



Uso de cloro no controle de bactérias filamentosas em lodos ativados de indústria frigorífica

doi: 10.4136/ambi-agua.1104

Anelise Almeida Yano*; Luis Airton Gomes

Universidade Federal de Mato Grosso – Cuiabá, MT, Brasil

Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental

*Autor correspondente: e-mail: anelise.yano@gmail.com,

la.gomes@terra.com.br

RESUMO

Há vários processos de tratamento de esgoto urbano e industrial, sendo o mais comum o de lodos ativados. Dentre os principais problemas operacionais, tem-se o crescimento excessivo dos micro-organismos filamentosos. O presente trabalho teve o objetivo de estudar os efeitos iniciais de dosagem de cloro como medida de controle do intumescimento do lodo em escala de bancada, utilizando o teste de jarros. Os resultados do monitoramento do sistema de tratamento de efluente indicaram boa eficiência, porém foram identificadas as bactérias do Tipo 0675 e *Thiothrix* I. Em um primeiro momento foram testadas dosagens no lodo de recirculação com hipoclorito de sódio de 125 g L⁻¹ de cloro ativo. A concentração de 25 mg L⁻¹ surtiu efeito positivo após 1h de sedimentação, quebrando os filamentos. Posteriormente foram testadas concentrações de 20 a 27 mg L⁻¹, relacionando-as com os sólidos em suspensão total da recirculação e sólidos sedimentáveis de 1 h. A concentração com efeito positivo foi a de 25 mg L⁻¹, os sólidos em suspensão total da recirculação apresentou valores médios de 4933 mg L⁻¹ e os sólidos sedimentáveis para esta concentração foi de 947 mL L⁻¹, sendo que o controle foi de 943 mL L⁻¹. Essa concentração auxiliou na sedimentação do lodo, porém afetou as atividades dos demais micro-organismos. Possivelmente, o fato de somente altas dosagens surtirem efeito sobre as bactérias se deve à presença de bainha, que agiu como uma capa protetora contra agentes externos nessas espécies de bactérias.

Palavras-chave: Controle do lodo intumescido, bactérias Tipo 0675 e *Thiothrix* I, efluente de indústria alimentícia.

Use of chlorine in the control of filamentous bulking in an activated sludge system from beef industry

ABSTRACT

There are various processes for treating urban and industrial sewage; the most common is activated sludge. Among the major operational problems is the excessive growth of filamentous microorganisms. The present work aimed to study the initial effects of a dosage of chlorine to control bulking in lab bench scale using a *Jar-test*. Although results of the monitoring of the treatment effluent system indicate good efficiency, *Thiothrix* I and Type 0675 bacteria were identified. In the first phase, doses were tested in the return sludge with sodium hypochlorite of 125 g L⁻¹ of active chlorine. A concentration of 25 mg L⁻¹ showed a positive effect after 1 h of sedimentation, breaking the filaments. In the second phase, concentrations of 20 to 27 mg L⁻¹ were tested, relating them to the total suspended solids and

settled volume at 1 h. The concentration of 25 mg L⁻¹ showed a positive effect: the total suspended solids of return sludge showed values of 4933 mg L⁻¹ and a settled volume of 947 mL L⁻¹, whereas the control was 943 mL L⁻¹. This concentration helped sedimentation of sludge, but has affected the activities of other microorganisms. A possible explanation for why only high doses had a positive effect on the bacteria could be due to the presence of a sheath that acted as a protective cover against external agents in this species of bacteria.

Keyword: Control of bulking, bacteria Type 0675 and *Thiothrix* I, food industry effluent.

1. INTRODUÇÃO

A indústria alimentícia é crescente em todo o cenário mundial e o Brasil é um dos líderes em criação, produção e exportação de alimentos industrializados, sendo a carne bovina o principal produto. Segundo a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação (ABIA, 2013), este setor fechou 2012 com uma expansão de 11,3% o que representou um faturamento de R\$ 426,7 bilhões. O processo, desde o abate até o produto já embalado, produz resíduos sólidos e líquidos que necessitam de tratamento especial antes de serem lançados em aterros ou nos corpos d'água.

