



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.  
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

## ESTUDO E ADEQUAÇÃO DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UMA INDÚSTRIA CERÂMICA VISANDO REUSO

Rodrigo Braga Moruzzi<sup>1</sup>; José Antonio Cardoso dos Santos<sup>2</sup>

---

### RESUMO

O objetivo principal do artigo é apresentar os resultados preliminares referentes ao estudo e adequação de um sistema de tratamento existente em uma indústria visando ajustar as características do efluente para reuso no processo de produção de revestimentos cerâmicos. Para tal propósito, foram realizados ensaios empregando métodos e técnicas de separação sólido-líquido por meio de tratamento físico-químico visando estabelecer as condições mais adequadas de tratamento com a menor alteração do layout da planta existente na indústria. Dentre as alternativas investigadas em escala de laboratório, verificou-se que a sedimentação primária sem adição de condicionantes químicos, seguida de coagulação e floculação com dosagens de sal metálico e polímero sintético, sedimentação floculenta e filtração apresentaram os melhores resultados. Assim, foi proposto um novo layout para a estação de tratamento integrando as unidades existentes de maneira diferenciada de modo a atender as condições estabelecidas nos ensaios de laboratório.

**Palavras-chave:** reuso; efluente; cerâmica.

### STUDY AND ADJUSTMENT OF CERAMIC EFFLUENT TREATMENT SYSTEM FOR REUSE

### ABSTRACT

The main paper aim was to present the preliminary results referring to the study and adjustment of the effluent treatment system for reuse in the ceramic floor production process. For this propose methods and techniques for solid and liquid separation were carried out. The focus was the less alteration in the treatment plant the better. So, there were analyzed some alternatives for the effluent treatment and, among them, the primary sedimentation without chemicals followed by the coagulation and flocculation applying ferric chlorine and synthetic polymer, sedimentation and filtration presented the best results. Thus, a new layout for the treatment plant was proposed by integrating the existent units in a different way so they could attend the laboratory established conditions.

**Keywords:** reuse, effluent, ceramic.

---

Trabalho recebido em 10/10/2008 e aceito para publicação em 12/11/2008.

<sup>1</sup> Professor Assistente Doutor do Departamento de Planejamento Territorial do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista (DEPLAN/UNESP-Rio Claro). Engenheiro Civil (UFSCar), Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento (EESC-USP). Rua 10, 2527 CEP 13500-230 Fone 55 19 35262241. E-mail: rmoruzzi@rc.unesp.br;

<sup>2</sup> Engenheiro Civil, DAAE-Rio Claro. E-mail: engdaae@linkway.com.br.

## 1. INTRODUÇÃO

A geração de efluentes líquidos nos processos cerâmicos advém principalmente das águas de limpeza das unidades de preparação dos moldes de fundição e prensagem, dos processos de esmaltação, engobe e da decoração (CETESB, 2004).

Atualmente, algumas indústrias cerâmicas na região de Rio Claro-SP empregam o tratamento físico-químico do efluente, o qual tem como destinação final à aspersão sobre as estradas rurais e o pátio da indústria. Este procedimento não atende as necessidades da indústria no que tange ao reuso do efluente, acarretam custos adicionais e não considera o tratamento do lodo residual que é fonte de contaminação, caso seja disposto inadequadamente.

Algumas estratégias visando reuso do efluente tratado vem sendo implementadas visando diminuir os impactos ambientais e a redução dos custos. Para tanto, as estações de tratamento de efluentes das indústrias cerâmicas vem sendo aprimoradas para adequar às características do efluente tratado aos usos pretendidos.

A CETESB, órgão responsável pela fiscalização ambiental no Estado de São Paulo, em observância as normas e legislação pertinentes, atua energicamente nos empreendimentos visando corrigir ou mitigar os impactos ambientais e fomentar

o uso racional da água. Dentro deste contexto, estabelece para os efluentes as seguintes diretrizes (OLIVEIRA, 2006):

- Reaproveitamento da água tratada para lavagem dos moinhos e linhas de esmaltação;

- Reaproveitamento da água tratada para umidificação da argila;

- Realização de teste de tratabilidade (jar-test) para determinação da dosagem correta de coagulante aplicado ao efluente bruto para melhorar a eficiência do sistema e a qualidade do efluente final e evitar gastos desnecessários, entre outras.

No caso específico de uma indústria de pisos e revestimentos da Região de Rio Claro, os dados fornecidos pelo Setor de Efluentes Líquidos da CETESB, referentes aos constituintes típicos do efluente cerâmico, permitiram verificar diferenças quanto às concentrações consideradas normais para o processo, bem como quanto à composição do efluente.

