

©Copyright, 2006. Todos os direitos são reservados. Será permitida a reprodução integral ou parcial dos artigos, ocasião em que deverá ser observada a obrigatoriedade de indicação da propriedade dos seus direitos autorais pela INTERFACEHS, com a citação completa da fonte. Em caso de dúvidas, consulte a secretaria: interfacehs@interfacehs.com.br

ANÁLISE DE OPORTUNIDADES DE MINIMIZAÇÃO DA GERAÇÃO DE LODO NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA ALTO DA BOA VISTA, SÃO PAULO

Cristiano Augusto Guimarães Feitosa; Ângelo José Consoni

RESUMO

Este artigo discute as oportunidades de minimização do lodo em contexto de Prevenção à Poluição (P2) / Produção Mais Limpa (P+L), a partir de levantamento bibliográfico e de campo realizado em porções da represa do Guarapiranga e em todos os processos da Estação de Tratamento de Água Alto da Boa Vista (ETA-ABV). Com a intensa urbanização na bacia da Guarapiranga, a qualidade da água bruta ali captada vem se deteriorando sistematicamente, com necessidades periódicas de aplicação de algicidas na represa e de utilização de carvão ativado no tratamento da água, para correção dos aspectos gosto, cor e odor. Além disso, a turbidez da água é responsável por grande parte do lodo gerado na ETA. A partir das informações coletadas, foi possível identificar sete principais oportunidades de ações de redução de resíduos na fonte. A pesquisa permitiu concluir que a aplicação dos conceitos de P2 / P+L é perfeitamente viável na ETA-ABV.

Palavras-chave: minimização; resíduo; lodo; ETA; Alto da Boa Vista.

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) abriga cerca de 18 milhões de pessoas em 39 municípios; abastecê-los de água configura-se como um desafio.

Para o consumo humano, a água normalmente é submetida a tratamentos de potabilização, de acordo com os padrões locais. Esta etapa se desenvolve em Estações de Tratamento de Água (ETAs). No caso de uma ETA convencional, utilizam-se basicamente produtos químicos para a decantação das impurezas, seguida de filtração e desinfecção; sendo sua maioria em massa, os sais metálicos aplicados associam-se às impurezas da água bruta, compondo assim o lodo. Dependendo do gosto e odor da água, é comum o emprego de carvão ativado, que também se soma ao resíduo citado. Quanto mais degradado estiver o recurso hídrico, maior será a quantidade de lodo produzida.

Ainda é prática corrente na grande maioria das ETAs brasileiras o despejo de seus lodos no próprio corpo d'água, juntamente com sais metálicos dos coagulantes, impurezas associadas aos vários produtos químicos e, eventualmente, ao carvão ativado gasto. Em tal procedimento, devolvem-se não somente as impurezas originais, mas também um adicional de químicos e de particulados estranhos ao sistema.

A legislação ambiental brasileira, contudo, vem se tornando cada vez mais restritiva quanto aos padrões de lançamento de contaminantes no ar, no solo e na água. No caso da água, os recursos hídricos são classificados segundo sua vocação, e a cada classe são vinculados parâmetros mínimos de qualidade de suas águas e parâmetros limitantes para os efluentes nelas lançados. Também a Lei de Crimes Ambientais possibilitou ações nas esferas civil e penal, de modo que os responsáveis por atividades ou ações que concorram para a poluição ambiental ficam sujeitos à reparação dos danos causados ao meio ambiente e a sanções penais que podem chegar a seis anos de reclusão.

Assim, os lodos das ETAs começaram a ser destinados a aterros e a ser encarados não só como um problema econômico mas também como um passivo ambiental. Todavia, também os aterros têm sido severamente questionados, de modo que essa parece não ser uma alternativa adequada em longo prazo.

Gradativamente, a gestão ambiental de controle de 'fim de tubo' tem perdido espaço em favor de abordagens mais sustentáveis, na medida em que as restrições legais e os custos de tratamento vão se acentuando. Nessa nova visão, ganham destaque os conceitos de Produção Mais Limpa (P+L) / Prevenção à Poluição (P2), os quais se materializam em ações de economia de energia e água, não-contaminação do meio ambiente, preservação dos recursos naturais e não-geração de resíduos.

Nesse contexto, a minimização de resíduos gerados em uma ETA é uma ação consistente com o conceito P+L / P2, e o presente artigo discute as oportunidades de minimização de resíduos sólidos gerados na Estação de Tratamento de Água Alto da Boa Vista (ETA-ABV), situada na cidade de São Paulo, a qual é responsável pelo abastecimento de água potável de aproximadamente três milhões de pessoas da RMSP.