Há diversos processos de tratamento de esgoto urbano e industrial, sendo o mais comum o de Lodos Ativados, em situações nas quais são necessárias uma elevada qualidade do efluente e reduzidos requisitos de área. O sistema consiste basicamente de um reator aeróbio, onde ocorre a degradação da matéria orgânica, seguido de um decantador. Posteriormente, o líquido sedimentado no decantador é recirculado para o reator anaeróbio. O processo inclui um índice de mecanização superior ao de outros processos de tratamento, implicando em uma operação mais sofisticada e em maiores consumos de energia elétrica (Von Sperling, 1997).

Dentre os principais processos operacionais, há a necessidade de se controlar diversos parâmetros tais como: o pH, o oxigênio dissolvido, o volume do lodo, o tempo de detenção hidráulica e o monitoramento dos micro-organismos. Esses últimos são de fundamental importância para a eficiência do processo. As bactérias, fungos e protozoários irão decompor a matéria orgânica e auxiliar nos processos químicos de remoção de nitrogênio e fósforo (Claas, 2007).

Segundo Van Haandel e Marais (1999), diversos pesquisadores alegam que a formação de flocos de dimensões relativamente grandes está associada ao desenvolvimento de micro-organismos filamentosos. Estes micro-organismos são normalmente encontrados nos sistemas de lodos ativados, e o problema surge quando seu crescimento é excessivo. Este fenômeno é chamado de intumescimento do lodo e suas características são: grandes dimensões, resistência, má sedimentabilidade e conseqüentemente, altos valores de índice volumétrico do lodo (IVL). A dificuldade de contato entre flocos devido à presença dos filamentos causa o flotamento do lodo.

Para o controle dos eventos de intumescimento por micro-organismos filamentosos recomenda-se identificar quais são as causas desses eventos e tomar ações para minimizar os fatores biológicos ou físicos que está propiciando seu crescimento excessivo. Somente no caso de não haver alternativa é que se faz necessária uma intervenção direta no controle desses micro-organismos através do uso de agentes físicos ou químicos (Figueiredo, 2011).

O controle do intumescimento do lodo foi estudado por diversos autores, sendo alguns deles, defensores do uso de coagulantes como sulfato ferroso e produtos precipitantes baseados em alumínio, tais como sulfato de alumínio. Outros sustentam a utilização de seletores, a aplicação de surfactantes, a aplicação de cloro, o emprego de clarificadores em série, adição de talco, o controle da temperatura e da carga de lodo e a diminuição da idade do lodo (Andreasen et al. 1999; Kitatsuji et al., 1996; Ramirez et al. 2000; Clauss et al. 1999; Jenkins et al., 2003).

A utilização do cloro como técnica de controle do intumescimento do lodo é largamente empregada nos Estados Unidos (Jenkins et al., 2003). Ele é utilizado para a desinfecção de efluentes secundários e a quantidade requerida para o controle do crescimento de bactérias filamentosas é muito pequena se comparada com a utilizada para a desinfecção, e sua aplicação não interfere na eficiência de remoção da demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5) e sólidos sedimentáveis para os níveis requeridos para o tratamento secundário.

Apesar do uso do cloro ser comum em sistemas de tratamento por lodos ativados, ainda são poucos os estudos relatados sobre o controle do intumescimento do lodo e os principais são de sistemas de lodos ativados de efluentes municipais (Jenkins et al. 2003; Jordão e Pessoa, 2009).

Alves et al. (2007) utilizou dosagens de cloro gasoso, no retorno do lodo, em uma ETE operando com lodos ativados de aeração prolongada com o objetivo de manter os valores de IVL aproximadamente a 100 ml g^{-1} . O sistema opera tratando 840 L s^{-1} e tem capacidade para atender 467.000 hab. As dosagens com resultados efetivos foram de $2,5 \text{ kgCl}_2 \text{ tonSTdia}^{-1}$.