Assim, faz-se necessário uma investigação dirigida a cada caso em específico visando obter as melhores condições de tratamento que implicam em maiores eficiências e menores custos de implantação e operação do sistema.

Desta forma, o artigo tem como objetivo precípuo apresentar os resultados referentes ao estudo em escala de laboratório seguido da proposta preliminar

de adequação, por meio da intervenção no sistema de tratamento existente, com o intuito de adequar as características do efluente tratado à qualidade da água requerida para reuso no processo de produção de revestimentos cerâmicos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Considerações iniciais

Apresentam-se os principais materiais e métodos empregados para a consecução da investigação em escala de bancada. Os procedimentos adotados procuraram reproduzir as condições operacionais estabelecidas no sistema em escala plena. Para tal finalidade, inicialmente foram efetuados levantamentos na Estação de Tratamento de Efluentes de Reuso (ETER) no que tange ao ordenamento das unidades, tempos de detenção hidráulica (TDH) e intensidades de mistura, expressos em termos de gradiente médio de velocidade (G).

Todas as análises seguiram rigorosamente os procedimentos metodológicos descritos no Standard Methods for Water and Wastewater 21th (AWWA, 2005).

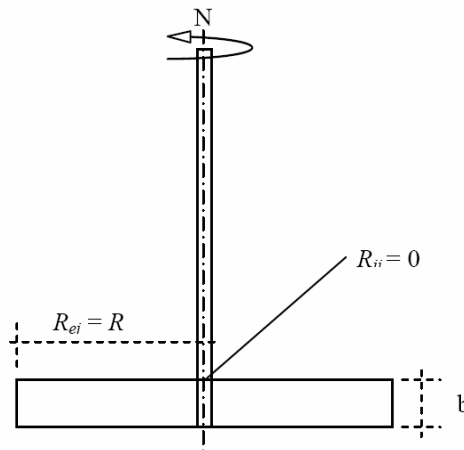
### 2.2 Levantamentos na Estação de Tratamento de Efluentes de Reuso (ETER)

Na ocasião do levantamento, o sistema operava em regime de batelada e a coagulação e a floculação eram realizadas em um único tanque, contendo um agitador axial de eixo vertical com uma pá perpendicular ao eixo. O cálculo da mistura (expresso em termos de G) foi efetuado considerando-se as relações e os parâmetros constantes na Figura 1 e Tabela 1.

### 2.3 Ensaio em escala de laboratório

As amostras foram coletadas e acondicionadas em galões de 50 L. Os ensaios foram iniciados no mesmo dia do recebimento das amostras. Para a realização dos ensaios foram utilizados os mesmos condicionantes químicos empregados na Estação de Tratamento visando o Reuso (ETER). Os produtos foram fornecidos pelo administrador do sistema de tratamento da indústria e as soluções foram preparadas em laboratório. O coagulante metálico foi dosado in natura, tal como na ETER, e o polímero foi preparado a 0,2% após constante agitação por 2 h.

O teste de sedimentação zonal foi efetuado em coluna de sedimentação de altura igual à do decantador primário, que se pretende construir, com pontos de tomada de amostras (Figura 2).



**Figura 1.** Misturador axial com uma pá perpendicular ao eixo e suas relações geométricas empregadas para aplicação do cálculo do gradiente médio de velocidade de coagulação e floculação. Fonte: Adaptado de Di Bernardo e Dantas (2005).

**Tabela 1.** Relações geométricas e parâmetros para determinação das condições de mistura da unidade de coagulação/floculação do sistema de tratamento de efluentes visando reuso. Formulações extraídas de Di Bernardo e Dantas (2005).

Parâmetros Medidos/ Calculados	Relação/Equação
Relação geométrica das pás	(adimensional) $b_p/h_p$
Coefficiente de arrasto (Cd)	(adimensional) $Cd = 0,02 \cdot \left(\frac{b_p}{h_p}\right) + 1,08$
Peso específico ( $\gamma$ )	( $N/m^3$ ) 9789 a temperatura de 20°C
Rotação das pás (N)	(rps) Rotações por segundo
Coefficiente do rotor ( $K_{ap}$ )	(adimensional) $K_{ap} = V_a/V_p$ (velocidade de escoamento da água/velocidade de escoamento da paleta)
Potência dissipada (P)	(N.m/s) $P = 2 \cdot (1,465 \times 10^{-5} \cdot Cd \cdot \gamma \cdot b \cdot [(1 - K_{ap}) \cdot N]^3 \cdot R^4$
Gradiente médio de velocidade (G)	( $s^{-1}$ ) $G = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}}$ para $\mu = 1,005 \times 10^{-3}$ (viscosidade absoluta) $Nm^2/s$ (20°C); V=volume da câmara em $m^3$