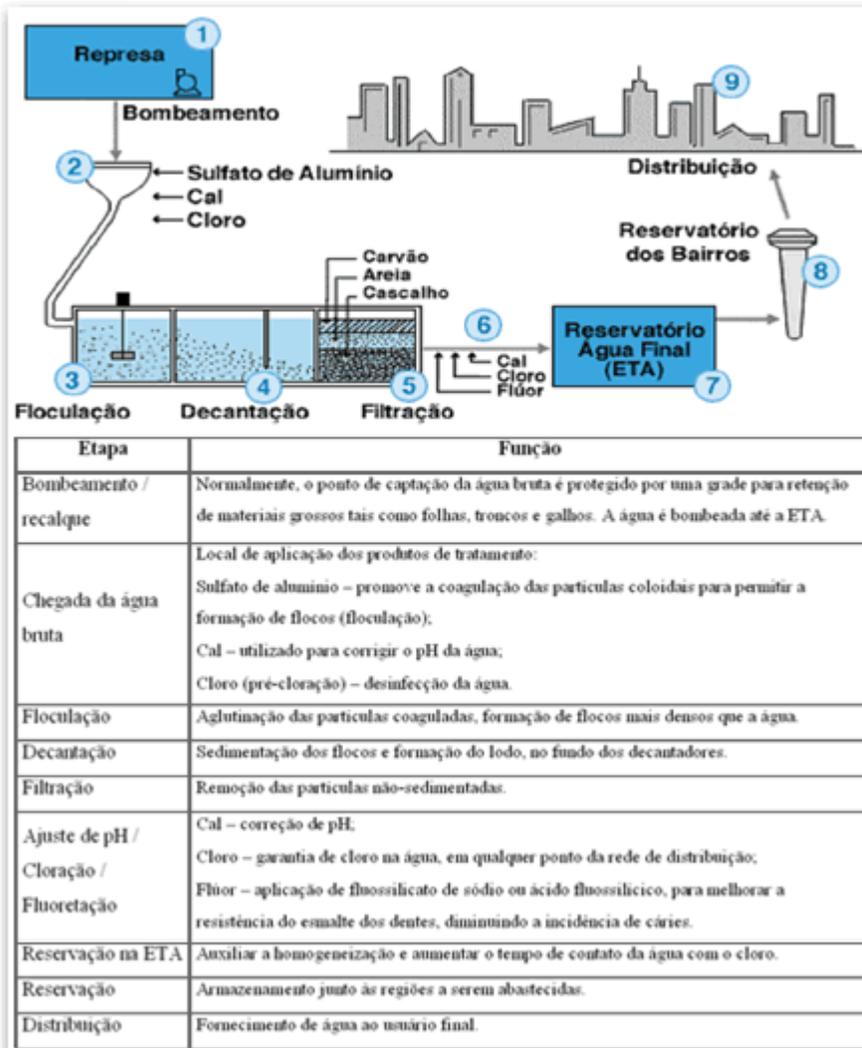
O método empregado constou de levantamento bibliográfico, vistorias de campo, tratamento de dados, análise e elaboração de texto final, estas últimas etapas em escritório. A vistoria abrangeu partes da represa do Guarapiranga e todos os processos da ETA-ABV. Esta pesquisa foi originalmente apresentada na forma de dissertação de Mestrado Profissional do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT).

PRODUÇÃO DE ÁGUA E GERAÇÃO DE LODO

Por meio da Figura 1 pode-se ter uma noção esquemática e simplificada das diversas etapas de um processo de tratamento convencional de água e suas respectivas funções, caracterizadas pelos processos de coagulação, floculação, sedimentação, filtração e desinfecção. O lodo gerado na ETA é formado tanto pelos sólidos suspensos da água bruta como, também, por uma parcela significativa do coagulante adicionado ao processo, bem como pelo carvão ativado necessário à remoção das substâncias organolépticas (aquelas que degradam os aspectos gosto, odor e cor da água), algas (sobretudo em floração de algas) etc. É

notória, portanto, a importância da qualidade/hidrobiologia da água bruta no processo de geração de lodo nas ETAs.

Figura 1 – Etapas do tratamento convencional de água



Fonte: modificado de SABESP, 2004.

Não apenas os microrganismos patogênicos necessitam de controle em águas destinadas ao abastecimento público (BRANCO, 1978); igualmente, muitas espécies de microrganismos aquáticos, de vida livre, devem ser combatidas a fim de não prejudicarem as características de potabilidade, tanto por inserirem substâncias com propriedades organolépticas ou tóxicas e aumento de turbidez, como por causarem dificuldades ao sistema de tratamento, prejudicando-o mecanicamente (filtração) ou quimicamente (coagulação e decantação de material sedimentável).

Quando o lodo decantado atinge determinada espessura, o decantador é esvaziado completamente e o lodo é removido, por meio de jatos de água, e encaminhado, por coletores, para o sistema de destinação.

Nas ETAs convencionais, a filtração é o processo final de remoção de impurezas não decantadas. Após certo tempo de funcionamento, é necessário lavar o filtro, por meio da introdução de água no sentido ascensional (retrolavagem), com velocidade relativamente alta, para promover a fluidificação parcial do meio granular e a liberação das impurezas nele contidas. A água de lavagem normalmente tem a mesma destinação do lodo dos decantadores; contudo, algumas ETAs recuperam essa água fazendo com retorne ao processo de tratamento. Outra destinação possível para essa água de lavagem é o reúso, por exemplo, para refrigeração industrial.

A correção do pH se faz necessária não apenas para se atender o parâmetro da portaria que trata da potabilidade, mas também para proteger as estruturas e os equipamentos, tanto da corrosão das partes metálicas como da deposição de material em tubulações.

Além da qualidade da água bruta e do processo produtivo na ETA, alguns fatores adicionais interferem na quantidade de lodo formado, principalmente quando se analisa a quantidade de lodo gerado por metro cúbico de água consumida:

a) Perdas físicas operacionais: compostas pelos efluentes gerados no processo produtivo, sendo três tipos principais, a saber:

Água de lavagem dos filtros: uma ETA gasta em média de 2% a 5% do volume de água produzido no processo de lavagem dos filtros (AWWA, 1987);

Água gasta na remoção do lodo dos decantadores: volume bem menor quando comparado com a vazão de água de lavagem dos filtros. No entanto, contém a maior parte dos resíduos sólidos gerados em uma ETA;

Água de utilidades: é o volume de água gasto na lavagem de tanques de produtos químicos e no preparo de soluções, entre outras atividades. Em termos quantitativos, seu volume é praticamente desprezível em relação aos dois anteriores.

b) Perdas na distribuição de água tratada: são constituídas por perdas físicas e não-físicas (BRASIL, 1999a):

Perdas físicas: devidas a vazamentos em tubulações, equipamentos e estruturas, por extravasamento de reservatórios e canais, água utilizada em processos operacionais de lavagem de filtros e limpeza de decantadores e descargas em redes de adução e distribuição (ver Quadro 1). As perdas físicas no sistema de distribuição são, como regra, as de maior magnitude e as de mais complexa identificação e solução;

Perdas não-físicas (ou comerciais): apresentam leque de variação bastante amplo, considerado-se o conceito de águas produzidas, consumidas e não-revertidas em faturamento; englobam: ligações clandestinas / irregulares, ausência e deficiências de micromedição, gerenciamento ineficiente de consumidores, ligações inativas reabertas, erro de leitura, número de economias errado, entre outras.