Ramirez et al., (2000) avaliaram o efeito do cloro sobre as bactérias filamentosas do Tipo 021N em sistema de lodos ativados que tratam efluente municipal e de indústria de papel, com o objetivo de controlar seu crescimento excessivo. A dosagem máxima de cloro utilizada foi de $8 \text{ g KgSSV dia}^{-1}$.

Em uma ETE municipal, Saayman et al. (1996) estudaram o cloro, o ozônio e o peróxido de hidrogênio como fontes de combate ao crescimento excessivo das filamentosas. O cloro foi o agente mais eficaz, porém, os autores fazem um alerta que a alta dosagem pode ser prejudicial ao sistema.

O presente trabalho tem o objetivo de estudar os efeitos iniciais de dosagem de cloro como medida de controle do intumescimento do lodo em escala de bancada, utilizando o teste de jarros, em um efluente de indústria alimentícia.

Segundo a empresa, que possui uma área total construída de aproximadamente duzentos mil metros quadrados e está em processo de ampliação, as atividades geram 3.827 empregos diretos e a estação de tratamento de efluente tem capacidade para $14.000 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$. Diariamente são abatidos 170.000 aves e 1.200 bovinos, gerando 365 produtos, entre cortes de carnes, congelados e empanados, e sete subprodutos.

Os efluentes estão divididos em: linha vermelha, que ainda é subdividida em efluente das fábricas de aves e efluente das fábricas dos bovinos e linha verde, rume dos bovinos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi dividido em três partes: caracterização do sistema de tratamento, análise microbiológica do sistema de lodos ativados e experimentação de dosagens de hipoclorito de sódio em *Jar Test*.

Foram utilizados quatro pontos de coleta conforme Figura 1, sendo o Ponto 1 (P1) a entrada do tanque de aeração (efluente das linhas verde e vermelha sem o retorno do lodo), o Ponto 2 (P2) a saída do tanque de aeração, o Ponto 3 (P3) a saída do decantador secundário e, o Ponto 4 (P4) o retorno do lodo.

2.1. Caracterização do Sistema de Tratamento

A caracterização do efluente foi realizada por dados secundários das análises físico-químicas cedidas pela própria empresa. Foram utilizados dois pontos de coleta do sistema, o Ponto 1 e o Ponto 3. Os dados utilizados referem-se a vinte coletas do período de janeiro a junho de 2012.

Para caracterização do efluente utilizou-se as médias dos resultados das análises. A média, o desvio padrão, valor máximo e mínimo foram obtidos a partir do programa SPSS *Statistics* 13.0.

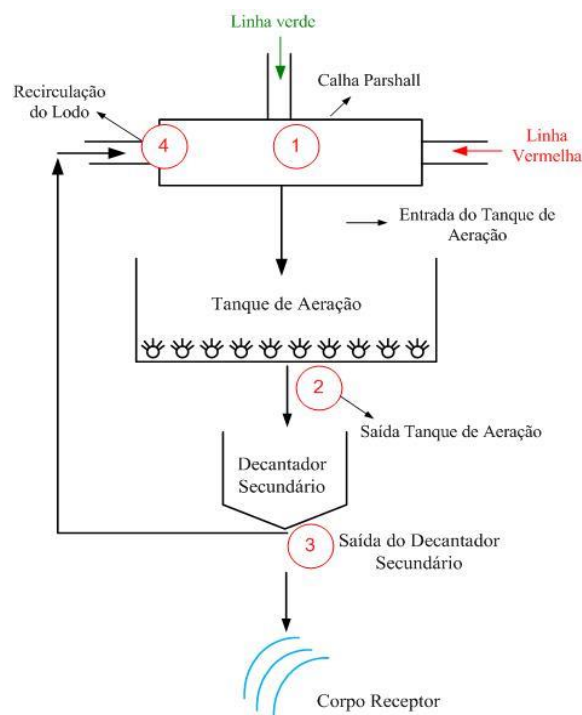


Figura 1. Pontos de coleta utilizados para caracterização do efluente.