**Figura 2.** Coluna de sedimentação (esquerda) e detalhe do ponto de coleta de amostras (direita).

A suspensão contendo as partículas foi introduzida na coluna de modo a proporcionar a distribuição uniforme das partículas ao longo da altura da coluna, dando-se por iniciado o teste quando o líquido estava em repouso. O teste foi efetuado a temperatura constante, para minimizar efeitos de correntes convectivas.

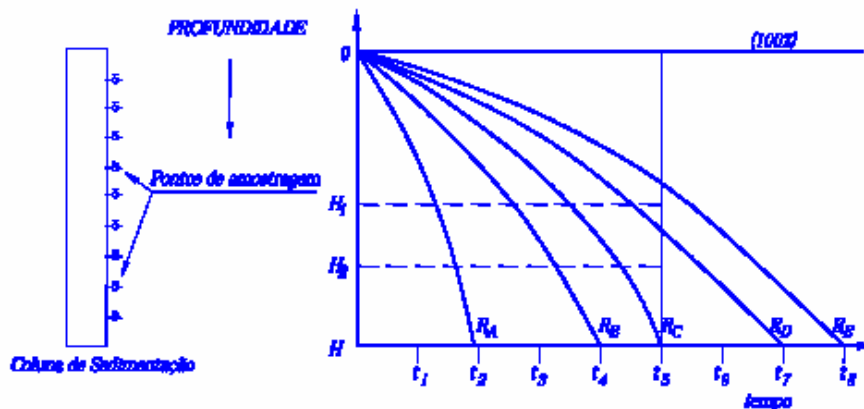
As amostras de todos os pontos de coleta foram retiradas em intervalos de tempos prefixados. Essas amostras foram analisadas para determinação da concentração de sólidos totais em suspensão (SST). Para cada amostra, calculou-se a porcentagem removida, lançando-se os valores obtidos em gráfico de profundidade contra o tempo (Figura 3).

As taxas de escoamento superficiais ( $V_o$ ) foram estimadas para os vários tempos de acordo com a Equação 1.

$$V_o = \frac{H}{t_n} \quad (1)$$

Em que  $V_o$  é a taxa de escoamento superficial ( $m\ h^{-1}$ ) e  $t_n$  é o tempo de amostragem (h)

A fração de sólidos removidos para os tempos  $t_1, t_2, t_3...t_n$  foi determinada conforme Equação 2, onde  $R_c, R_d$  e  $R_e$  correspondem às faixas de mesma eficiência de remoção.



**Figura 3.** Exemplo da análise de resultados de remoção de sólidos totais.

$$RT = RC + \frac{H_2}{H} (RD - RC) + \frac{H_1}{H} (RE - RD) \quad (2)$$

Na Equação 2,  $H_2$  representa a altura que as partículas de tamanho correspondente a  $(RD - RC)$  sedimentam na unidade no tempo correspondente a  $t_5$ . Usando os vários valores de  $t$ , as diferentes taxas de escoamento superficiais correspondentes e calculando-se os vários valores de  $RT$  pôde-se construir gráfico de  $RT$  em função de  $Vo$ . Pôde-se, também, verificar as frações removidas em função de  $Vo$  ou as frações removidas em função do tempo de detenção. Para o projeto do decantador, adotou-se 0,65 como o fator de escala para  $Vo$  e 1,75 como fator de escala para  $t$ .

Os ensaios foram conduzidos com e sem a adição de polímero (Tabela 2). Para cada amostra foi determinada a concentração de sólidos suspensos totais

(SST) sedimentáveis para cada tempo de detenção hidráulico investigado.

As análises de sólidos sedimentáveis (SS) foram obtidas por meio de ensaios em cone Inhoff. As amostras pré-clarificadas foram submetidas aos ensaios de sedimentação flocculenta tomando-se como condição inicial a possibilidade de supressão do alcalinizante. Os ensaios foram realizados em equipamentos de Jarteste. Os ensaios realizados em equipamentos de jarteste seguiram as recomendações constantes em Di Bernardo et al. (2002) e tiveram como principal objetivo adequar os processos de coagulação, floculação e decantação. Vale mencionar que todos os procedimentos dos ensaios foram previamente adotados com base no sistema de tratamento existente na indústria, na tentativa de aproveitamento das unidades que compõem os processos evitando assim grandes investimentos para adequação da estação.