Quadro 1 – Perdas físicas nos sistemas de abastecimento de água

Etapa	Origem da perda	Magnitude
Captação	Vazamento na adução	Variável: função do estado das tubulações
	Limpeza de poço de sucção	
	Limpeza de desarenador	
ETA	Vazamentos na estrutura	Significativa: função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Lavagem de filtros	
	Descarga de lodo	
Reservação	Vazamentos na estrutura	Variável: função do estado das instalações e da eficiência operacional
	Extravasamento	
	Limpeza	
Adução	Vazamentos na tubulação	Variável: função do estado das tubulações e da eficiência operacional
	Descargas	
Distribuição	Vazamentos na rede	Significativa: função do estado das tubulações e, principalmente, das pressões na rede
	Vazamentos em ramais	
	Descargas	

Fonte: BRASIL, 1999b.

1) Alternativas para Destinação e Valorização do Lodo de ETA

As alternativas mais empregadas para a disposição final de lodos de ETAs variam em função do conteúdo de sólidos nestes lodos (RICHTER, 2001), conforme os dados apresentados na Tabela 1, os quais são detalhados na seqüência.

Tabela 1 – Alternativas para a disposição final de lodos de ETAs

Destinação final	Sólidos (%)
Lançamento em cursos d'água, redes de esgotos, mar e lagoas	< 8
Aplicação no solo	1 a 15
Aterro sanitário	15 a 25

Fonte: modificado de RICHTER, 2001.

a) Lançamento em cursos d'água: conforme mencionado anteriormente, o lançamento em cursos d'água e em redes de esgotos sanitários é a prática mais usual, apesar das restrições impostas pelas leis ambientais. Na maior parte das vezes, a preocupação maior consiste em não provocar a sedimentação de material nas proximidades do ponto de lançamento;

b) Aterro sanitário ou industrial: trata-se de obras de engenharia que atendem a uma série de requisitos técnicos e ambientais para a sua construção, operação e manutenção. Para o usuário do aterro, além do custo direto há o custo do transporte do resíduo (que pode ser significativo, dependendo da distância envolvida) e o custo de compra e operação de equipamentos de desidratação do lodo. Por esses motivos, a alternativa de disposição em aterro é quase sempre relativamente mais onerosa. Destaque-se que a desidratação do lodo é necessária por três razões: estabilidade geotécnica no aterro, ausência de líquidos livres (manuseabilidade e menor geração de percolado no aterro) e economia no transporte. Para que consiga atingir a estabilidade dos taludes e de equipamentos de manejo e compactação no aterro, a concentração mínima de sólidos no lodo deve atingir valores da ordem de 50% (RICHTER, 2001);

c) Aplicação no solo: dentro de certos limites, o solo atua como um filtro; tendo capacidade de depuração, imobiliza parte das impurezas nele depositadas. Contudo, essa capacidade pode ser excedida; isso resulta em degradação do solo, em razão do efeito cumulativo da deposição de poluentes. A água pluvial percola os diversos estratos saturados ou não-saturados do solo e, nesse trajeto, possibilita a migração dos poluentes, constituindo uma ameaça para a qualidade dos recursos hídricos utilizados em abastecimentos diversos e atividades de lazer e serviços (YOSHINAGA, 1993). Visando preservar sua qualidade, a Cetesb estipulou padrões de qualidade para a água e solo, os chamados valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo (CETESB, 2005). Analisando-se esses padrões, verifica-se que ali o ferro e o alumínio, dois dos mais importantes componentes do lodo de ETA, não são citados como parâmetros restritivos do ponto de vista de contaminação do solo. A aplicação de lodos contendo sulfato de alumínio traz o benefício de tornar os solos mais porosos e com melhor capacidade de retenção de água. Porém, o lodo aumenta a retenção do fósforo, dificultando sua assimilação pelas plantas;

d) Valorização do lodo: a aplicabilidade dos lodos depende, em grande parte das suas características, as quais podem variar dependendo da qualidade da água bruta e dos produtos químicos utilizados. No geral, o lodo de ETAs

apresenta potencial de reciclagem em aplicações como tijolos refratários, na pavimentação de estradas, como agente plastificador da argila empregada na fabricação de cerâmica e como matéria-prima para a fabricação de cimento. Tais possibilidades são igualmente condicionadas por fatores logísticos.

2) Tendências e Evolução da Gestão Ambiental

De modo geral, o início da gestão ambiental foi marcado por práticas que tinham a preocupação exclusiva de dar uma destinação para os resíduos, não havendo maiores preocupações com os recursos naturais e contaminações. Depois da conscientização de que os recursos naturais não são infinitos e da comprovação de que se estavam promovendo impactos negativos em tais recursos, começaram a surgir regulamentos gradativamente mais restritivos no que tange à poluição ambiental, fomentando o aperfeiçoamento das ferramentas de gestão ambiental, no sentido de que se busque a sustentabilidade nas várias atividades cotidianas.

Uma vez que se pretenda agir de forma preventiva, é importante que as ações se voltem para os processos produtivos. São necessárias estratégias de redução ou eliminação de resíduos ou poluentes na fonte geradora, por meio de ações que promovam a redução de desperdícios, a conservação de recursos naturais, a redução ou eliminação de substâncias tóxicas (presentes em matérias-primas ou insumos), a redução da quantidade de resíduos gerados por processos e produtos e, conseqüentemente, a redução de poluentes lançados para o ar, solo e águas (CETESB, 1999). A priorização de ações, contudo, deve sempre ser orientada pela avaliação técnica, ambiental e financeira das oportunidades de minimização, incluindo eventuais novos resíduos e impactos gerados.