2.2. Identificação das bactérias filamentosas

A identificação baseou-se em observações microscópicas diretas do material retirado do tanque de aeração. Nessas observações foram consideradas características morfológicas (dimensão, forma, ramificação, etc.) localização, reações a colorações (Gram, Neisser, Poli- β -hidroxibutirato - PHB, etc.) e motilidade (Eikelboom e Van Buijsen, 1981; Jenkins et al., 2003; Figueiredo, 2011).

2.3. Experimentação de dosagens de Hipoclorito de Sódio em Jar Test

Para este experimento a metodologia de Seka et al. (2001) foi modificada. A solução de hipoclorito de sódio (NaClO) utilizado nos testes tem a concentração de cloro ativo de 125 g L^{-1} e, as concentrações de cloro e o tempo de contato foram baseados na escala real da estação em estudo. A concentração inicial foi de 2 mg L^{-1} conforme a metodologia citada por Jordão e Pessoa (2009) e o tempo de contato foi de 41 seg.

Optou-se por dividir esta parte do trabalho em duas fases.

2.3.1. Testes *in loco*

Nesta fase os primeiros testes com o hipoclorito de sódio foram realizados entre julho e agosto de 2012 durante quinze dias, na própria empresa, com o lodo de retorno (P4).

Observações microscópicas de campo claro foram feitas a cada teste para visualização do comportamento das bactérias filamentosas (se ainda estavam em excesso e se os filamentos estavam partidos e livres no meio) e da microfauna (se ainda permanecia em atividade em relação às dosagens).

A solução de NaClO (10 mL) foi diluída em 1000 mL de água destilada para que houvesse um volume maior da massa nos testes.

Adicionou-se 1000 mL de amostra de lodo em dois jarros e, com a velocidade de 110 rpm, acrescentou-se as dosagens de hipoclorito de sódio. Após o tempo de contato (41 segundos) a primeira visualização foi realizada no microscópio de campo claro e o jarro posto para decantação. Após 30 minutos foi feita a segunda observação microscópica e posteriormente, totalizando 1 hora desde o início do teste, foi realizada a última leitura.

Em cada teste utilizou-se uma única massa mais o controle, para que o tempo das observações microscópicas não interferisse nos resultados. Nesta fase foram realizadas cinco repetições do experimento para cada massa, totalizando 90 testes e 180 observações microscópicas.

A Tabela 1 mostra as concentrações de cloro (Cl_2) e a massa de hipoclorito de sódio (NaClO) utilizadas nos testes em bancada:

Tabela 1. Concentrações de cloro e massa de hipoclorito de sódio em *Jar Test* testadas na fase *in loco*.

Concentração Cl_2 (mg L^{-1})	2	3	4	5	6	7	8	9	10	13	15	18	20	21	22	23	24	25
Massa de NaClO (mL)	1,6	2,4	3,2	4,0	4,8	5,6	6,4	7,2	8,0	10,4	12,0	14,4	16,0	16,8	17,6	18,4	19,2	20,0

2.3.2. Testes em laboratório

Nesta segunda fase os testes foram realizados, em agosto de 2012 durante dez dias, nos laboratórios de Análises Físico-Químicas de Água e Resíduos e de Microbiologia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso (Figura 2). As amostras do P3 e P4 foram coletadas na indústria no período matutino.

As análises de sólidos em suspensão totais (SST) do P4 foram realizadas imediatamente, assim como os testes de Sólidos Sedimentáveis em 30 minutos (SSed_{30}). O restante das amostras foi armazenado em temperatura ambiente e os testes, com o cloro, realizados em no máximo 5 horas após a coleta. As amostras do P3 foram utilizadas para a identificação das bactérias filamentosas.

A solução de hipoclorito de sódio (10 mL) foi diluída em 1000 mL de água destilada. As concentrações de Cl_2 testadas foram de 20, 23, 25 e 27 mg L^{-1} , conforme Tabela 2, mais o controle.

Tabela 2. Testes com concentrações de cloro e dosagem de hipoclorito de sódio em *Jar Test* 2ª fase.