**Tabela 2.** Ensaios de sedimentação zonal em coluna. Dados: Vazão fornecida =  $60\text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$  com 8 horas de operação  $\text{dia}^{-1}$ . Vazão calculada conforme medições *in loco* =  $112 \text{m}^3 \text{ dia}^{-1}$ . Volume do decantador primário ( $6\text{m}^3$ ). Faixa relativa ao tempo de detenção hidráulica (TDH) 25-50 min. TDH adotado para consecução dos ensaios 32 min. Ensaios realizados em regime de operação por batelada SEM e COM adição de polieletrólito.

Pontos de amostragem	Intervalos de coleta			
	$T_1=8\text{min.}$	$T_2=16\text{min.}$	$T_3=24\text{min.}$	$T_4=32\text{min.}$
1	$S_1T_1$	$S_1T_2$	$S_1T_3$	$S_1T_4$
2	$S_2T_1$	$S_2T_2$	$S_2T_3$	$S_2T_4$
3	$S_3T_1$	$S_3T_2$	$S_3T_3$	$S_3T_4$
4	$S_4T_1$	$S_4T_2$	$S_4T_3$	$S_4T_4$

Como estratégia preliminar, foram utilizados os mesmo produtos químicos empregados no tratamento do efluente em escala plena.

Os ensaios em jarreste seguiram os procedimentos descritos a seguir:

(a-) colocaram-se porções de água em cada um dos jarros, enchendo-os simultaneamente, de modo a manter homogênea a água contida em cada frasco, tomando-se o cuidado de agitar continuamente o recipiente em que a amostra estava armazenada;

(b-) ligou-se o equipamento de agitação e acertou-se a rotação correspondente ao gradiente de velocidade médio de mistura rápida ( $G_{mr}$ ), de acordo com a curva padronizada fornecida pelo fabricante do equipamento;

(c-) adicionaram-se simultaneamente nos jarros a dosagem pré-estabelecida de coagulante;

(d-) decorrido o tempo de mistura rápida ( $T_{mr}$ ), diminuiu-se a rotação do equipamento de agitação para o valor correspondente ao gradiente de velocidade médio da floculação ( $G_f$ );

(e-) adicionou-se aos jarros a dosagem pré-estabelecida de polímero e a floculação continuou por mais 2,5 minutos;

(f-) após o tempo de floculação ( $T_f$ ), desligou-se o equipamento;

(g-) coletaram-se amostras para a velocidade de sedimentação desejada. Deve-se ressaltar que antes da coleta foi descartado um pequeno volume de amostra, suficiente para eliminar a quantidade estagnada no interior da mangueira de coleta;

(h-) realizou-se a leitura de turbidez e pH de coagulação das amostras coletadas.

Foram investigadas diferentes dosagens dos produtos fornecidos pelo interessado, objetivando o apontamento de uma dosagem adequada de aplicação com o maior rendimento e melhor qualidade do efluente produzido (Tabela 3).

Alternativamente, para cada dosagem especificada foi verificado o efeito do polímero como auxiliar de floculação em dosagens da ordem de 1, 9 e 18 g kgSST<sup>-1</sup>.

Após cada ensaio, as amostras foram acondicionadas em frascos de coleta para posterior análise de SST (mg L<sup>-1</sup>) e Turbidez (uT) dos ensaios de coluna e de sedimentação em Jarteste, respectivamente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diagnóstico no sistema de tratamento de efluentes de reuso (ETER) identificou sérios problemas operacionais ocasionados principalmente pelo uso inadequado de métodos e técnicas em sistemas de tratamento. Ficou claro que o operador não tinha informações a respeito de cada etapa do sistema e, portanto, operava a ETER segundo um protocolo mal elaborado e com sérias inconsistências. Assim, as dosagens de produtos químicos eram aplicadas de forma puramente empírica e sem respeitar os tempos de contato e ou ajustes dos

parâmetros necessários para as reações químicas pudessem ocorrer. Ademais, vale mencionar que o projeto previu uma concepção inadequada da ETER.

Pelas razões acima expostas, detectou-se que o sistema operava em situação desfavorável produzindo efluente inadequado ao reuso requerido. O excesso de sólidos do efluente tratado bloqueava rapidamente o sistema de aspersão de água de reuso. Tal fato devia-se a alta concentração de sólidos no efluente tratado associado à superdosagem de alcalinizante.