Na linha citada, a Cetesb adota os conceitos de Prevenção à Poluição (P2) e Produção mais Limpa (P+L). O primeiro foi consagrado nos Estados Unidos e disseminado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA), a partir de decreto federal de 1990; o segundo foi definido pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (Unep), durante o lançamento do Programa de Produção Mais Limpa, em 1989.

A ETA-ABV E SEU CONTEXTO

A Estação de Tratamento de Água Alto da Boa Vista, ou ETA-ABV, está inserida no sistema integrado de produção de água da cidade de São Paulo, de modo que sua produção individual alimenta um sistema integrado de adutoras que abastecem toda a RMSP (Tabela 2).

Tabela 2 – Sistemas de abastecimento de água da RMSP

Sistema	ETA	Vazão (m ³ /s)	População atendida (milhões)
Cantareira	<u>Guaraú</u>	31,66	8,8
Baixo Cotia	Baixo Cotia	0,89	0,2
Alto Cotia	Morro Grande	1,10	0,3
Guarapiranga/ <u>Billings</u>	Alto da Boa Vista	13,20	3,7
Rio Grande	Rio Grande	4,66	1,3
Ribeirão da Estiva	Ribeirão da Estiva	0,08	0,02
Rio Claro	Casa Grande	4,66	1,3
Alto Tietê	<u>Taiacupeba</u>	9,68	2,7
Total:		65,00	18,0

Fonte: CETESB, 2004.

A ETA-ABV pertence ao Sistema Guarapiranga/Billings, o segundo maior sistema produtor de água da RMSP. A água é captada na represa Guarapiranga, alimentada pelos rios Embu-Mirim, Embu-Guaçu, Cipó, Vermelho, Ribeirão Itaim, Capivari e Parelheiros e pela transposição por bombeamento das águas da Billings (através de braço do rio Taquacetuba).

A Bacia do Guarapiranga ocupa área de 630 km² e sua vasta extensão abrange parte dos territórios dos municípios de São Paulo, Embu, Itapecerica da Serra e Embu-Guaçu, além de pequenas parcelas territoriais de Cotia, São Lourenço da Serra e Juquitiba. Em face da ocupação desordenada e irregular dessa bacia (Figura 2), com severos reflexos sobre a qualidade da água do manancial, a área foi palco do Programa de Saneamento Ambiental da Bacia do

Guarapiranga, apoiado pelo Banco Mundial e com ações de caráter corretivo (redução dos efeitos da degradação por meio de implantação de serviços de água e esgoto, coleta e disposição de lixo e recuperação urbana) e preventivo (reordenamento do uso do solo, com ocupação consistente com a proteção ambiental).

A captação da água da ETA-ABV é feita junto à barragem do Guarapiranga (Figura 3). A jusante da barragem situa-se a Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB, Figura 4), responsável pela adução da água até a ETA-ABV. Imediatamente antes das bombas da EEAB, são feitas a dosagem automática e a aplicação de Carvão Ativado em Pó (CAP, Figura 5), para remoção do gosto e odor que eventualmente aparecem na água bruta por ocasião dos efeitos adversos da floração de algas. Essa estratégia permite maior tempo de contato das partículas de carvão com a água bruta, uma vez que esta necessita de aproximadamente 30 minutos para percorrer o trajeto desde a captação até a ETA.

Figura 2 – Vista geral de urbanização na Bacia do Guarapiranga



Figura 3 – Ponto de captação de água bruta na Represa do Guarapiranga

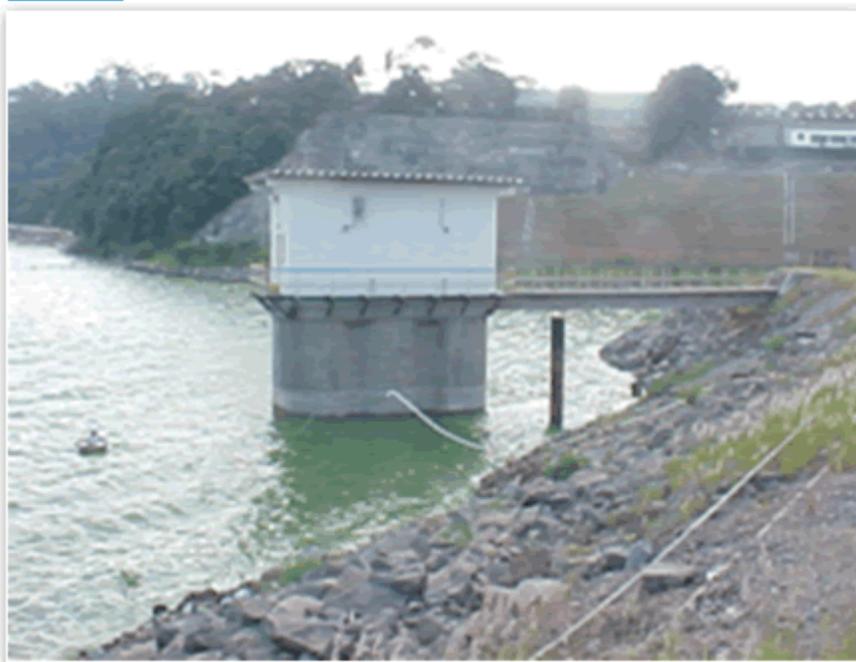


Figura 4 – Estação Elevatória de Água Bruta junto à Represa Guarapiranga



Figura 5 – Silo de armazenagem de Carvão Ativado em Pó (CAP), na EEAB

A Figura 6 apresenta uma vista aérea da ETA-ABV. A água bruta, proveniente da EEAB, entra na Estação pelo lado esquerdo, em uma estrutura denominada “Chegada de Água Bruta”, onde recebe dosagens de cal, cloro e cloreto férrico. Posteriormente, a água é encaminhada para dois conjuntos de decantadores. A água superficial dos decantadores é conduzida para os filtros. Após a filtração, a água recebe nova aplicação de produtos químicos (cal, cloro e flúor) e segue para reservação. A água de lavagem dos decantadores é descartada, carreando a maior parte do lodo gerado na ETA. A água de lavagem dos filtros é conduzida para um tanque de decantação específico e retorna ao processo, com a água bruta. O lodo desse tanque de decantação também é descartado.