Concentração de Cl_2 (mg L^{-1})	20	23	25	27
Massa de NaClO (mL)	16,0	18,4	20,0	21,6

Adicionou-se 1000 mL de amostra em cinco jarros e, com a velocidade de 110 rpm, foram acrescentadas as massas de hipoclorito de sódio às amostras. Após o tempo de contato (41 s) preparou-se duas lâminas (uma para a visualização da amostra fresca e outra para esfregação) e, as amostras dos jarros foram transferidas para cones Imhoff para sedimentação.

Após 30 minutos foi realizada a segunda observação microscópica com a preparação das duas lâminas. As amostras foram coletadas do interior do cone.

Transcorrido 1 hora após o início do teste foi realizada a leitura da sedimentação e preparadas mais duas lâminas, uma fresca e um esfregação.

Nesta fase foram realizadas cinco repetições de testes com todas as massas ao mesmo tempo, totalizando 25 observações microscópicas.

As lâminas fixadas, após secas, foram coradas com Cristal Violeta para visualização dos filamentos.



Figura 2. Testes com hipoclorito de sódio em escala de bancada na fase em laboratório.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracterização do Sistema de Tratamento

A Tabela 3 apresenta os resultados do controle das variáveis físico-químicas do sistema em estudo.

Tabelas 3. Variáveis físico-químicas de entrada (P1) e saída (P3) de janeiro a junho de 2012.

Variáveis (mg L ⁻¹)	Médias		Desvio Padrão		Entrada TA		Saída Decantador		Eficiência de Remoção (%)
	P1	P3	P1	P3	Valor Min.	Valor Max.	Valor Min.	Valor Max.	
pH					5,7	8,0	6,6	7,7	
DBO ₅	1300	30	804	8	260	3910	20	52	97
DQO	2132	60	1238	37	645	5638	36	198	97
NKT	10	1	6	1	1	22	0	2	90
Fósforo	17	1	10	1	3	50	0	2	94
Óleos e Graxas	98	10	245	24	6	950	0	80	89
SST	1515	132	1264	191	580	5880	20	600	91

A planta de lodos ativados do presente estudo trata em média $306 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ de efluente industrial, sendo que sua capacidade máxima é de $584 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. O retorno do lodo tem vazão média de $916 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. O tempo de detenção hidráulica (TDH) é de 3,3 dias.

A matéria orgânica em P1 representada pela DBO_5 e DQO, apresentou os valores de 1.300 e 2.132 mg L^{-1} , respectivamente. Estes resultados encontrados estão dentro dos valores de projeto para o tanque de aeração: 1.500 mg L^{-1} para DBO e 3.500 mg L^{-1} para DQO. A concentração média de sólidos em suspensão totais que apresentou valor médio de 1.515 mg L^{-1} , também está de acordo com os parâmetros de projeto que é de no máximo de 4.000 mg L^{-1} .

O índice volumétrico do lodo (IVL) é de 177 mL g^{-1} . Segundo Claas (2007), valores de IVL próximos ou acima de 200 mL g^{-1} indicam um lodo de má sedimentabilidade e compactação, características de um lodo jovem ou do intumescimento do lodo filamentosos e de altas cargas aplicadas. Von Sperling (1997) afirma que lodos com IVL entre 100 e 200 mL g^{-1} tem sedimentabilidade média. Neste estudo o tempo de detenção celular calculado, foi de 5 dias.

O pH do reator é 7 e o OD é de $2,5 \text{ mg L}^{-1}$, valores adequados para o tratamento biológico, porém o OD apresenta-se com valores ligeiramente altos. A temperatura de 27°C beneficia o tratamento por micro-organismos mesofílicos.

A relação A/M é de $0,57 \text{ kgDBO kgSSV d}^{-1}$, valor distante dos $0,15 \text{ kgDBO kgSSV d}^{-1}$ de projeto, caracterizando o efluente como sendo de alta carga orgânica e em sistema com estabilização precária (Figueiredo, 2011).

A Tabela 4 mostra um comparativo das variáveis encontradas no efluente estudado com as de projeto e, com as variáveis médias de sistema de aeração prolongada e lodos ativados convencional.