Na Figura 4 são apresentados os valores residuais de sólidos suspensos totais SST referentes aos ensaios de sedimentação em coluna para cada condição investigada (conforme Tabela 2). Os valores referentes aos percentuais de remoção de sólidos (SST) podem ser observados na Tabela 4.

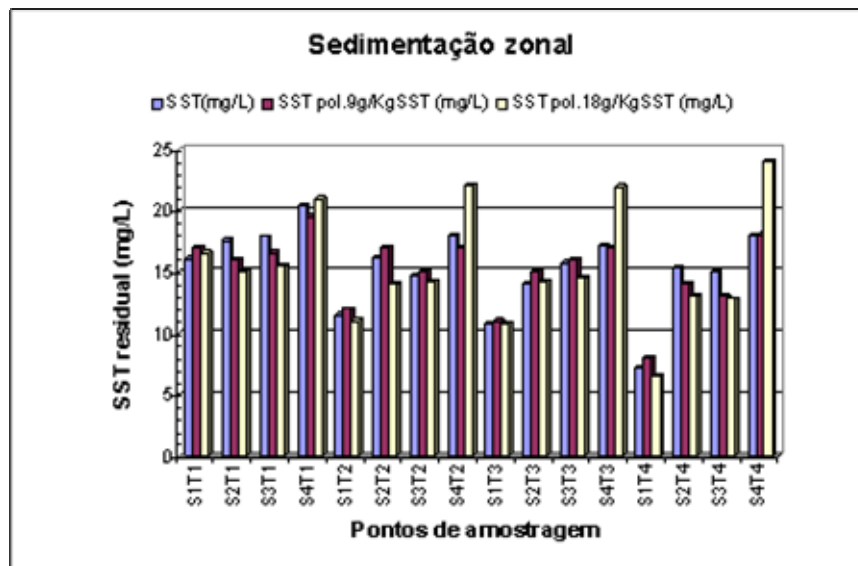
Os resultados apresentados na Figura 4 e na Tabela 4 permitiram verificar que a adição de polímero apresentou a mesma faixa de remoção para as amostras sem polímero, para os ensaios de sedimentação primária. Desta forma, optou-se por não adicionar polímero nessa fase do tratamento.

A Tabela 5 apresenta os resultados referentes à decantabilidade do efluente por meio da análise do Índice Volumétrico de Lodo (IVL).



**Tabela 3.** Ensaio com a adição de sulfato de alumínio comercial (Decantador P406 – Amanri  $d=1,3\text{g mL}^{-1}$   $\text{pH}=3$ ) e polímero (especificações não fornecidas). Dosagens em volume do produto comercial Fixo: Tempo de sedimentação de 5min.

Polímero	$2\text{ mL L}^{-1}$		$20\text{ mL L}^{-1}$			$40\text{ mL L}^{-1}$	
Coagulante	$0,8\text{ mL L}^{-1}$	$0,60\text{ mL L}^{-1}$	$0,80\text{ mL L}^{-1}$	$1,0\text{ mL L}^{-1}$	$0,60\text{ mL L}^{-1}$	$0,80\text{ mL L}^{-1}$	$1,0\text{ mL L}^{-1}$
Gf40s <sup>-1</sup> Tf5min.	T <sub>1</sub> (uT)	T <sub>2</sub> uT	T <sub>3</sub> uT	T <sub>4</sub> uT	T <sub>5</sub> uT	T <sub>6</sub> uT	T <sub>7</sub> uT



**Figura 4.** Resultados de SST residual para os diferentes pontos de amostragem nos tempos de sedimentação de T1=8min.; T2=16min.; T3=24min. E T4=32min.

**Tabela 4.** Resultados referentes à eficiência de remoção de sólidos totais (SST) para os ensaios de sedimentação em coluna em diferentes pontos de amostragem com e sem adição de polímero.

Amostras	R(%) sem polímero	R(%) 9g pol. kg SST <sup>-1</sup>	R(%) 18g pol. kg SST <sup>-1</sup>
S1T1	57,6	55,0	56,3
S2T1	53,6	57,7	60,3
S3T1	52,8	56,3	59,0
S4T1	46,2	48,4	44,4
S1T2	69,6	68,2	70,9
S2T2	57,3	55,0	62,9
S3T2	61,1	60,3	62,4
S4T2	52,7	55,0	41,8
S1T3	71,6	70,9	71,4
S2T3	62,8	60,3	62,4
S3T3	58,4	57,7	61,6
S4T3	54,7	55,0	42,0
S1T4	81,2	78,8	82,8
S2T4	59,5	62,9	65,6
S3T4	60,2	65,6	66,1
S4T4	52,5	52,4	36,5