Figura 6 – Vista aérea da ETA-ABV

Fonte: modificado de FEITOSA, 2004.

A Figura 7 mostra a Chegada de Água Bruta através de um vertedor, desaguando em uma bacia de amortecimento. A aplicação do coagulante (sulfato férrico) se faz na parte superior do vertedor, através de uma tubulação perfurada (Figura 8) e ressalto hidráulico, de forma que propicie o contato do produto químico com a maior quantidade possível das partículas coloidais dentro de um lapso de tempo extremamente curto. Aqui ocorre a coagulação, processo que elimina as cargas negativas que impedem a aproximação das impurezas presentes na água (partículas coloidais, substâncias húmicas e microrganismos em geral). Esta etapa é muito rápida, variando desde décimos de segundo até cerca de cem segundos, de modo que é denominada de mistura rápida.

Figura 7 – Chegada de água bruta**Figura 8 –** Vista lateral do dosador de coagulantes

A aplicação de polímero catiônico como auxiliar de coagulação permitiu reduzir a dosagem de coagulante inorgânico (sulfato férrico), podendo diminuir significativamente a produção de lodo na ETA-ABV (FERNANDES, 2002).

Os dosadores de cal estão posicionados na saída da bacia de amortecimento, antes do canal que conduzirá a água para os decantadores. Nessa área já se inicia o processo de amortecimento, de tal forma que a água chegue aos decantadores com um fluxo não-turbulento.

Desde a chegada de água bruta até os decantadores, as águas percorrem cerca de 300 metros. No início dos decantadores é definido um volume que favorecerá um fluxo interno homogêneo. Nessa região, procura-se otimizar a formação dos flocos, por meio da movimentação controlada da água (notar os floculadores, na Figura 9). Após a formação dos flocos, é interessante que o movimento seja o mais sereno possível, para que eles possam sedimentar sem a interferência de eventuais fluxos ascendentes. Para tanto, a água passa através de uma treliça de madeira que impede a migração do sobrenadante para a região das calhas de captação (Figura 10). Esse sobrenadante é recolhido e descartado do processo periodicamente. A Figura 10 mostra um dos oito decantadores da ETA-ABV.

Em um decantador que esteja funcionando normalmente, espera-se que, em sua parte anterior, a água tenha uma coloração mais forte, indicando a presença dos flocos próximos à superfície, e que, à medida que se vá caminhando para a parte posterior do decantador, onde se localizam as calhas de captação, a água se torne cada vez mais cristalina. Ajustes na distribuição de vazão para os floculadores e decantadores permitem maior homogeneidade do processo de floculação e decantação, otimizando o funcionamento como um todo.

Figura 9 – Decantador: parede separadora vazada (esquerda) e floculadores (direita)



Figura 10 – Decantador: floculação (inferior), decantação (centro) e calhas de captação para os filtros (superior)



A lavagem dos decantadores tem início com o esvaziamento completo das estruturas, sendo toda água encaminhada para a rede de águas pluviais.

Posteriormente, o lodo é removido por lavagem com mangueiras (Figura 11) e descartado do processo.

Quando em operação, não se vêem detalhes das estruturas dos filtros, tal como mostrado na Figura 12, tomada por ocasião do processo de retrolavagem. Apesar de os filtros terem menor volume, a quantidade de água consumida na retrolavagem é algumas vezes superior àquele gasto na lavagem dos decantadores.

Figura 11 – Lavagem dos decantadores



Figura 12 – Retrolavagem dos filtros

A água de lavagem dos filtros é encaminhada para o tanque de recuperação (Figura 13), onde, por meio de decantação, o lodo é depositado no fundo do tanque e a água é recuperada e encaminhada ao início do processo de tratamento, antes dos dosadores de coagulante. A decantação da água de lavagem dos filtros é mais rápida que a dos decantadores, de modo que o processo é menos exigente quanto à turbulência no fluxo dentro desse tanque. A lavagem é similar à do decantador, e o efluente é igualmente descartado do processo.

Depois que a água sai da região dos filtros, entra no canal de água tratada e recebe a última dosagem de produtos químicos: cal, cloro e ácido fluossilícico (Figura 14), antes de seguir para o reservatório enterrado da ETA, onde aguardará distribuição.

Figura 13 – Tanque de recuperação da água de lavagem dos filtros**Figura 14** – Ponto de cloração, ajuste de pH e fluoretação, no canal de água tratada

1) Consumo de Materiais de Tratamento de Água na ETA-ABV

A Figura 15 mostra a evolução da produção de água tratada na ETA-ABV. Fazendo-se uma aproximação linear, indicada pela curva em vermelho na Figura 15, verifica-se que o coeficiente da reta é 0,17. A Figura 16 apresenta a evolução do consumo de materiais, onde se pode observar a substituição progressiva do sulfato férrico no período de 1991 a 1996 por cloreto férrico, cloro sulfato férrico e sulfato férrico.

Para apoio à interpretação dos dados apresentados nas Figuras 15 a 18, deve-se levar em conta que o Índice Geral de Perdas na região que abrange a Bacia da Guarapiranga, à época, era de aproximadamente 35%, sendo 14,6% relativos a perdas físicas e 20,4% a perdas comerciais (não-físicas) (SABESP, 2002).