Tabela 4. Comparativo das variáveis do experimento com as de projeto e variantes de lodos ativados.

Variáveis	Experimento	Projeto	Aeração Prolongada*	Convencional*
DBO₅ (remoção %)	97	98	93-98	85-95
DQO (remoção %)	97	97	90-95	85-95
Idade do Lodo (dias)	5	10	18 a 30	4 a 10
TDH (dias)	3,3	1,73	0,67 a 1,0	<0,3
Relação A/M (kgDBO kgSSV d⁻¹)	0,57	0,15	0,08 a 0,15	0,3 a 0,8

Nota:* Von Sperling (1997).

O sistema foi projetado para ser operado como lodo ativado convencional, porém o efluente do experimento também mostra uma relação com os índices de aeração prolongada. Os índices de eficiência na remoção de matéria orgânica podem estar ligados aos valores relativamente elevados de TDH.

3.2. Identificação das bactérias filamentosas

Baseado em imagens e no quadro resumo de Jenkins et al. (2003) e em ilustrações de trabalhos publicados por Eikelboom e Van Buijen (1981) e Figueiredo (2011), pode-se chegar a duas bactérias filamentosas dominantes: o Tipo 0675 e *Thiothrix* I. A Tabela 5 mostra as características claramente observadas.

Tabela 5. Características observadas nos filamentos encontrados neste estudo.

Características	Tipo 0675	<i>Thiothrix I</i>
Coloração de Gram	+,V	-
Coloração de Neisser - filamento/grânulo	-/,+	-/,+
Coloração PHB	+	+
Forma do Filamento	R,LC	R,LC
Localização do filamento	A	P
Septos celulares evidentes	+	+
Bainha	+	+
Crescimento epifítico	+	-
Rosetas	-	+
Motilidade	-	-

Nota: + = positivo; - = negativo; V = variável; -,+ = variável (primeiro mais observado) R = reto; LC = levemente curvado; P = projetando-se do floco; A = associado ao floco.

Jenkins et al. (2003) afirmam que bactérias do Tipo 0675 podem estar associadas à baixa relação A/M e a zonas anaeróbias iniciais no reator biológico, o que contradiz com os resultados observados no presente estudo.

3.3. Testes *in loco*

Nas fases de testes a concentração de 25 mg L⁻¹ de cloro (Cl₂) foi a que surtiu efeito positivo e após o tempo decorrido de 1 hora os filamentos partiram-se. Os ciliados fixos não apresentavam movimentos, porém permaneceram vivos e todos os pequenos flagelados livre natantes morreram.

3.4. Testes em Laboratório

Com o resultado do efeito positivo na concentração de 25 mg L⁻¹ de Cl₂, os testes foram reproduzidos em laboratório juntamente com as concentrações de 20, 23 e 27 mg L⁻¹, para descobrir se havia diferença nas respostas dos micro-organismos à concentrações próximas a 25 mg L⁻¹.

As médias de SSed para o controle e concentrações de 20, 23, 25 e 27 mg L⁻¹ foram de 943, 963, 950, 947 e 947 mL L⁻¹, respectivamente (Figura 3).

Os testes com as concentrações de 25 e 27 mg L⁻¹ foram os que mais produziram efeito positivo em relação à sedimentação do lodo, apesar de os valores serem maiores que o do controle. Isso pode ser explicado, pois o sobrenadante do controle era transparente, porém apresentava lodo flotado. Já a parte clarificada dos testes se apresentava turvo, mas sem sobrenadante.

Possivelmente, o fato de somente uma alta dosagem ter surtido efeito pode ser explicado pela presença de bainha (Figura 4), nas espécies de filamentosas encontradas. Essa estrutura é uma capa cilíndrica que envolve os filamentos protegendo-os dos agentes externos.