**Tabela 5.** Resultados de IVL ( $\text{mL g}^{-1}$ ) para ensaios sem e com diferentes dosagens de polímero.

Amostra	IVL ( $\text{mL g}^{-1}$ )
Sem polímero	235
Com 9g pol. kg SST <sup>-1</sup>	180
Com 18g pol. kg SST <sup>-1</sup>	200

Verificou-se que o volume ocupado por 1 g de efluente diminuiu ligeiramente com a adição de 9g polímero kg SST<sup>-1</sup> e houve uma pequena piora com o incremento da dosagem de polímero. Todavia, todas as faixas obtidas apresentaram valores dentro de faixas de média a má decantabilidade. Verificou-se que, independente da adição de polímero, a amostra clarificada apresentou ainda aspecto bastante turvo (800 uT; 6 mgSST L<sup>-1</sup>). Assim, procederam-se os ensaios de coagulação e floculação em Jarreste com o efluente pré-clarificado em coluna sem a adição de polímero. Entretanto, foi investigada a adição de polímero como auxiliar de floculação. Os resultados referentes a esta etapa de investigação são apresentados na Tabela 6.

Os resultados apresentados na Tabela 6 permitem concluir que o efluente pode ser tratado por técnicas de tratamento físico-químicas. O menor residual de turbidez foi obtido para a dosagem de 20 mL L<sup>-1</sup> de solução a 0,2% (massa/massa) de polímero com 0,8 mL L<sup>-1</sup> de coagulante comercial. Evidentemente, por se tratar de uma fase preliminar de investigação deve-

se prever a confirmação destes valores bem como a realização de um maior número de ensaios visando adequar as dosagens de produtos químicos, todavia ficou claro a viabilidade técnica de implantar um sistema de tratamento físico-químico.

A partir dos resultados apresentados foi possível delinear uma primeira proposta de alteração da concepção e operação do sistema da ETER tendo como eixo norteador à utilização do sistema existente com pequenas alterações físicas nos arranjos das unidades.

A proposta preliminar delineada para o tratamento resumiu-se nas seguintes etapas: tratamento preliminar, unidade de tratamento físico-químico (flocodecantador), filtração e reservatório de reuso com sistema de recalque. Aconselhou-se que todo o sistema deverá operar em regime de batelada. Assim, após a realização dos exames e ensaios laboratoriais, foram propostas algumas correções e ajustes nos processos do sistema da ETER que, apesar de simples, foram considerados fundamentais para adequação das características finais do efluente tratado.

**Tabela 6.** Resultados referentes aos ensaios com adição de sulfato de alumínio comercial (Decantador P406 – Amanri d=1,3g mL<sup>-1</sup> pH3). Dosagens em volume do produto comercial. Fixos: Mistura rápida (Tmr30seg. Gmr800s<sup>-1</sup>); Floculação (Tf 2min.+2,5min. Gf40s<sup>-1</sup>); Polímero (Auxiliar de floculação adicionado após 2 minutos. + Tf2,5min.); Tsed.5min.

Polímero Coagulante	2 mL L <sup>-1</sup>		20 mL L <sup>-1</sup>		40 mL L <sup>-1</sup>		1,0 mL L <sup>-1</sup>
	0,8 mL L <sup>-1</sup>	0,60 mL L <sup>-1</sup>	0,80 mL L <sup>-1</sup>	1,0 mL L <sup>-1</sup>	0,60 mL L <sup>-1</sup>	0,80 mL L <sup>-1</sup>	
Gf40s <sup>-1</sup>	17,2uT	315uT	7,1uT	41,0uT	147uT	10,3uT	6,3uT
Tf5min.							

Tmr= tempo de mistura rápida; Gmr= gradiente médio de velocidade de mistura rápida; Tf= tempo de floculação; Gf= gradiente médio de velocidade de floculação; Tsed.= tempo de sedimentação

As alterações propostas consistiram basicamente em mudanças de finalidades dos tanques sem alteração física dos mesmos, instalações de bombas dosadoras de produtos químicos, correções nas tubulações afluentes, manutenção dos conjuntos de polias dos flocladores, manutenção dos sistemas de bombas e instalação de filtro de pressão na linha final. Ademais, foi proposta nova estratégia de operação e dosagens de produtos químicos, de acordo com os resultados apresentados neste artigo.