Figura 15 – Vazões de água tratada

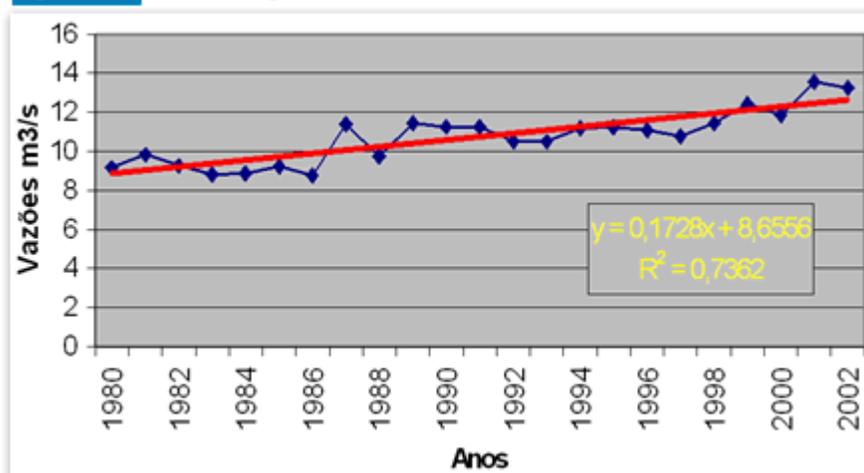


Figura 16 – Consumo discriminado dos materiais de tratamento

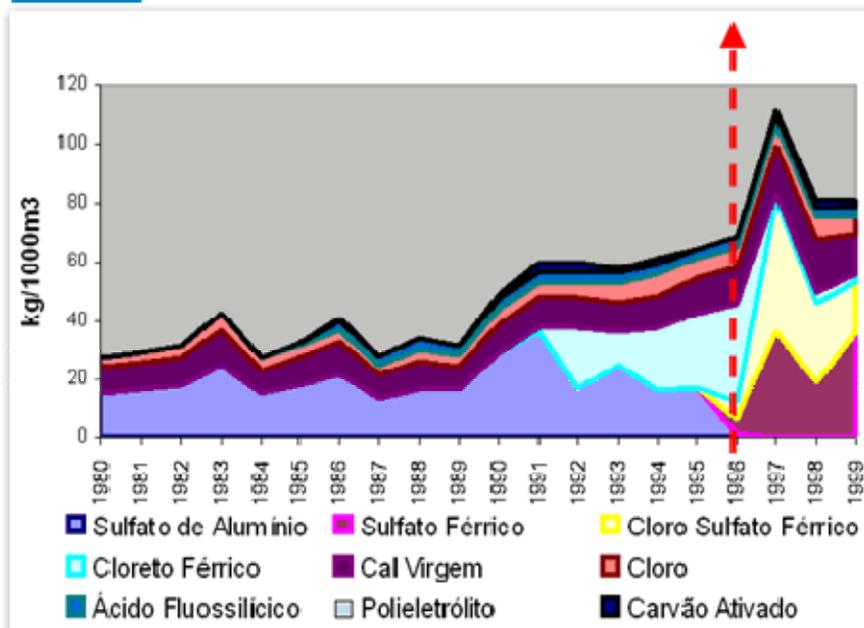


Figura 17 – Consumo de materiais

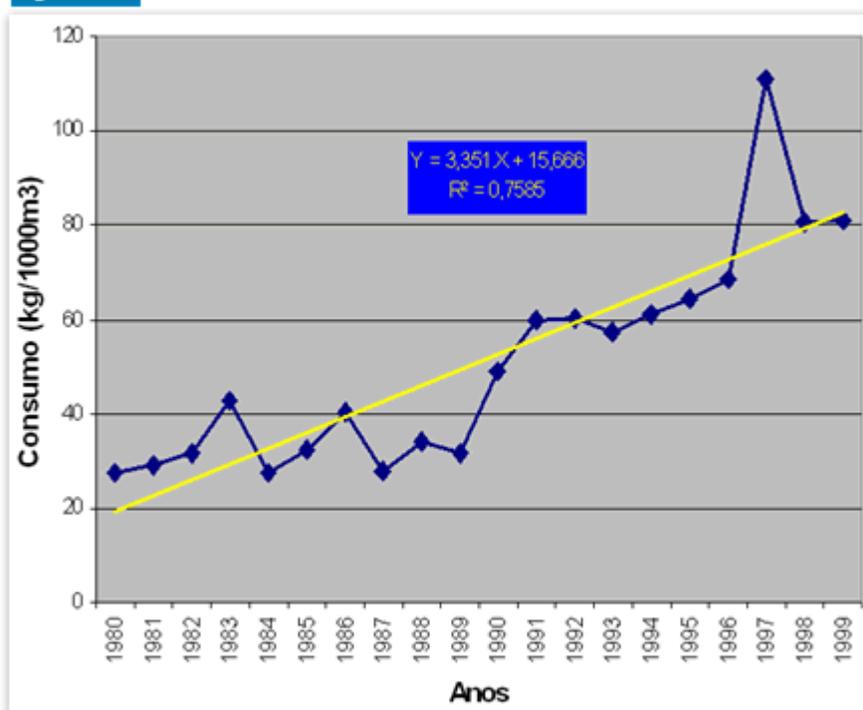
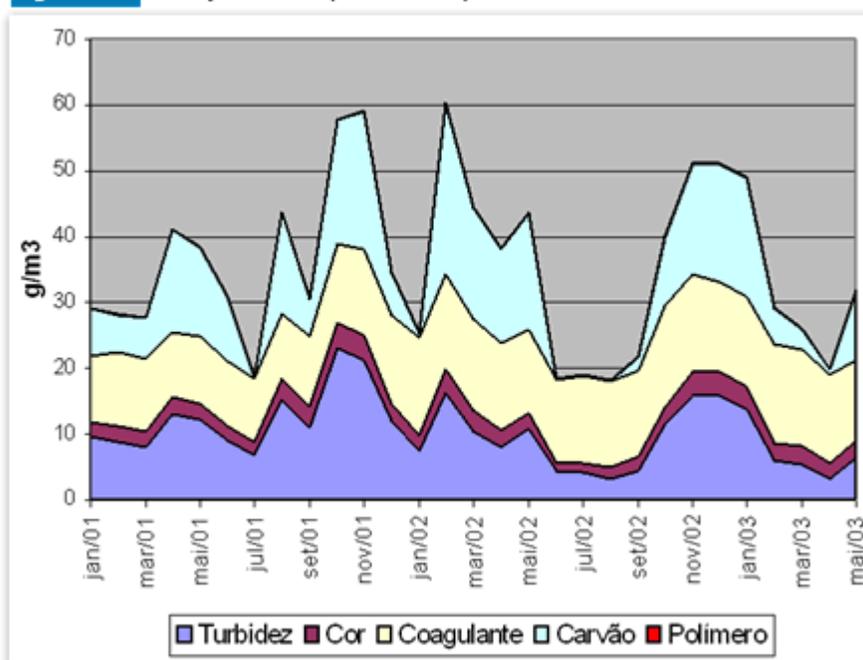