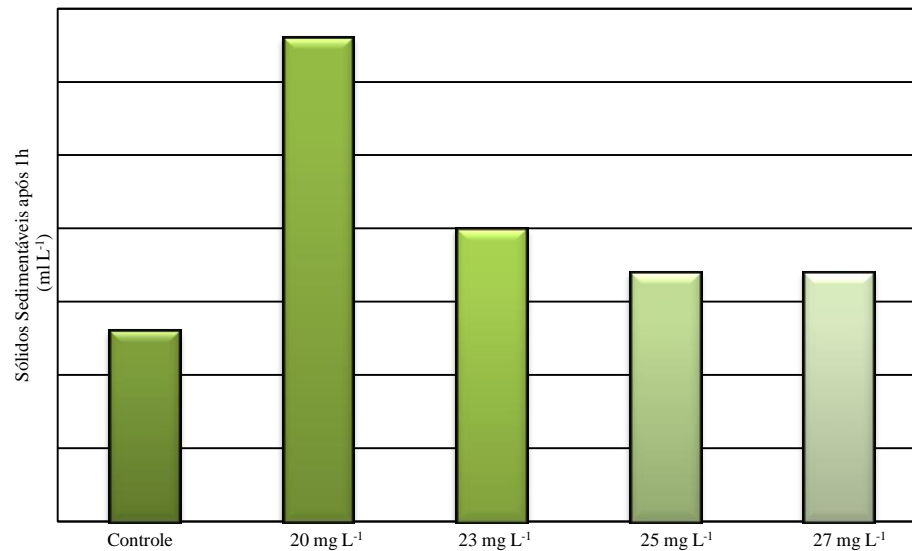


Figura 3. Média dos SSed após decorrido o tempo de 1 hora do início do teste.

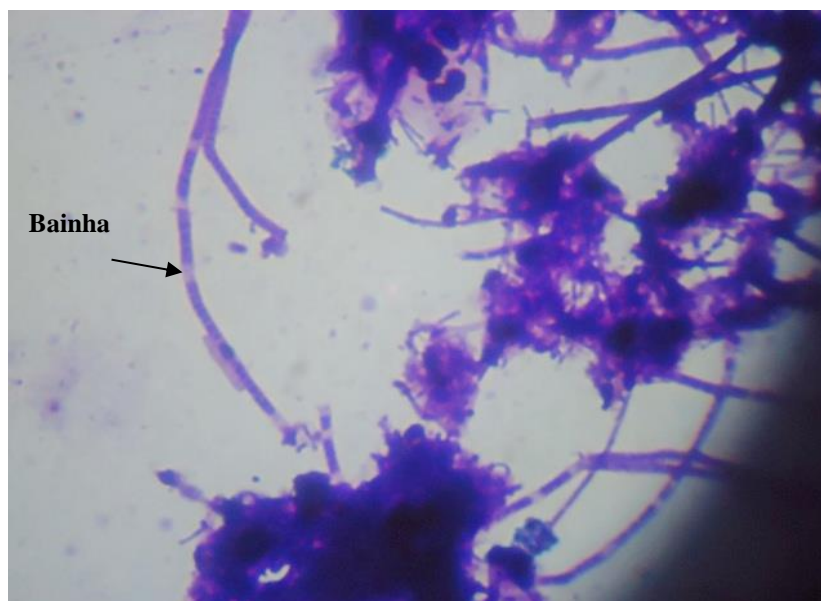


Figura 4. Visualização em microscópio de campo claro da bainha em cristal violeta (1000x).

4. CONCLUSÕES

Após os testes em escala de bancada, com o uso de cloro em amostras do lodo de retorno de indústria alimentícia, pode-se chegar às seguintes conclusões:

Em geral, apesar do efluente em estudo apresentar bons resultados nas análises de controle operacional, algumas variáveis excederam os valores esperados de projeto. Isso, possivelmente pode ser explicado pelo alto valor do tempo de detenção hidráulica.

A identificação das bactérias filamentosas torna-se importante, uma vez que cada tipo ou espécie desses micro-organismos apresentam características particulares para possíveis causas do intumescimento do lodo e formas de controle.

O teste em escala laboratorial com *Jar Test* é muito usado e recomendado em fases de análises para a identificação de dosagens iniciais de concentrações de cloro ou outros agentes controladores do intumescimento do lodo.