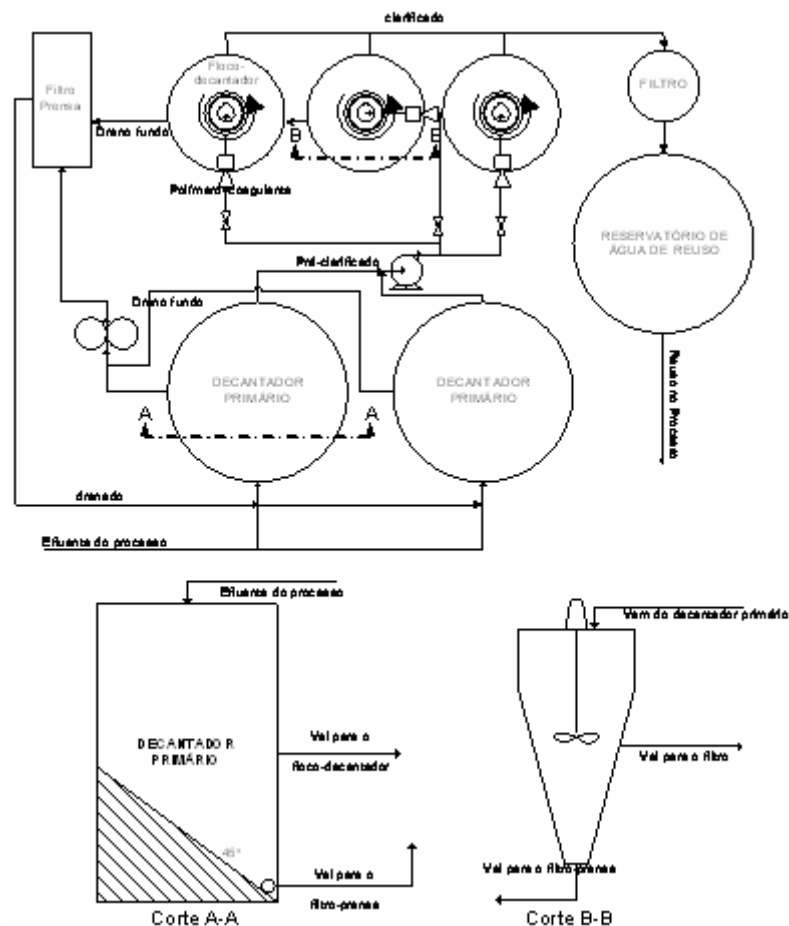
Optou-se por manter a base do sistema existente, ou seja, o efluente continuará operando em regime intermitente, agora obedecendo ao fluxograma modificado, apresentado na Figura 5.

As linhas de tubulações provenientes do efluente do processo devem permitir a entrada paralela nas unidades de decantação primária com isolamento da linha por válvulas tipo esfera, esta alteração permitirá transformar os tanques

de chegada, hoje trabalhando como tanque de equalização, para decantadores primários. O fundo da unidade deverá ser preenchido de modo a formar um plano inclinado, preferencialmente a 45° com a horizontal, proporcionando o pré-adensamento e retirada dos sólidos presentes no efluente bruto.

A coleta do efluente pré-clarificado deverá ser realizada a um terço da altura do tanque com referência ao fundo por intermédio de uma bomba de recalque, sendo instalado na sua tubulação de sucção uma bóia para retirada do sobrenadante. Os níveis de operação serão estipulados por bóias de nível com sistema elétrico de “on-off” conforme necessidade de operação.

No fundo do tanque será instalada a tubulação de sucção do lodo acoplada a bomba pneumática de alimentação da prensa desaguadora, esta bomba deverá ser a mesma existente apenas com uma manutenção e modificação nas tubulações.



**Figura 5.** Fluxograma referente à proposta de intervenção. Sem escala.

Na tubulação de recalque do sobrenadante pré-clarificado deverá ser instalado um sistema de mistura rápida com dois pontos de aplicação de produtos químicos, nestes pontos serão inseridas as válvulas de recalque das bombas dosadoras de coagulante e polímero que farão a aplicação dos produtos. Alternativamente, outro ponto de aplicação será instalado diretamente na superfície do floco-decantador para aplicação do polímero.

Após o bombeamento do efluente pré-clarificado para as unidades de floco-decantação o lodo primário será removido

com o auxílio da bomba pneumática diretamente para a prensa desaguadora. Para minimizar custos será instalada apenas uma bomba de lodo que fará a sucção dos dois decantadores por intermédios de registros de comando operados pelo responsável da estação.

