . 1998. United States Environmental Protection Agency. *Optimizing Water Treatment Plant Performance Using the Composite Correction Program*. Washington, D.C. : Office of Water, 1998. V. 625/6-91/027. Cap. 1, pp. 5-11
6. EPA . 1999. United States Environmental Protection Agency. *Enhanced Coagulation and Enhanced Precipitative Softening Guidance Manual*. Washington, D.C.: Office of Water, 1999. V. 815-R--99-012.



7. Faust, Samuel D. e Aly, Osman M. 1998. CHEMISTRY OF WATER TREATMENT. 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton; London; New York; Washington, D.C. : Lewis Publishers, 1998.
8. Manual on the Development of Cleaner Production Policies-Approaches and Instruments. Guidelines for National Cleaner Production Centres and Programmes. Vienna : UNIDO, 2002.
9. Portaria. *Portaria 2914 de 12/12/2011*. Brasilia : Ministério da Saúde, 2011.
10. Projeto PROSAB. *Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final* / Cleverton Vitorio Andreoli (coordenador). Rima, ABES, 2001. Rio de Janeiro, pp 122.