Figura 18 – Produção de lodo (discriminada)



RESULTADOS

O Quadro 2 é uma adaptação do modelo de gestão ambiental descrito pela Cetesb (2004), orientado para a perspectiva de uma estação de tratamento de água para abastecimento público. As ações descritas são reunidas em grupos e subgrupos, de acordo com a vantagem ambiental relativa que apresentam. As ações do subgrupo 'redução na fonte' apresentam as maiores vantagens ambientais relativas, enquanto as ações de 'recuperação de áreas degradadas' são as menores.

O trabalho de campo efetuado na ETA-ABV possibilitou identificar diversas importantes oportunidades para a redução dos resíduos, indicando um caminho bem definido para o detalhamento futuro. Tais ações são estas:

a) Gestão da qualidade da água bruta: A Figura 17 mostra que a taxa de crescimento do consumo de materiais é 3,35, ou seja, aproximadamente dezanove vezes maior que a taxa de produção de água, denotando a perda de qualidade da água bruta. Outro fato é a turbidez da água (Figura 18) ter o impacto significativo na geração do lodo na ETA-ABV.

Quadro 2 – Oportunidades de melhoria da gestão de resíduos na ETA-ABV

Tipo de Ação	Descrição	Vantagem Ambiental Relativa
Minimização de Recursos	RF Gestão da qualidade da água bruta na represa de captação; Otimizações na ETA: Mudança de processo; Mudança de tecnologia; Reúso interno da água de descarga dos decantadores; Recuperação do coagulante e água de lavagem dos filtros; Manutenção preventiva dos sistemas de alimentação e operação; Melhoria nas práticas operacionais: parâmetros (dosagens / controles) e procedimentos (operacionais); Substituição da matéria-prima (toxicidade / eficiência processo / eficiência tratamento): coagulantes e polímeros; Substituição ou alteração de equipamentos.	6
	Melhoria da distribuição e utilização da água: Redução de perdas na macro e micro distribuição; Uso racional da água pelo consumidor final; Reúso de água na ETA e pelo consumidor final.	5
Controle	RE Reciclagem externa de coagulantes; Reúso industrial da água de lavagem de filtros, água de descarga de decantadores e filtros.	4
	TR Segregação de resíduos; Adensamento e desidratação do lodo; Processamento do lodo para envio para as ETEs; Diminuição da periculosidade/toxicidade do lodo, tomando-o adequado aos usos potenciais.	3
	DI Disposição final em aterros sanitários/industriais e no solo.	2
	AC Recuperação de áreas degradadas pelo lodo.	1

RF: Redução na fonte; RE: Reciclagem externa; TR: Tratamentos externos; DF: Disposição final; AC: Recuperação de áreas contaminada.
Fonte: modificado de FEITOSA, 2004.

b) Mudança de processo: pela modificação dos seguintes aspectos:

Otimização do ponto de aplicação dos coagulantes: Considerando-se que a bacia de contenção não tem o formato convencional Parshall ou retangular, e que sua largura aumenta bruscamente logo após o vertedor, pode-se supor que o atual

ponto de lançamento seja o que aparentemente atinge o maior volume de água possível. Porém, é preciso verificar se ali realmente o coagulante consegue contato adequado com toda a massa de água e de forma rápida. Outra abordagem, além da alteração do ponto de aplicação, é a instalação de injetores submersos de coagulante, no centro da seção da lâmina d'água no vertedor, melhorando a eficiência e a velocidade de contato do produto químico com a massa de água bruta. Tal melhoria possibilitará menor frequência de lavagem dos filtros, aumentando a eficiência da ETA como um todo;

Floculação: Analisando-se a Figura 6 (vista aérea da ETA-ABV), nota-se que a coloração da água nos decantadores difere. Isso indica que o processo de floculação não está ocorrendo de forma homogênea, demandando ajustes nos floculadores e decantadores. Tal procedimento deve ser periodicamente implementado;

c) Mudança de tecnologia, com a adoção daquelas que prescindam da inserção de produtos químicos na água sob tratamento, tais como a ionização e as tecnologias de membranas, possibilitando redução da geração de lodo;

d) Reúso *in situ* da água de descarga dos decantadores, a qual pode ser retornada ao processo sem tratamento preliminar; mais precisamente, a metade superior do volume do decantador (FERNANDES, 2002);

e) Reciclagem dentro do processo, abrangendo estas possibilidades:

Água de lavagem dos filtros: já praticada na ETA-ABV (SABESP, 2003), constituindo-se em importante ação, uma vez que o processo de lavagem dos filtros envolve, em média, de 2% a 5% do volume produzido em uma ETA (AWWA, 1987);

Recuperação de coagulante: provavelmente a ação de maior impacto potencial sobre a geração de resíduos em uma ETA, uma vez que a massa de resíduos seria composta somente pelas impurezas da água bruta e do eventual carvão ativado empregado. A recuperação de coagulante pode ser obtida por meio

da acidificação do lodo. Logo, haveria consumo relativamente grande de ácido, o que, por sua parte, abre uma nova frente de avaliação, acerca do impacto ambiental do consumo dessa matéria-prima.