O lodo será desaguado no filtro-prensa formando as tortas que serão acondicionadas no pátio para secagem final, a exemplo de como é atualmente realizado, já o líquido drenado deve retornar por gravidade ao decantador primário. A torta após sua secagem

completa deverá ser levada ao setor de moagem para misturar com a argila e voltar ao sistema de produção.

O efluente pré-clarificado ao adentrar no floco-decantador já terá recebido a aplicação do coagulante na dosagem recomendada. Essa aplicação ocorrerá na linha de recalque com auxílio da bomba dosadora. O processo de mistura rápida deverá ocorrer no dispositivo instalado na linha de recalque que terá agitação intensa proporcionando a mistura dos produtos com a massa líquida.

No floco-decantador a massa líquida (efluente clarificado mais produtos químicos) será submetida a uma agitação uniforme com auxílio de agitadores de paletas e considerando a colocação de estatores com dimensões de 5 cm de largura e 140 cm de altura. Os estatores deverão ser instalados nos quatro quadrantes de cada floco-decantador, perpendiculares a tangente. A rotação recomendada para produzir o gradiente médio de velocidade de floculação deve situar-se em torno de 30 r.p.m durante o tempo de 2 minutos de modo a garantir as condições adequadas de mistura obtidas nos ensaios concernentes a este relatório. Finalizado este tempo e mantendo-se as condições de mistura, deve ser adicionado polímero ( $0,2\% \text{ m m}^{-1}$ ) na dosagem recomendada e a agitação mantida por

mais 2,5 minutos. Posteriormente, o agitador deverá ser desligado e o sobrenadante permanecerá em repouso por um tempo mínimo de 10 minutos para que os sólidos sedimentem. Transcorrido este tempo o sobrenadante será drenado por gravidade por meio da abertura de registros instalados nos floco-decantadores.

Após a drenagem do sobrenadante este deverá ser acondicionado em reservatórios e submetido a filtração em filtro de pressão, a ser instalado entre os floco-decantadores e o reservatório de água tratada. Opcionalmente, sugere-se que na fase de pré-operação seja investigada a possibilidade de utilização de um dos três floco-decantadores como unidade de adensamento do lodo dos decantadores, antes do desaguamento no filtro-prensa.

Por último, o efluente do filtro deverá ser encaminhado ao reservatório de água onde pode ser reutilizado no processo industrial.

Ressalta-se a importância da observância das recomendações constantes neste artigo de modo que as condições obtidas sejam reproduzidas nas unidades de tratamento em escala plena. Qualquer alteração poderá implicar em queda da qualidade do efluente a estação podendo prejudicar as instalações hidráulicas de reuso bem como o processo industrial.

Vale mencionar a importância do estabelecimento de procedimentos dedicados que devem ser corrigidos na etapa de pré-operação das unidades que compõem o sistema de tratamento. Nesse sentido, recomenda-se fortemente a contratação de pessoal especializado para partida e operação do sistema.

#### 4. CONCLUSÕES

Considerando o caráter preliminar da intervenção e dos resultados dos ensaios apresentados neste artigo, foram delineadas as seguintes conclusões:

- 1- Propõe-se manter o regime de escoamento em batelada;
- 2- Alterar as dosagens de acordo com a proposta apresentada no item anterior;
- 3- Converter os tanques enterrados em unidades de sedimentação primária operando em paralelo;
- 4- Alternar a operação com ciclos de 40 min. para os decantadores primários e de 10 min para os floco-decantadores;

Ademais, recomenda-se fortemente que sejam realizados ensaios de coagulação e floculação mais abrangentes, inclusive considerando a investigação de outros coagulantes químicos.

#### REFERÊNCIAS

- AWWA - AMERICAN WATER AND WASTEWATER ASSOCIATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th. Denver. CP: AWWA 2005.
- OLIVEIRA, M. C. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmicas branca e de revestimentos**. In: OLIVEIRA, M. C., MAGANHA, M. F. B. - - São Paulo : CETESB, 2006. 84p.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - **Relatório Final do Projeto Piloto de prevenção à Poluição nas Indústrias Cerâmicas da Região de Santa Gertrudes**, julho/2004.
- DI BERNARDO, L., DANTAS, A.D.B. **Métodos e técnicas de tratamento de água**. 2ºed. São Carlos. RIMA. 792p. 2. ed. RIMA, 2005.
- DI BERNARDO, L., DI BERNARDO, A. E CENTURIONE FILHO, P. L. **Ensaio de tratabilidade de água e dos resíduos gerados em estações de tratamento de água**. São Carlos. 237 p. 1. ed. RIMA, 2002.