A concentração de 25 mg L⁻¹ de cloro mostrou-se, inicialmente, satisfatória no controle das bactérias filamentosas, porém, neste caso, houve o efeito negativo sobre os pequenos flagelados.

O cloro deve ser dosado de modo a manter a harmonia entre o controle dos filamentos e a atividade dos demais micro-organismos. Neste caso houve o efeito positivo sobre filamentos das bactérias, porém alguns organismos da microfauna cessaram suas atividades ou morreram.

Sendo assim, aconselha-se estudar as anomalias causadoras destes problemas, para possíveis correções dos mesmos. Outra possibilidade é o aprofundamento dos estudos a cerca da utilização de outros agentes inibidores.

5. REFERÊNCIAS

- ALVES, H. B. Controle no desenvolvimento de lodo filamentoso em estação de tratamento de esgoto de lodos ativados com aeração prolongada através de adição de cloro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABES, 2007. p. 1-7.
- ANDREASEN, K., AGERTVED, J.; PETERSEN, J-O.; SKAARUP, H. Improvement of sludge settleability in activated sludge plants treating effluent from pulp and paper industries. *Water Science and Technology*, v. 40, n. 11-12, p. 215-221, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0273-1223\(99\)00721-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00721-0)
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO – ABIA. Disponível em: <http://www.abia.org.br/vst/default.asp>. Acesso em: 21 mar. 2013.
- CLAUSS, F.; BALAVOINE, C.; HÉLAINE, D.; MARTIN, G. Controlling de settling of activated sludge in pulp and paper wastewater treatment plants. *Water Science and Technology*, v. 10, n. 11-12, p. 223-229, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0273-1223\(99\)00722-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00722-2)
- CLAAS, I. C. Lodos ativados: princípios teóricos fundamentais, operação e controle. Porto Alegre: Evangraf, 2007. 136p.
- EIKELBOOM, D. H. E.; VAN BUIJSEN, H. J. J. Microscopic sludge investigation manual. Delft: TNO Research Institute for Environmental Hygiene, 1981. Report A94.
- FIGUEIREDO, M. G. Microbiologia de lodos ativados. [S.l.]: CETESB, 2011. 206p. Apostila do curso e treinamento prático especializado.
- JENKINS, D.; RICHARD, M. G.; DAIGGER, G. T. Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming. 3. ed. Chelsea: Lewis Publishers, 2003. 193 p.
- JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. Tratamento de esgotos domésticos. 5. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 941 p.
- KITATSUJI, K.; MIYATA, H.; FUKASE, T. Lysis of filamentous bacteria by surfactants. *Water Science and Technology*, v. 34, n. 5-6, p. 145-153, 1996. [http://dx.doi.org/10.1016/0273-1223\(96\)00640-3](http://dx.doi.org/10.1016/0273-1223(96)00640-3)

RAMIREZ, G. W. et al. A rapid, direct method for assessing chlorine effect on filamentous bacteria in activated sludge. *Water Research*, v. 34, n. 15, p. 3894-3898, 2000. [http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00272-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00272-4)

SAAYMAN, G. B.; SCHUTTE, C. F.; VAN LEEUWEN, J. The effect of chemical bulking control on biological nutrient removal in a full scale activated sludge plant. *Water Science and Technology*, v. 34, p. 275-282, 1996. [http://dx.doi.org/10.1016/0273-1223\(96\)00583-5](http://dx.doi.org/10.1016/0273-1223(96)00583-5)

SEKA, M. A.; VAN DE WIELE, T.; VERSTRAETE, W. Feasibility of a multi-component additive for efficient control of activated sludge filamentous bulking. *Water Research*, v. 35, n. 12, p. 2995-3003, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354\(00\)00589-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(00)00589-3)

VAN HAANDEL, A. E MARAIS, G. O comportamento do sistema de lodo ativado – Teoria e aplicações para projetos e operação. Campina Grande: Epgraf, 1999. 488 p.

VON SPERLING, M. Lodos Ativados. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 1997. 416 p.