Embora a presente pesquisa tenha se concentrado nos aspectos de redução na fonte, por ser esta a mais relevante sob o aspecto ambiental, dentro de uma ETA genérica é interessante atuar sobre todos os itens relativos à minimização. Nesse sentido, foram ainda enfatizadas ações relativas à melhoria do transporte (redução de perdas na distribuição) e da utilização da água (orientações para o uso racional e para o reúso pelo diferentes usuários finais). Estas atividades não têm relação direta com a redução da geração de lodo na ETA; porém, otimizam o consumo e diminuem a demanda por mais água tratada, o que termina por se refletir na redução da geração de lodo, no processo como um todo.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A partir dos trabalhos descritos, da pesquisa bibliográfica e das vistorias de campo, são possíveis as seguintes conclusões e recomendações:

a) A aplicação do conceito da Prevenção à Poluição é perfeitamente possível em uma ETA. As informações obtidas sugerem um trabalho mais profundo de investigação em cada um dos processos unitários, procedimentos, práticas operacionais e políticas do empreendimento. Contando com o apoio de equipe multidisciplinar, será possível ampliar o número de oportunidades de redução da geração de lodo;

b) Considerando-se o conjunto citado de ações de redução na fonte, embora todas enquadradas na mesma classe de vantagem ambiental relativa (grau 6), as ações na represa têm maior eficácia na redução de resíduos. A turbidez da água bruta é a responsável pela maior parcela dos resíduos formados

nos decantadores e filtros. A gestão dos recursos hídricos poderia ser muito eficiente se atuasse nas questões de zoneamento, ocupação e infra-estrutura da bacia. Alterações na forma do sistema de captação de água bruta também devem ser avaliadas. Desta forma, a qualidade da água bruta seria melhorada, diminuindo a quantidade de massa de sólidos presente na água, conseqüentemente, reduzindo a quantidade de coagulante requerida para o tratamento.

Após as ações na represa, seguem-se as ações aplicadas dentro da ETA, principalmente aquelas relacionadas com os processos de coagulação, floculação, recuperação dos coagulantes e reciclagem da água de esgotamento dos decantadores e filtros. A otimização desses processos resultará na redução do consumo de produtos químicos e na diminuição da freqüência/intensidade de lavagem dos filtros, propiciando economia de água e de energia. A recuperação dos coagulantes teria o maior impacto na geração do lodo dentro da ETA.

Quanto à implementação de novas tecnologias, foram destacadas as membranas filtrantes que dispensam a aplicação de materiais de tratamento. As ações de redução de perdas, reúso e uso racional enfocam a economia do recurso natural e são peça-chave das ações descritas;

c) Constatou-se a necessidade de redimensionamento dos canais de floculação, de forma a se obter maior homogeneidade em todos os decantadores, para o início do processo de sedimentação;

d) Recomenda-se modificar a geometria da Chegada de Água Bruta, de modo a criar a condição de ressalto hidráulico que é a forma mais propícia para o lançamento do coagulante. Uma abordagem alternativa seria a modificação da forma de lançamento do coagulante, fazendo-a pressurizada e imersa, a meia seção do canal, nessa área.

REFERÊNCIAS

AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA). *Water treatment plant waste management*. Denver (Co): AWWA Research Foundation, 1987.

BRANCO, S. M. *Hidrobiologia aplicada á engenharia sanitária*. 2.ed. São Paulo: Cetesb, 1978.

BRASIL. Secretaria de Política Urbana, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. *Documentos técnicos de apoio: DTA A2*. Brasília: PNCDA/SEPURB, 1999a. Disponível em: www.pncda.gov.br. Acesso em: 30 jan. 2003. (DTA A2 – Indicadores de perdas nos sistemas de abastecimento de água).

BRASIL. Secretaria de Política Urbana, Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. *Documentos técnicos de apoio: DTA D4*. Brasília: PNCDA/SEPURB, 1999b. Disponível em: www.pncda.gov.br. Acesso em: 30 jan. 2003. (DTA D4 – Redução de perdas e tratamento de lodo em ETA).

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). *Informações Sabesp 2003*. São Paulo, 2003. Disponível em: 10.7.129.15/intranet_sabesp.htm. Acesso em: 19 mar. 2004.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). *Relatório gestão operacional para a redução de perdas*. São Paulo, 2002. Disponível em: 10.7.193.59:8100/go/sabesp. Acesso em: 9 out. 2003.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). *Relatório gestão operacional para a redução de perdas (março 2000)*. São Paulo, 2000. Disponível em: 10.7.193.59:8100/go/sabesp. Acesso em: 9 out. 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). *Decisão de Diretoria Nº 195-2005-E de 23 de novembro de 2005*. Dispõe sobre a aprovação dos valores orientadores para solos e águas

subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. São Paulo, 2005.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). *Manual para implementação de um programa de prevenção à poluição*. 2.ed. São Paulo, 1999. Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br. Acesso em: 21 jan. 2003.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). *Prevenção à poluição – Conceitos e definições*. São Paulo: Cetesb, 2004. Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br/Ambiente/prevencao_poluicao/conceitos.asp. Acesso em: 25 mar. 2004.

DI BERNARDO, L. et al. *Métodos e técnicas de tratamento de água*. Rio de Janeiro: Abes, 1993.

FEITOSA, C. A. G. *Oportunidades de minimização de resíduos sólidos gerados na Estação de Tratamento de Água – Alto da Boa Vista, situada no município de São Paulo*. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). São Paulo, 2004. 206f.

FERNANDES, A. N. *Balanço de massa e produção de lodo da estação de tratamento de água Alto da Boa Vista – Sabesp*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2002. 203f.

RICHTER, C. A. *Tratamento de lodos de estações de tratamento de água*. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

YOSHINAGA, S. *Conceitos básicos de hidrogeologia*. São Paulo: Cetesb, 1993.